



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par

KANNICH Hamid

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

***Réduction du taux de pannes de la ligne PET2
par la mise en place de la maintenance préventive***

Lieu : Compagnie de Boissons Marocain et International (COBOMI)

Réf : 20 /IMT15

Soutenu le 2 Juillet 2015 devant le jury :

- Pr. BINE ELOUIDANE Hassan (Encadrant FST)
- Mr. BAYAHYA Jalal (Encadrant Société)
- Pr. KAGHAT Fahd (Examineur)
- Pr. TAJRI Ikram (Examineur)



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ
وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَيُرَدُّونَ إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ
فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴿١٠٥﴾

صدق الله العظيم

Dédicaces

A Mon Dieu

A Allah le clément et miséricordieux, pour la force qu'il nous donne et qu'il donne aux personnes qui nous ont aidées et nous soutenues
Mon Dieu merci pour tout qui arrive dans notre vie.

A Mes chers parents

Qui ont toujours été près de nous pour nous écouter et nous soutenir et qui n'ont jamais épargné le moindre effort pour nous aider et nous encourage
Vous qui avez fait de moi ce que je suis, je ne peux pas le reconnaître en quelques lignes. J'espère être à l'image que vous vous êtes faite de moi, que dieu tout puissant vous garde, vous bénisse, vous préserve et vous procure santé et longue vie.

A Mes chères frères et amis

A mes frères, à mes amis, à ma petite et grande famille pour l'amour, le respect et le courage qui m'ont toujours octroyé.
A la Faculté des sciences et techniques Fès
Ou nous avons passé les plus belles années de mon cursus scolaire.

A tous nos chers,

Je vous dédie ce travail

Hamid KANNICHE

Remerciement

Au terme de mon projet de fin d'études, j'exprime ma profonde gratitude M. IJJAALI, doyen de la FST de Fès, tout le cadre administratif et mes chers professeurs pour leurs efforts considérables, spécialement le département du Génie Industriel en témoignage de ma reconnaissance.

Je tiens à présenter mes très sincères remerciements à Monsieur le directeur général de l'entreprise d'avoir bien voulu m'accorder mon stage de fin d'étude au sein de l'entreprise.

Je remercie et j'exprime ma reconnaissance à mon encadrant académique Mr. Hassan BINE ELOUIDANE pour ses conseils, ses remarques, sa disponibilité et son soutien tout au long de la période du stage.

Je remercie aussi mon encadrant industriel Mr. Jalal BAYAHYA, Responsable maintenance, pour sa disponibilité à me faire partager ses connaissances, son expérience et son savoir-faire qu'il nous a prodigués durant toute la période du stage.

Je témoigne ma profonde gratitude aux membres du jury.

Finalement, je remercie tous ceux de la COBOMI (NABC) et de la FST qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce modeste travail.

