

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



Ecole Nationale Polytechnique
Département Génie Minier
Mémoire de projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

Calcul et optimisation des indices de productivité et de performance d'une cimenterie, cas de l'unité de CILAS

Réalisé par :

AIT AMER Mahieddine

MERAH Taha Yassine

Sous la direction de :

Mr. MOUSSAOUI Elabas

Soutenu publiquement le 09/09/2020

Composition du Jury :

Président : Mr. YAHIAOUI Samy

Maître de conférences A, ENP Alger

Promoteur : Mr. MOUSSAOUI Elabas

Maître assistant A, ENP Alger

Examineur : Mr. BENKACI Djamel

Maître assistant A, ENP Alger

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Et de la Recherche
Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Minier

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

**Calcul et optimisation des indices de productivité et de
performance d'une cimenterie, cas de l'unité de CILAS**

Réalisé par :

AIT AMER Mahieddine

MERAH Taha Yassine

Sous la direction de :

Mr. MOUSSAOUI Elabas

Soutenu publiquement le 09/09/2020

Composition du Jury :

Président : Mr. YAHIAOUI Samy

Maître de conférences A, ENP Alger

Promoteur : Mr. MOUSSAOUI Elabas

Maître assistant A, ENP Alger

Examineur : Mr. BENKACI Djamel

Maître assistant A, ENP Alger

ENP 2020

ملخص

تتيح المراقبة الصارمة لمؤشرات الإنتاجية والأداء للشركات اتخاذ قرارات في الوقت المناسب من أجل تحسين ربحيتها وقدرتها التنافسية في السوق. الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة حول معايير الإنتاجية المختلفة في مصنع CILAS للأسمنت في بسكرة من أجل اقتراح حلول عملية لتحسين ربحية هذه الوحدة الإنتاجية.

الكلمات المفتاحية مصنع الأسمنت ، الإنتاجية ، الأداء ، زيادة المردودية ، سعر التكلفة .

Abstract

Rigorous monitoring of productivity and performance indexes allows companies to make timely decisions to improve their profitability and competitiveness in the marketplace. The objective of this work is to carry out a study on the different productivity parameters at CILAS cement plant in Biskra in order to propose practical solutions to improve the profitability of this production unit.

Key words: Cement plant, Productivity, Performance, Optimization, Cost price.

Résumé

Le suivi rigoureux des indices de productivité et de performance permet aux entreprises de prendre des décisions en temps opportun afin d'améliorer leurs rentabilités et leurs compétitivités sur le marché. L'objectif de ce travail est de faire une étude sur les différents paramètres de productivité au niveau de la cimenterie de CILAS à Biskra afin de proposer des solutions pratiques pour améliorer la rentabilité de cette unité de production.

Mots clés : Cimenterie, Productivité, Performance, Optimisation, Coût de revient.

Dédicaces

Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents pour leur soutien, tous leurs sacrifices, leurs patiences, ils ont été toujours là avec moi et m'ont toujours donnée un magnifique modèle de labeur et de persévérance. j'espère qu'ils trouveront toute ma reconnaissance et mon amour.

Je dédie également à :

Mes frères : Wassim et Massil

Ma petite sœur ; Sirine

Ma fiancée ; Nour El Houda

Mon grand-père « Ferhat » et ma grande mère « Ghnima » et toute ma grande famille

Tous mes chers amis particulièrement Chemseddine, Islem, Bassem et Ayoub

Mes collègues de génie minier

Mon cher ami et binôme Taha

A tous ceux qui sont proches de nos cœurs

Mahieddine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection.

Mes chers frères et leurs enfants, source de joie et de bonheur

Toute ma famille, source d'espoir et de motivation

Tous mes amis que j'ai connu durant ma vie tout particulièrement Anis , Ghiles et Nazim

Youcef et Chaouki, mes compagnons de route et amis d'enfance

Mahieddine, cher ami, avant d'être binôme

Tous mes collègues de génie minier

Ma tendre et très chère mère, car la remercier une fois de plus ne sera jamais assez

Taha Yassine

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparait opportun de commencer ce rapport par des remerciements, au dieu qui nous a donné le courage et la volonté, et à ceux qui nous ont beaucoup appris pour bien mener ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Monsieur **Elabas MOUSSAOUI** de la diligence dont il a fait preuve pendant notre travail et d'avoir pris le temps de nous rencontrer, ce qui a permis de présenter de façon plus concrète ce modeste travail.

Nos remerciements s'étendent également à tous les ingénieurs, et les employés de CILAS, en particulier Monsieur **ZAIDI**, Monsieur **BOUMAMI** et Monsieur **EL KAIHEL** pour leurs conseils pertinents et avisés.

Nous remercions également tous les enseignants qui nous ont encouragé et soutenu pendant nos cursus, ainsi les honorables membres du jury Monsieur **YAHIAOUI** et Monsieur **BENKACI** pour nous avoir fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Finalement, nous remercions nos familles, nos amis, pour leurs soutiens et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Table des matières

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations

Introduction générale	14
I. Chapitre I : Généralités sur le processus de fabrication du ciment	15
I.1. Introduction	16
I.2. Historique	16
I.3. Définition du ciment	16
I.4. Les différents types des ciments.....	16
I.5. Les étapes de fabrication du ciment	18
I.5.1. Etape de Préparation des matières premières	18
I.5.2. Etape de Pré-homogénéisation et homogénéisation.....	18
I.5.3. Etape de Production Du Clinker.....	19
I.5.4. Etape de Mouture Du Ciment Et Expédition	20
I.6. Conclusion	20
II. Chapitre II : la performance et la productivité d'une entreprise	21
II.1. Introduction	22
II.2. principe et types de performance.....	22
II.2.1. Les types de performance.....	22
II.2.2. Les indicateurs de performance.....	22
II.3. la mesure de la performance et son rôle.....	24
II.4. Définition de la productivité et l'importance de sa mesure.....	24
II.4.1. Débit théorique de production.....	25
II.4.2. Le débit réel de production.....	26
II.5. Conclusion	26
III. Chapitre III : Méthodes de calcul des coûts.....	27
III.1. Introduction	28
III.2. Définitions et typologies.....	28
III.2.1. Définition d'une charge.....	28
III.2.2. Types de charges	28
III.2.3. Définition d'un coût.....	30
III.2.4. Type des coûts	30

III.2.5.	Définition d'un centre d'analyse	30
III.2.6.	Définitions concernant ce que l'entreprise fabrique	30
III.3.	Calcul des coûts	31
III.3.1.	La comptabilité générale et la comptabilité analytique	31
III.3.2.	Etapes de calcul du coût de revient par la méthode des coûts complets.....	31
IV.	Chapitre IV : Présentation de l'entreprise et étude de l'existant	35
IV.1.	Introduction	36
IV.2.	Groupe LafargeHolcim.....	36
IV.3.	LafargeHolcim Algérie.....	36
IV.4.	Présentation de l'unité de Biskra	36
IV.4.1.	Localisation	36
IV.4.2.	Généralité sur le gisement	38
IV.4.3.	Matériels et moyens humains utilisés de l'unité.....	39
IV.4.4.	Organigramme de l'unité.....	40
IV.4.5.	Régime de fonctionnement de l'unité	41
IV.5.	Conclusion	41
V.	Chapitre V : Analyse du suivie de la performance et la productivité de l'unité	42
V.1.	Introduction	43
V.2.	Productivité des opérations de production.....	43
V.2.1.	Foration	43
V.2.2.	Chargement	49
V.2.3.	Transport	51
V.2.4.	Concassage	57
V.2.5.	Broyage	61
V.2.6.	La cuisson.....	67
V.3.	Optimisation de la productivité des opérations de production	72
V.3.1.	Foration	72
V.3.2.	Chargement	72
V.3.3.	Transport	73
V.3.4.	Concassage	73
V.3.5.	Broyage	74
V.3.6.	La cuisson.....	75

V.4. Conclusion	76
VI. Chapitre VI : calcul du coût de revient	77
VI.1 Introduction	78
VI.2 Etapes de calcul du coût de revient par la méthode des coûts complets.....	78
VI.2.1 Organigramme de production	78
VI.2.2 Identification des charges	80
VI.2.3 Traitement des charges indirectes.....	83
VI.2.4 Calcul coût d'achat	86
VI.2.5 Calcul coût de production.....	86
VI.2.6 Calcul du coût de revient des produits vendus	93
VI.2.7 Calcul du résultat analytique	93
VI.3. Conclusion	94
Conclusion générale	95
Bibliographie	97
Annexes	99

Liste des figures

Figure I-1 Les différentes étapes de production du ciment	18
Figure I-2: ligne de cuisson de clinker	19
Figure III-1 : Evolution des charges variables en fonction des quantités	28
Figure III-2 : Evolution des charges fixes en fonction des quantités	29
Figure IV-1: Localisation du gisement de calcaires Hammam Sidi El Hadj	37
Figure IV-2: l'organigramme de CILAS.....	40
Figure V-1: la répartition des heures de foration réalisés	44
Figure V-2 : la répartition des heures de marche de Atlas Copco FLEXIROC D50	45
Figure V-3: le nombres de voyages vers stock et vers trémie.....	52
Figure V-4: Facteur d'utilisation des dumpers dans les deux postes	53
Figure V-5: la répartition du tonnage entre trémie et stock	56
Figure V-6: les heures de marche à vide et en production	59
Figure V-7: l'indice de disponibilité par jour.....	59
Figure V-8: consommation électrique moyenne par tonne du concasseur.....	61
Figure V-9: La répartition des produits de broyeur.....	62
Figure V-10: Les valeurs de LSF pendant tout le mois de février	63
Figure V-11: nombres d'heures de production	64
Figure V-12: La variation du rapport consommation / tonnage et le débit réel pour le Hg broyé.....	66
Figure V-13: variation du rapport consommation/tonnage et le débit réel de la Farine	66
Figure V-14: nombres d'heures de production planifié et réalisé	68
Figure V-15 : disponibilité journalière du four	69
Figure V-16: variation du rapport consommation électrique/tonnage et le débit réel	71
Figure VI-1 : l'organigramme de production	79

Liste des tableaux

Tableau I-1: Liste des différents types de ciments courants normalisés par la norme NFP 15-301.....	17
Tableau II-1: Les types d'indicateurs de performance de production	23
Tableau III-1: typologie des charges dans entreprise minière	29
Tableau III-2 : la répartition des charges indirectes	31
Tableau III-3 Calcul des coûts d'achats	32
Tableau III-4 : Fiche de stocks pour les matières achetées stockées.....	32
Tableau III-5 : Calcul des coûts de production des produits semi-finis	33
Tableau III-6: Calcul du coût de revient des produits finis	33
Tableau IV-1: Points de coordonnées de délimitation du périmètre du site de Hammam Sidi El Hadj.....	37
Tableau IV-2: Moyens humains de la carrière pour un seul poste	39
Tableau IV-3 : Matériels utilisé dans l'unité	40
Tableau V-1: les caractéristiques essentielles des deux chariots utilisés	43
Tableau V-2: le taux de réalisation de production des deux chariots de foration.....	43
Tableau V-3: la distribution gaussienne du taux réalisation du chariot D50.....	44
Tableau V-4: les heures de marche pour les deux chariots	45
Tableau V-5: Indice de disponibilité des deux chariots	46
Tableau V-6: Le facteur d'utilisation pour Atlas Copco FLEXIROC D50.....	46
Tableau V-7 : Distribution gaussienne du facteur d'utilisation du chariot D50.....	46
Tableau V-8 : Débit théorique de foration pour les deux chariots	47
Tableau V-9: Débit réel de foration pour les deux chariots	47
Tableau V-10: Débit réel de foration pour Atlas Copco D50 pour chaque zone de travail.....	47
Tableau V-11: la performance des deux chariots de foration.....	48
Tableau V-12: Distribution gaussienne du débit réel de D50 selon la zone de travail.....	48
Tableau V-13: La consommation d'énergie des chariots de foration.....	48
Tableau V-14: Distribution gaussienne de la consommation du gasoil et mètres linéaire forés	49
Tableau V-15: Disponibilité des deux chargeuses	49
Tableau V-16: Débit théorique du chargement	50
Tableau V-17: Débit réel du chargement	50
Tableau V-18 : la performance des deux chargeuses	50
Tableau V-19: Consommation moyenne d'énergie du mois de février des deux chargeuses	51
Tableau V-20 : la quantité transporté et le nombre de voyages pour chaque dumper.....	51
Tableau V-21: Indice de disponibilité des dumpers	52
Tableau V-22: Facteur d'utilisation des dumpers.....	52
Tableau V-23: Distribution gaussienne du facteur d'utilisation des dumpers.....	53
Tableau V-24: Temps de cycle des dumpers.....	54
Tableau V-25: la distribution gaussienne du temps de cycle des dumpers	54
Tableau V-26: Débit théorique du transport.....	55
Tableau V-27: Débit réel du transport.....	55
Tableau V-28 : la performance des dumpers.....	56
Tableau V-29: Performance globale du transport.....	56
Tableau V-30: le rapport consommation gasoil consommé/tonnage	57
Tableau V-31: la répartition de de production par matière première	58
Tableau V-32: le taux de réalisation de production.....	58

Tableau V-33: Les heures de marche du concasseur.....	59
Tableau V-34: indice de disponibilité	60
TableauV-35: le débit réel du concasseur	60
Tableau V-36: la performance du concasseur	60
Tableau V-37: Le taux de réalisation de production pour le broyeur.....	62
Tableau V-38: le taux de récupération du broyage durant tout le mois de février	62
Tableau V-39: le taux LSF mensuel de la farine	63
Tableau V-40: la répartition journalière de l'activité	63
Tableau V-41: Taux de réalisation des heures de marche du broyeur.....	64
Tableau V-42: Le débit réel de broyeur pour les matières broyées	65
Tableau V-43: performance du broyeur	65
TableauV-44 : la consommation électrique de broyeur.....	66
Tableau V-45 : le taux de réalisation du cuisson.....	67
TableauV-46: le taux de récupération du four durant tout le mois de février	67
TableauV-47: Taux de produits conformes	68
TableauV-48: la répartition journalière de l'activité de la cuisson.....	68
TableauV-49: taux de réalisation des heures prévisionnelles journalière du four	69
TableauV-50: Le débit réel du Clinker.....	70
TableauV-51: la performance du Four	70
TableauV-52: consommation électrique et de gaz du Four	71
Tableau VI-1 : l'ensemble des charges directes	81
Tableau VI-2: l'ensemble des charges indirectes.....	82
Tableau VI-3 : Clés de répartition des charges indirectes sur les centres d'analyse	83
Tableau VI-4 : la répartition des charges indirectes (les centres auxiliaires)	84
Tableau VI-5 : la répartition des charges indirectes (les centres principaux).....	85
Tableau VI-6: Calcul du coût d'achat du minerai de fer.....	86
Tableau VI-7: Fiche de stock du minerai de fer	86
Tableau VI-8:Calcul du coût de l'abattage.....	86
Tableau VI-9:Fiche de stock des produits abattus.....	87
Tableau VI-10 : Calcul du coût de chargement et transport.....	87
Tableau VI-11 : Fiche de stock des matières transportées	88
Tableau VI-12 : Calcul coût de reprise des stocks	88
Tableau VI-13 : Calcul coût de concassage primaire.....	89
Tableau VI-14 : Fiche de stock des matières concassées	89
Tableau VI-15 : Calcul du coût de broyage primaire	90
Tableau VI-16 : Fiche de stock des matières broyées	90
Tableau VI-17 : Calcul du coût de la cuisson et le refroidissement	91
Tableau VI-18 : Calcul du coût du concassage clinker	91
Tableau VI-19 : Fiche de stock du clinker concassé	91
Tableau VI-20 : Calcul du coût de production produits finis	92
Tableau VI-21 : Fiche de stock des produits finis	92
Tableau VI-22 : Calcul du coût de revient des produits vendus.....	93
Tableau VI-23 : Calcul du résultat analytique.....	93
Tableau VI-24 : Compte résultat de la comptabilité analytique	94
Tableau VI-25 : Comparaison et rapprochement entre la comptabilité analytique et générale.....	94

Liste des abréviations

Qt : Le débit du processus de foration.

C_m : Charge métrique du trou.

l_{ch} : Longueur de charge dans un trou.

ρ : Masse volumique

C_{spé} : Consommation spécifique d'explosif

T_c : Temps de cycle

T_f : Temps de foration

T_{rem} : Temps de remonté des tiges

T_{tige} : Temps de manipulation des tiges

T_{passage} : Temps de passage entre deux trous

V_g : Volume de godet.

K_{rg}:coefficient de remplissage du godet.

K_{fg}:coefficient de foisonnement dans le godet.

Q_t: La quantité de roche transportée

m : Capacité de charge du camion.

MTBF : temps de moyen entre les pannes

MTTR : temps moyen en arrêt.

LSF : taux de saturation

ω : la moyenne.

δ : l'écart type.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Dans un contexte de crise économique nationale, liée à plusieurs facteurs, la plupart des entreprises en Algérie sont obligées de mettre en œuvre des actions rapides de réduction des coûts afin d'assurer le retour à l'équilibre financier, face à l'augmentation des prix des matières premières (électricité, gasoil, essence...) et en absence de visibilité, de nombreuses entreprises ont déjà pris la décision de geler les recrutements et les investissements.

Cependant, l'économie de marché mondiale astreint les industriels à rester toujours plus compétitifs pour la survie de leurs activités. Ceci implique en partie de développer des moyens de production performants et économiquement fiables.

Pour produire le ciment qui est un produit de base élaborée, l'industrie cimentière a dû optimiser son processus de fabrication.

Pour ce faire, le développement de l'industrie cimentière exige aux entreprises opérant dans ce secteur, la connaissance de la chaîne de production ainsi que la maîtrise de ses coûts afin d'anticiper et d'optimiser leur réactivité. A cet égard, les entreprises doivent se doter d'outils efficaces de calcul des coûts et d'analyse des résultats pour assurer les conditions de rentabilité, de productivité et, enfin, de compétitivité.

Dans le cadre de ce travail nous nous sommes intéressés à l'optimisation des indices de performance des différentes étapes de production du ciment au sein de l'unité de CILAS afin d'assurer la rentabilité de ses activités, d'accroître la productivité et réduire les coûts.

Pour atteindre cet objectif l'introduction de la notion de comptabilité analytique est nécessaire, cette dernière représente un outil interne d'analyse et de pilotage très efficace qui permet aux gestionnaires de détecter les zones de performance, par activité ou par produit et de prendre les bonnes décisions.

Cette étude est divisée en 6 chapitres. les trois premiers chapitres concernent la partie théorique de ce mémoire avec au début la description d'une chaîne de production de ciment puis la définition des notions de base sur la performance et la productivité dans une entreprise et enfin l'introduction aux méthodes de calcul de coût de revient notamment celle des coûts complets.

les trois derniers chapitres de ce mémoire concernent la partie pratique de ce mémoire avec au début une étude de l'existant au niveau de l'unité objet de cette étude en se focalisant sur la présentation de l'unité, ainsi que les différents indices de performances et productivité calculés tenant compte de leurs modes de travail. le dernier chapitre est consacré à la proposition d'une procédure de calcul de coût de revient par la méthode des coûts complets.

Chapitre I : Généralités sur le processus de fabrication du ciment

I.1. Introduction

Nous allons aborder l'histoire de l'apparition du ciment, les différents types de ciment ainsi que les différentes étapes du processus de sa fabrication.

I.2. Historique [2]

C'est le matériau du 20^e siècle, matériau centenaire. L'écossais ASPDIN prit un brevet d'invention en 1824, sur la fabrication d'un liant à partir d'un mélange de chaux et d'argile qu'il appela "ciment Portland" à cause de l'aspect présenté par ce liant durci qui rappelait celui de la pierre calcaire de la Presqu'île de Portland, c'est le premier ciment, père d'une longue lignée.

Ainsi, le 20^e siècle a ouvert la voie aux ciments artificiels qui prendront progressivement le pas sur les chaux. L'accélération de l'utilisation de ce matériau sera plus manifeste à l'issue de la deuxième guerre mondiale lorsque le secteur du bâtiment produit essentiellement des logements neufs bâtis à partir d'éléments préfabriqués et, n'utilisant plus les chaux.

I.3. Définition du ciment [1]

Le ciment est un liant hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre. Obtenu par broyage et cuisson à 1450 °C d'un mélange de calcaire, argile, fer et le sable. Le produit de la cuisson appelé clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique.

Le ciment résulte du broyage de clinker et de sulfate de calcium ajouté généralement sous forme de gypse. Il forme avec l'eau une pâte plastique faisant prise et durcissant progressivement, même à l'abri de l'air, et même sous l'eau.

I.4. Les différents types des ciments [2]

L'industrie cimentière commercialise de nombreux types de ciments afin de répondre aux différents besoins, en termes de caractéristiques du béton, lors de la construction d'ouvrages :

Les types de ciments sont :

- Ciment portland
- Ciment portland composé
- Ciment de haut fourneau
- Ciment pouzzolanique
- Ciment au laitier et aux cendres

Le tableau ci-dessous représente les différents types de ciments avec leurs teneurs en clinker et en ajouts.

Tableau I-1: Liste des différents types de ciments courants normalisés par la norme NFP 15-301

Type de ciment	Désignation	% de clinker	Ajouts	Teneur des ajouts
Ciment Portland	CEM I	95 à 100	-	-
Ciment Portland Composé	CEM II A	80 à 94	L'un des ajouts	6% à 20%
	CEM II B	65 à 79		21% à 35%
Ciment de Haut Fourneau	CEM III A	35 à 64	Laitier	35% à 65%
	CEM III B	20 à 34		66% à 80%
	CEM III C	5 à 19		81% à 95%
Ciment pouzzolanique	CEM IV A	65 à 90	Pouzzolane, cendre ou fumée silice	10% à 35%
	CEM IV B	45 à 64		36% à 55%
Ciment au laitier et aux cendres	CEM V A	40 à 64	Laitier et cendre	18% à 30%
	CEM V B	20 à 31		31% à 50%

I.5. Les étapes de fabrication du ciment [3]

Avant d'obtenir du ciment, la matière première passe par diverses étapes de transformation mécanique et physico-chimiques de l'extraction jusqu'à l'expédition.

Le schéma présenté dans la figure ci-dessous, illustre les différentes étapes de production du ciment.

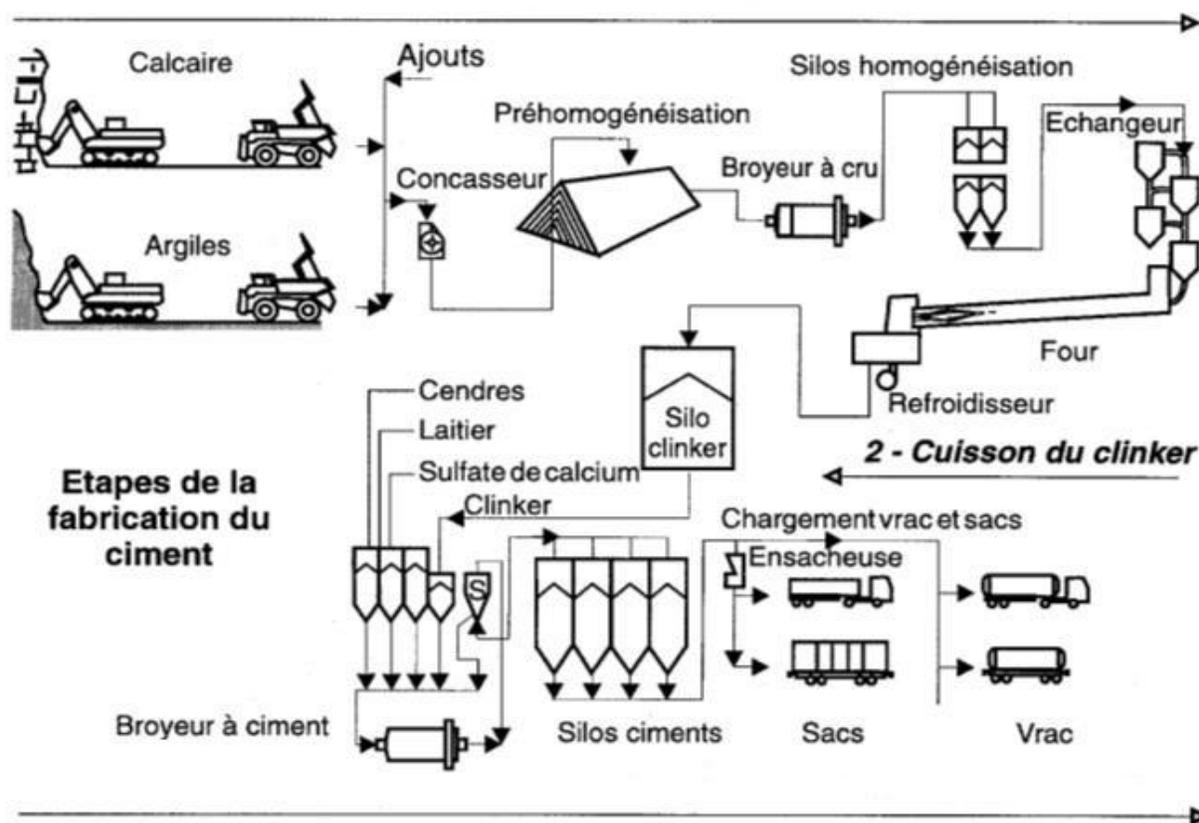


Figure I-1 Les différentes étapes de production du ciment

I.5.1. Etape de Préparation des matières premières [5]

la préparation des matières premières est la première phase dans le cycle de production de ciment. elle débute par l'abattage (mécanique ou à l'explosif) au niveau du front de taille ; afin d'obtenir des roches de calcaire, d'argile ainsi que le sable et le gypse, et se termine par l'acheminement de toutes ces matières premières vers l'usine de traitement en utilisant des engins de manutention et de transport tel que les pelles hydrauliques ou les chargeuses pour le chargement et les dumpers pour le transport.