Liste des Acronymes

A

ABC: Atlas Bottling Company

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticité

B

BIB: Bag In Box

C

CBGN : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord

CBGS : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord

COBOMI : Compagnie des Boissons Marocaines et Internationales

D

DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler

DG : Directeur Général

DGA : Directeur Général Adjoint

E

ECCBC: Equatorial Coca Cola Bottling Company

F

F.M.D.S : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité

N

NABC: North Africa Bottling Company

NF : Norme Française

O

O/F : Ouverture/ Fermeture

P

PET : Polyéthylène Téréphtalate

PDR : Pièces de rechange

PME : Petite et Moyenne Entreprise

Q

QOOQCP : Qui, Quoi, Ou, Quand, Comment, Pourquoi

S

SCBG : Société Centrale des Boissons Gazeuses

SBGS : Société des Boissons Gazeuses de Souss

SAP: Systems, Applications and Products for Data Processing

SOBOMA : Société des Boissons Mauritanienes

SIPOC : Supplier, Input, Process, Output, Costumer

T

TCCEC : The Coca Cola Export Corporation

Liste des figures

Figure 1 : Filiale de NABC	4
Figure 2 : Organigramme de la COBOMI	5
Figure 3 : Différents produits de la COBOMI	6
Figure 4 : Schéma de conditionnement dans la ligne PET2	7
Figure 5 : Taux de pannes de différentes lignes.....	9
Figure 6 : Cartographie du Processus	13
Figure 7 : Graphe en radar	19
Figure 9 : ISHIKAWA Souffleuse.....	24
Figure 10 : Méthode 5 POURQUOI	25
Figure 11: Mode Opérateur Serrage des vis du levier d'O/F moule	36
Figure 12 : Mode Opérateur Réglage pour assurer un bon verrouillage du moule.....	38
Figure 13 : Future installation.....	40
Figure 14 : Plaque de fixation des boulons	42
Figure 15 : Convoyeur aérien.....	42
Figure 16: guides avec rouleaux	43
Figure 17 : guides existants.....	43
Figure 18 : champs de saisie de l'avis	44
Figure 19 : Ordre de maintenance.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Identification de COBOMI	5
Tableau 2 : Clarification du problème	8
Tableau 3 : Taux de pannes de différentes lignes	9
Tableau 4 : description du processus métier	12
Tableau 5 : Estimation du gain	14
Tableau 6 : Charte du projet.....	15
Tableau 9 : Résultat ADEPA-CETIM	19
Tableau 10 : Pareto de la ligne PET2.....	21
Tableau 11 : Déclaration finale du problème.....	22
Tableau 12 : Vote ISHIKAWA.....	23
Tableau 13 : 5 POURQUOI de la Souffleuse	26
Tableau 14 : Exemple Validation des causes Souffleuse.....	27
Tableau 15 : Fréquence	28
Tableau 16 : Gravité.....	29
Tableau 17 : Probabilité de non détection.....	29
Tableau 18 : Criticité.....	29
Tableau 19 : AMDEC Souffleuse	30
Tableau 20 : Solutions de différentes causes de la Souffleuse	34
Tableau 21 : caractéristiques techniques des sècheurs installés	39
Tableau 22 : caractéristiques des différents types de sècheurs	39
Tableau 23 : caractéristiques techniques du sècheur souhaité	40
Tableau 24 : comparaison entre les deux offres proposées.....	41
Tableau 25 : Comparaison entre les deux vibreurs	43
Tableau 26: Coût de la solution	45
Tableau 27 : Impact sur le taux de panne.....	45
Tableau 28 : Difficulté de la mise en place.....	45
Tableau 29 : Etude technico-économique de la Souffleuse	46
Tableau 30 : Exemple du plan de la maintenance préventive de la souffleuse.....	49
Tableau 31 : taux de réalisation de la maintenance préventive.....	50

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I contexte général du projet	
I. Présentation de l'organisme d'accueil	4
1. Présentation du groupe NABC	4
2. Présentation de COBOMI	4
2.1 Identification de COBOMI	4
2.2 Organigramme	5
3. Lignes de production	6
3.1 Implantation des lignes de production	6
3.2 Conditionnement de la ligne PET2	6
II. Problématique	8
III. Clarification du problème	8
1. Définition QQQQCP	8
2. Objectif de l'outil	8
3. Pourquoi l'utiliser	8
IV. Cahier de charges	9
1. Objectifs fondamentaux	9
2. Périmètre du projet	9
3. Cadre du projet	10
4. Démarche DMAIC	10
Chapitre II Première phase de la démarche DMAIC	
I. Carte du processus	12
1. SIPOC	12
2. Cartographie du Processus	13
3. Voix des clients	14
3.1 Voix production	14
3.2 Voix finance	14
4. Estimation du gain	14
II. Charte du projet	15
Chapitre III Diagnostic de l'existant	
Partie 1 : Mesurer	
I. Diagnostic de l'état Actuel	17