I.5.2. Etape de Pré-homogénéisation et homogénéisation [6]

Cette étape consiste à préparer un mélange homogène de bonne qualité et avec la granulométrie adéquate pour la prochaine étape de production.

Afin d'atteindre cet objectif, la matière première reçue du front de taille subit dans un premier lieu un concassage (le type de concassage dépend de la nature du gisement) qui réduit la taille des blocs généralement de 1m à environ 10 cm ; suivi par une pré-homogénéisation pour corriger la qualité de produit sorti du concasseur. une fois que la qualité est corrigée, le mélange obtenu subit un broyage qui consiste à réduire encore sa granulométrie pour assurer une meilleure productivité dans l'atelier de cuisson.

I.5.3. Etape de Production Du Clinker [7]

Cette phase de production est constituée de 3 étapes, le préchauffage, la cuisson et le refroidissement. l'étape de préchauffage a comme objectif de préparer le mélange broyé obtenu de la précédente phase à la cuisson ; et cela en augmentant progressivement sa température pour le déshydrater et le décarbonater. après avoir été préparé, le mélange broyé (appelé également la farine) entre dans un four afin de subir pendant un temps précis la cuisson à une température de 1450 °C pour donner naissance au clinker qui doit être refroidi juste à sa sortie afin d'avoir une structure minéralogique favorable mais également pour permettre sa manutention et son stockage par la suite.

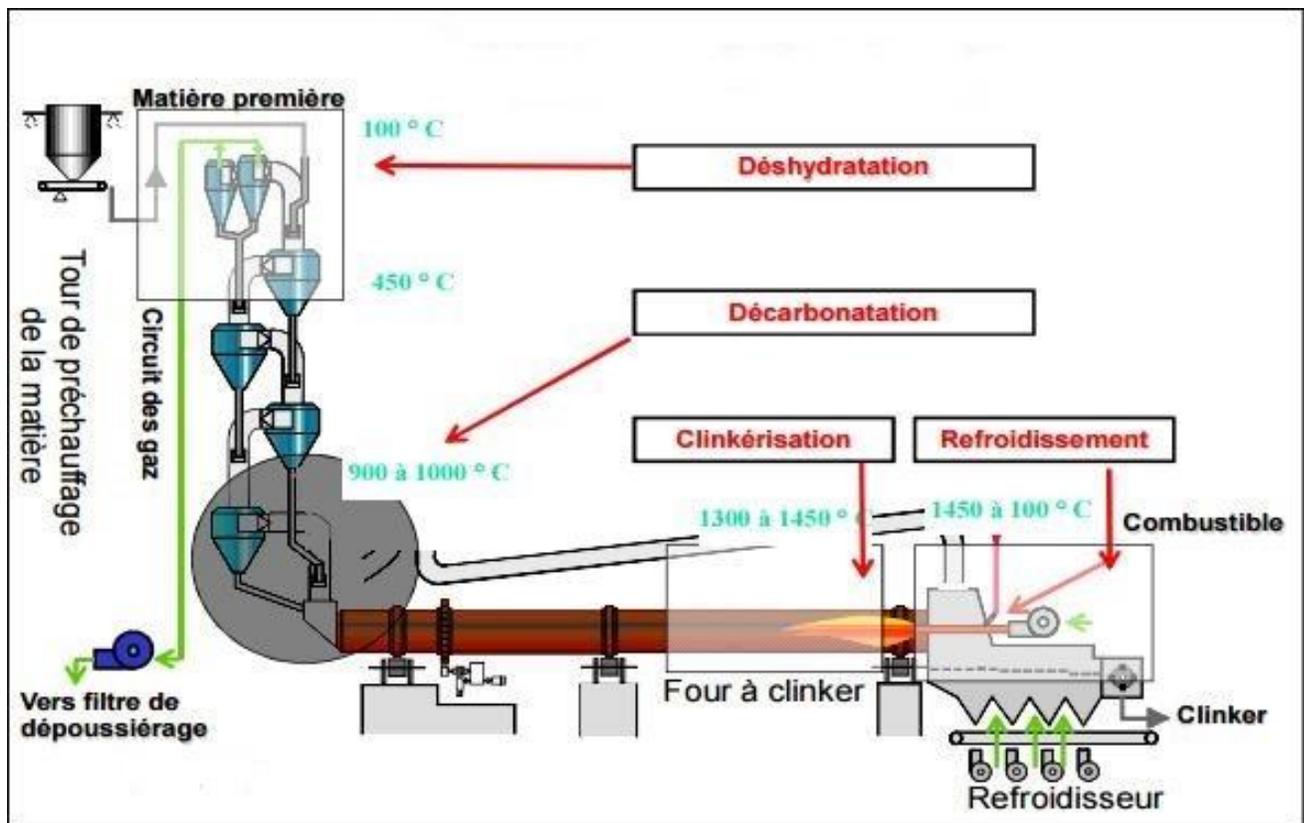


Figure I-2: ligne de cuisson de clinker

I.5.4. Étape de Mouture Du Ciment Et Expédition [8]

Il s'agit de la dernière étape du cycle de production de ciment qui consiste à broyer le clinker refroidi tout en lui ajoutant les additifs nécessaires pour assurer une bonne qualité du ciment qui sera stocké, conditionné et vendu par la suite.

I.6. Conclusion

le cycle de production du ciment passe par plusieurs étapes, où chacune doit faire l'objet d'une attention particulière afin de garantir un produit de bonne qualité et qui conforme aux exigences de chacun de ses domaines d'utilisations.

Chapitre II : la performance et la productivité d'une entreprise

II.1.Introduction

Ce chapitre est dédié à la définition de deux notions importantes dans la vie d'une entreprise, à savoir la performance et la productivité.

la première partie est consacrée à la définition de la performance avec ses différents types, ainsi que ses méthodes de mesure utilisées dans une entreprise quelconque en premier lieu puis dans le cas spécifique d'une cimenterie.

la deuxième partie est axée sur la notion de productivité et son impact sur la performance globale de l'entreprise ainsi que les différentes formules qui permettront de la calculer à chaque étape du cycle de production d'une cimenterie.

II.2.principe et types de performance [9]

la performance de l'entreprise peut se définir comme le degré de réalisation du but recherché. Elle est considérée comme étant une association entre l'efficacité fonctionnelle et l'efficacité stratégique. L'efficacité fonctionnelle consiste à améliorer les produits, les achats, les processus de production, la fonction marketing et les relations humaines au sein de l'entreprise. L'efficacité stratégique quant à elle consiste à devancer les concurrents en se positionnant sur un marché en croissance ou en se retirant d'un marché en phase de déclin.

II.2.1. Les types de performance [14]

Au niveau de l'entreprise on peut distinguer plusieurs types de performance afin d'assurer une bonne gestion, parmi ces types on peut citer :

- **La performance financière** : on mesure la performance financière à l'aide des indicateurs tels que la rentabilité financière du capital utilisé par l'entreprise qui est un indicateur de la capacité d'une entreprise à rémunérer des actionnaires, dirigeant y compris.
- **La performance organisationnelle** : il s'agit de mesurer la performance de l'entreprise au niveau de la qualité, la production, de la flexibilité...
- **La performance sociale** : le bilan social récapitule les principales données chiffrées permettant d'apprécier la performance sociale et les rapports sociaux au sein d'une entreprise tels que le montant des rémunérations, le nombre d'accidents de travail, les maladies professionnelles, ...etc.
- **La performance sociétale** : indique l'engagement de l'entreprise dans les domaines environnementaux, humanitaires, culturels. Les outils de la responsabilité sociétale de l'entreprise peuvent être utilisés pour apprécier le niveau de performance de l'entreprise.

II.2.2. Les indicateurs de performance [11]

les indicateurs de performance sont des éléments de nature quantitative ou qualitative qui permettent d'analyse et indiquer si un résultat est atteint ou reste à atteindre. Ils sont efficaces pour suivre des processus dans la durée tels que l'avancement de la production ou des plans d'action comme l'amélioration continue.

ci-dessous un tableau qui regroupe certains indicateurs de performances liés à la production.

Tableau II-1: Les types d'indicateurs de performance de production

Indicateurs	Définition	Formule
1-Taux de productivité	Le taux de productivité permet de mesurer la performance des ressources et l'efficacité des process.	Quantité produite ou nombre de produit / heure de production
2- taux de réalisation de production	Le pourcentage de fiabilité des plannings permet d'apporter des solutions pour fiabiliser les délais de livraison vis-à-vis du service commercial.	$(\text{Production réalisée} / \text{production prévue}) \times 100$
3 - Capacité de production inutilisée	L'indicateur de capacité de production permet de définir la capacité de l'outil industriel à absorber des commandes supplémentaires ou à l'inverse.	capacité de production (en quantité ou en nombre de produit) - les ventes (en quantité ou en nombre de produit)
4 - Durée moyenne du cycle de production	La durée moyenne du cycle de production doit indiquer le délai entre le 1 ^{er} ordre de fabrication et la mise à disposition du produit fini commandé.	$(\text{Somme des durées des cycles de production}) / (\text{nombre d'ordres planifiés})$.
5 - Taux de rotation des stocks	Le taux de rotation des stocks de produits finis permet à la fois d'évaluer la performance de la production et de la force	$\text{Chiffre d'affaires} / \text{stock moyen}$ $\text{stock moyen} = (\text{stock du début} + \text{stock de la fin}) \div 2$
6- Taux d'arrêt dû aux ruptures	Ce taux correspond majoritairement à un problème d'approvisionnement ou de la gestion des stocks de matières premières et composants.	$\text{Nombre de jours d'arrêt} / \text{Nombre de jours de fonctionnement}$

<p>7 – Taux de réalisation des heures de marche</p>	<p>Ce taux permet d'évaluer l'utilisation de la capacité des équipements et de déterminer la pertinence ou non d'une fabrication in situ ou d'un recours à de la sous-traitance.</p>	<p>(Temps total réel de production / temps total prévu de production) x 100</p>
<p>8 – Indice de disponibilité</p>	<p>Notamment influencé par les pannes et les changements d'outils. Celui-ci se définit comme un rapport entre le "temps disponible" et le "temps utile" ou "temps de production", Pour le calculer il faut calculer la fiabilité (MTBF) calculer maintenabilité (MTTR)</p>	<p>MTBF =Somme des temps de bon fonctionnement / nombre de défaillance</p> <p>MTTR=Temps d'arrêt total/nombre d'arrêt</p> <p>Indice de disponibilité $= \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} * 100$</p>
<p>9 - Taux de produits conformes</p>	<p>Il s'agit du nombre de produits fabriqués sans défaut au 1^{er} passage.</p>	<p>(Nombre de produits conformes / production totale) x 100</p>
<p>10- Taux de récupération</p>	<p>Le taux de récupération sert à identifier les pertes en matière d'un process.</p>	<p>(Quantité produite / Quantité consommée) x 100</p>

II.3.la mesure de la performance et son rôle [10]

Une entreprise performante doit être à la fois efficace et efficiente. Elle est efficace lorsqu'elle atteint les objectifs qu'elle s'est fixés. Elle est efficiente lorsqu'elle minimise les moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés.

la mesure des performances d'une entreprise est une action importante qui signifie l'expression qualitative et quantitative de certains résultats par des indicateurs choisis, qui sont regroupés dans un tableau constituant ce qu'on appelle le tableau de bord de l'entreprise. ce dernier est l'un des éléments de gestion les plus importants qui a la particularité de donner une vision globale sur la santé financière de l'entreprise ainsi que l'état de ses paramètres de gestion (tel que la production, la vente, la gestion des ressources humaines, ...). le suivi continu de cet élément de gestion permettra aux gestionnaires de l'entreprise de prendre des décisions en temps opportun afin d'apporter les corrections nécessaires à la gestion de l'entreprise en cas de problèmes.

II.4.Définition de la productivité et l'importance de sa mesure [12]

La productivité est la mesure de la manière dont des ressources spécifiques sont gérées pour

atteindre des objectifs en temps voulu.

La productivité a une grande importance au sein de chaque entreprise car elle est un outil indispensable pour évaluer et contrôler les performances.

Au cours d'une période donnée ; la mesure de la productivité peut être utilisée pour comparer les performances de production de l'entreprise par rapport aux périodes précédentes, ou bien par rapport aux données des entreprises du même domaine ou concurrentes afin de connaître si une marge d'amélioration est toujours possible ou pas.

II.4.1. Débit théorique de production [13]

C'est la quantité maximale de production pouvant être obtenue par une machine ou ligne de production donnée par unité de temps.

II.4.1.1. foration

La foration est l'ensemble de prestations visant à forer des trous dans la roche suivant un plan de tir afin de la fractionner en blocs de matériaux, à l'aide de tirs d'explosifs.

Le débit du processus de foration est la quantité de roches abattues par unité de temps.

$$Q_t = \frac{C_m \times l_{ch} \times \rho}{C_{spé} \times T_c} \text{ [T/h]} \quad (1)$$

Tels que

$$T_c = T_f + T_{rem} + T_{tiges} + T_{passage} \quad (2)$$

II.4.1.2. Chargement [6]

le chargement est l'opération qui consiste, à charger les roches abattues en vue de leurs évacuations.

Le débit du processus de chargement est la quantité de matière chargée par un excavateur dans les camions par unité de temps, il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_t = \frac{3600 \times V_g \times \rho \times K_{rg}}{T_c \times K_{fg}} \text{ [T/h]} \quad (3)$$

II.4.1.3. Transport

Le débit du transport est la quantité de charge transporté par un camion par unité de temps.

Il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_t = \frac{m}{T_c} \text{ [T/h]} \quad (4)$$

II.4.1.4. Concassage

Le débit du concasseur est la quantité de charge concassée par unité de temps. Il est généralement spécifié par le fabricant.

II.4.1.5. Broyage

Le débit du broyeur est la quantité de charge broyée par unité de temps, il est spécifié par le fabricant.

II.4.1.6. Cuisson

Le débit d'un four est la quantité de charge cuite par unité de temps. Il est aussi spécifié par le fabricant.

II.4.2. Le débit réel de production [13]

C'est la quantité réelle de production obtenue par une machine ou ligne de production donnée par unité de temps.

II.5. Conclusion

Dans cette aire de mondialisation, il est plus que nécessaire que chaque entreprise arrive à maîtriser sa production et ses coûts afin de rester compétitive sur avoir sa part de marché.

le suivi rigoureux des paramètres de productivité et de performances d'une manière globale permet à l'entreprise d'être réactive quant aux problèmes de gestion qu'elle peut rencontrer à tout moment et faire en sorte de redresser la barre en temps réel.

Chapitre III : Méthodes de calcul des coûts

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons aborder les notions principales des coûts qui interviennent dans la production et leurs types.

Nous allons aborder également le calcul de coût de revient par la méthode des coûts complets.

Il existe bien d'autre méthode de calcul de coût de revient tel que les coûts variables, les coûts spécifiques, les coûts marginaux, la méthode ABC et la méthode ABM mais qui ne seront pas pris en considération dans ce mémoire.

III.2. Définitions et typologies [15] [18]

III.2.1. Définition d'une charge

Une charge représente un bien ou un service qui est consommé par l'entreprise au cours de son activité.

III.2.2. Types de charges [16] [18]

On peut répartir les charges selon deux méthodes :

1. selon la variabilité : on distingue :
 - charges fixes
 - charges variables
2. selon l'affectation : on distingue :
 - charges directes
 - charges indirectes

III.2.2.1. Les charges variables

Les charges variables appelées aussi « charges opérationnelles » sont les dépenses qui varient proportionnellement au volume de l'activité de l'entreprise. Les charges variables augmentent lorsque la production augmente.

La matière première contenue dans un produit fabriqué est un exemple de charges variables.

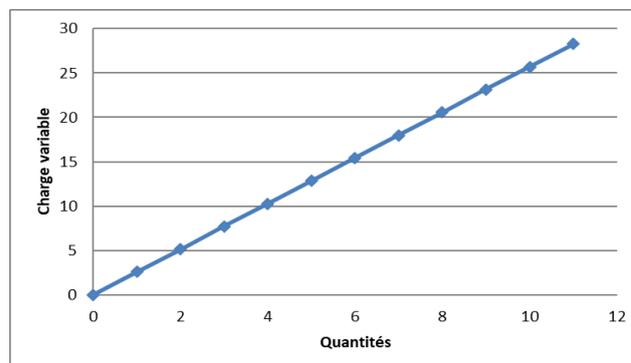


Figure III-1 : Evolution des charges variables en fonction des quantités

III.2.2.2. Les charges fixes

Les charges fixes appelées aussi « charges de structure » sont les postes de dépenses de l'entreprise qui ne varient pas proportionnellement à la production. Ces charges restent stables jusqu'à un certain niveau de production, l'amortissement des machines de production est un exemple des charges fixes qui restent stable tant que la capacité maximale de ces machines n'est pas atteinte.

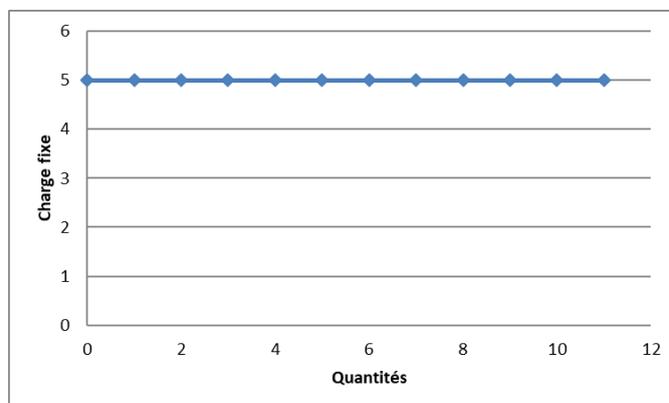


Figure III-2 : Evolution des charges fixes en fonction des quantités

III.2.2.3. Les charges directes

Ce sont les charges qui ne concernent qu'un seul coût à la fois et il est possible de les affecter immédiatement, c'est-à-dire sans calcul intermédiaire, au coût d'un produit déterminé.

Les matières premières incorporées au produit, les heures de main-d'œuvre des ouvriers affectés à la fabrication du produit, constituent autant de coûts directement imputables aux produits.

III.2.2.4. Les charges indirectes

Elles concernent plusieurs coûts à la fois, il est nécessaire de les répartir entre ces différents coûts (achat, production, revient) selon un procédé particulier.

Ce sont ceux qu'il n'est pas possible d'affecter immédiatement, c'est-à-dire sans calcul intermédiaire, au coût d'un produit déterminé.

Les charges d'administration, les frais généraux d'entretien administratif, de surveillance... sont autant d'exemples de charges indirectes par rapport à l'activité de production.

Tableau III-1: typologie des charges dans entreprise minière

CHARGES	DIRECTES	INDIRECTES
VARIABLES	consommation des substances explosives, pièces de rechange, etc.	la redevance d'extraction, taxe sur l'activité professionnelle
FIXES	Main-d'œuvre, dotations aux amortissements des machines et des engins affectées à la fabrication des produits, etc.	frais de personnel administratif, dotations aux amortissements des bâtiments et machines (hors production), etc.

III.2.3. Définition d'un coût

Les coûts désignent l'ensemble des charges et frais supportés par une entreprise lors du processus de production d'un produit ou d'un service dédié à la vente.

Les activités de l'entreprise requièrent un certain nombre de ressources qui peuvent être financières ou humaines, ces ressources sont considérées comme des coûts après leurs affectations par produit.

III.2.4. Type des coûts

Un coût peut être un coût d'achat, un coût de production, ou encore un coût de revient.

- **Le coût d'achat** est le coût d'acquisition se situant au premier stade du cycle d'activité de l'entreprise, qu'elle soit : commerciale avec calcul du coût d'achat de chaque marchandise, industrielle avec calcul du coût d'achat de chaque matière première et de chaque fourniture consommable, ou bien de services avec calcul du coût d'achat de chaque fourniture ou prestation utilisée.
- **Le coût de production** est un coût qui concerne les entreprises industrielles qui font la transformation de matières premières en produits. Le calcul de coût de production concerne les produits intermédiaires, les produits semi finis et les produits finis
- **Le coût de revient** est la somme des charges d'une entreprise regroupés selon la nature de son activité, il doit être évalué selon les situations : pour les marchandises vendues, pour les produits finis vendus, pour les prestations de services fournies.

III.2.5. Définition d'un centre d'analyse [17]

Un centre d'analyse est une division de l'unité comptable dans laquelle sont groupés, préalablement à leur imputation aux coûts des produits, les éléments des charges.

Ces centres sont scindés en sections, ils peuvent être principaux ou auxiliaires.

- Les centres principaux correspondent à une division de l'entreprise dont l'activité est directement transférée à un objet de coût comme le centre production.
- Les centres auxiliaires fournissent des services ou prestations aux autres centres.

III.2.6. Définitions concernant ce que l'entreprise fabrique [18]

- **Les produits finis** : Il s'agit des produits ayant atteint le stade ultime de fabrication dans l'entreprise. Ils sont donc vendus « tel que ». Prenons par exemple une cimenterie, le ciment correspond à un produit fini.
- **Les produits semi-finis** : Il s'agit de produits ayant atteint un stade déterminé de la fabrication qui n'est pas le stade ultime dans l'entreprise. Ces produits pourraient être vendable «tel que ». Dans notre exemple de la cimenterie le clinker pourrait correspondre à un produit semi-fini qu'il pourrait être vendable.
- **Les produits en cours** : Il s'agit des produits n'ayant pas atteint un stade déterminé de la fabrication dans l'entreprise. Ils ne seraient pas vendables « tels que ».

III.3. Calcul des coûts [15]

III.3.1. La comptabilité générale et la comptabilité analytique

La comptabilité générale est un système organisationnel que les entreprises sont obligées de respecter, qui consiste à enregistrer chaque flux financier entrant et sortant et à les classer par nature et/ou par date selon des normes fixées légalement.

La tenue d'une comptabilité pour l'entreprise permet de savoir si celle-ci dispose de suffisamment de ressources pour mener ses actions à l'instant T, de suivre sa trésorerie au jour le jour, mais aussi de l'anticiper.

La comptabilité analytique est alimentée par la comptabilité générale. Cette discipline consiste à analyser les données issues de la comptabilité générale pour mieux comprendre le fonctionnement de l'entreprise.

La comptabilité analytique zoome sur l'analyse de la structure des coûts pour chaque poste/service de l'entreprise. Elle en identifie les plus coûteux et permet, pour le dirigeant, de prendre des décisions de gestion éclairées, d'opérer des transformations de modèle économique pour optimiser la rentabilité de l'activité.

III.3.2. Etapes de calcul du coût de revient par la méthode des coûts complets [18]

Cette méthode repose sur la distinction entre les charges directes et indirectes. contrairement à la méthode des coûts variables où on ne prend en compte que la partie variable des charges, le calcul du coût complet requiert l'utilisation de toutes les charges de l'entreprise que se soient fixes ou variables, directes ou indirectes.

ci-dessous l'ensemble des étapes à suivre afin d'arriver à calculer le coût de revient complet.

- Etablir l'organigramme du processus de fabrication afin de déterminer les centres d'analyse de l'entreprise
- Etablir le tableau de répartition des charges indirectes

Tableau III-2 : la répartition des charges indirectes

Répartition primaire	Totaux	Centres auxiliaires		Centres principaux	
		Centre auxiliaire 1	Centre auxiliaire 2	Centre principal 1	Centre Principal 2
Charge indirecte 1					
Charge indirecte 2					
Total primaire					
Répartition secondaire					
Centre auxiliaire 1					
Centre auxiliaire 2					
Total secondaire					

- Calcul des coûts d'achats

Les calculs sont présentés sous forme de tableaux.

Tableau III-3 Calcul des coûts d'achats

	Matière A			Matière B			Fournitures		
	Quantité	Prix unitaire	Total	Quantité	Prix unitaire	Total	Quantité	Prix unitaire	Total
Prix d'achat									
Charges directes									
Charges indirectes									
Coût d'achat	(a)	(c)	(b)						

Remarque:

(a) : il correspond à la quantité de matière et de fournitures achetées, donc il ne correspond pas à la somme de la colonne « Quantité »

(b) : c'est la somme de la colonne « Total »

(c) : ce n'est pas la somme de la colonne « Prix unitaire », il est calculé par le rapport $\frac{(b)}{(a)}$, il s'agit du coût de revient unitaire d'achat

- Etablir une fiche de stocks pour les matières achetées stockées

Chaque élément acheté dispose d'un compte de stock spécifique.

Le coût d'achat calculé, pour chaque élément acheté, est enregistré en entrée du compte de stock correspondant.

Tableau III-4 : Fiche de stocks pour les matières achetées stockées

Eléments	Matière A			Matière B			Fournitures		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Stock initial									
Entrées (a)									
Disponible (stock initial + Entrées)		(b)							
Sorties									
Stock final (Disponible – Sorties)									
Différence d'inventaire									
Stock final réel									

Remarque:

(a) : les entrées doivent être indiquées en coût d'achat et non en prix d'achat

(b) : ce montant pourrait être calculé par quatre (04) méthodes différentes

- ✓ La méthode du coût moyen unitaire pondéré périodique (C.U.M.P périodique)
- ✓ La méthode du coût moyen unitaire après chaque entrée (C.U.M.P après chaque entrée)
- ✓ La méthode du premier entré, premier sorti (P.E.P.S)
- ✓ La méthode du dernier entré, premier sorti (D.E.P.S)

- Calcul des coûts de production des produits semi-finis (PSF)

Les calculs sont présentés sous forme de tableaux pour chaque élément de coût de production

Tableau III-5 : Calcul des coûts de production des produits semi-finis

	PSF 1			PSF 2		
	Quantité	Prix unitaire	Total	Quantité	Prix unitaire	Total
Coût des matières A consommées (a)						
Coût des matières B consommées (b)						
Coût de fournitures						
Charges directes						
Charges indirectes						
Coût de production des PSF (c)						

Remarque :

(a) et (b) : ce sont les sorties de la fiche de stock respectivement de la matière A et B

(c) : il correspond au coût de production des PSF fabriquées et non forcément consommés pour la fabrication des produits finis

- Etablir une fiche de stocks pour les produits semi-finis stockés
- Calcul des coûts de production des produits finis
- Etablir une fiche de stocks pour les produits finis
- Calcul du coût de revient des produits finis (PF)

Tableau III-6: Calcul du coût de revient des produits finis

	Produit finis 1			Produit finis 2		
	Quantité	Prix unitaire	Total	Quantité	Prix unitaire	Total
Coût de production des PF consommés						
Charges directes commercialisation						
Charges indirectes commercialisation						
Coût de revient des produits finis						

- Calcul du résultat analytique

Il s'agit des résultats globaux ou unitaires réalisés sur la vente de chaque catégorie de produits finis

Résultat analytique = Chiffre d'affaire (CA) – Coût de revient des produits vendues (CR)

Ce résultat peut être :

- Nul : $CA = CR$
- Positif : bénéfice : $CA > CR$
- Négatif : perte : $CA < CR$

- Le rapprochement des résultats de la comptabilité analytique et la comptabilité générale Afin de vérifier la fiabilité des calculs que ne doit pas être négligé, cette étape qui expliqué dans le tableau suivant.

Les résultats analytiques + Charges supplétives (1) - Charges de la comptabilité générale non incorporées en comptabilité analytique (2) ± Différences d'inventaire (3) ± Différences d'imputation des charges indirectes (4) + Produits de la comptabilité générale non incorporées en comptabilité analytique <hr/> = Résultat de la comptabilité générale

Remarque:

(1) : Ce sont les charges qui ne sont pas enregistrées en comptabilité financier mais qui sont incorporés dans les coûts (ex : la rémunération conventionnelle des capitaux propres)

(2) : Ce sont les charges qui ne sont pas pris en compte en comptabilité analytique (ex : les impôts sur les bénéfices)

(3) : Il s'agit de la différence entre le stock finale théorique et le stock final réel.

(4) : Il s'agit de la différence entre les charges indirectes imputées et les charges in directes réelles.

Chapitre IV : Présentation de l'entreprise et étude de l'existant

IV.1. Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter le groupe LafargeHolcim ainsi que l'unité de CILAS. Il portera sur sa localisation, les conditions géologiques de la zone, le régime de fonctionnement et les matériels et moyens humains utilisés en secteur carrière.

IV.2. Groupe LafargeHolcim [20]

LafargeHolcim est un leader mondial des matériaux et des solutions de construction. Il produit du ciment, des granulats et du béton.

Le groupe est présent dans environ 80 pays en juin 2018. Il dispose en Europe de 892 sites qui emploient 21 317 personnes, en Asie-Pacifique de 539 sites qui emploient 24 153 personnes, en Afrique de 286 sites qui emploient 12 901 personnes, en Amérique du Nord de 523 sites qui emploient 12 697 personnes, et en Amérique latine de 139 sites qui emploient 9305 personnes.

IV.3. LafargeHolcim Algérie [20]

Présent en Algérie depuis 2009, LafargeHolcim Algérie continue de contribuer au développement de l'industrie cimentière en Algérie. L'entreprise est présente sur toute la chaîne de valeur des matériaux de construction « ciments, liants routiers, ciments spéciaux pour les puits d'hydrocarbures, mortiers, granulats, bétons, plâtres, sacs et distribution » au travers de différents modèles d'affaires.

LafargeHolcim Algérie emploie 5500 collaborateurs dans trois cimenteries (Msila, Biskra et Oran). Elle est fortement engagée dans le développement économique, social et environnemental du pays.

IV.4. Présentation de l'unité de Biskra [20]

D'une capacité de 2,7 millions de tonnes par an, la cimenterie de Biskra a démarré son activité en juillet 2016. Située à 400 km d'Alger, elle répond aux besoins du marché du ciment dans le Sud algérien. Il s'agit de l'usine la plus récente construite par LafargeHolcim.

La cimenterie de Biskra est portée par la société CILAS, détenue à 51 % par le Groupe Industriel SOUAKRI Frères, groupe industriel privé algérien, et à 49 % par LafargeHolcim, conformément à la règle des 51/49 appliquée aux investissements étrangers en Algérie.

Construite en 21 mois, elle affiche d'excellents résultats en matière de santé & sécurité, avec 5 millions d'heures travaillées sans accident. La cimenterie compte 640 personnes et permet de réduire significativement les importations de ciment du pays.

IV.4.1. Localisation [21]

Le gisement de calcaires étudié se situe à 1,5km à l'Est de la localité de Hammam Sidi

El Hadj et à 03km au sud-est de Fontaine des Gazelles ; soit à 31kms au Nord de la ville de Biskra.

Les coordonnées UTM de ses points-limites sont telles que présentées sur le tableau suivant.

Tableau IV-1:Points de coordonnées de délimitation du périmètre du site de Hammam Sidi El Hadj

POINT	COORDONNEES		POINT	COORDONNEES	
	X	Y		X	Y
1	742 700	3 888 100	16	742 200	3 886 300
2	742 700	3 887 600	17	741 400	3 886 300
3	742 800	3 887 600	18	741 400	3 886 700
4	742 800	3 887 500	19	741 100	3 886 700
5	742 900	3 887 500	20	741 100	3 887 100
6	742 900	3 887 400	21	741 000	3 887 100
7	743 000	3 887 400	22	741 000	3 887 200
8	743 000	3 887 300	23	740 900	3 887 200
9	743 100	3 887 300	24	740 900	3 887 300
10	743 100	3 887 200	25	740 800	3 887 300
11	743 200	3 887 200	26	740 800	3 887 500
12	743 200	3 887 100	27	740 700	3 887 500
13	743 300	3 887 100	28	740 700	3 888 000
14	743 300	3 887 000	29	741 300	3 888 000
15	742 200	3 887 000	30	741 300	3 888 100

Ainsi délimité, son périmètre couvre une superficie de 289 Ha, administrativement il relève de la commune et daïra de DJEMMORAH, wilaya de Biskra.

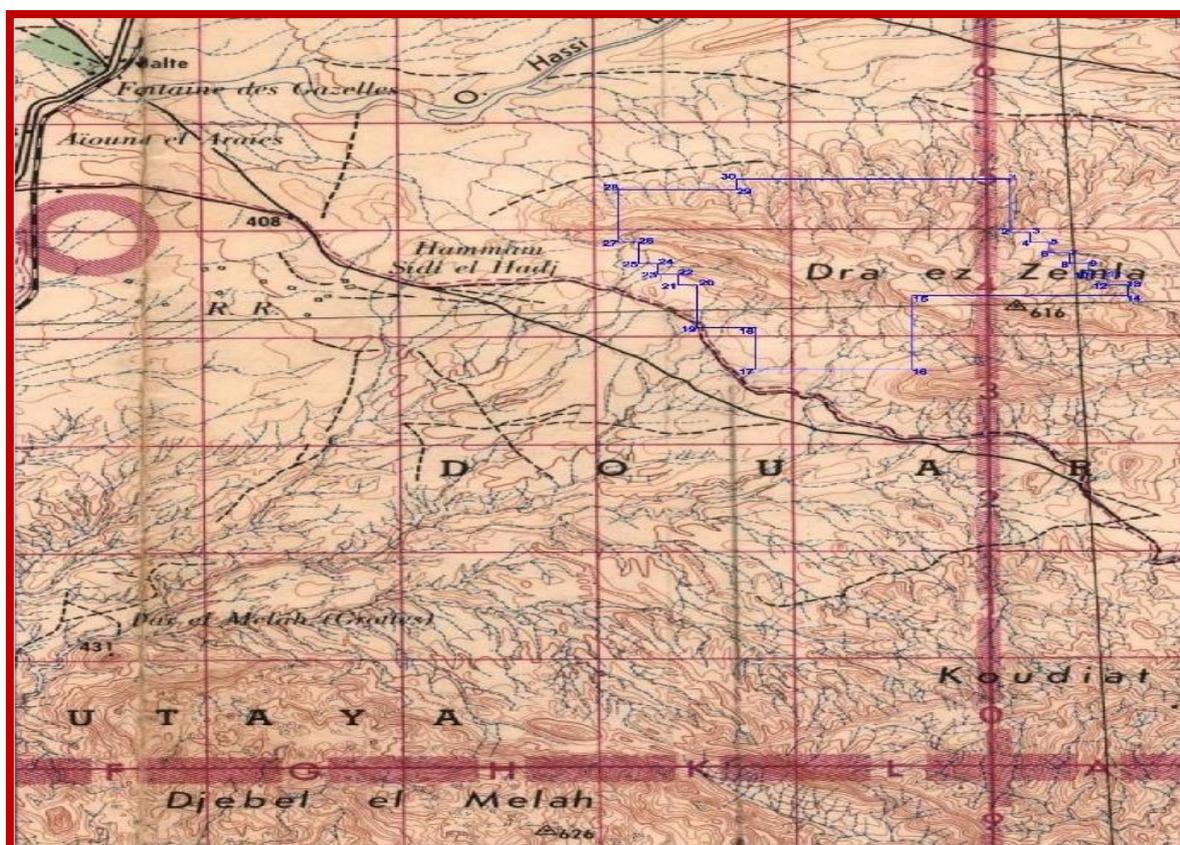


Figure IV-1: Localisation du gisement de calcaires Hammam Sidi El Hadj

IV.4.2. Généralité sur le gisement [21]

IV.4.2.1. Orohydrographie et climat.

Le territoire de la wilaya de Biskra se divise en deux zones morphologiques essentielles qui se succèdent du Nord au Sud : les monts de l'Atlas Saharien et la zone présaharienne.

Les édifices montagneux de l'Atlas Saharien se caractérisent par des côtes absolues qui varient de 255 à 795m. Ces édifices sont formés par des massifs de l'éocène inférieur, du crétacé supérieur et inférieur, et du pliocène. Les dépôts triasiques et jurassiques sont plus rares.

La zone présaharienne est représentée par une vaste plaine faiblement mamelonnée où sont accumulés les dépôts quaternaires et qui devient presque plane vers le Sud de la wilaya.

Dans les limites du territoire de toute la wilaya, elle a une altitude qui varie entre 30 et 100m. Sa formation est datée du tertiaire et est constituée de sédiments récents.

La région est soumise à un climat sec et désertique avec des précipitations faibles et irrégulières tombant sous forme d'orage, L'hiver y est relativement doux et l'été très chaud.

Selon les données climatiques de la région, les mois de juin, juillet et août sont les plus chauds (maximum entre 40 et 45°). Ceux de décembre et janvier sont les plus froids.

La valeur moyenne des précipitations annuelles est inférieure à 100mm, quant à la capacité d'évaporation, elle est de l'ordre de 2000mm. De plus, la région est soumise à des vents dominants de direction principale Nord-Ouest.

IV.4.2.2. Géologie régionale

IV.4.2.2.1. Litho stratigraphie :

Les formations qui prennent part à la géologie de la région sont les dépôts du crétacé, pliocène, l'éocène et quaternaire.

IV.4.2.2.2. Géomorphologie et hydrographie du gisement.

Le gisement occupe la partie majeure du massif de Drae Zemla, ce dernier étant orienté NW-SE et situé tel que dit précédemment à 1,5km à l'est de la localité de Hammam Sidi El Hadj.

Du point de vue géomorphologique, le gisement correspond localement à une structure monoclinale représentant le flanc Sud d'un vaste synclinal orienté Nord-est / Sud-ouest.

Les dimensions du gisement sont, dans ses parties les plus longue et large, de 2200x1800m.

La dénivelée entre ses parties les plus haute et basse est de 171,96m.

Toute l'assise utile du gisement repose au-dessus du niveau d'érosion local et se continue encore en profondeur. Elle a été reconnue par les sondages sur une épaisseur variant de 30,90 à 147,12m et faisant en moyenne 85m.

IV.4.2.2.3. Calcul des réserves géologique

Compte tenu de son relief irrégulier, le gisement a vu ses réserves géologiques se faire calculer par la méthode des coupes géologiques verticales parallèles.

Les réserves géologiques sont importantes pour avoir été évaluées à 618 738 700,50 tonnes en toutes catégories confondues et comme suit :

- **351 125 589,00 tonnes en catégorie B (certains)**
- **90 182 970,26 tonnes en catégorie C1 (sûre)**
- **177 430 141,30 tonnes en catégorie C2 (probable)**

Les réserves géologiques du gisement sont donc évaluées à 441 308 559,30 tonnes (B+C1). Elles peuvent satisfaire les besoins d'une cimenterie à module de production de 02 millions extensible graduellement à 6 millions de tonnes de ciment gris par an, pendant une durée de vie de 52 ans.

IV.4.3. Matériels et moyens humains utilisés de l'unité [20]

IV.4.3.1. Moyens humains

Par rapport aux moyens humains, on n'a pu récolter que les données de la carrière.

L'effectif de la carrière est réparti comme ci-après :

Tableau IV-2: Moyens humains de la carrière pour un seul poste

Département technique et exploitation	Effectif
Administration	4
Exploitation	3
Foration	2
Chargement	2
Transport	7
Stocks	2
Concasseur	1
Les deux halls	2
Maintenance	1 électricien-1 mécanicien-3 agents d'entretiens
Auxiliaire	1 pour niveleuse-1 pour arrosage

IV.4.3.2. Matériels à utiliser:

Le tableau ci-dessous montre la liste des moyens matériels de l'entreprise.

Tableau IV-3 : Matériels utilisé dans l'unité

secteur	Matériels
Carrière	Une pelle CAT375 et une chargeuse CAT 990 ; 5 Dumpers 775 G et 2 dumpers 770 G et 2 sondeuses T35-D50 ;
Usine	Deux Camions et une chargeuse
auxiliaire	Chargeuse 966 pour nettoyage; Camion arrosage et camion de ravitaillement

IV.4.4. Organigramme de l'unité [21]

L'organigramme de l'unité CILAS est représenté dans la Figure -4.3- :

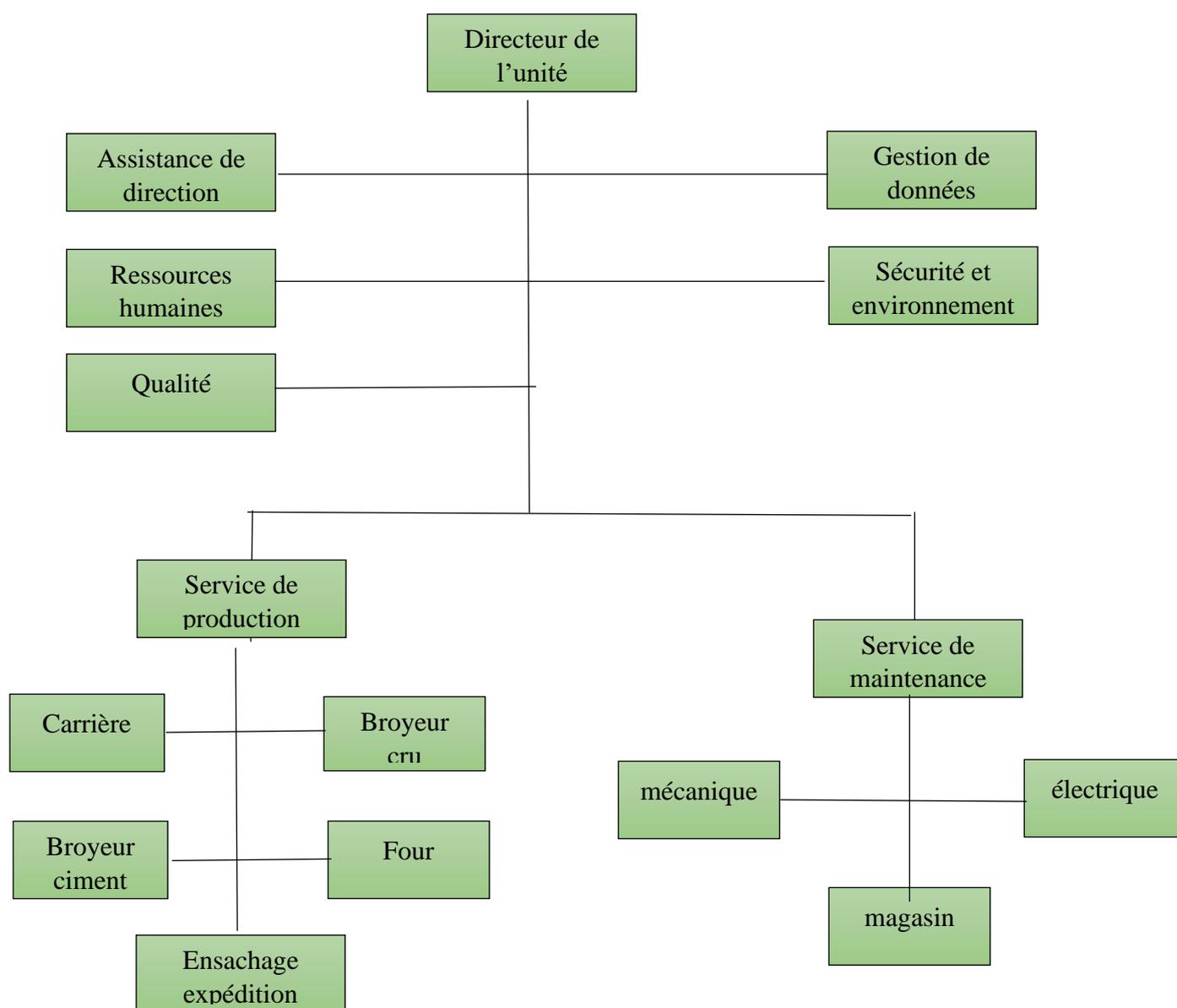


Figure IV-2: l'organigramme de CILAS

IV.4.5. Régime de fonctionnement de l'unité [20]

l'organisation des travaux proposée doit être en conformité avec la réglementation de travail en vigueur et en fonction des moyens humains/personnels mis à la disposition de l'unité.

Elle sera adoptée de la manière suivante :

- Production annuelle : 1.7 millions tonnes
- Nombre de semaines ouvrables par an : 52
- Nombre de jours ouvrables par mois : 22 j
- Nombre de jours ouvrables par semaine : 05 j
- Nombre de poste de travail par jour : 02 p
- Nombre d'heures de travail par poste : 07 h

IV.5. Conclusion

Cette cimenterie bénéficie des technologies de production les plus avancées et affiche d'excellents résultats en matière de santé & sécurité avec une attention forte portée au service client et à l'empreinte environnementale.

Chapitre V : Analyse du suivie de la performance et la productivité de l'unité

V.1.Introduction

Ce chapitre a comme objectif l'analyse des indices de productivité de chaque étape du cycle de production de ciment à l'unité CILAS, à commencer par la foration, puis le chargement et transport pour finaliser avec le concassage, le broyage et la cuisson, et ce, afin de détecter les anomalies et proposer des solutions pour les corriger dans le but d'améliorer l'efficacité de la production.

il est à noter qu'à cause d'un problème de disponibilité des données (lié au confinement qui nous a empêché d'effectuer le stage), les activités de production n'ont pas été analysées sur une seule période. le transport a été analysé sur une période de 10. le chargement sur 15 jours et le reste des opérations de production (foration, concassage, broyage et cuisson) sur une période de 1 mois.

V.2.Productivité des opérations de production

l'analyse de l'activité de production a été effectuée étape par étape afin de pouvoir proposer des améliorations à chaque phase du processus de fabrication du ciment.

V.2.1. Foration [19]

L'unité de CILAS dispose de deux chariots de foration, Atlas Copco FLEXIROC D50 et Atlas Copco T35.

Voici un tableau qui représente les caractéristiques essentielles des deux chariots utilisés.

Tableau V-1: les caractéristiques essentielles des deux chariots utilisés

	Atlas Copco D50	Atlas Copco T35
Méthode de forage	Fond de trou	Fond de trou
Profondeur du trou max	45 m	29.4 m
Diamètre du trou	90 mm-130 mm	76 mm -115 mm
Puissance Moteur	287 Kw	168 Kw

V.2.1.1. Suivi de production [19]

En utilisant les prévisions annuelles de foration, ainsi que les données réelles de cette activité durant le mois de février (Annexe 1.1), nous avons calculé le taux de réalisation par rapport aux prévisions par engin comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau V-2: le taux de réalisation de production des deux chariots de foration

	Atlas Copco D50	Atlas Copco T35
Prévision (m)	4 857	746
Réalisation (m)	5 884	92
Taux de réalisation (%)	121	12

Le taux de réalisation de chariot D50 est beaucoup plus élevé par rapport à T35. On note ici un problème de planification, car tenant compte des réalisations des 2 chariot, les prévisions de chaque engin devraient être révisées.

Afin de vérifier l'évolution journalière durant le mois de février du taux de réalisation de la foration, nous avons décidé d'utiliser la méthode de la distribution gaussienne qui permet de décrire la variabilité d'un phénomène quantitatif et mesurer sa répartition par rapport à la moyenne (ω) et l'écart type (δ). cette loi possède une forme caractéristique rappelant celle d'une cloche permettant la répartition symétrique des valeurs autour de la moyenne.

ci-dessous un tableau qui compare le pourcentage des valeurs du taux de réalisation journalier de la foration aux standards de la loi de distribution gaussienne.

Tableau V-3: la distribution gaussienne du taux réalisation du chariot D50

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Le standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
Atlas Copco D50 (%)	47.62	66.67	100

On constate que le pourcentage des jours où le taux de réalisation était compris dans le premier intervalle de la loi gaussienne ne correspond pas au standard de ce dernier, et c'est la même remarque concernant le deuxième intervalle de la loi gaussienne, ce qui indique une dispersion élevée du taux de réalisation entre les différents jours du mois de février, ou autrement dit une dispersion des réalisations journalières en termes de foration de ce mois.

V.2.1.2. Suivi des heures de marche [19]

- **Les heures de marche**

la figure ci-dessous nous montre la différence entre les heures de foration de chaque engin.

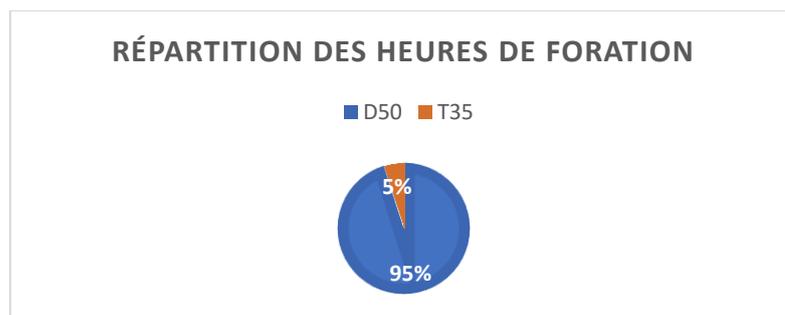


Figure V-1: la répartition des heures de foration réalisés

la figure ci-dessous montre la répartition des heures entre heures de marche et heures d'arrêts du chariot D50.

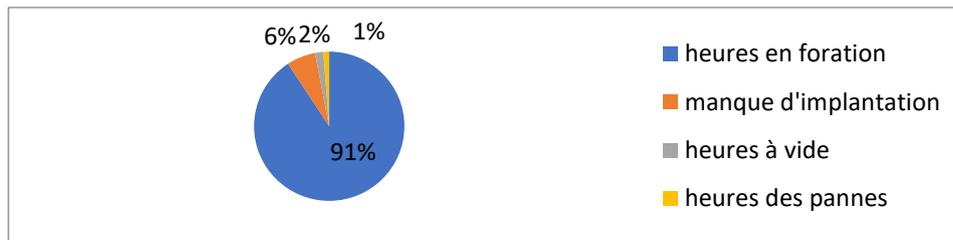


Figure V-2 : la répartition des heures de marche de Atlas Copco FLEXIROC D50

le volume horaire de chariot T35 représente 5% du volume horaire globale de la foration, ainsi que 12% des heures prévues de ce chariot, ce qui indique un problème de fiabilité dans ses prévisions.