1.	Méthodologie du diagnostic	17
1.1	Présentation de l’outil	17
1.2	Les différents axes de la méthode ADEPA-CETIM et leurs interprétations.....	17
1.3	Principe d’utilisation de la méthode	18
1.4	Résultats obtenus	19
1.5	Graphe en radar.....	19
2.	Recommandations	20
2.1	Gestion des équipements	20
2.2	Gestion des stocks et pièces de rechange	20
2.3	Analyse F.M.D.S	20
II.	Détermination des machines critiques	21
1.	PARETO des machine en fonction du temps d’arrêt sur la ligne PET2	21
2.	Déclaration finale du problème	22
	Partie 2 : Analyser	
I.	Identifier les causes profondes potentielles	23
1.	Définition ISHIKAWA	23
2.	ISHIKAWA de la souffleuse.....	24
II.	Organiser les causes profondes.....	24
1.	Définition 5 Pourquoi.....	24
2.	5 POURQUOI de la souffleuse	25
III.	Validation et évaluation des causes racines.....	27
1.	Validation des causes racines.....	27
2.	AMDEC	28
	Chapitre IV Actions d'améliorations	
	Partie 1 : Innover	
I.	Identification des solutions potentielles.....	33
1.	Brainstorming.....	33
2.	Identification des solutions potentielles aux causes	33
II.	Solutions Amélioratives.....	35
1.	Souffleuse.....	35
1.1	Système d’inspection	35
1.2	Gammes Opératoires	35
1.3	Sécheur	39
1.4	Plaque de fixation des boulons	41
2.	Système vibratoire.....	42
2.1	Problématique et solution proposée.....	42

2.2 Choix du vibreur	43
3. Palettiseur	43
4. Recommandation.....	44
III. Etude technico-économique.....	45
Partie 2 : Contrôler	
I. Plan de maintenance préventive	47
1. Définition	47
2. Tableau du plan de la maintenance préventive	47
2.1 Documentation de l'en-tête.....	47
2.2 Documentation des colonnes	48
II. Taux de réalisation du plan de la maintenance préventive	50

Introduction générale

Dans l'économie marocaine, l'industrie agroalimentaire occupe la première place. Malgré les aléas de la crise, on observe une forte croissance du secteur grâce à la bonne tenue de la demande, aussi bien intérieur qu'extérieur. Ainsi l'agroalimentaire est le premier secteur manufacturier du pays, loin devant le textile et l'énergie. Il représente 30% de la production industrielle totale. Une production totale estimée à 75 Milliards de Dirhams.

La société COBOMI reste l'une des grandes sociétés du groupe « NABC », le multinational leader dans le secteur des boissons gazeuses au Maroc, qui cherche constamment à améliorer la qualité de son produit, ses performances et son système de production dans le but d'augmenter la productivité avec efficacité.

Dans le cadre de notre projet, nous avons eu l'opportunité d'intégrer cette société afin d'effectuer un stage en tant qu'ingénieur, et il avait pour finalité d'améliorer la disponibilité de l'une de ses lignes de production. A cet effet il a été indispensable d'analyser les problèmes qui provoquent l'augmentation du taux de pannes. C'est dans cette optique s'inscrit notre projet : « **Réduction du taux de pannes de la ligne PET2, par la mise en place de la maintenance préventive** ».

Avant de nous lancer dans notre mission, nous ne ferions plus qu'un devoir de présenter dans le premier chapitre le contexte du projet qui contient une présentation de l'organisme d'accueil, une présentation du procédé, la problématique et le cahier de charges.

Le deuxième chapitre sera consacré au traitement de la première phase de la démarche DMAIC, cette étape consiste à définir le projet en construisant une carte de processus ainsi qu'une charte pour la formalisation du projet.

Le troisième chapitre aura comme objectif d'évaluer l'état de la fonction maintenance par la méthode ADEPA-CETIM, ainsi que mesurer l'état de la ligne en se basant sur l'historique des pannes, et analyser les résultats et leurs causes en utilisant les différents outils à savoir : PARETO, ISHIKAWA, 5 POURQUOI, AMDEC. Finalement une liste des causes racines sera élaborée et validée.

Le quatrième chapitre sera entièrement dédié aux solutions d'amélioration et d'innovation pour les différents problèmes rencontrés, ainsi que l'élaboration des plans de maintenance préventive des machines critiques. Et pour finir une fiche de suivi sera proposée pour contrôler le taux de réalisation de la maintenance préventive.

En conclusion, nous allons proposer nos perspectives et recommandations, afin de généraliser notre projet de réduction du taux de pannes.