On constate que le manque d'implantation représente 6% des heures prévisionnelles et environ 65% des heures d'arrêt total. ceci est dû principalement au manque de synchronisation ente l'avancement de la foration et l'avancement des travaux préparatoires à la foration. afin de régler ce problème, nous proposons de faire un planning de foration mensuel avec un nombre d'heure de travail journalier égale entre tous les jours ouvrables et faire en parallèle un planning des travaux préparatoires à la foration en fonction des plates formes de travail prévisionnelles. en cas de changement de programme de foration, le planning des travaux préparatoire doit être réaménagé pour répondre au nouveau besoin et éviter ainsi les arrêts de la foration.

- **Indice de disponibilité [19]**

Afin de vérifier la performance de l'équipe de maintenance, nous allons effectuer une analyse de l'indice de disponibilité des engins de la foration afin de vérifier son impact sur la production. **(Annexe 1.2)**

Ci-dessous un tableau qui regroupe les données nécessaires pour le calcul de la disponibilité de chaque engin de foration.

Tableau V-4: les heures de marche pour les deux chariots

	Atlas Copco D50	Atlas Copco T35
Nombre d'heures programmés	170 heures	8 heures
Nombre d'heures en marche	149.50 heures	7.50 heures
Nombre d'heures en panne	2 heures	0 heures
Temps d'arrêt total	12 heures	0 heures
Nombre d'arrêt par mois	4 arrêts	0 arrêts
Nombre de jours travaillé	21 jours	2 jours

Afin de vérifier la performance de l'équipe de maintenance, nous allons effectuer une analyse de l'indice de disponibilité des engins de la foration afin de vérifier son impact sur la production.

ci-dessous un tableau qui regroupe les données nécessaires pour le calcul de la disponibilité de chaque engin de foration.

Tableau V-5: Indice de disponibilité des deux chariots

	Atlas Copco D50	Atlas Copco T35
MTBF (heures)	149.20	7.50
MTTR (heures)	3	0
Disponibilité (%)	98.03	100

le chariot D50 a une disponibilité proche de 100% ce qui indique que les pannes n'ont quasiment aucune influence sur le taux de réalisation de la foration.
concernant le chariot T35, aucune conclusion ne peut être tirée compte tenu qu'il n'a été utilisé que pendant 2 jours.

- **Facteur d'utilisation [19]**

Le facteur d'utilisation est considéré comme le rapport nombres d'heures réalisées sur le nombre d'heures disponible. (**Annexe 1.3**)

Le tableau suivant montre les valeurs de facteur d'utilisation enregistrée pendant le mois de février pour Atlas Copco FLEXIROC D50.

Tableau V-6: Le facteur d'utilisation pour Atlas Copco FLEXIROC D50

Moyenne (%)	87.26
Minimum (%)	45.71
Maximum (%)	106.67

Remarques :

Les heures disponibles sont définies par les heures prévus moins le temps des pannes, dans notre cas les heures prévus ne sont pas bien élaboré au sein de l'unité ce qui nous a donné un facteur d'utilisation qui dépasse 100% dans certains jours, mais la moyenne mensuelle reste appréciable.

Pour pouvoir analyser le facteur d'utilisation, on a calculé sa distribution gaussienne qui est représenté dans le tableau suivant :

Tableau V-7 : Distribution gaussienne du facteur d'utilisation du chariot D50

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
Atlas Copco FLEXIROC D50 (%)	61.90	66.67	76.19

On constate que le pourcentage des jours où le taux d'utilisation appartient aux intervalles de la loi gaussienne ne correspond à aucun des standards de cette loi, ce qui indique une dispersion

élevée ou autrement dit, des valeurs de taux de réalisation qui s'éloignent de la moyenne durant le mois d'étude.

V.2.1.3. Calcul des débits [19]

- **Débit théorique [19]**

le nombre de mètres linéaire par heure que peut réaliser chaque engin est déterminé par les ingénieurs tenant compte de leurs essais sur le terrain, de la nature des plateformes de travail et des caractéristiques de chaque engin.

le tableau ci-dessous est le résultat de l'expérience des ingénieurs de l'unité CILAS avec leurs engins de foration.

Tableau V-8 : Débit théorique de foration pour les deux chariots

	Atlas Copco T35	Atlas Copco FLEXIROC D50
Débit théorique (ML/h)	18	35

- **Débit réel [19]**

Le débit réel de foration est le rapport entre les ML forés et le temps de foration.

$$\text{Débit réel de foration} = \frac{\text{foration réalisé}}{\text{temps réalisé}}$$

Tableau V-9: Débit réel de foration pour les deux chariots

	Atlas Copco FLEXIROC	Atlas Copco T35
Foration réalisé (m)	5883.50	91.50
Temps réalisé (heures)	146.60	7.50
Débit réel (m/heure)	40.13	12.20

Tableau V-10: Débit réel de foration pour Atlas Copco D50 pour chaque zone de travail

Zone de travail	495 Est	495 Est / 510 Ouest	510 Ouest	510 Est	495 Ouest	510 Est/525 Est	525 Est	495 Ouest/Est
Foration (m)	1017	499.50	732	1479	206	407.50	1023.50	519
Temps (h)	26	10.70	18.60	32.80	5.10	12.80	28.70	11.90
Débit réel (m/h)	39.12	46.68	39.35	45.09	40.39	31.83	35.66	43.61

On constate que le rendement du chariot D50 varie en fonction de la plateforme de travail entre 31 ML/h jusqu'à 46 ML/h, ce qui nous pousse à réfléchir à mettre un standard de travail pour chaque plateforme afin d'améliorer la fiabilité des prévisions de foration.

- **La performance**

la performance de la foration est le rapport entre le débit standard et le débit réel de cette opération. le tableau ci-dessous regroupe les données de chaque engin.

Tableau V-11: la performance des deux chariots de foration

	Atlas Copco FLEXIROC	Atlas Copco T35
Débit théorique (m/h)	35	18
Débit réel (m/h)	40.13	12.20
Performance (%)	115.13	67.78

Tableau V-12: Distribution gaussienne du débit réel de D50 selon la zone de travail

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Le standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
Atlas Copco FLEXIROC D50 (%)	42.86	71.43	76.19

On constate que malgré la bonne performance du chariot D50, son débit réel journalier enregistre une grande variabilité durant ce mois de février comme le montre le tableau ci-dessus de la distribution gaussienne. cette variabilité peut être liée à plusieurs paramètres tels que :

- L'implantation des trous dans des endroits difficilement accessible ce qui augmente le temps de déplacement entre trous et diminue de ce fait le débit journalier de la foration ;
- Le coincement des tiges lors de la foration ;
- L'efficacité du foreur qui peut varier d'un jour à l'autre.

Tous les problèmes cités ci-dessus pourront être réglés avec une bonne connaissance de terrain, une formation des conducteurs et une préparation adéquate des plateformes de travail.

Il est à noter qu'une révision des standards de travail par plateforme s'impose compte tenu des réalisations moyennes qui dépassent largement le standard de foration fixé par l'entreprise.

V.2.1.4. Suivi de la consommation d'énergie [19]

Pour suivre la consommation énergétique des chariots de foration on mesure le rapport entre la quantité du gazoil consommée et le nombre de mètres linéaires forés. (**Annexe 1.5**)

Le tableau suivant présente la consommation énergétique par ML foré des deux chariots pendant le mois de février.

Tableau V-13: La consommation d'énergie des chariots de foration

	Moyenne	Min	Max
Atlas Copco D50 (l/m)	1.15	0.88	1.71
Atlas Copco T35 (l/m)	2.05	2.04	2.07

La consommation moyenne du chariot T35 est plus importante que celle de chariot D50, cela veut dire que pour chaque mètre linéaire foré le chariot D50 consomme moins de gasoil par rapport au chariot T35. Cela est parmi les raisons qui justifie pourquoi le chariot D50 est plus utilisé pendant le processus de foration.

Vu l'absence d'une référence de consommation énergétique /ML foré de chaque engin, nous avons décidé de comparer entre les consommations journalières/ML du chariot D50 afin de vérifier la variabilité de ce rapport par jour.

Tableau V-14: Distribution gaussienne de la consommation du gasoil et mètres linéaire forés

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
Atlas Copco FLEXIROC D50 (%)	52.38	76.19	100

On constate une dispersion entre les consommations énergétiques par ML foré durant le mois de février ce qui indique un régime de travail différents ce qui rejoint l'interprétation concernant la variabilité des débits journaliers de foration.

V.2.2. Chargement

L'exécution de l'opération de chargement au niveau de l'unité se fait par deux engins, une chargeuse Caterpillar 990 et une pelle Caterpillar 375.

A cause de manque des données on a fait juste le suivi de l'indice de disponibilité, le calcul des débits et la consommation en gasoil.

V.2.2.1. Suivi des heures de marche [19]

- L'indice de disponibilité [19]

La disponibilité des engins de chargement a été suivi pour une période de 15 jours comme le montre le tableau ci-dessous

Tableau V-15: Disponibilité des deux chargeuses

	CAT 990	CAT 375
MTBF (h)	66.5	42
MTTR (h)	7	7
Disponibilité (%)	90.48	85.71

On constate que la disponibilité des deux engins varie de 85% à 90% ce qui laisse à penser que les pannes de ces 2 engins peuvent avoir une influence constatable sur l'atteinte des objectifs de l'opération de chargement et transport.

V.2.2.2. Calcul des débits

- **Débit théorique [19]**

Le débit théorique du processus de chargement est la quantité de charge maximale chargée par un excavateur dans les camions par unité de temps,

$$Q_t = \frac{3600 \times V_g \times \rho \times K_{rg}}{T_c \times K_{fg}} \text{ [T/h]}$$

Tableau V-16: Débit théorique du chargement

Excavateur	Volume du godet (m ³)	Coefficient de remplissage	Masse volumique (T/m ³)	Coefficient de foisonnement	Temps de cycle (s)	Débit théorique (t/h)
CAT 990	9	0.8	2.5	1.4	20	2314.28
CAT 37	5	0.8	2.5	1.4	25	1028.57

Remarque : Le temps de cycle est prévisionnel, on l'a supposé pour qu'on puisse avoir une idée sur le débit théorique.

- **Débit réel [19]**

Le calcul du débit réel des deux chargeuses est basé sur des mesures d'un jour pour un poste.

Tableau V-17: Débit réel du chargement

Excavateur	Quantité (T)	Durée(h)	Débit réel (T/h)
CAT 990	7137	7	1019.57
CAT 375	3965	7	566.24

- **La performance**

Le calcul de la performance est détaillé dans le tableau ci-dessous

Tableau V-18 : la performance des deux chargeuses

Excavateur	Débit théorique (t/h)	Débit réel (T/h)	Performance (%)
CAT 990	2314.28	1019.57	44.05
CAT 375	1028.57	566.24	55.05

Tenant compte du fait que les deux chargeuses travaillent en parallèle, on trouve que le débit de l'opération de chargement atteint les 1585 T/H, dépassant ainsi la capacité nominale du concasseur (1200T/h).

Cependant, il est à noter que la faible performance du chargement peut être liée au débit théorique de cette opération qui a été calculé en se basant sur un temps de cycle estimée vu que cette information ne nous a pas été communiquée par l'entreprise.

V.2.2.3. Suivi de la consommation d'énergie [19]

Voici un tableau qui montre la consommation moyenne du carburant pour les deux chargeuses en mois de février.

Tableau V-19: Consommation moyenne d'énergie du mois de février des deux chargeuses

Excavateur	Consommation moyenne du carburant (L/T)
CAT 990	0.06
CAT 375	0.12

La chargeuse CAT 375 consomme deux fois plus de gasoil ce que consomme la chargeuse CAT 990 pour charger une tonne de matière première.

Sachant que la chargeuse CAT 990 a une meilleure disponibilité, un meilleur débit et un meilleur rapport de consommation énergétique par tonne chargée ; il est évident que cet engin est plus rentable et plus productif que la chargeuse CAT 375.

Tenant compte du fait que le débit de la chargeuse CAT 990 est supérieur à celui du concasseur, il sera intéressant de faire une étude pour vérifier si avec une meilleure synchronisation de l'activité chargement transport, l'entreprise peut fonctionner avec seulement l'engin CAT 990 afin d'améliorer sa productivité et sa rentabilité.

V.2.3. Transport

Les moyens employés pour transporter les matières premières du gisement sont 7 dumpers de marque Caterpillar dont 5 de type CAT 775 et 2 de type CAT 770.

Dans cette partie nous allons voir les suivies du transport de tous les engins et leurs indices de performances pendant dix (10) jours allant de 01 Mars jusqu'au 10 Mars 2020.

V.2.3.1. Suivi de production [19]

- **Nombre de voyages et quantité transportée**

La quantité transportée dans cette période est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau V-20 : la quantité transporté et le nombre de voyages pour chaque dumper

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Nombres de voyages vers trémie (voyages)	198	203	212	212	203	39	181
Nombres de voyages vers stock (voyages)	4	2	2	2	3	1	2
Nombres de voyages total	202	205	217	214	206	40	183
Quantité transportée (T)	12 462	12 710	13 268	13 268	12 772	1 600	7 320

La figure suivante montre le nombre de voyages vers stock par rapport au nombre de voyages total.

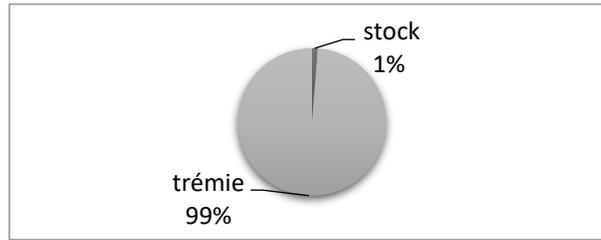


Figure V-3: le nombres de voyages vers stock et vers trémie

V.2.3.2. Suivi des heures de marche [19]

- **Indice de disponibilité**

Tableau V-21: Indice de disponibilité des dumpers

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
MTBF (h)	32.52	16.54	33.57	68.73	69.42	12.20	68.57
MTTR (h)	3.55	2.78	3.55	7.00	0.30	0.00	7.00
Disponibilité (%)	90.16	85.64	90.44	90.76	99.57	100.00	90.74

On remarque bien pendant ces jours l'indice de disponibilité varie de 85% à 100% e qui indique une éventuelle influence sur le taux de réalisation de l'opération de transport.

- **Facteur d'utilisation [19]**

$$\text{Facteur d'utilisation} = \frac{\text{Nombre d'heures réalisé}}{\text{Nombre d'heures disponible}}$$

Voici un tableau de facteur d'utilisation du mois de février pour chaque camion. (**Annexe 2.1**)

Tableau V-22: Facteur d'utilisation des dumpers

Dumpers	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Heures de marche (h)	65.04	66.18	67.14	68.73	69.42	12.20	68.57
Heures disponibles (h)	76.90	79.90	83.90	84.00	90.70	28.00	77.00
Facteur d'utilisation (%)	84.58	82.82	80.02	81.82	76.54	44.57	89.05

On constate que le taux d'utilisation reste relativement faible, ce qui indique des problèmes liés à la gestion et au suivi des engins de transport par le service exploitant. à cet effet, il sera

intéressant de faire une étude détaillée sur cette activité afin de déceler les anomalies qui peuvent influencer sur l'utilisation des engins.

Pour qu'on puisse suivre la variabilité de ce facteur on a calculé la distribution gaussienne des 10 jours d'étude qui est représenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau V-23: Distribution gaussienne du facteur d'utilisation des dumpers

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
D1	71.43 (%)	100 (%)	100 (%)
D2	75(%)	100 (%)	100 (%)
D3	62.50 (%)	87.50 (%)	100 (%)
D4	62.50 (%)	62.50 (%)	100 (%)
D5	75 (%)	87.50 (%)	100 (%)
D6	50 (%)	100 (%)	100 (%)
D7	71.43 (%)	100 (%)	100 (%)

On constate qu'il y avait des perturbations considérables concernant les heures réalisées.

Selon leur coefficient de variation, nous avons classé les dumpers en trois classes :

1^{er} Classe : dumpers 6 ; avec des coefficients de variations moyennes, le dumper 6 est largement meilleur en termes de disponibilité ;

2^{ième} classe : dumpers 4,7 ; avec des coefficients de variations assez bonnes, ce qui signifie plus de stabilité, leurs disponibilités sont égales ;

3^{ième} classe : dumpers 1,2, 5,3 ; avec une meilleure stabilité par rapport aux deux autres classes, le dumper 5 est le meilleur parmi cette classe, Autrement dit, c'est le meilleur dumper en termes de disponibilité et d'usage.

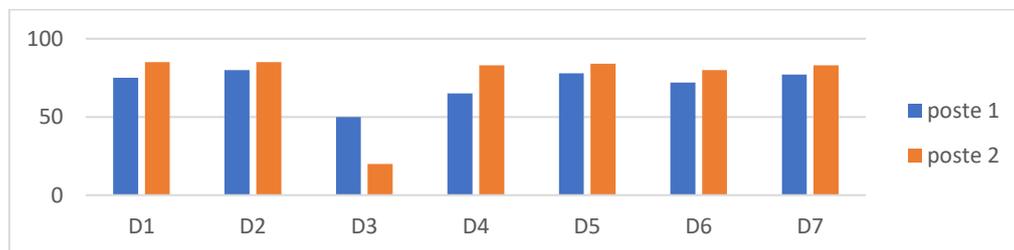


Figure V-4: Facteur d'utilisation des dumpers dans les deux postes

Selon les résultats de la figure ci-dessus, on peut constater que les heures réalisées dans le deuxième poste 2 sont plus importants pour tous les dumpers (sauf le dumper 1 qui est utilisé seulement en cas de besoin).

Il est important de vérifier l'origine de cet écart qui peut être lié ou bien à la composition des équipes ou bien à la nature de travail demandé dans chaque poste.

V.2.3.3. Calcul des débits

- **Temps de cycle [19]**

C'est le temps total que fait le dumper du point de chargement au point de déchargement ensuite il retourne. (Annexe 2.4)

Voici un tableau qui illustre les différents temps de cycle pour le mois de février.

Tableau V-24: Temps de cycle des dumpers

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Moyenne Poste 1 (minutes)	24.37	24.00	22.87	23.40	24.17	20.83	30.19
Moyenne Poste 2 (minutes)	22.15	21.49	21.95	22.59	24.18	30.00	25.07
Moyenne des deux postes (minutes)	23.00	22.17	22.27	23.06	24.36	23.13	27.79

Le tableau ci-dessous le calcul de la distribution gaussienne des temps de cycle.

Tableau V-25: la distribution gaussienne du temps de cycle des dumpers

Intervalles de fluctuation	$\omega - \delta < x < \omega + \delta$	$\omega - 2\delta < x < \omega + 2\delta$	$\omega - 3\delta < x < \omega + 3\delta$
Standard de la distribution gaussienne (%)	68	95	99
D1 (%)	62.50	100	100
D2 (%)	75	100	100
D3 (%)	62.50	100	100
D4 (%)	62.50	62.50	100
D5 (%)	87.50	87.50	100
D6 (%)	75.00	100	100
D7 (%)	57.14	100	100

En analysant les données ci-dessus, on peut dire qu'il y a approximativement trois classes de dumpers selon leurs coefficients de variation.

1^{er} Classe : Dumpers 1,3,4 et 7 ; leurs coefficients de variation est faible, donc on a enregistré une certaine stabilité pendant la période étudiée. Parmi cette classe, le dumper 7 est le seul qui n'a pas atteint la limite gaussienne.

Le dumper 4 a réalisé un nombre de voyages le plus élevée en respectant la limite gaussienne.

2^{ème} classe : Dumpers 2 et 6 ; leurs valeurs de temps de cycle enregistrées sont plus stables que la classe précédente.

Les dumpers 2 et 6 pouvait réalisées un nombre de voyages similaire, néanmoins, le dumper 2 a une meilleure stabilité (Coefficient de variation moins élevée).

3^{ème} classe : Dumper 5 ; c'est le meilleur dumper en termes de nombre de voyages enregistrée dans la carrière en respectant la limite gaussienne (coefficient de variation le moins élevée).

Il est nécessaire de vérifier quels sont les conditions qui font que le dumper 5 donne de meilleurs résultats que les autres dumpers afin de tout mettre en place pour permettre à tous les engins d'améliorer leurs performances pour atteindre celle du D5.

- **Débit théorique [19]**

En identifiant la charge théorique du camion et le temps de cycle on peut calculer le débit théorique.

$$Q_t = \frac{m}{T_c} \text{ [T/h]}$$

Tableau V-26: Débit théorique du transport

Dumper	Temps de cycle standard (min)	Charge (T)	Débit théorique(T/h)
D1	23	62	162
D2	23	62	162
D3	23	62	162
D4	23	62	162
D5	23	62	162
D6	23	40	104
D7	23	40	104

- **Débit réel [19]**

On a calculé le débit réel en utilisant la quantité total transport et le temps de marche total dans cette période.

Tableau V-27: Débit réel du transport

Dumper	Quantité transportée (T)	Temps de marche (heures)	Débit réel (T/h)
D1	12 462	65.04	191.60
D2	12 710	66.18	192.06
D3	13 268	67.14	197.62
D4	13 268	68.73	193.05
D5	12 772	69.42	183.98
D6	1 600	12.20	131.15
D7	7 320	68.57	106.76

- **La performance**

On peut calculer la performance des dumpers de transport avec le rapport de débit réel et le débit théorique de ces engins.

Le tableau ci-dessous qui représente la performance des dumpers.

Tableau V-28 : la performance des dumpers

	Débit théorique(T/h)	Débit réel (T/h)	performance (%)
D1	162	191.60	118.46
D2	162	192.06	118.75
D3	162	197.62	122.19
D4	162	193.05	119.36
D5	162	183.98	113.75
D6	104	131.15	125.68
D7	104	106.76	102.31

Le tableau ci-dessous représente la performance globale de transport

Tableau V-29: Performance globale du transport

Le débit réel de transport vers concasseur (T/h)	1172.31
Le débit nominal de concasseur (T/h)	1200
Performance globale (%)	99.69

Remarque : le tonnage de transport vers le concasseur représente 98% du tonnage de transport total, comme on peut le trouver dans la figure ci-dessous.

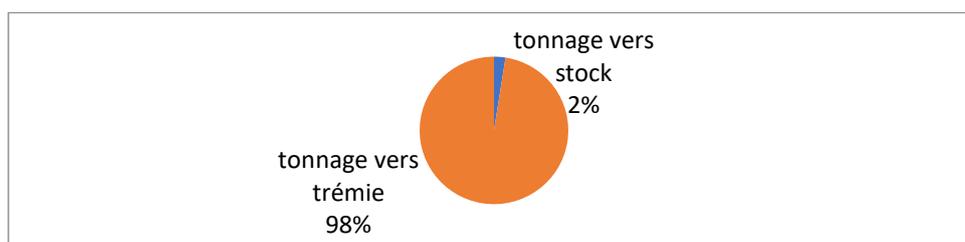


Figure V-5: la répartition du tonnage entre trémie et stock

On constate que la performance globale du transport est inférieure à 100% (99...%) alors que la performance de chaque dumper est supérieure à 100%. Cette différence est due au fait que le temps de cycle des dumpers arrêté par l'entreprise donne une somme des débits théoriques de tous les dumpers égale à 1018 T/h, qui comparé au débit réel des engins (1196 T/h) donne une performance supérieure à 100%; alors qu'en réalité la finalité de l'opération de transport est d'alimenter sans interruption le concasseur et c'est pour cela que la performance du transport a été calculé par rapport au débit du concasseur ce qui a donné un taux inférieur à 100%.

à cet effet, nous signalons que les capacités de transport sont insuffisantes pour alimenter régulièrement le concasseur ce qui nécessite ou bien le renforcement de la flotte ou bien l'amélioration du temps de cycle.

V.2.3.4. Suivi de la consommation d'énergie [19]

La consommation d'énergie du transport est mesurée par le rapport de la quantité de gasoil consommée et de matières premières transportées, le tableau suivant montre les résultats.

Tableau V-30: le rapport consommation gasoil consommé/tonnage

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Quantité du gasoil consommé (l)	2 211.30	2 748.70	2 023.30	2 525.70	2 415.30	452.00	1 940.00
Tonnage (T)	10 602.00	10 850.00	11 346.00	11 346.00	10 912.00	1 600.00	6 120.00
Consommation /tonnage (l/T)	0.21	0.25	0.18	0.22	0.22	0.28	0.32

Remarque : on a enlevé le tonnage de 7 mars puisque on n'avait pas de gasoil enregistré pendant la journée.

Dans un premier temps, on dit que les dumpers de type CAT 770 consomme légèrement plus de gasoil que les dumpers de type CAT 775. Néanmoins, les dumpers de la même classe consomment pratiquement la même quantité du gasoil, sauf les dumpers 7 et 3.

Le dumper 7 consomme plus de gasoil par rapport aux autres dumpers alors que le dumper 3 consomme le moins, cela peut être justifié par le temps de cycle de ces deux dumpers, le premier prend plus temps pour effectuer l'opération, le deuxième prend moins de temps, donc le dumper le plus lent consomme plus de gasoil.

En général on peut dire que le dumper le plus rapide assure plus de quantité de roche avec moins de consommation en gasoil.

V.2.4. Concassage

Les roches abattues sont chargées et transportées vers la première étape de traitement qui est le concassage.

L'unité dispose d'un concasseur avec un débit théorique de 1200 t/h, puisque on a plusieurs types de matières premières, le débit théorique varie selon la matière qui rentre dans la trémie et on distingue :

- 1200 T/h pour le mix (calcaire + argile) ;
- 900T/h pour le calcaire HG ;
- 1000 T/h pour le gypse.

En utilisant les informations fournies par l'entreprise sur la production de la station et la durée de fonctionnement pour le mois de février 2020, nous pouvons faire une analyse sur plusieurs points tel que : le suivi de production, le suivi des heures de marche, la consommation électrique, le calcul du débit réel et la performance.

V.2.4.1. Suivi de production [19]

La production de concasseur est répartie en mix (calcaire argile), calcaire HG et gypse. Voici un tableau qui donne plus de détails sur cette répartition dans l'unité.

Tableau V-31: la répartition de de production par matière première

	mix	Calcaire HG	gypse	Total
Production total (T)	153 609.38	25 480.04	6305.01	185 394.40

la production du concasseur est répartie par produit comme suit :

- 83% pour mix (calcaire +argile)
- 14% pour calcaire Hg
- 3% pour le gypse

- **Le taux de réalisation de production [19]**

La performance de la production est le rapport entre la production réalisé et la production programmé tout au long d'une période bien déterminé (mois de février 2020).

Tableau V-32: le taux de réalisation de production

Matière	Mix	Calcaire HG	Gypse
Production prévue (T)	160 200	25 400.00	8 500.00
Production réalisée (T)	153 609.38	25 480.04	6 305.01
Le taux de réalisation de production %	95.89	100.32	74.18

l'objectif prévu a été atteint seulement dans le calcaire Hg, cependant il n'a pas été atteint pour le calcaire et le gypse.

Pour donner une explication à cela on analyse le suivi des heures de marche et la performance du concasseur.

Il faut signaler que le concasseur ne dispose pas d'un crible de contrôle, donc le concassage se fait sur une seule fois, ce qui oblige à donner plus d'importance à la granulométrie des roches abattus.

V.2.4.2. Suivi des heures de marche [19]

- Les heures de marche

Tableau V-33: Les heures de marche du concasseur

Nombre d'heures de marche total	181.18 h/mois
Nombre d'heures de marche en production	170.19 h/mois
Nombre d'heures de marche à vide	10.99 h/mois

- on peut remarquer qu'il y a 10.99 h de marche à vide sans production qui est l'équivalent d'une journée moyenne en marche avec production ;

La figure ci-dessous donne plus de détails sur les heures de marche en production et à vide.

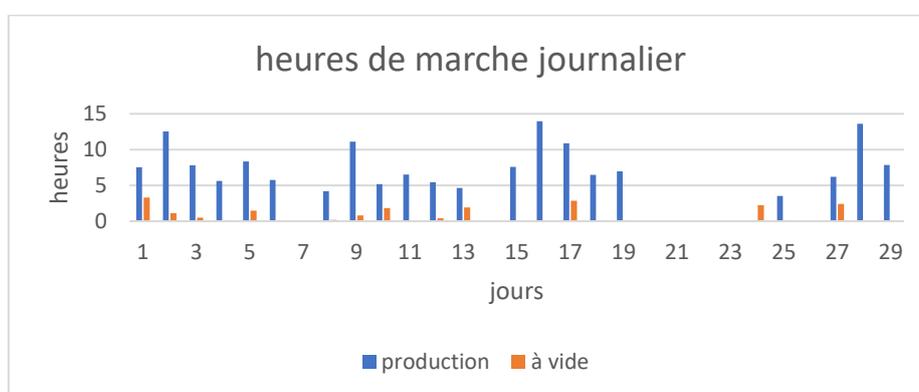


Figure V-6: les heures de marche à vide et en production

Pour la répartition des heures de marche du concasseur par rapport à la matière première la majorité des heures de marche du concasseur est dédié pour le mélange (argile + calcaire) avec 78% du volume horaire total, le calcaire seul avec 17 % et le gypse 5 %.

- **Indice de disponibilité [19]**

Le graphe suivant donne plus de visibilité sur l'indice de disponibilité pendant le mois de février.

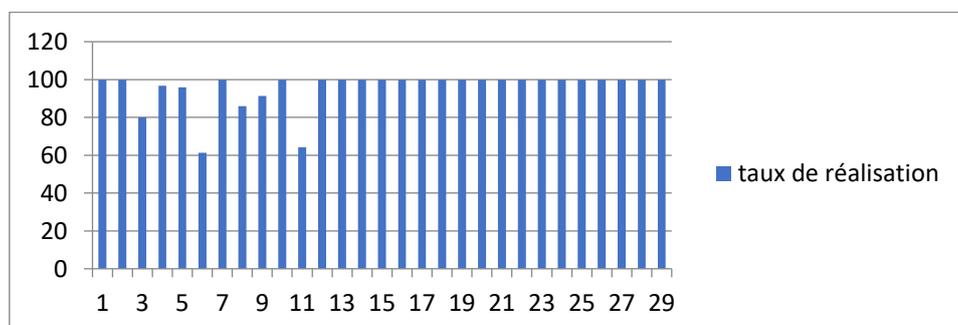


Figure V-7: l'indice de disponibilité par jour

L'indice de disponibilité pour le mois de février est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau V-34: indice de disponibilité

indice de disponibilité moyen du mois	95.70 %
Nombre de jours avec indice de disponibilité =100%	22 jours
Nombre de jours avec 80% < indice de disponibilité <100%	5 jours
Nombre de jours avec indice de disponibilité <80 %	2 jours

- L'indice de disponibilité moyen est bon, cependant la variation des heures de marche journalières est importante, il est conseillé de faire une nouvelle planification en termes des heures de travail programmés.
- Le programme de production enregistre quelques anomalies qui se manifestent par le concassage de plusieurs types de produits en une seule journée ce qui engendre des marches à vides dues au changement des points de chargement que l'on peut éviter avec une meilleure planification basée sur le concassage d'un seul type de produit par jour.

V.2.4.3. Calcul du débit réel

- **Débit réel [19]**

Voici un tableau qui associe la production totale du concasseur, le débit et le temps travaillé durant le mois de février.

TableauV-35: le débit réel du concasseur

Matière	Mix (calcaire +argile)	Calcaire Hg	Gypse
Production (T)	153 609,38	25 480,04	6 305,01
Temps travaillé (h)	133,51	28,20	8,48
Débit reel (T/h)	1 150,55	903,55	743,52

- **Performance**

Le calcul de la performance est très important pour l'évaluation du concasseur, le tableau suivant donne plus de détails sur ce point.

Tableau V-36: la performance du concasseur

Matière	Mix (calcaire + argile)	Calcaire HG	Gypse
Débit théorique (T/h)	1200	900	1000
Débit réel (T/h)	1150.54	903.55	743.52
Performance (%)	95.88	100.39	74.35

La non atteinte des objectifs de débit pour le mix peut être lié aux perturbations de l'alimentation compte tenu de la disponibilité et l'utilisation des engins de transport qui a été détaillé précédemment.

V.2.4.4. Suivi de la consommation énergétique [19]

Le concasseur est la partie qui consomme moins d'énergie électrique par rapport au broyeur et le four, avec une consommation qui varie entre 0.8 et 1.2 KWh/T. (**Annexe 3.2**)

La figure suivante montre la variation du rapport consommation / tonnage et le débit réel des matières concassées.

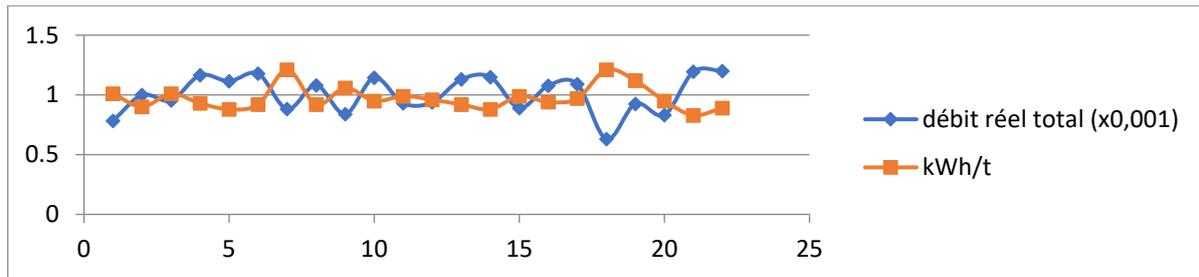


Figure V-8: consommation électrique moyenne par tonne du concasseur

Il y a une corrélation négative entre le débit réel total et le rapport de la consommation et tonnage.

En assurant un débit élevé du concasseur avec le minimum des heures de marche à vide on peut économiser plus d'énergie électrique.

V.2.5. Broyage

Le broyeur à rouleaux vertical vient juste après le concasseur, il produit la farine et le calcaire Hg broyé, son débit nominal est 600 T/h que ce soit pour le calcaire Hg ou la farine.

Nous avons fait une analyse des données qu'on a pu récolter pendant tout le mois de Février 2020 sur les axes suivants :

V.2.5.1. Suivi de production [19]

- **Taux de réalisation de la production**

La production de la farine représente 90% de la production total du broyeur, le reste est du calcaire HG broyé.

Le tableau suivant donne plus de détails sur la production du broyeur pour le mois de février.

Tableau V-37: Le taux de réalisation de production pour le broyeur

Produit	Farine	Calcaire HG broyé	Total
Production réalisée (T)	156 141.90	17 486.52	173 628.40
Production prévue (T)	181 440.00	20 160.00	201 600.00
Taux de réalisation de production (%)	86.05	86.73	86.12

Le schéma suivant montre la répartition de la production entre Farine et Filler.

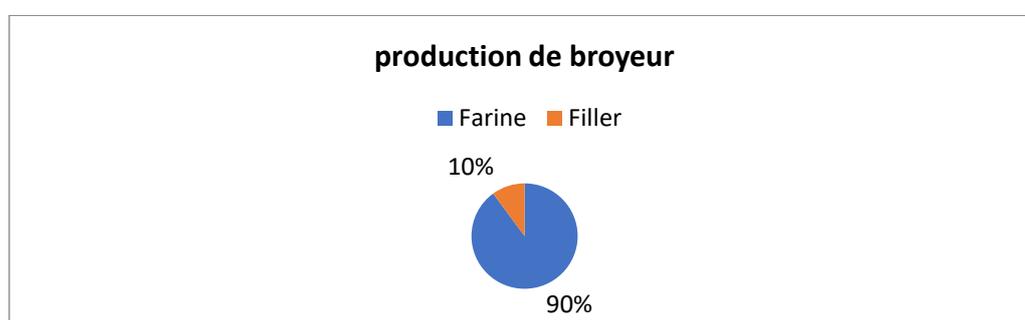


Figure V-9: La répartition des produits de broyeur

- **Taux de récupération [19]**

Cet indicateur est défini par le rapport de la quantité des produits fabriqués et la quantité des matières consommées. On a choisi cet indicateur car il nous permet de mesurer les pertes lors de l'activité de la production afin de minimiser ces pertes le moins possible.

Nous avons fait les calculs nécessaires puis nous avons construit un tableau qui résume les pertes due au broyage de farine et de calcaire hg pendant le mois de février.

Tableau V-38: le taux de récupération du broyage durant tout le mois de février

Matière	Mix	Sable	Fer	Calcaire HG	Calcaire HG
Consommation (T)	153 583.00	4 215.00	2 718.00	873.18	17 665.29
Produits	Farine				Filler
Production(T)	156 141.90				17 486.52
Taux (%)	96.75				98.99

Contrairement au concasseur, il existe des pertes de production surtout pour la farine, cette perte est de 5200 T pour ce mois de février (équivalent de 226 T /jour), ces pertes peuvent être causé par :

- Erreurs des balances, dans ce cas l, il faut assurer l'étalonnage des balances ;
- Des fuites dans le process qu'il faut éliminer.

- **Le taux de conformité [19]**

Pour contrôler la conformité du produit sortant du broyeur on vérifie le facteur de saturation (LSF).

Selon les normes il est compris entre 0,85 et 1. Ce facteur représente le rapport entre la quantité de chaux présente et celle qui peut être liée dans le clinker. Il permet prévoir la qualité du ciment.

Le tableau suivant montre l'état de suivi de LSF selon les normes de Cru durant chaque jour du mois. (**Annexe 4.1**)

Tableau V-39: le taux LSF mensuel de la farine

LSF moyen	LSF maximal	LSF minimal	Nombres des jours enregistrés hors la norme (jours)
94.93 (%)	98.80 (%)	92.10 (%)	0

Les valeurs de LSF pendant tout le mois de février concernant le Cru sont montrées dans le graphe suivant.

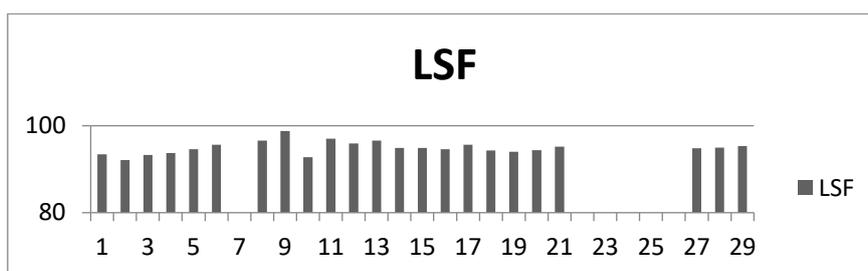


Figure V-10: Les valeurs de LSF pendant tout le mois de février

Concernant le taux de conformité, les valeurs enregistrées sont bonnes car le taux de saturation (LSF) est toujours respecté.

V.2.5.2. Suivi des heures de marche [19]

- **Les heures de marche**

Voici un tableau des heures de marche du broyeur ;

Tableau V-40: la répartition journalière de l'activité

Nombre d'heures de marche total	301.10 h/mois
Nombre d'heures de marche en production	300.84 h/mois
Nombre d'heures de marche à vide	0.26 h/mois
Le nombre de jours sans marche	5 jours

Le graphe suivant montre le nombre d'heures réalisées en production chaque jour.

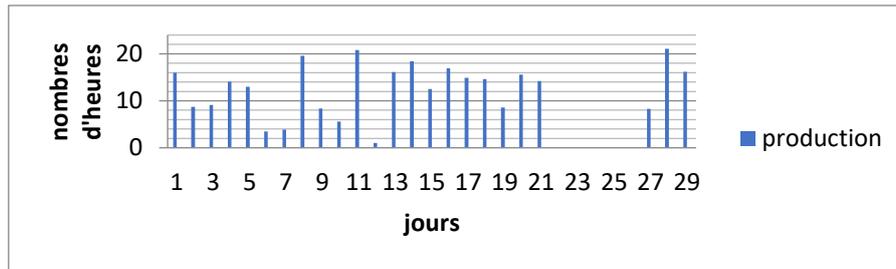


Figure V-11: nombres d'heures de production

Avec un volume horaire égale à 300.84 h, 31.48 h pour le broyage de Filler, le reste est réservé pour le cru (269.36 heures). (**Annexe 4.2**)

- **Taux de réalisation des heures de marche**

Le taux de réalisation des heures de marche est le calculé dans le tableau suivant :

Tableau V-41: Taux de réalisation des heures de marche du broyeur

Nombre d'heure réalisées (h)	301.10
Nombre d'heures programmés(h)	336.00
Taux de réalisation (%)	89.61

- Le nombre d'heures de marche à vide est très petit, le broyeur marche en production avec un pourcentage de 99.91 % du nombre d'heures de marche total.
- La répartition des heures de production entre le calcaire HG et le cru est compatible avec la répartition de leur production, ce qui signifie ils ont un débit très proche, on le verra dans la partie calcul de débit réel.
- La disponibilité du broyeur est 96.05%, avec 3 pannes pendant le mois. Cependant il y a trop de variations au niveau des heures de travail journalières. Ceci est dû à la mauvaise organisation des heures de travail programmées. On propose d'avoir un régime de travail pour chaque semaine en collaboration avec le département commercial en assurant des réunions efficaces chaque début de la semaine.
Par exemple un seul poste de travail pendant toute la journée peut être suffisant en cas d'une baisse de la demande sur le clinker et le ciment.

V.2.5.3. Calcul du Débit réel

- **Débit réel [19]**

Le tableau suivant montre la quantité produite, le temps de marche et le débit réel de la farine et du Hg broyé pour le mois de février.

Tableau V-42: Le débit réel de broyeur pour les matières broyées

Matière entrée	Quantité produite (T)	Temps de marche (h)	Débit réel (T/h)
Farine	156 141.90	269.36	579.68
Filler	17 486.52	31.48	555.48
Total	173 628.50	300.84	577.15

- **performance de la production**

Pour évaluer la performance du broyeur on calcule le rapport entre le débit réel et le débit nominal.

Le tableau ci-dessous aborde la performance du broyeur pour chaque produit.

Tableau V-43: performance du broyeur

Produit	Farine	Hg broyé
Débit réel (T/h)	579.68	555.48
Débit nominal (T/h)	600	600
Performance (%)	96.61	92.58

Il faut signaler que l'alimentation du broyeur par le calcaire Hg de mauvaise qualité (teneur élevé en Cl et en SO₃) peut causer un colmatage qui a un impact direct sur le rendement du broyeur.

V.2.5.4. Suivi de la consommation d'énergie. [19]

Le broyeur consomme plus d'énergie que le concasseur avec une consommation qui varie entre 15.2 19.9 KWh/T et une moyenne de 17.97 KWh/T.

Pour bien suivre la consommation d'énergie, on a calculé le rapport entre la consommation énergétique et la quantité produite afin de détecter les pertes et connaître le rythme idéal de la consommation, le tableau et les figures ci-dessous contient les données calculées. (**Annexe 4.3 et 4.4**)

Tableau V-44 : la consommation électrique de broyeur

Produit	Farine	HG broyé
Consommation Total (KWh)	2 812 105.00	297 094.20
Rapport consommation et tonnage (KWh/T)	18.01	16.99

les figures ci-dessous illustre la variation journalière du rapport de la consommation énergétique par le tonnage produit dans le cas du calcaire HG et de la farine.

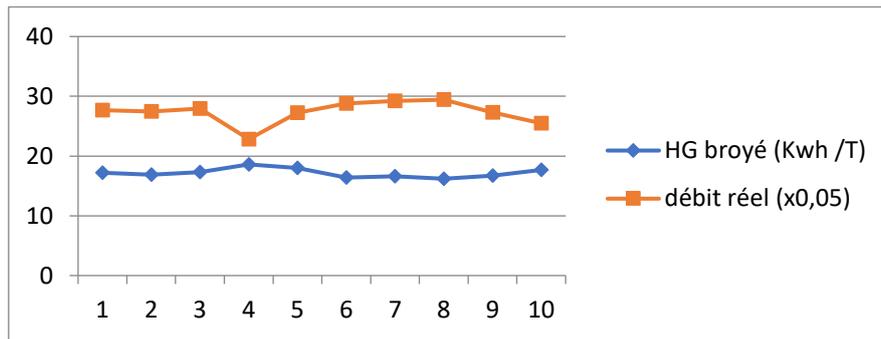


Figure V-12: La variation du rapport consommation / tonnage et le débit réel pour le Hg broyé

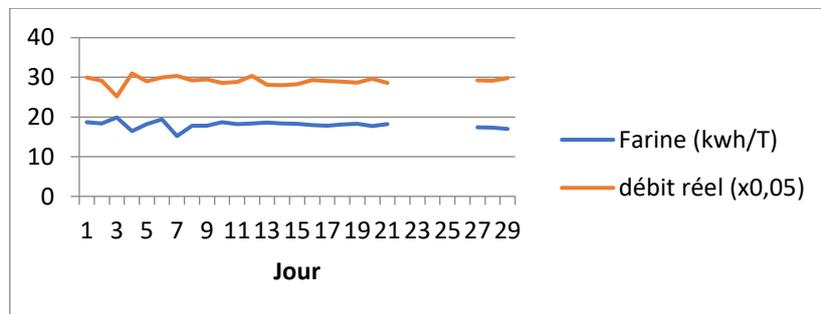


Figure V-13: variation du rapport consommation/tonnage et le débit réel de la Farine

Les rapports de consommation tonnage sont proches, il n'y a pas une différence entre le broyage de la farine ou le Hg en termes de consommation.

D'après les figures ci dessus, la corrélation négative entre le débit réel du Hg broyé et son rapport est claire, cependant en ce qui concerne la farine, et précisément pendant les jours allant de 4 février jusqu'à 7 février, y avait une forte consommation par rapport au débit, ceci pourrait être lié à des fuites engendrant des pertes au niveau du broyeur.

V.2.6. La cuisson

La cuisson est le processus de transformation des matières premières en clinker avec un apport de chaleur suffisant, la chaux non mélangée est presque complètement éliminée.

V.2.6.1. Suivi de production [19]

Dans ce suivi on a choisi de calculer le taux de réalisation, le taux de récupération qui nous donne l'information sur les pertes de ce processus, ensuite on a calculé le taux de conformité.

- **Taux de réalisation de production [19]**

C'est un indicateur est important pour comparer la production réalisée avec la production programmée ; voici un tableau qui résume le calcul de cet indicateur

Tableau V-45 : le taux de réalisation du cuisson

Production prévue (T)	162 400.00
Production réalisée (T)	99 255.00
Taux de réalisation (%)	61.12

- **Taux de récupération[19]**

Cet indicateur est défini par le rapport de la quantité du Clinker produites à la quantité de matières consommées (Farine). Ce rapport nous permet de mesurer les pertes lors de cuisson afin de les minimiser.

Voici un tableau qui montre la récupération de Clinker durant le mois.

TableauV-46: le taux de récupération du four durant tout le mois de février

Matière	Farine
Consommation (T)	170 290.40
Produits	Clinker
Production(T)	99 255.00
Taux de récupération (%)	58.29

En ce qui concerne le taux de récupération, il est faible à cause de l'évaporation des molécules d'eau et plein d'autres compositions chimiques, cela va diminuer le poids volumique de la matière au moment de la sortie de la cuisson.

- **Taux de produits conformes [19]**

Malheureusement, ce n'est pas toute la quantité de clinker récupérée qui est conforme pour l'usage industrielle, cet indice définit la manière dont les produits qui n'appartiennent plus à la chaîne de production principale doivent être manipulés afin qu'ils ne soient pas distribués à la place de produits conformes.

En raison des difficultés pour la récupération des données on n'a pas pu avoir la quantité de clinker conforme que pour 8 jours de mois de février.

On a résumé ces données dans le tableau suivant :

TableauV-47: Taux de produits conformes

la quantité produite (T)	30 688
la quantité conforme (T)	20 578.16
la quantité non conforme (T)	10 109.84
Le taux de conformité (%)	67.06

Il y a tout un stock pour les produits non conformes, afin de l'injecter avec des petites quantités dans le broyeur du clinker pour assurer principe de zéro rejet. Malgré tout cela, le taux de conformité est faible, il faut faire attention pour ne pas tomber sur stock des produits non conformes.

V.2.6.2. Suivi des heures de marche

- **Les heures de marche [19]**

Tout d'abord il faut souligner que le four est programmé pour travailler 24h/24h pendant 11 mois et un mois d'entretien pendant l'année. (**Annexe 5.1**)

le tableau ci-dessous résume le suivi des heures de marche ce mois-ci :

TableauV-48: la répartition journalière de l'activité de la cuisson

Nombre d'heures de marche total	454.4 h/mois
Nombre d'heures de marche prévu	696 h/mois
Nombre d'heures de marche moyen	18.93 h/j
Le nombre de jours de marche sans arrêts	13 jours
Le nombre de jours de marche avec arrêts	11 jours
Le nombre de jours sans marche	5 jours

Le graphe suivant montre la différence entre le nombre d'heures de travail planifié et réalisé

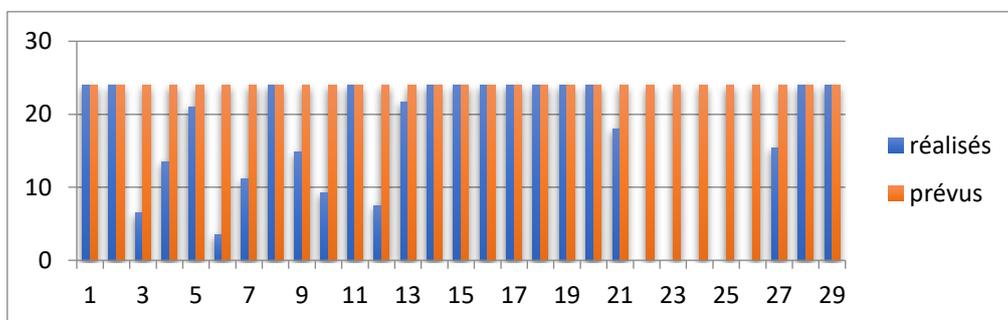


Figure V-14: nombres d'heures de production planifié et réalisé

- **Taux de réalisation des heures de marche [19]**

L'unité de CILAS fait le suivi journalier de cet indicateur pour le four, voici un tableau qui résume les résultats obtenus de mois de Février.