Chapitre I

contexte général du projet

« Ce chapitre présente l'organisme d'accueil, ses activités et détermine le périmètre d'intervention de notre projet ainsi que la problématique, le cahier de charges associé et la démarche suivi »

I. Présentation de l'organisme d'accueil

1. Présentation du groupe NABC

NABC : « North African Bottling Company » est la filiale principale d'ECCBC : « Equatorial Coca Cola Bottling Company » c'est le plus important des concessionnaires de The Coca Cola Company en Afrique avec un effectif de plus de 3 000 salariés.

NABC fut créée le 22 Décembre 2003 suite au regroupement de quatre embouteilleurs marocains : Société Centrale des Boissons Gazeuse (SCBG), Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN), Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud (CBGS) et de la Société des Boissons Mauritanienes (SOBOMA), le groupe s'est renforcé par acquisition de la Compagnie de Boissons Marocaines et Internationales (COBOMI), voir la figure 1.

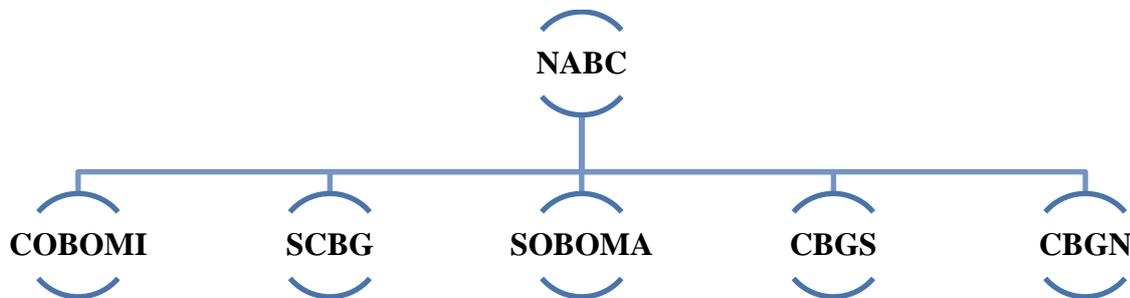


Figure 1 : Filiale de NABC

Le groupe NABC est doté d'une direction générale chapeauté par un directeur général, un directeur général adjoint et deux comités.

- Comité exécutif : composé du DG, DGA et directeurs centraux.
- Comité directoire : composé de l'ensemble des directeurs.

2. Présentation de COBOMI

La Compagnie des Boissons Marocaines et Internationales fût créée en Juin 1999 par le groupe Castel. En Septembre 2003, elle fût acquise par TCCEC (The Coca Cola Export Corporation), représentant la compagnie en Afrique, et en avril 2005 elle devient filiale du groupe NABC.

2.1 Identification de COBOMI

Pour bien connaître l'organisme d'accueil, nous présentons dans le tableau 1, l'identification de la COBOMI.

Raison sociale	Compagnie de Boissons Marocain et International
Forme juridique	Société Anonyme
Date de création	Juin 1999
superficie :	13.5 Hectares
effectif	1000
capital	521.889.000 Dirhams
Identification fiscale	01660911
téléphone	(0522) 53 83 18
Fax	(0522) 53 83 48
Directeur du site	JULIEN VINCENS
adresse	Aéroport Mohamed V, zone industrielle Nouasseur