TableauV-49: taux de réalisation des heures prévisionnelles journalière du four

Taux de réalisation des heures prévisionnelles	
La moyenne par mois	78.88 %
Nombre de jours avec un taux=100%	13 jours
Nombre de jours avec 80% <taux <100%	2 jours
Nombre de jours avec taux <80 %	9 jours
Nombre de jours avec taux= 0 %	5 jours

Le graphe suivant montre le taux de réalisation calculé pendant ce mois.

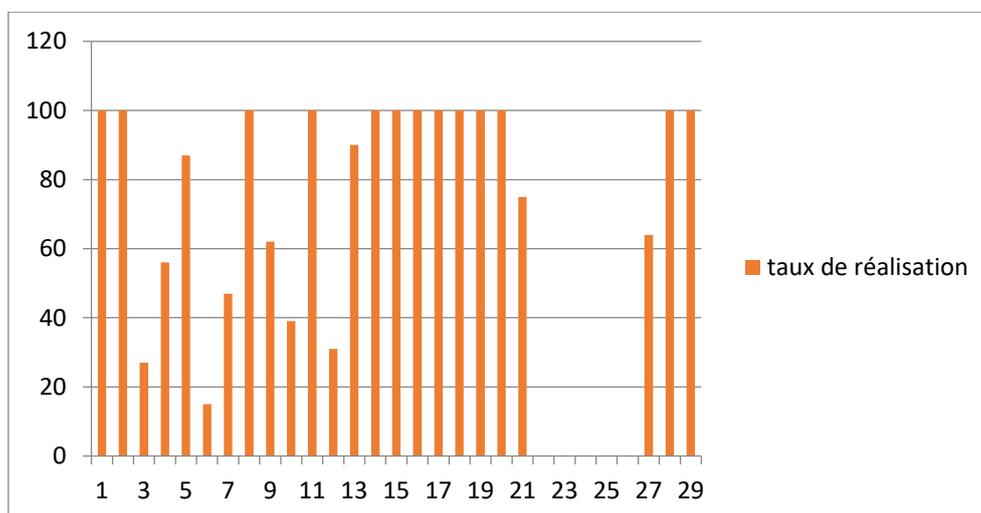


Figure V-15 : disponibilité journalière du four

- Pendant le mois de février y avait approximativement 240 heures d'arrêt, elle est dû principalement au colmatage des cyclons qui se trouvent dans le four, nous n'avons pas les données nécessaires sur la répartition de ces heures perdues sur les pannes et le colmatage.
- Il faut signaler que le four n'est jamais mis à l'arrêt, ce qui veut dire on aura toujours une consommation de gaz naturel lors d'un manque de matière première.
- Le faible taux de réalisation des heures de marche a engendré un faible taux de réalisation de la production.

V.2.6.3. Calcul du débit réel

- **Débit réel [19]**

Le débit réel du four est défini par le rapport de la quantité de clinker produite par unité de temps.

Le tableau ci-dessous montre le volume de production, la durée de fonctionnement et le débit réel de clinker en février sachant que le débit théorique est d'environ 230 T/h.

TableauV-50: Le débit réel du Clinker

Produit	Quantité produite (T)	Temps de marche (h)	Débit réel (T/h)
Clinker	99 225	454.40	218.43

Pendant le mois de février le débit théorique du four a été atteint en 9 jours seulement, sinon les autres jours le débit réel a été inférieur au théorique.

- **performance**

Le tableau suivant montre le débit réel, le débit théorique et la performance.

TableauV-51: la performance du Four

Débit réel (T/h)	218.43
Débit théorique (T/h)	230
performance (%)	94.97

La performance est bonne mais en même temps on a enregistré un taux de réalisation de production faible, ce qui se justifie par les heures d'arrêts durant le mois.

le colmatage représente l'un des facteurs importants qui causent l'arrêt du four. à cet effet, il est primordial de faire des études approfondies sur ce phénomène afin de réduire au maximum son impact sur la production.

V.2.6.4. Suivi de la consommation énergétique [19]

La cuisson est l'étape qui consomme le plus d'énergie dans le processus de fabrication du ciment.

Elle consomme l'énergie électrique et le gaz naturel.

Le tableau suivant montre la consommation du four en gaz naturel et électricité et le rapport consommation tonnage pendant le mois de février. (**Annexe 5.2**)

Il faut signaler que le four consomme le gaz naturel même lorsqu'il est en arrêt.

TableauV-52: consommation électrique et de gaz du Four

	Consommation moyenne par jour	Consommation maximale par jour	Consommation minimale par jour	Consommation Total (KW)
Energie électriques (Kwh)	99 668.56	139 707.70	19 352.30	2 392 046.00
Rapport énergie électrique / tonnage (Kwh/T)	24.10	80.40	20.00	24.10
Gaz naturel (Nm³)	43 069.75	275 634.00	560.00	1 205 953.00
Rapport gaz naturel / tonnage (Nm³/T)	12.15	163.00	0.09	12.15

Remarque : Nous avons exclu une journée de la consommation du gaz naturel puisqu'on a remarqué que la valeur est très grande par rapport à l'ensemble des données, cela peut être à cause d'une faute de frappe de la part de l'entreprise.

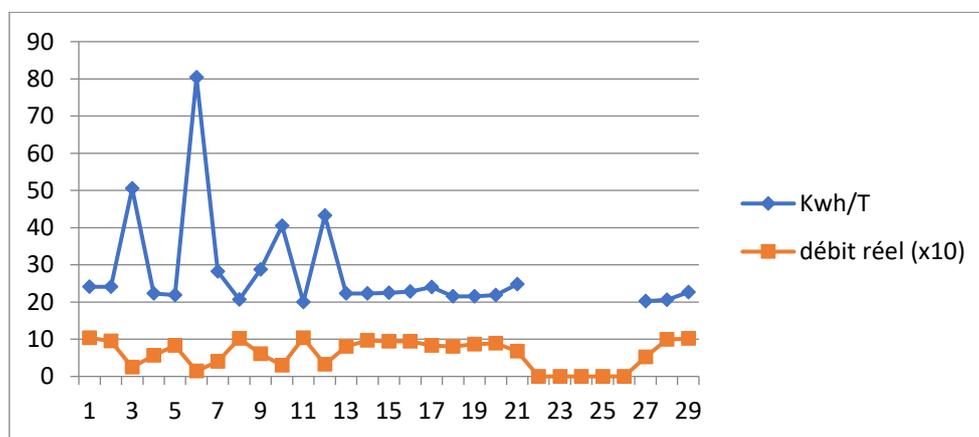


Figure V-16: variation du rapport consommation électrique/tonnage et le débit réel

- D'après la figure ci-dessus, il y a une corrélation négative entre le débit réel et le rapport consommation tonnage.
- Il faut maintenir le débit réel afin d'achever l'objectif prévu, et d'économiser les coûts de la cuisson.

V.3. Optimisation de la productivité des opérations de production

Après avoir traité les différents résultats de chaque étape de production, il faut signaler les différents facteurs et les contraintes qui peuvent influencer sur la productivité.

Afin d'améliorer la performance de la production à l'unité, il faut optimiser chaque étape du cycle de production et assurer une bonne synchronisation pour arriver à une meilleure rentabilité.

V.3.1. Foration [24] [25]

V.3.1.1. Facteurs influençant sur la foration

Parmi les facteurs qui ont une influence importante sur le processus de foration, on trouve :

- Le changement du gradin : avec plus de huit gradins dans des endroits différents, le changement entre ces derniers va engendrer des coûts supplémentaires, en termes de heures de marche à vide et de consommation gazoil la disponibilité des chariots de foration.
- Les trous perdus : on trouve souvent des trous fissurés, c'est pour cela on les abandonne et on creuse à nouveau, ceci est considéré comme temps et consommation perdus.
- L'implantation des trous dans des endroits où le foreur parfois trouve une difficulté à se déplacer entre les trous ;
- Le coincement des tiges lors de la foration ;
- Le foreur n'a pas un régime de travail stable.

V.3.1.2. Optimisation de la productivité de foration

Après l'analyse de données récoltées, on propose :

- Une nouvelle répartition des heures programmés surtout qu'on a pu constater que le chariot D50 a pu atteindre l'objectif mensuelle de foration tout seul.
- Programmer un suivi selon l'effectif et le matériel utilisées, pour le nombre de mètres forées, le nombres d'heures demandées et programmées et le respecter.
- Faire des formations continues pour les conducteurs.
- Etablir une nouvelle planification par rapport à l'implantation des trous pour éliminer les heures d'arrêt.

V.3.2. Chargement

V.3.2.1. Facteurs influençant sur le chargement

On a remarqué dans l'observation et l'analyse des données de cette opération qu'elle n'est pas performante, ceci peut être lié à plusieurs facteurs.

- Le temps de cycle de chargement réalisé peut être loin de l'objectif puisqu'il a une différence importante entre le débit réel et théorique.
- Pendant la même durée les deux chargeuses peuvent mieux produire si le temps de cycle est bon, mais l'attente des camions peut affaiblir la production, il faut bien gérer ce point puisqu'il y a deux chargeuses et 7 dumpers.
- La disponibilité des deux chargeuses est dépendante des temps d'arrêts, les pannes sont les plus grandes sources de temps de production perdu.

V.3.2.2. Optimisation de la productivité du chargement

Dans le but d'optimiser la productivité du chargement on recommande les actions suivantes :

- Afin d'éviter l'attente des camions il faut une bonne planification camion pelle tout en améliorant l'utilisation de la benne.
- Pour améliorer le temps de cycle de chargement il faut utiliser la capacité de la benne convenablement et éviter le sous chargement et la surcharge et cela peut être réalisé en améliorant la granulométrie du tir.

V.3.3. Transport

V.3.3.1. Facteurs influençant sur le transport

Parmi les facteurs qui influent sur la performance et la productivité de transport on peut citer :

- Les dumpers ont des temps de cycle différents même ceux du même modèle et qui chargent au même endroit ce qui met en évidence l'importance du facteur humain à savoir l'efficacité des conducteurs.
- Parmi les différences entre les dumpers c'est le temps perdu lors de déchargement et en manœuvre, ce qui affaiblit leurs performances.

V.3.3.2. Optimisation de la productivité du transport

Il existe plusieurs actions à faire afin d'augmenter la performance du transport.

- Les dimensions de la piste, la largeur de la piste est conforme avec le matériel utilisé, tandis que, la longueur est relativement grande, l'unité a commencé à ouvrir une autre piste qui pourra avoir que du bon résultat concernant le temps de cycle.

En ce qui concerne les dumpers, on peut toujours améliorer de façon permanente les paramètres suivants :

- Le temps de roulage à vide et en charge, en essayant de ne pas rester assez loin de la vitesse limite indiquée dans la carrière.
- Le temps de manœuvre, cette étape revient aux chauffeurs de faire attention lors de manœuvre, pendant la sortie de la plateforme, et les marches en arrière pour le chargement et le déchargement.
- Le temps de déchargement, on peut gagner du temps si le chauffeur a une bonne réflexion à propos de déchargement de la benne, donc on propose de faire des formations pour les conducteurs pour assurer une bonne performance de cette opération.

V.3.4. Concassage

V.3.4.1. Facteurs influençant sur le concassage

Les contraintes qui peuvent affaiblir les indices de performance et la productivité de la station de concassage sont :

- Les pannes de blocage peuvent être causées par les excès de l'argile et les particules fines, la matière première surdimensionnée et la suralimentation.
- Les marches à vide sans production peuvent être causés par l'attente de la matière première soit parce qu'il y a une rupture de stock, ralentissement du cycle de transport

ou bien lors de changement de type de matière première concassé.

- Une mauvaise planification de la production du concasseur, surtout pour la production du calcaire HG et le gypse.

V.3.4.2. Optimisation de la productivité du concassage [26]

Pour améliorer la performance de la station il faut :

- Améliorer la qualité de l'alimentation car l'excès d'argile et particules fines peut causer des arrêts de blocage
- Assurer une alimentation en continue en améliorant la programmation ainsi que les performances du transport sans oublier d'avoir toujours un stock pour faire face aux arrêts des moyens de transport

V.3.5. Broyage [22]

V.3.5.1. Facteurs influençant sur le broyage

Le broyage est une étape très importante dans la chaîne de production, mais il existe plusieurs facteurs qui peuvent affaiblir la performance et la productivité de cette étape tel que :

- La disponibilité est influencée par la durée des arrêts machine par rapport au temps de marche total, l'augmentation de nombre de défaillances diminue la disponibilité, et ceci provoque une surconsommation d'énergie.
- Le débit réel du broyage dépend de son état, un débit faible peut être associé à la dégradation de l'état du broyeur, cela peut être causé par l'agglomération des plaquettes amortissant le choc des boulets et le colmatage des plaques de blindage.
- L'agglomération réduit l'efficacité du broyeur.

V.3.5.2. Optimisation de la productivité du broyage

Afin d'optimiser la productivité du broyeur on propose de :

- L'unité doit trouver une solution pour le problème d'agglomération, pour le faire il faut contrôler la masse de poudre et les caractéristiques physico chimique des matériaux broyés, et pour une meilleure efficacité on utilise les agents de moutures qui permettent d'augmenter la production lors du broyage pour une même consommation d'énergie et une même finesse.
- La présence d'un séparateur dynamique à air des particules les plus fins conduits à une économie de 10 à 15 % d'énergie électrique.

V.3.6. La cuisson [23]

V.3.6.1. Facteurs influençant sur la cuisson

Pendant la période qu'on a suivi les différents paramètres du four on a constaté qu'il existe plusieurs facteurs qui peuvent influencer sur sa performance.

- Parmi les facteurs qui peuvent diminuer la performance et augmenter le coût de production du four on trouve la surconsommation énergétique qui est la partie la plus coûteuse et le pilier le plus important à suivre pour améliorer la performance de ce compartiment ;

La surconsommation énergétique est liée à :

- Le soufflage du refroidisseur.
 - L'air faux : c'est l'air parasite qui se développe à cause des portes ouvertes et joints défectueux ;
 - La finesse du cru.
- Le taux de récupération du four n'est pas élevé comme les process précédents de la chaîne de production à cause des pertes de poussière et de gaz de fumé ;
 - Dans notre cas d'étude Le taux de conformité du clinker était bon mais parfois il peut être affecté par l'indice de saturation lorsqu'il n'est pas dans l'intervalle exigé. parce qu'en principe il doit être compris entre 0.85 et 1. ceci à cause d'une teneur élevée de la chaux libre.
Un taux de saturation élevé peut causer une surconsommation calorifique ;
 - L'indice de qualité peut être affecté aussi par un broyage grossier, une teneur élevée en chlore, hétérogénéité de la farine et l'assimilation insuffisante des cendres injectées à la tuyère.

V.3.6.2. Optimisation de la productivité de la cuisson

En premier lieu on doit parler sur le point le plus important qui est la surconsommation énergétique.

- La diminution de la consommation d'énergie passe par :
 - La modification du débit de soufflage du refroidisseur ;
 - La diminution des pertes thermiques en procédant à un entretien régulier de l'état du réfractaire pour surveiller la température de la paroi, qui est l'indice de son état ;
 - Contrôler la finesse de la farine et ceci doit être effectué au niveau du broyeur cru ;
 - Minimiser l'air parasite en exigeant un entretien régulier pour chercher les endroits de ces fuites et les réparer.
- L'amélioration du taux de réalisation de production passe par la diminution des heures d'arrêts à cause des pannes ce qui implique l'augmentation de la disponibilité du four.
- la régularisation de la qualité du produit sortant du four exige un contrôle l'indice de saturation LSF, il faut donc toujours contrôler la teneur de la chaux libre dans la composition, il faut aussi assurer un broyage fin de la farine avant son entrée au four.

Concernant le chlore l'unité dispose d'un canal pour traiter le chlore pour éviter une volatilité du clinker.

V.4. Conclusion

Après l'évaluation des indices de performance de l'unité, on peut constater qu'il existe des points à améliorer pour chaque opération pour avoir une meilleure productivité et performance et minimum de coût.

la chaîne de production est dépendante de chaque étape de processus, c'est un cycle qu'il faut le suivre instantanément pour éviter les problèmes qui peuvent affaiblir sa performance.

Les ingénieurs de l'unité doivent élaborer un tableau de bord adéquat avec l'installation et les objectifs de l'entreprise parce que le choix des indicateurs à suivre est très important et nous permet d'identifier les lacunes qui peuvent toucher à la performance de la chaîne de production.

Dans le chapitre suivant on va une structure pour le calcul du coût de revient pour renforcer notre étude et pouvoir comparer nos résultats avec celle de l'entreprise.

Chapitre VI : calcul du coût de revient

VI.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre on va proposer une structure pour calculer le coût de revient en utilisant la méthode des coûts complets.

L'objet de ce chapitre est de décrire les démarches suivies pour calculer le coût de revient.

VI.2 Etapes de calcul du coût de revient par la méthode des coûts complets

Nous allons à présent détailler les différentes étapes, pour parvenir à calculer un coût de revient complet.

VI.2.1 Organigramme de production

La production de ciment nécessite la consommation de plusieurs types de matières premières à savoir le calcaire, le gypse, l'argile, le sable et le fer. Les deux premiers nécessitent un abattage à l'explosif avant d'être acheminés au concasseur. L'argile sera chargée et transportée directement au concasseur, le sable est chargé est transporté vers le stock. Le fer est acheté et stocké avant de l'introduire dans le cycle de production.

A l'usine de traitement on trouve plusieurs étapes qui commence par le concassage, puis le broyage, la cuisson, le refroidissement et le concassage du Clinker. Ce dernier subira un dernier broyage avec l'ajout de gypse en fonction du produit souhaité avant d'être acheminé vers la commercialisation.

Il est à noter que tout le long du cycle de production, les proportions de matières premières consommées dépendent de la qualité et de la nature de produit fini souhaité.

L'organigramme de production englobe toutes les phases successives du processus de fabrication du ciment comme le montre la figure VI.1 ci-après.

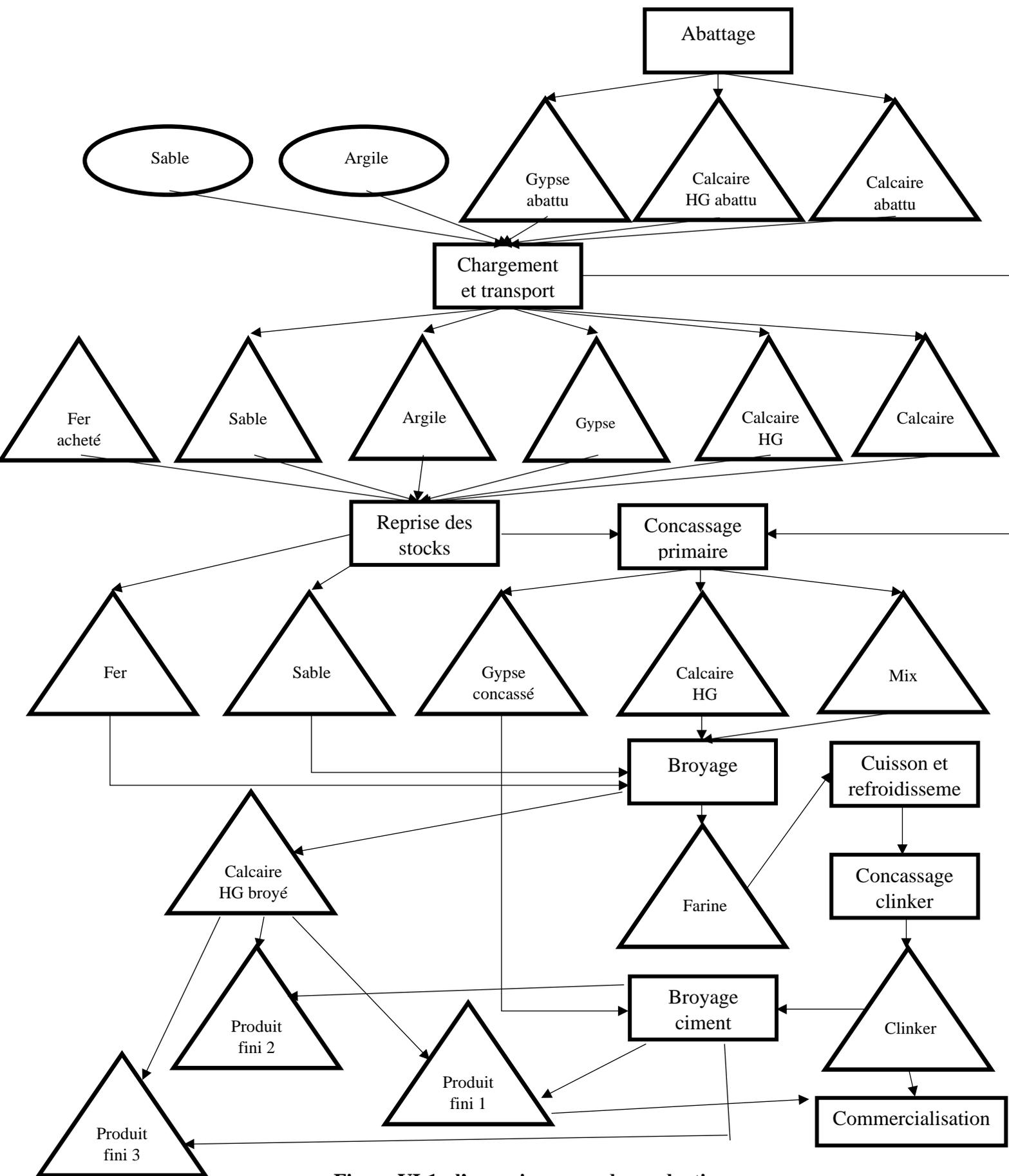


Figure VI-1 : l'organigramme de production

VI.2.2 Identification des charges

Avant d'entamer le calcul du coût de revient, il faut signaler qu'on a utilisé des charges fictives puisqu'on n'a pas reçu les données nécessaires. Dans un premier temps énumérer toutes les charges de l'entreprise afin de pouvoir les répartir par la suite entre charges directes et indirectes et les affecter à leurs centres d'analyses respectifs.

Les charges peuvent être réparties selon leurs traitement comptable en plusieurs familles comme suit :

- Les consommations : tel que les pièces de rechange de l'usine de traitement, le gasoil ou même les équipements de protection individuels, les fournitures de bureaux et l'énergie électrique et le gaz naturel ...
- Les services externes : tel que la location des engins, les prestations externes de réparation de l'usine, les études techniques, assurance ...
- Frais du personnel : il s'agit de la masse salariale du personnel de l'entreprise ainsi que les œuvres sociales et la médecine de travail
- Impôts et taxes : il s'agit entre autres de la redevance d'extraction, la taxe sur activité professionnelle, ...
- Amortissements : il s'agit de l'amortissement de tous les biens de l'entreprise tel que les bâtiments, les installations de l'usine de traitement, ...

Avant de passer au traitement des charges indirectes, il faut dans un premier temps répartir toutes les charges de l'entreprise sur les centres d'analyse, à savoir :

- **Centres principaux** : ce sont les centres qui figurent sur l'organigramme de production de l'entreprise :
 - Achat matière première
 - Abattage
 - Chargement et transport
 - Reprise des stocks
 - Concassage primaire
 - Broyage
 - Cuisson et refroidissement
 - Concassage clinker
 - Broyage ciment
 - Commercialisation
- **Centres auxiliaires** : ce sont les centres qui donnent des prestations de services aux centres principaux :
 - Administration, comptabilité et Moyens généraux
 - Approvisionnement et gestion des stocks
 - Hygiène et sécurité
 - Découverte, aménagement et Travaux préparatoires
 - Usine de traitement
 - Front de taille

Le tableau ci-après regroupe l'ensemble des centres d'analyse principaux avec les charges qui leurs sont attribuées.

Remarque : les charges attribuées sont des charges fictives qu'on a utilisées juste pour compléter le calcul.

Tableau VI-1 : l'ensemble des charges directes

Centre d'analyse	Désignation des Charges	Simulation des charges (DA)	Total charges simulées par centre d'analyse (DA)	PU (DA)
Achat matières premières	-facture achat fer -transport sur achat	7 350 000,00 2 450 000,00	9 800 000,00	2 800,00
Abattage	- Location chariot de foration - Explosif et accessoires	4 116 000,00 8 000 000,00	12 116 000,00	60.58
Chargement et transport	- Location engins de chargement et de transport	26 000 000,00	26 000 000,00	118.18
Reprise de stocks	- Location engins de chargement et de transport	8 000 000,00	8 000 000,00	146.39
Concassage primaire	- Frais du personnel opérateur - Pièces de rechange et autres consommations -Amortissement -Assurance - Energie électrique consommée - Prestations externes de réparation ou études	100 000,00 500 000,00 500 000,00 500 000,00 200 000,00 0,00	1 800 000,00	9.96
Broyage	- Frais du personnel opérateur - Pièces de rechange et autres consommations -Amortissement -Assurance - Energie électrique consommée - Prestations externes de réparation ou études	100 000,00 800 000,00 500 000,00 500 000,00 2 000 000,00 0,00	3 900 000,00	22.10
Cuisson et refroidissement	- Frais du personnel opérateur - Pièces de rechange et autres consommations -Amortissement -Assurance - Energie électrique et gaz consommées - Prestations externes de réparation ou études	100 000,00 2 000 000,00 3 000 000,00 1 000 000,00 4 000 000,00 0,00	10 100 000,00	112.22
Concassage clinker	- Frais du personnel opérateur - Pièces de rechange et autres consommations -Amortissement -Assurance - Energie électrique et consommée - Prestations externes de réparation ou études	50 000,00 200 000,00 500 000,00 500 000,00 200 000,00 0,00	1 450 000,00	16.11
Broyage ciment	- Frais du personnel opérateur - Pièces de rechange et autres consommations -Amortissement -Assurance - Energie électrique et consommée - Prestations externes de réparation ou études	100 000,00 1 000 000,00 1 000 000,00 400 000,00 2 000 000,00 0,00	4 500 000,00	47.12
Commercialisation	- Frais du personnel - Consommations du service (fournitures de bureaux, ...) -Mise en sacs - Prestations externes (études, réparation pont bascule, ...) - Amortissement locaux et pont bascule - Assurance	500 000,00 150 000,00 180 000 000,00 0,00 400 000,00 100 000,00	181 150 000,00	1 979.78

Le tableau ci-après regroupe l'ensemble des centres d'analyse auxiliaires avec les charges qui leurs sont attribuées.

Remarque : les charges attribuées sont des charges fictives qu'on a utilisées juste pour compléter le calcul.

Tableau VI-2: l'ensemble des charges indirectes

Centre d'analyse	Désignation des Charges	Simulation des charges (DA)	Total charges simulées par centre d'analyse (DA)
Administration, comptabilité et moyens généraux	- Frais du personnel de ces structures	2 000 000,00	62 400 000,00
	- Consommations de ces structures (fournitures de bureaux, EPI, ...)	100 000,00	
	Prestations externes pour le compte de ces structures	0,00	
	- Transport personnel	500 000,00	
	- Amortissement bâtiment	2 000 000,00	
	Assurances (mise à part celles de l'usine)	1 000 000,00	
	- Impôts et taxes	50 000 000,00	
	Frais de restauration	500 000,00	
	Frais de la base de vie	5 000 000,00	
	- Frais postaux et de télécommunication	200 000,00	
- Consommation énergétique et en eau des locaux administratifs	100 000,00	2 200 000,00	
- Frais des véhicules de service utilisés	1 000 000,00		
Approvisionnement et gestion des stocks	- Frais du personnel de ces structures		400 000,00
	- Transport marchandise		200 000,00
	- Consommations de ces structures (fournitures de bureaux, EPI, ...)		100 000,00
	- Prestations externes pour le compte de ces structures		0,00
Hygiène et sécurité	- Amortissement bâtiment		1 500 000,00
	- Frais du personnel de ces structures		3 000 000,00
	- Consommations de ces structures (fournitures de bureaux, EPI, ...)		100 000,00
	- Prestations externes pour le compte de ces structures		0,00
Découverte, aménagement et TP	- Gardiennage	0,00	
	- Location engins de chargement et de transport	1 500 000,00	
Usine de traitement		1 500 000,00	700 000,00
	- Frais du personnel (mise à part les opérateurs)	600 000,00	
	- Autres consommations (fournitures de bureaux, EPI, ...)	100 000,00	
Front de taille	- Prestations externes de réparation ou études	0,00	
	- Frais du personnel responsable	600 000,00	
	- Autres consommations (fournitures de bureaux, EPI, ...)	100 000,00	
	- Prestations externes des études	0,00	700 000 .00

VI.2.3 Traitement des charges indirectes

Le traitement des charges indirectes est réparti en deux étapes :

- La répartition primaire : consiste à répartir l'ensemble des charges sur les centres d'analyse.
- La répartition secondaire : consiste à affecter les charges des centres auxiliaires aux centres principaux selon des clés de répartition bien déterminés.

Afin de pouvoir réaliser la répartition secondaire des charges indirectes, nous allons tout d'abord commencer par définir les clés de répartition pour chaque centre d'analyse auxiliaire.

Tableau VI-3 : Clés de répartition des charges indirectes sur les centres d'analyse

Centre d'analyse	Clés de répartition
Administration, comptabilité et Moyens généraux	Les charges de ce centre seront réparties sur les centres auxiliaires au prorata du nombre de salariés que contient chaque structure représentée par un centre auxiliaire. <u>Exemple</u> : si l'approvisionnement et la gestion des stock contient 10 salariés et que le nombre total des salariés de l'unité est de 100 ; alors ce centre va recevoir 10% des charges du centre administration, comptabilité et moyens généraux.
Approvisionnement et gestion des stocks	Les charges de ce centre seront réparties sur tous les centres (auxiliaires ou principaux) au prorata du montant des consommations de chaque centre. <u>Exemple</u> : si les foreuses ont 1 MDZD alors que la consommation globale de l'unité est de 100 MDZD, alors ce centre va recevoir 1% des charges du centre approvisionnement et gestion des stocks
Hygiène et sécurité	Les charges de ce centre seront réparties sur les centres auxiliaires au prorata du nombre de salariés que contient chaque structure représentée par un centre auxiliaire. <u>Exemple</u> : si l'approvisionnement et la gestion des stock contient 10 salariés et que le nombre total des salariés de l'unité est de 100 ; alors ce centre va recevoir 10% des charges de l'hygiène et sécurité.
Découverte, aménagement et Travaux préparatoires	Les charges de ce centre seront réparties entre l'abattage et le chargement et transport et reprise de stock au prorata des charges directes de chacun de ces deux centres <u>Exemple</u> : si l'abattage a 10 MDZD charges directes et le chargement et transport 20 MDZD ; alors l'abattage va recevoir un tiers des charges du centre découverte, aménagement et travaux préparatoires
Usine de traitement	Les charges de ce centre seront réparties entre le concassage primaire, le broyage, cuisson et refroidissement, concassage clinker et broyage ciment au prorata des charges directes de chacun de ces deux centres <u>Exemple</u> : si le concassage primaire a 10 MDZD charges directes et le total des charges des centres citées est de 100 MDZD ; alors le concassage primaire va recevoir 10% des charges du centre usine de traitement
Front de taille	Les charges de ce centre seront réparties entre l'abattage et le chargement et transport et reprise de stock au prorata des charges directes de chacun de ces deux centres - <u>Exemple</u> : si l'abattage a 10 MDZD charges directes et le chargement et transport 20 MDZD ; alors l'abattage va recevoir un tiers des charges du centre front de taille

Tableau VI-4 : la répartition des charges indirectes (les centres auxiliaires)

		Centres de coûts auxiliaires					
		découverte, aménagement et travaux préparatoires	front de taille	usine de traitement	hygiène et sécurité	approvisionnement et gestion des stocks	administration, comptabilité et gestion des stocks
total répartition primaire	70 600 000,00	1 500 000,00	700 000,00	700 000,00	3 100 000,00	2 200 000,00	62 400 000,00
Clés de répartition (en %)	découverte, aménagement et travaux préparatoires	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	front de taille	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	usine de traitement	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	hygiène et sécurité	0%	10%	67%	0%	7%	17%
	approvisionnement et gestion des stocks	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	administration, comptabilité et gestion des stocks	0%	7%	44%	44%	4%	0%
Répartition secondaire (en montants)	découverte, aménagement et travaux préparatoires	-1 500 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	front de taille	0,00	-8 605 259,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	usine de traitement	0,00	0,00	-53 194 897,96	0,00	0,00	0,00
	hygiène et sécurité	0,00	3 335 693,88	22 237 959,18	-33 356 938,78	2 223 795,92	5 559 489,80
	approvisionnement et gestion des stocks	0,00	36 499,22	36 499,22	36 499,22	-7 445 839,87	36 499,22
	administration, comptabilité et gestion des stocks	0,00	4 533 065,93	30 220 439,56	30 220 439,56	3 022 043,96	-67 995 989,01
Total répartition secondaire	70 600 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau VI-5 : la répartition des charges indirectes (les centres principaux)

Centres de coûts principaux											
		Achat matières premières	Abattage	Chargement et transport	Reprise des stocks	Concassage primaire	Broyage	Cuisson et refroidissement	Concassage clinker	Broyage ciment	Commercialisation
Total répartition primaire	70 600 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clés de répartition (en %)	découverte, aménagement et travaux préparatoires	0%	26%	56%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	front de taille	0%	26%	56%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	usine de traitement	0%	0%	0%	0%	8%	18%	46%	7%	21%	0%
	hygiène et sécurité	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	approvisionnement et gestion des stocks	36%	39%	0%	0%	2%	4%	10%	1%	5%	1%
	administration, comptabilité et gestion des stocks	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Répartition secondaire (en montants)	découverte, aménagement et travaux préparatoires	0,00	394 093,16	845 693,47	260 213,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	front de taille	0,00	2 260 849,13	4 851 607,57	1 492 802,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	usine de traitement	0,00	0,00	0,00	0,00	4 402 336,38	9 538 395,50	24 701 998,59	3 546 326,53	11 005 840,96	0,00
	hygiène et sécurité	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	approvisionnement et gestion des stocks	2 682 692,31	2 919 937,21	0,00	0,00	182 496,08	291 993,72	729 984,30	72 998,43	364 992,15	54 748,82
	administration, comptabilité et gestion des stocks	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total répartition secondaire	70 600 000,00	2 682 692,31	5 574 879,49	5 697 301,04	1 753 015,70	4 584 832,46	9 830 389,22	25 431 982,89	3 619 324,96	11 370 833,11	54 748,82

VI.2.4 Calcul coût d'achat

Il s'agit du coût d'achat du fer vu que c'est la seule matière première que l'entreprise achète pour la consommer dans le cycle de production du ciment.

Ci-dessous le tableau permettant le calcul du coût d'achat du fer.

Tableau VI-6: Calcul du coût d'achat du minerai de fer

Designation	Quantité	prix unitaire	montant
Prix d'achat	3,500.00	2,100.00	7,350,000.00
charges directes	3,500.00	700.00	2,450,000.00
charges indirectes	3,500.00	766.48	2,682,692.31
coût d'achat	3,500.00	3,566.48	12,482,692.31

Une fois le coût d'achat calculé, on passe à la tenue de la fiche de stock de cette matière première.

Tableau VI-7: Fiche de stock du minerai de fer

Désignation	quantité	prix unitaire	montant
stock initial	500.00	2,900.00	1,450,000.00
production	3,500.00	3,566.48	12,482,692.31
disponible	4,000.00	3,483.17	13,932,692.31
consommation	3,000.00	3,483.17	10,449,519.23
stock final théorique	1,000.00	3,483.17	3,483,173.08
différence d'inventaire	0.00	3,483.17	0.00
stock final réel	1,000.00	3,483.17	3,483,173.08

VI.2.5 Calcul coût de production

Le coût de production concerne tous les produits intermédiaires jusqu'à l'arrivé au coût de production des produits fini. A cet effet, la procédure de calcul va alterner entre calcul coût de production et tenu de fiche de stock comme le montre les tableaux ci-dessous.

- Calcul coût de l'abattage

Tableau VI-8: Calcul du coût de l'abattage

Produit	Calcaire			Calcaire HG			Gypse		
	quantité	prix unitaire	montant	quantité	prix unitaire	montant	quantité	prix unitaire	montant
charges directes	120,000.00	60.58	7,269,600.00	30,000.00	60.58	1,817,400.00	50,000.00	60.58	3,029,000.00
charges indirectes	120,000.00	27.87	3,344,927.69	30,000.00	27.87	836,231.92	50,000.00	27.87	1,393,719.87
coût de production	120,000.00	88.45	10,614,527.69	30,000.00	88.45	2,653,631.92	50,000.00	88.45	4,422,719.87

- Fiches de stocks des matières abattues

Tableau VI-9:Fiche de stock des produits abattus

Produit	Calcaire			Calcaire HG			Gypse		
	quantité	prix unitaire	montant	quantité	prix unitaire	montant	quantité	prix unitaire	montant
stock initial	20,000.00	88.45	1,769,087.95	3,000.00	88.45	265,363.19	15,000.00	88.45	1,326,815.96
production	120,000.00	88.45	10,614,527.69	30,000.00	88.45	2,653,631.92	50,000.00	88.45	4,422,719.87
disponible	140,000.00	88.45	12,383,615.64	33,000.00	88.45	2,918,995.12	65,000.00	88.45	5,749,535.83
consommation	110,000.00	88.45	9,729,983.72	25,000.00	88.45	2,211,359.94	40,000.00	88.45	3,538,175.90
stock final théorique	30,000.00	88.45	2,653,631.92	8,000.00	88.45	707,635.18	25,000.00	88.45	2,211,359.94
différence d'inventaire	0.00	88.45	0.00	0.00	88.45	0.00	0.00	88.45	0.00
stock final réel	30,000.00	88.45	2,653,631.92	8,000.00	88.45	707,635.18	25,000.00	88.45	2,211,359.94

- Calcul coût de chargement et transport

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme la matière abattue ainsi que ses charges directes et indirectes pour donner 5 produits différents comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-10 : Calcul du coût de chargement et transport

Produit	Calcaire			Calcaire HG			Gypse		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de matière abattue consommée	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
charges directes	110,000.00	88.45	9,729,983.72	25,000.00	88.45	2,211,359.94	40,000.00	88.45	3,538,175.90
charges indirectes	110,000.00	118.18	13,000,000.00	25,000.00	118.18	2,954,545.45	40,000.00	118.18	4,727,272.73
coût de production	110,000.00	25.90	2,848,650.52	25,000.00	25.90	647,420.57	40,000.00	25.90	1,035,872.92

Produit	Sable			Argile		
	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de matière abattue consommée	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
charges directes	5,000.00	118.18	590,909.09	40,000.00	118.18	4,727,272.73
charges indirectes	5,000.00	25.90	129,484.11	40,000.00	25.90	1,035,872.92
coût de production	5,000.00	144.08	720,393.21	40,000.00	144.08	5,763,145.64

- Fiches de stocks des matières transportées

Tableau VI-11 : Fiche de stock des matières transportées

Produit	Calcaire			Calcaire HG			Gypse		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
stock initial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
production	1,100.00	232.53	255,786.34	250.00	232.53	58,133.26	40,000.00	232.53	9,301,321.54
disponible	1,100.00	232.53	255,786.34	250.00	232.53	58,133.26	40,000.00	232.53	9,301,321.54
consommation	100.00	232.53	23,253.30	50.00	232.53	11,626.65	10,000.00	232.53	2,325,330.39
stock final théorique	1,000.00	232.53	232,533.04	200.00	232.53	46,506.61	30,000.00	232.53	6,975,991.16
différence d'inventaire	0.00	232.53	0.00	0.00	232.53	0.00	0.00	232.53	0.00
stock final réel	1,000.00	232.53	232,533.04	200.00	232.53	46,506.61	30,000.00	232.53	6,975,991.16

Produit	Sable			Argile		
	Q	PU	T	Q	PU	T
stock initial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
production	1,100.00	232.53	255,786.34	250.00	232.53	58,133.26
disponible	1,100.00	232.53	255,786.34	250.00	232.53	58,133.26
consommation	100.00	232.53	23,253.30	50.00	232.53	11,626.65
stock final théorique	1,000.00	232.53	232,533.04	200.00	232.53	46,506.61
différence d'inventaire	0.00	232.53	0.00	0.00	232.53	0.00
stock final réel	1,000.00	232.53	232,533.04	200.00	232.53	46,506.61

- Calcul coût de reprise des stocks

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme la matière transportée et stocké dans les pré-stocks ainsi que le fer acheté et ses charges directes et indirectes pour donner 6 produits différents comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-12 : Calcul coût de reprise des stocks

Produit	Calcaire			Calcaire HG			Gypse		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de matière première consommée	100.00	232.53	23,253.30	50.00	232.53	11,626.65	10,000.00	232.53	2,325,330.39
charges directes	100.00	146.39	14,638.61	50.00	146.39	7,319.30	10,000.00	146.39	1,463,860.93
charges indirectes	100.00	32.08	3,207.71	50.00	32.08	1,603.86	10,000.00	32.08	320,771.40
coût de production	100.00	411.00	41,099.63	50.00	411.00	20,549.81	10,000.00	411.00	4,109,962.72

Produit	Sable			Argile			Fer		
	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T	Q
Coût de matière première consommée	4,500.00	144.08	648,353.88	37,000.00	144.08	5,330,909.72	3,000.00	3,483.17	10,449,519.23
charges directes	4,500.00	146.39	658,737.42	37,000.00	146.39	5,416,285.45	3,000.00	146.39	439,158.28
charges indirectes	4,500.00	32.08	144,347.13	37,000.00	32.08	1,186,854.18	3,000.00	32.08	96,231.42
coût de production	4,500.00	322.54	1,451,438.44	37,000.00	322.54	11,934,049.36	3,000.00	3,661.64	10,984,908.93

- Calcul coût de concassage primaire

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme le calcaire transporté directement par les dumpers ainsi que les produits de reprise de stocks (calcaire, calcaire HG, argile et gypse) et ses charges directes et indirectes pour donner 3 produits différents comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-13 : Calcul coût de concassage primaire

Produit	Mix			Calcaire HG			Gypse		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de calcaire transporté directement	108,900.00	232.53	25,322,847.90	24,750.00	232.53	5,755,192.70	0.00	0.00	0.00
Coût de matière reprise des stocks	37,100.00	322.78	11,975,148.98	50.00	411.00	20,549.81	10,000.00	411.00	4,109,962.72
charges directes	146,000.00	9.96	1,453,539.82	24,800.00	9.96	246,902.65	10,000.00	9.96	99,557.52
charges indirectes	146,000.00	25.36	3,702,353.64	24,800.00	25.36	628,892.95	10,000.00	25.36	253,585.87
coût de production	146,000.00	290.78	42,453,890.35	24,800.00	268.21	6,651,538.12	10,000.00	446.31	4,463,106.11

- Fiches de stocks des matières concassées

Tableau VI-14 : Fiche de stock des matières concassées

Produit	Mix			Calcaire HG			Gypse		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
stock initial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
production	146,000.00	290.78	42,453,890.35	24,800.00	268.21	6,651,538.12	10,000.00	446.31	4,463,106.11
disponible	146,000.00	290.78	42,453,890.35	24,800.00	268.21	6,651,538.12	10,000.00	446.31	4,463,106.11
consommation	145,000.00	290.78	42,163,110.27	24,000.00	268.21	6,436,972.37	4,500.00	446.31	2,008,397.75
stock final théorique	1,000.00	290.78	290,780.07	800.00	268.21	214,565.75	5,500.00	446.31	2,454,708.36
différence d'inventaire	0.00	290.78	0.00	0.00	268.21	0.00	0.00	446.31	0.00
stock final réel	1,000.00	290.78	290,780.07	800.00	268.21	214,565.75	5,500.00	446.31	2,454,708.36

- Calcul du coût de broyage primaire

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme les produits stockés après concassage (mix, calcaire HG), les produits de reprise des stocks (sable et fer) et ses charges directes et indirectes pour donner 2 produits différents comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-15 : Calcul du coût de broyage primaire

Produit	Farine			Calcaire HG broyé		
	Q	PU	T	Q	PU	T
Désignation						
Coût de mix consommé	145,000.00	290.78	42,163,110.27	0.00	0.00	0.00
Coût de sable consommé	4,500.00	322.54	1,451,438.44	0.00	0.00	0.00
Coût de calcaire HG consommée	1,200.00	268.21	321,848.62	22,800.00	268.21	6,115,123.76
Coût du fer consommé	3,000.00	3,661.64	10,984,908.93	0.00	0.00	0.00
charges directes	153,700.00	22.10	3,396,203.97	22,800.00	22.10	503,796.03
charges indirectes	153,700.00	55.70	8,560,514.58	22,800.00	55.70	1,269,874.64
coût de production	153,700.00	435.12	66,878,024.80	22,800.00	346.00	7,888,794.43

- Fiches de stocks des matières broyées

Tableau VI-16 : Fiche de stock des matières broyées

Produit	Farine			Calcaire HG		
	Q	PU	T	Q	PU	T
Désignation						
stock initial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
production	153,700.00	435.12	66,878,024.80	22,800.00	346.00	7,888,794.43
disponible	153,700.00	435.12	66,878,024.80	22,800.00	346.00	7,888,794.43
consommation	150,000.00	435.12	65,268,078.86	6,000.00	346.00	2,075,998.53
stock final théorique	3,700.00	435.12	1,609,945.95	16,800.00	346.00	5,812,795.90
différence d'inventaire	0.00	435.12	0.00	0.00	346.00	0.00
stock final réel	3,700.00	435.12	1,609,945.95	16,800.00	346.00	5,812,795.90

- Calcul coût de la cuisson et le refroidissement

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme la farine stockée après broyage et ses charges directes et indirectes pour donner un seul produit (clinker) comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-17 : Calcul du coût de la cuisson et le refroidissement

Produit	clinker		
	Q	PU	T
Coût de Farine consommée	150,000.00	435.12	65,268,078.86
charges directes	90,000.00	112.22	10,100,000.00
charges indirectes	90,000.00	282.58	25,431,982.89
coût de production clinker	90,000.00	1,120.00	100,800,061.75

- Calcul du coût du concassage clinker

Tableau VI-18 : Calcul du coût du concassage clinker

Produit	Clinker		
	Q	PU	T
Coût de clinker consommée	90,000.00	1,120.00	100,800,061.75
charges directes	90,000.00	16.11	1,450,000.00
charges indirectes	90,000.00	40.21	3,619,324.96
coût de production clinker concassé	90,000.00	1,176.33	105,869,386.71

- Fiche de stock du clinker concassé

Tableau VI-19 : Fiche de stock du clinker concassé

Produit	Clinker		
	Q	PU	T
stock initial	0.00	0.00	0.00
production	90,000.00	1,176.33	105,869,386.71
disponible	90,000.00	1,176.33	105,869,386.71
consommation	88,000.00	1,176.33	103,516,733.67
stock final théorique	2,000.00	1,176.33	2,352,653.04
différence d'inventaire	0.00	1,176.33	0.00
stock final réel	2,000.00	1,176.33	2,352,653.04

- Calcul du coût de production produits finis

Ce centre considéré comme un atelier de production, consomme le ciment broyé qu'on lui ajoute le calcaire HG stocké après broyage pour améliorer la qualité ainsi que ses charges directes et indirectes pour donner 3 produits finis différents comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-20 : Calcul du coût de production produits finis

Produit	SARIE			MATINE			CHAMIL		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Désignation									
Coût de clinker broyé consommé	0.00	0.00	0.00	63,750.00	1,176.33	74,990,815.59	21,250.00	1,176.33	24,996,938.53
Coût de gypse consommé	0.00	0.00	0.00	2,925.00	446.31	1,305,458.54	1,575.00	446.31	702,939.21
Coût de calcaire HG broyé consommé	0.00	0.00	0.00	5,100.00	346.00	1,764,598.75	900.00	346.00	311,399.78
charges directes	0.00	0.00	0.00	71,775.00	47.12	3,382,068.06	23,725.00	47.12	1,117,931.94
charges indirectes	0.00	0.00	0.00	71,775.00	119.07	8,545,984.78	23,725.00	119.07	2,824,848.33
coût de production du ciment	0.00	0.00	0.00	71,775.00	1,253.76	89,988,925.72	23,725.00	1,262.55	29,954,057.79

- Fiches de stocks des produits finis

Tableau VI-21 : Fiche de stock des produits finis

Produit	SARIE			MATINE			CHAMIL		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Désignation									
stock initial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
production	0.00	0.00	0.00	71,775.00	1,253.76	89,988,925.72	23,725.00	1,262.55	29,954,057.79
disponible	0.00	0.00	0.00	71,775.00	1,253.76	89,988,925.72	23,725.00	1,262.55	29,954,057.79
consommation	0.00	0.00	0.00	67,500.00	1,253.76	84,629,083.75	21,000.00	1,262.55	26,513,602.26
stock final théorique	0.00	0.00	0.00	4,275.00	1,253.76	5,359,841.97	2,725.00	1,262.55	3,440,455.53
différence d'inventaire	0.00	0.00	0.00	0.00	1,253.76	0.00	0.00	1,262.55	0.00
stock final réel	0.00	0.00	0.00	4,275.00	1,253.76	5,359,841.97	2,725.00	1,262.55	3,440,455.53

VI.2.6 Calcul du coût de revient des produits vendus

Le coût de revient englobe le coût de production des produits vendus ainsi que les charges directes et indirectes du centre commercialisation comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau VI-22 : Calcul du coût de revient des produits vendus

Produit	SARIE			Matine			Chamil			Clinker		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de matière produite vendue	0.00	0.00	0.00	67,500.00	1,253.76	84,629,083.75	21,000.00	1,262.55	26,513,602.26	3,000.00	1,176.33	3,528,979.56
Charges directes	0.00	0.00	0.00	67,500.00	1,979.78	133,635,245.90	21,000.00	1,979.78	41,575,409.84	3,000.00	1,979.78	5,939,344.26
charges indirectes	0.00	0.00	0.00	67,500.00	0.60	40,388.48	21,000.00	0.60	12,565.30	3,000.00	0.60	1,795.04
coût de revient	0.00	0.00	0.00	67,500.00	3,234.14	218,304,718.13	21,000.00	3,242.93	68,101,577.40	3,000.00	3,156.71	9,470,118.86

VI.2.7 Calcul du résultat analytique

Tableau VI-23 : Calcul du résultat analytique

Produit	SARIE			MATINE			CHAMIL			Clinker		
	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T	Q	PU	T
Coût de revient des produits vendus	0.00	0.00	0.00	67,500.00	3,234.14	218,304,718.13	21,000.00	3,242.93	68,101,577.40	3,000.00	0.00	9,470,118.86
Chiffre d'affaire	0.00	7,000.00	0.00	67,500.00	7,200.00	486,000,000.00	21,000.00	6,400.00	134,400,000.00	3,000.00	4,000.00	12,000,000.00
Résultat analytique par produit	0.00	0.00	0.00	67,500.00	3,965.86	267,695,281.87	21,000.00	3,157.07	66,298,422.60	3,000.00	843.29	2,529,881.14
Résultat analytique total	336,523,585.62											

Une fois le résultat analytique calculé, il ne sera pris en compte qu'une fois le rapprochement des résultats avec la comptabilité générale est fait.