Tableau 1 : Identification de COBOMI

2.2 Organigramme

La figure 2 présente l'organigramme de la COBOMI

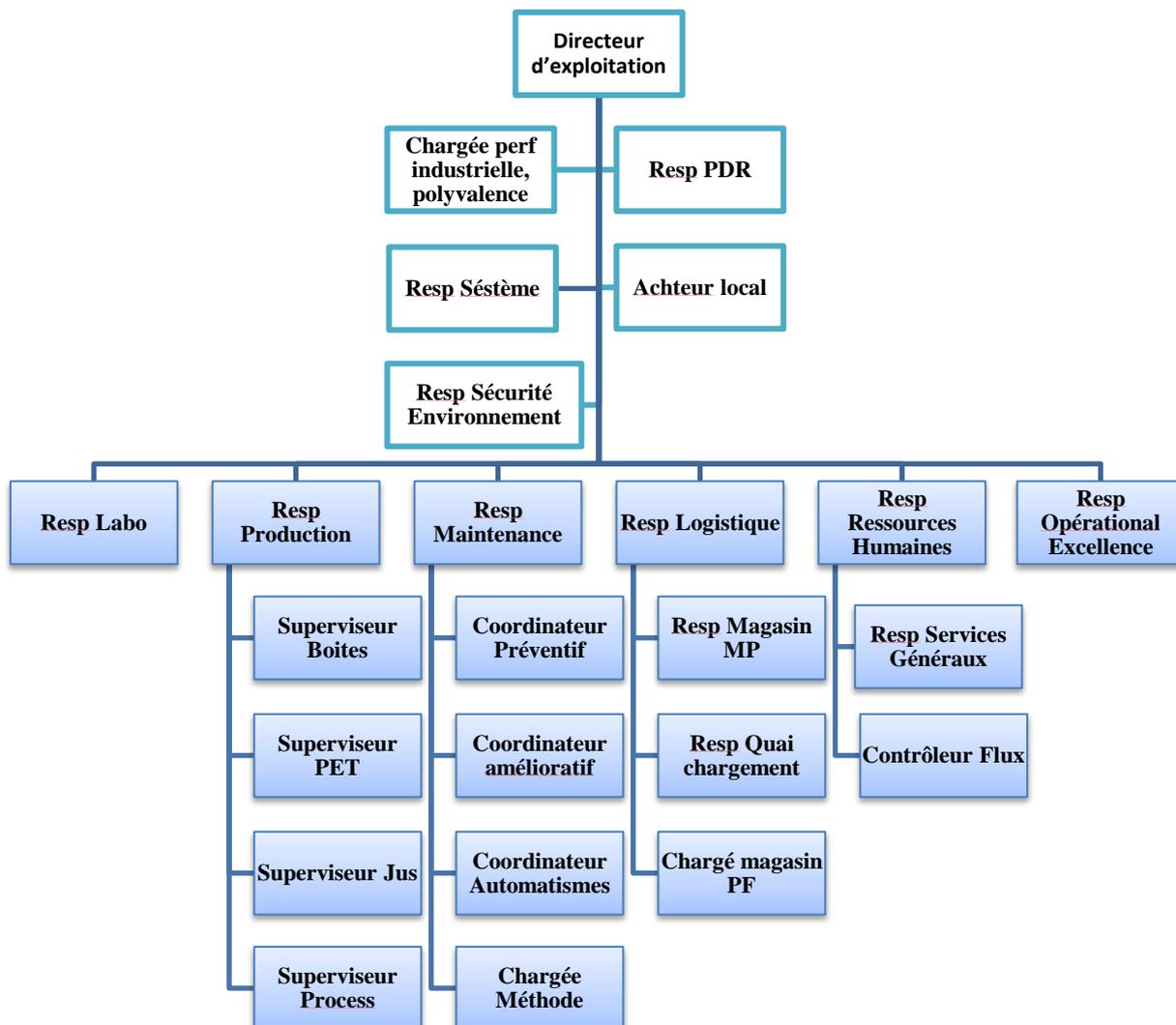


Figure 2 : Organigramme de la COBOMI

3. Lignes de production

3.1 Implantation des lignes de production

La société COBOMI Comporte six grandes lignes de production de boissons gazeuses, d'eau de table, de boissons énergétiques et de jus de fruits, voir la figure 3.

- Deux lignes de production des boites.
- une ligne de production de jus.
- Trois lignes de production PET.
- Une ligne BIB.



Figure 3 : Différents produits de la COBOMI

3.2 Conditionnement de la ligne PET2

L'alimentation de la thermie en préformes subit un soufflage d'air comprimé, les bouteilles soufflées par air sont convoyées puis rincées par l'eau traitée et chlorée. Les étapes suivantes de la ligne de conditionnement PET2 sont :

Soutireuse : elle sert pour le remplissage automatique et capsulage des bouteilles.

Visseuse : application des bouchons à vis.