- Calcul du rapprochement analytique

Tableau VI-24 : Compte résultat de la comptabilité analytique

	prévu
CA	632,400,000.00
consommations	209,500,000.00
marge brute	422,900,000.00
charges externes	52,966,000.00
valeur ajoutée	369,934,000.00
frais du personnel	7,550,000.00
impôts et taxes	50,000,000.00
excédent brut d'exploitation	312,384,000.00
amortissements	9,400,000.00
résultat courant avant impôts	302,984,000.00
impôts sur la société	78,775,840.00
résultat de l'exercice	224,208,160.00

Tableau VI-25 : Comparaison et rapprochement entre la comptabilité analytique et générale

résultat analytique	336,523,585.62
SF-SI de toutes les fiches de stock	33,539,585.62
résultat compta gêné	302,984,000.00
vérification	0.00
commentaire sur le rapprochement	le calcul de coût de revient est fiable

VI.3. Conclusion

Ce chapitre a comme objectif l'élaboration d'une procédure qui permet à l'entreprise de calculer le coût de revient de tous ces produits vendus par la méthode des coûts complets. Cette méthode permet de valoriser les stocks de tous les produits de l'entreprise et de contrôler l'impact des charges indirectes sur la marge bénéficiaire de l'entreprise. On a fait une simulation de ce calcul en utilisant des charges fictives dans le but de tester cette structure, à la fin on a terminé avec le rapprochement analytique qui a montré un coût de revient fiable.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de ce travail était de de décortiquer le cycle de production du ciment à l'unité CILAS à Biskra, et ce, pour atteindre les deux objectifs suivants :

1. Calculer dans un premier temps les indices de productivité de chaque étape du cycle de production de ciment en commençant par les travaux réalisés au front taille (foration, abattage, chargement et transport) jusqu'au travaux réalisés à l'usine de traitement (concassage, broyage, cuisson, ...), et ensuite faire une analyse des résultats obtenus afin de détecter les anomalies qui seront par la suite corrigées en proposant des solutions pratiques compte tenu de la nature de travail sur le chantier.
2. Le deuxième objectif consistait à proposer une procédure de calcul de coût de revient par la méthode des coûts complets afin d'analyser par la suite le coût de production à chaque étape et vérifier quel sont les améliorations qu'on pourrait éventuellement apporter pour avoir une meilleure rentabilité du produit à tous les niveaux de production.

A l'issue du travail effectué durant les derniers mois, nous avons pu tirer les conclusions suivantes :

- La productivité de la foration dépasse les standards arrêtés par l'entreprise, ce qui lui permet à l'avenir de faire des programmes de travail avec un seul engin uniquement à savoir ATLAS COPCO D50.
- La productivité du chargement dépasse les débits théoriques calculés ce qui peut nous pousser à réfléchir sur l'éventuelle utilisation d'un seul engin de chargement à l'avenir pour une meilleure rentabilité de cette activité.
- Le temps de cycle des dumpers arrêté par l'entreprise donne un débit théorique de l'activité transport inférieur au débit du concasseur ce qui peut engendrer des marches à vides importants pour ce dernier et donc des pertes en termes du coût de revient de l'opération de concassage.
- Les installations fixes donnent des rendements appréciables mais qui peuvent être améliorés suite à une étude détaillée de chaque élément de l'usine de traitement.

Tenant compte des résultats de notre étude et des problèmes rencontrés lors de notre travail nous recommandons :

- Revoir les standards de toutes les activités de production (principalement au front de taille) en donnant des standards de chaque activité par plateforme de travail.
- En fonction des nouveaux standards arrêtés, revoir les prévisions budgétaires en gardant un seul chariot de foration et un seul chargeur pour les opérations de foration et de chargement respectivement.
- Revoir les standards des dumpers et recalculer le débit du transport pour assurer une alimentation du concasseur sans interruption.
- Faire une simulation de calcul du coût de revient avec la procédure que nous avons élaboré en utilisant par exemple les données réelles d'une période d'un mois et intégrer par la suite le coût de revient complet calculé dans le tableau de bord de l'entreprise afin de suivre l'évolution des charges directes et indirectes par mois.

Bibliographie

- [1] **Zied BENGHAZI**. Le ciment. In : Matériaux industriels. Zied-Benghazi [en ligne]. [Consulté le 07/05/2020]. Disponible à l'adresse : http://zied-benghazi.weebly.com/uploads/2/4/5/8/24585230/chapitre_iii_-_le_ciment.pdf.
- [2] **GHOMARI, Fouad**. Science des matériaux de construction [en ligne]. Tlemcen : Université ABOUBEKR BELKAID,2005-2006, 58p. [Consulté le 07/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://ft.univ-tlemcen.dz/assets/uploads/pdf/departement/gc/ciment.pdf>.
- [3] **Sadok Chaimae et El Attaoui Yousra**. Optimisation de la consommation calorifique du four 2 de la ligne de cuisson de LAFARGE de MEKNES. Mémoire de fin d'études : LST de Génie Industriel. LAFARGE DE MEKNES : Faculté des Sciences et Techniques de Fès, 2016, 60p.
- [4] **Chlif Nisrine**. L'optimisation du volume des gaz chauds dans la ligne de cuisson la cimenterie Holcim Fès. Mémoire de fin d'études : Génie des Matériaux et des procédés : faculté des sciences et technique Fès.2015, p 64.
- [5] **LafargeHolcim**. La fabrication du ciment [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse :<https://www.lafargeholcim-io.com/la-reunion/produits-et-services/magik/la-fabrication-du-ciment/etape-1-preparation-des-matieres-premieres>.
- [6] **LafargeHolcim**. La fabrication du ciment [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse :<https://www.lafargeholcim-io.com/la-reunion/produits-et-services/magik/la-fabrication-du-ciment/etape-2-homogeneisation-et-cuisson>.
- [7] **LafargeHolcim**. La fabrication du ciment [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse :<https://www.lafargeholcim-io.com/la-reunion/produits-et-services/magik/la-fabrication-du-ciment/etape-3-production-du-clinker>.
- [8] **LafargeHolcim**. La fabrication du ciment [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse :<https://www.lafargeholcim-io.com/la-reunion/produits-et-services/magik/la-fabrication-du-ciment/etape-4-mouture-du-ciment-et-expedition>.
- [9] **petite-entreprise**. Les indicateurs de performance de l'entreprise [en ligne]. [Consulté le 12/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.petite-entreprise.net/P-3174-136-G1-les-indicateurs-de-performance-de-l-entreprise.html>
- [10] **M. Ishaq Bhatti, H. M. Awan, Z. Raza**. The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance [en ligne]. In: Quality and Quantity. [12/05/2020]. Disponible sur :https://www.researchgate.net/publication/266398617_The_key_performance_indicators_KPIs_and_their_impact_on_overall_organizational_performance.
- [11] **Techteam**. 25 indicateurs de performance industrielle pour les unités de production [en ligne]. [Consulté le 12/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://blog.fr-techteam.com/25-indicateurs-de-performance-industrielle-pour-les-unites-de-production>.
- [12] **Reference for Business**. Productivity Concepts and Measures [en ligne]. [Consulté le 14/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.referenceforbusiness.com/management/Pr-Sa/Productivity-Concepts-and-Measures.html>

- [13] **A.AIT YAHIA TENE**. Modifié et complété par **D. BENKACI**. Transport dans les mines. Département Génie Minier. Ecole Nationale Polytechnique. 2017.25P.
- [14] **sabbar.fr**. La performance de l'entreprise [en ligne]. [Consulté le 14/05/2020]. Disponible à l'adresse : <http://sabbar.fr/management/la-performance-de-lentreprise>
- [15] **debitoor**. Coûts - Qu'est-ce que les coûts [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse : <https://debitoor.fr/termes-comptables/couts>
- [16] **unt.unice.fr**. Leçon n° 2 : la notion de coût [en ligne]. [Consulté le 16/05/2020]. Disponible à l'adresse : http://unt.unice.fr/aunege/Comptabilite_analytique_L2/html/lecon_02.html
- [17] **chefdentreprise.com**. Centre d'analyse [en ligne]. [consulté le 30 Septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.chefdentreprise.com/Definitions-Glossaire/Centre-d-analyse-239847.htm>
- [18] **Marc Doucet**. Contrôle de gestion. Région Hauts-de-France : Comptalia, 2011, 74 p.
- [19] **LafargeHolcim**. Rapport journalier de l'unité de de CILAS 2020, Biskra
- [20] **LafargeHolcim**. Présentation unité de CILAS 2020, Biskra.
- [21] **H. ELKOUADI**. Rapport final d'exploration géologique. Gisement de calcaire Hammam sidi El Hadj-W. Biskra : CETIM, 64P.
- [22] **AHMED BRAHIM**, Optimisation du plan de maintenance au niveau de l'atelier de broyage (cimenterie SCIBS Beni saf).Mémoire de fin d'études : Maintenance Industrielle. Beni saf : université de Tlemcen, 2016, p 93.
- [23] **Robert BASTIER, Alexandre BOCAN, Bernard GILBERT, Alain REGNAULT**, Fours de cimenterie - Ateliers de cuisson du clinker [en ligne]. In : techniques de l'ingénieur [consulté le 19 Juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/chaudieres-et-fours-industriels-42209210/fours-de-cimenterie-be8844/> [accès par abonnement].
- [24] **HANIFI Walid, TELLAI Nadir**. Proposition d'un système de suivi de production et de rentabilité d'une carrière à ciel ouvert, cas de la carrière Jobert. Mémoire de fin d'études : Génie Minier. DIVINDUS : Ecole Nationale Polytechnique, 2019, 111p.
- [25] **Nel, S., Kizil, M. S., et Knights, P.** Improving Truck-Shovel Matching. Wollongong, NSW, Australie, 24-30 Septembre 2011[en ligne]. Carlton, VIC, Australie : Institut australasien des mines et de la métallurgie, 2011. ISBN 9781921522512.pp. 381-391. [28/06/2020]. Disponible à l'adresse : <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:254173>
- [26] **Health and Safety Executive**. Safe operation and use of mobile jaw crushers [en ligne]. [Consulté le 28/06/2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.hse.gov.uk/quarries/crushing.htm>

Annexes

Annexe 1 : Foration

Annexe 1.1 : Taux de réalisation de la foration pour le chariot D50

Date	Foration (m.l)	Foration prévu (m.l)	Taux de réalisation
01-févr	275	231,5	118,89%
02-févr	499,5	231,5	215,95%
03-févr	391	231,5	169,04%
04-févr	341	231,5	147,42%
05-févr	297	231,5	128,40%
06-févr	307,5	231,5	132,94%
08-févr	164	231,5	70,90%
09-févr	206	231,5	89,06%
10-févr	519	231,5	224,38%
11-févr	252	231,5	108,95%
12-févr	180,5	231,5	78,04%
13-févr	197,5	231,5	85,38%
15-févr	332,5	231,5	143,75%
16-févr	407,5	231,5	176,17%
17-févr	230,5	231,5	99,65%
20-févr	224	231,5	96,84%
23-févr	266	231,5	115,00%
24-févr	235	231,5	101,60%
25-févr	158	231,5	68,31%
26-févr	314	231,5	135,75%
27-févr	86	231,5	37,18%
Moy (%)	121,12		
l'écart type	0,46		

Annexe 1.2 : La répartition des heures de foration

D50		T35	
heures programmées	149,5	heures programmées	7,5
heures en foration	146,6	heures en foration	7,5
manque d'implantation	10	manque d'implantation	0
heures à vide	2,9	heures à vide	0
heures des pannes	2	heures des pannes	0

Annexe 1.3 : Calculs du facteur d'utilisation de la foration

DATE	Heures disponibles	Heures réalisées	facteur d'utilisation
01-févr	8	8,2	102,50%
02-févr	12	10,7	89,17%
03-févr	10	9,4	94,00%
04-févr	10	9,2	92,00%
05-févr	8	7,6	95,00%
06-févr	7	6,2	88,57%
08-févr	7	3,4	48,57%
09-févr	7	5,1	72,86%
10-févr	12	11,9	99,17%
11-févr	7	5,7	81,43%
12-févr	5	4,7	94,00%
13-févr	7	3,8	54,29%
15-févr	7	7,1	101,43%
16-févr	12	12,8	106,67%
17-févr	7	6,8	97,14%
20-févr	7	5,9	84,29%
23-févr	7	6,2	88,57%
24-févr	7	6,7	95,71%
25-févr	7	5	71,43%
26-févr	7	7	100,00%
27-févr	7	3,2	45,71%
Moy (%)	85,83		
l'ecart type	0,172		

Annexe 1.4 : La performance de la foration

Date	Débit théorique (mL/h)	Débit réel (mL/h)	Performance
01-févr	35	33,53658537	95,82%
02-févr	35	46,68224299	133,38%
03-févr	35	41,59574468	118,84%
04-févr	35	37,06521739	105,90%
05-févr	35	39,07894737	111,65%
06-févr	35	49,59677419	141,71%
08-févr	35	48,23529412	137,82%
09-févr	35	40,39215686	115,41%
10-févr	35	43,61344538	124,61%
11-févr	35	44,21052632	126,32%
12-févr	35	38,40425532	109,73%
13-févr	35	51,97368421	148,50%
15-févr	35	46,83098592	133,80%
16-févr	35	31,8359375	90,96%
17-févr	35	33,89705882	96,85%
20-févr	35	37,96610169	108,47%
23-févr	35	42,90322581	122,58%
24-févr	35	35,07462687	100,21%
25-févr	35	31,6	90,29%
26-févr	35	44,85714286	128,16%
27-févr	35	26,875	76,79%
Moy (%)	115,13		
l'ecart type	0,186		

Annexe 1.5 : Consommation du gasoil

Date	consommation D50 (L)	consommation T35 (L)
01-févr	377,2	0
02-févr	492,2	0
03-févr	432,4	0
04-févr	423,2	0
05-févr	349,6	47,5
06-févr	285,2	0
08-févr	156,4	0
09-févr	234,6	0
10-févr	547,4	0
11-févr	262,2	0
12-févr	216,2	0
13-févr	174,8	0
15-févr	326,6	0
16-févr	588,8	0
17-févr	312,8	0
19-févr		140
20-févr	271,4	0
23-févr	285,2	0
24-févr	308,2	0
25-févr	230	0
26-févr	322	0
27-févr	147,2	0
Moy (L)	321,1238095	93,75
l'ecart type	118,1728915	232,0299803

Annexe 2 : Transport

Annexe 2.1 : Facteur d'utilisation de transport

Dumpers	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
01-mars	77,86%	76,92%	71,43%	38,57%	74,29%	14,29%	69,29%
02-mars	48,57%	20,41%	44,29%	44,29%	44,29%	28,57%	57,14%
03-mars	100,00%	100,00%	98,57%	101,43%	98,57%		97,14%
04-mars	87,77%	92,31%	84,17%	84,29%	86,86%		89,29%
05-mars	77,14%	71,43%	75,71%	74,29%	78,57%		107,14%
08-mars	82,14%	28,57%	78,57%	32,14%	79,29%		27,14%
09-mars		92,14%	84,29%	85,00%	87,14%	62,86%	90,00%
10-mars	108,57%	102,86%	102,86%	94,29%	105,71%	68,57%	
Moy	83,15%	73,08%	79,99%	69,29%	81,84%	43,57%	76,73%
l'écart type	0,178	0,298	0,169	0,253	0,173	0,228	0,256
Coef de variation	21,38%	40,81%	21,07%	36,45%	21,11%	52,33%	33,31%

Annexe 2.2 : Facteur d'utilisation Poste 1

Dumpers	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
01-mars	71,43%	71,43%	61,43%		64,29%		57,14%
02-mars	48,57%	20,41%	44,29%	44,29%	44,29%	28,57%	57,14%
04-mars	72,86%	85,71%	68,57%	68,57%	74,29%		78,57%
08-mars	104,29%		102,86%	1,43%	100,00%		
09-mars		85,71%	71,43%	71,43%	75,71%	62,86%	80,00%
10-mars	108,57%	102,86%	102,86%	102,86%	105,71%	68,57%	
Moy	81,14%	73,22%	75,24%	57,71%	77,38%	53,33%	68,21%

Annexe 2.3 : Facteur d'utilisation Poste 2

Dumpers	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
01-mars	0,842857	0,8333333333	0,814286	0,814286	0,842857	0,142857143	0,814286
02-mars							
03-mars	1	1	0,985714	1,014286	0,985714		0,971429
04-mars	1,028986	1	1	1	1		1
05-mars	0,771429	0,714285714	0,757143	0,742857	0,785714		1,071429
08-mars	0,6	0,571428571	0,542857	0,628571	0,585714		0,571429
09-mars	0,942857	0,985714286	0,971429	0,985714	0,985714		1
10-mars				0,857143			
Moy	86,44%	85,08%	84,52%	86,33%	86,43%	14,29%	90,48%

Annexe 2.4 : Temps de cycle

Dumpers	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
01-mars	21,95023	23,21429	20,80882	21,375	24,07273	30	21,59659
02-mars	25,5	20	23,25	26,57143	31	30	34,28571
03-mars	20	21	20,7	20,28571	23		21,47368
04-mars	21,91209	23,31984	22,35	23,05263	22,57895		29,38596
05-mars	24,92308	21,42857	24,46154	26	23,57143		32,14286
08-mars	26,88235	21,81818	24,66667	24	26,42763		30
09-mars	18,85714	25,03361	20,4	21,60902	22,1	16,5	25,66667
10-mars	24	21,6	21,6	21,6	22,2	16	
Moy	23,125	27,79307	23,00311	22,17681	22,27963	23,06172	24,36884
ecart type	2,60935	1,486975	1,583455	2,139807	2,825407	6,877272	4,649662
Coef de variation	11,34%	6,71%	7,11%	9,28%	11,59%	29,74%	16,73%

Annexe 3 : Concassage

Annexe 3.1 : Heures de marche

Date	Mix (h)	Calcaire (h)	Gypse (h)	Total (h)
01-févr	7,52			10,82
02-févr	11,57	0,98		13,68
03-févr	3,28	4,53		8,32
04-févr	5,63	0	0	5,72
05-févr	7,18	1,17	1,53	9,83
06-févr	5,75			5,75
08-févr	2,28	1,93		4,4
09-févr	11,1			11,93
10-févr		5,17	1,07	7,02
11-févr	6,52			6,52
12-févr	2,82	2,62		5,85
13-févr	3,43	1,22	1,53	6,57
15-févr	7,57			7,57
16-févr	13,95			13,95
17-févr	5,13	5,75	2,32	13,73
18-févr	6,48			6,55
19-févr	5,67	1,3		7,03
24-févr			2,03	2,23
25-févr		3,53		3,65
27-févr	6,2			8,63
28-févr	13,6			13,6
29-févr	7,83			7,83

Annexe 3.2 : Consommation énergétique

Date	Consommation (Kwh/T)	Débit réel total (T/h)
01-févr	1,01	784,1829945
02-févr	0,9	999,2763158
03-févr	1,01	954,3497596
04-févr	0,93	1165,216783
05-févr	0,88	1114,8647
06-févr	0,92	1178,328696
08-févr	1,21	881,7636364
09-févr	0,92	1080,890193
10-févr	1,06	839,7435897
11-févr	0,95	1144,165644
12-févr	0,99	929,957265
13-févr	0,96	937,5540335
15-févr	0,92	1130,142668
16-févr	0,88	1150,523297
17-févr	0,99	890,7778587
18-févr	0,94	1078,616794
19-févr	0,97	1089,611664
24-févr	1,21	630,0493274
25-févr	1,12	926,0273973
27-févr	0,95	832,5677868
28-févr	0,83	1194,099265
29-févr	0,89	1200,498084

Annexe 4 : Broyeur

Annexe 4.1 : Taux de conformité

Date	LSF
01-févr	93,4
02-févr	92,1
03-févr	93,3
04-févr	93,7
05-févr	94,6
06-févr	95,6
08-févr	96,6
09-févr	98,8
10-févr	92,8
11-févr	97
12-févr	95,9
13-févr	96,6
14-févr	94,9
15-févr	94,9
16-févr	94,6
17-févr	95,6
18-févr	94,3
19-févr	94
20-févr	94,4
21-févr	95,2
27-févr	94,8
28-févr	95
29-févr	95,3

Annexe 4.2 : Heures de marche

Date	Farine (h)	Hg broyé (h)	Total (h)
01-févr	12,55	3,4	16
02-févr	8,72		8,7
03-févr	9,12		9,1
04-févr	10,13	3,95	14,1
05-févr	13,03		13
06-févr	3,5		3,5
07-févr	0,13	3,75	3,9
08-févr	19,63		19,6
09-févr	8,23	0,12	8,4
10-févr	3,52	2,08	5,6
11-févr	18,85	1,9	20,8
12-févr	0,95		1
13-févr	16,13		16,1
14-févr	12,83	5,52	18,4
15-févr	12,45		12,5
16-févr	16,95		16,9
17-févr	11,68	3,22	14,9
18-févr	14,58		14,6
19-févr	8,62		8,6
20-févr	15,58		15,6
21-févr	11,5	2,72	14,2
27-févr	8,25		8,3
28-févr	16,28	4,82	21,1
29-févr	16,15		16,2

Annexe 4.3 : Le rapport consommation énergétique / Tonnage pour la farine

Date	Farine (kwh/T)	Débit réel (T/h)
01-févr	18,7	599,78
02-févr	18,4	583,92
03-févr	19,9	504
04-févr	16,4	619,76
05-févr	18,2	579,15
06-févr	19,4	599,88
07-févr	15,2	592,09
08-févr	17,8	584,54
09-févr	17,8	589,12
10-févr	18,7	572,72
11-févr	18,2	576,49
12-févr	18,4	607,15
13-févr	18,6	562,35
14-févr	18,4	560,88
15-févr	18,3	564,65
16-févr	18	586,03
17-févr	17,8	581,16
18-févr	18,1	578,74
19-févr	18,3	574,1
20-févr	17,7	592,02
21-févr	18,2	571,05
27-févr	17,4	584,41
28-févr	17,3	582,56
29-févr	17	596,16

Annexe 4.4 : Le rapport consommation énergétique / Tonnage pour le Hg broyé

Date	HG broyé (Kwh /T)	Débit réel (T/h)
01-févr	17,2	553
04-févr	16,9	549
07-févr	17,3	559
09-févr	18,6	469
10-févr	18	544
11-févr	16,4	575
14-févr	16,6	584
17-févr	16,2	589
21-févr	16,7	547
28-févr	17,7	510

Annexe 5 : Cuisson

Annexe 5.1 : heures de marche

Date	Heures de marche (h)
01-févr	24
02-févr	24
03-févr	6,5
04-févr	13,5
05-févr	21
06-févr	3,5
07-févr	11,2
08-févr	24
09-févr	14,8
10-févr	9,3
11-févr	24
12-févr	7,5
13-févr	21,7
14-févr	24
15-févr	24
16-févr	24
17-févr	24
18-févr	24
19-févr	24
20-févr	24
21-févr	18
27-févr	15,4
28-févr	24
29-févr	24

Annexe 5.2 : Rapport consommation énergétique / tonnage et rapport consommation gaz naturel / tonnage

Date	Consommation (Kwh/T)	Consommation (Nm3 / h)
01-févr	24,1	3,958362129
02-févr	24,1	20,89444967
03-févr	50,5	
04-févr	22,3	8,760139417
05-févr	21,9	32,1579401
06-févr	80,4	17,17310087
07-févr	28,2	5,212794314
08-févr	20,7	0,744019556
09-févr	28,7	69,53662138
10-févr	40,5	163,0005914
11-févr	20	0,096601691
12-févr	43,2	4,658842795
13-févr	22,3	4,510095407
14-févr	22,3	2,442798963
15-févr	22,5	3,81725505
16-févr	22,8	1,843389446
17-févr	24	12,88891286
18-févr	21,5	19,67127257
19-févr	21,5	6,942457871
20-févr	21,9	4,602366152
21-févr	24,8	1,023588656
27-févr	20,2	15,50596252
28-févr	20,6	2,013256897
29-févr	22,6	0,24279476