Dateuse : la date de production, et la date d'expiration sont inscrites sur les bouchons.

Etiqueteuse : à l'aide d'un système mécanique, les colles sont injectées sur les étiquettes qui seront collées sur les bouteilles.

Fardeuse : les bouteilles remplies seront ensuite transportées vers l'encaisseuse dans le but de les mettre dans les caisses.

Palettiseur : les caisses ainsi pleines seront posées sur les palettes « Produit Fini ».

Les opérations de conditionnement de la ligne PET2 peuvent être schématisées dans la figure 4.

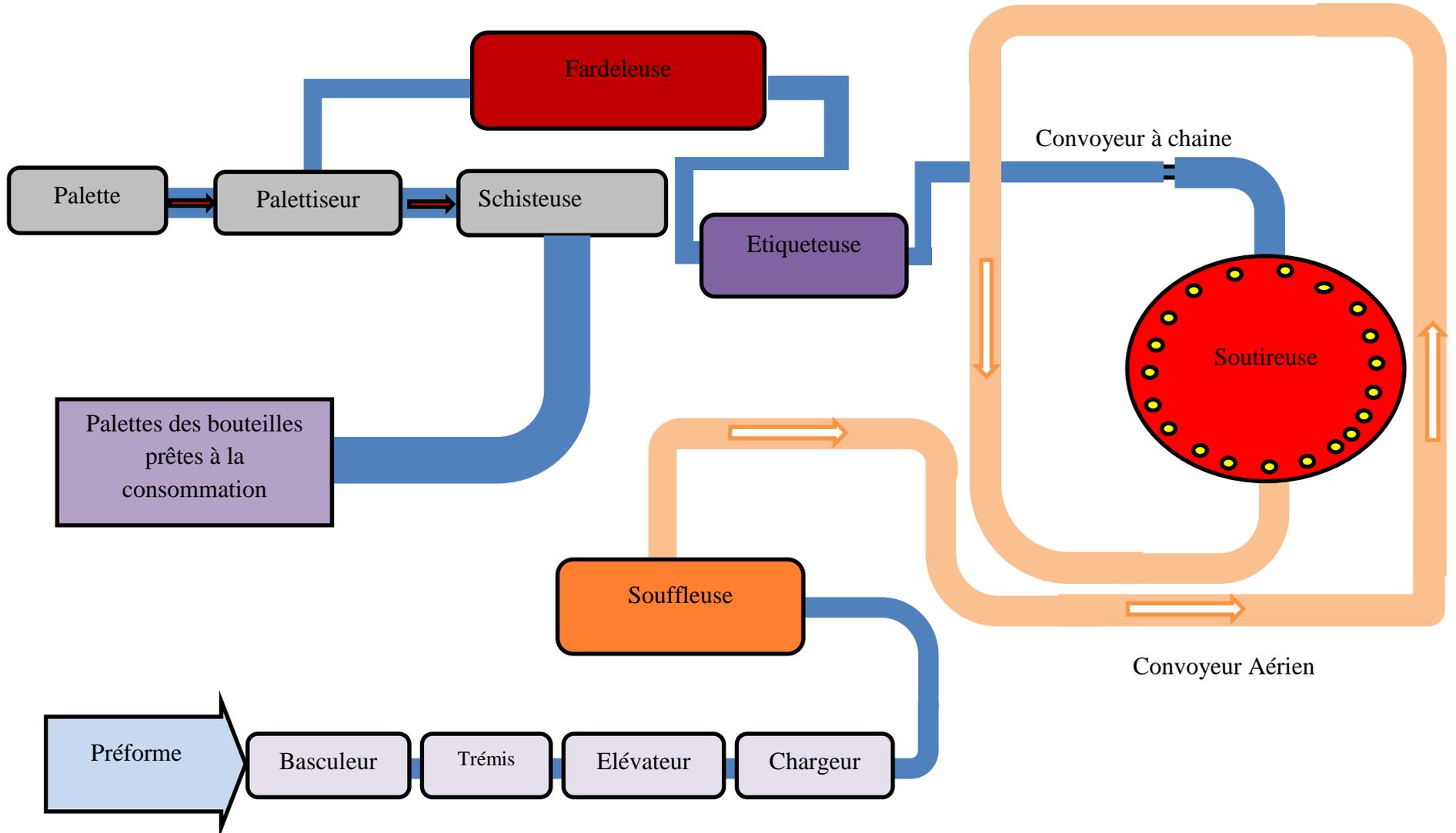


Figure 4 : Schéma de conditionnement dans la ligne PET2

II. Problématique

Actuellement, le groupe NABC est toujours en phase "projet", plusieurs services ne sont pas encore arrivés à la productivité souhaitée. Précisément dans le service maintenance, le processus connaît une multitude de problèmes interconnectés engendrant souvent des blocages des chaînes de production, ce qui engendre une augmentation du taux de pannes ainsi que le coût de maintenance des équipements.

Le taux de pannes et le coût de maintenance élevés des différentes lignes de production représentent sans doute le souci majeur des dirigeants de l'usine. Ces derniers ne cessent point d'engager leurs équipes de maintenance dans des projets d'amélioration de ces indicateurs, afin d'éviter les arrêts des machines et augmenter la disponibilité des lignes de production.

III. Clarification du problème

1. Définition QQQQCP

Le QQQQCP est un acronyme et un outil qui consiste à poser les questions suivantes :

Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Et Pourquoi ?

2. Objectif de l'outil

L'objectif est de se poser toutes les questions relatives à un problème afin d'en fixer le périmètre en vue d'une future démarche de résolution de problème. Il est utilisé dès lors que l'on cherche à avoir une vision complète d'une situation.

3. Pourquoi l'utiliser

C'est un outil qui cherche à rendre factuel et exhaustive la description d'un problème. C'est un outil simple et compréhensible de tous.

Dans le cas de notre étude, cet outil peut être représenté dans le tableau 2 :

QUI	service maintenance / production / qualité / finance
QUOI	Réduction du taux de pannes par la mise en place de la maintenance préventive
OU	ligne de production PET 2
QUAND	fréquence périodique selon l'action (quotidienne, hebdomadaire, mensuelle...)
COMMENT	D'abord la remise à niveau de la ligne et la mise en place de la maintenance préventive par la suite.
POURQUOI	Car le rendement mécanique est faible et le coût de la maintenance par caisse est relativement élevé

Tableau 2 : Clarification du problème

IV. Cahier de charges

1. Objectifs fondamentaux

Ce travail se place dans le cadre d'une étude des indicateurs de performance du service maintenance, à savoir :

- Le taux de pannes.
- Le coût de maintenance par caisse.

Cette étude consiste en une amélioration de ces indicateurs par la remise à niveau des différentes machines de la ligne PET2, ainsi que la mise en place des plans de maintenance préventive.

2. Périmètre du projet

Pour préciser le périmètre de notre projet, nous avons fait une comparaison entre les taux de pannes des différentes lignes de production.

Le tableau 3 présente les valeurs du taux de pannes des différentes lignes de production.

Les données sont prélevées du service performance industriel.

Ligne	PET2	PET1	KRONES	HOT FILL	TETRA PACK	CAN25	CAN33
Taux de Pannes (%)	36,88	32,76	25,13	19,86	17,64	15,30	14,65

Tableau 3 : Taux de pannes de différentes lignes

La figure 5 montre clairement la ligne critique où le taux de panne est élevé par rapport aux autres lignes, il s'agit de la ligne PET2 avec un taux de pannes de 36,88 %.

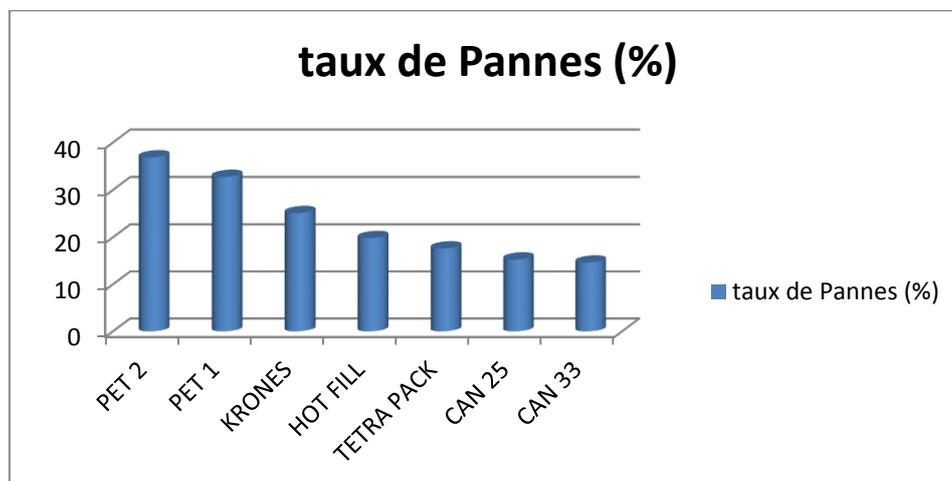


Figure 5 : Taux de pannes de différentes lignes

3. Cadre du projet

L'adoption d'une politique six sigma constitue le projet global des différentes entreprises du groupe NABC dont COBOMI fait partie.

L'amélioration des indicateurs de performance sujet de ce projet est une partie de la politique six sigma, cette politique qui vise à éliminer les différents types de gaspillages, ainsi que maîtriser la dispersion des indicateurs de performances de la production et de la maintenance.

4. Démarche DMAIC

Comme nous avons signalé précédemment le but principal des études faites dans la société est d'adopter une politique six sigma. La démarche DMAIC est parmi les méthodes qui permettent d'atteindre cet objectif.

- **Définir** : dans cette étape, on définit le projet, en établissant la charte du projet, la voix du client, le SIPOC et la cartographie du processus.
- **Mesurer** : cette étape consiste à mesurer la situation actuelle et la performance des processus, tout en validant la qualité des mesures, et ce moyennant :
 - Un diagnostic de la fonction maintenance par la méthode ADEPA-CETIM.
 - Identifications des équipements critiques par l'outil PARETO.
- **Analyser** : cette étape a pour objectif de :
 - Identifier les causes profondes potentielles par l'outil **ISHIKAWA**.
 - Organiser les causes profondes potentielles par les **5 Pourquoi**.
 - Valider les causes racines.
 - Collecter les données pour vérifier les causes profondes par l'**AMDEC**
- **Innover** : il s'agit de proposer et valider sur le terrain des solutions d'amélioration pour atteindre les objectifs fixés.
- **Contrôler** : chercher à pérenniser les résultats :
 - Elaborer un plan de maintenance préventive.
 - Elaborer un plan de contrôle.

Conclusion

Après avoir déterminé le périmètre d'intervention de notre projet ainsi que la problématique, le cahier de charges associé et la démarche suivie, nous allons aborder la première phase de la démarche DMAIC

Chapitre II

Première phase de la démarche DMAIC : Définir

« Ce chapitre sera consacré au traitement de la première phase de la démarche DMAIC, cette étape consiste à définir le projet en construisant une carte de processus ainsi qu'une charte pour la formalisation du projet »

I. Carte du processus

1. SIPOC

Dans la méthodologie six sigmas, Le **SIPOC** est utilisé afin de décrire le processus métier dont on veut améliorer la qualité. Il est présenté sous forme d'une table dans laquelle on décrit le processus du fournisseur (entrées) au client (sorties) à travers ses activités.

Dans notre cas, il s'agit de la maintenance préventive qu'on cherche à mettre en place afin d'améliorer le rendement globale de la maintenance et ceux via la réduction du taux de pannes des machines critiques. Nous allons donc détailler ce processus en liant les étapes de la maintenance préventive avec l'environnement qui l'entoure, partant des fournisseurs jusqu'aux clients.

Cette liaison est décrite dans le tableau 4 :

Fournisseurs	Entrées	Processus	Sorties	clients
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Magasin PDR</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">RH</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">Achat</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Matière première</div> <ul style="list-style-type: none"> •PDR <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Main d'œuvre</div> <ul style="list-style-type: none"> •mécanicien •électricien •automaticien •soudeur •graissuer •sous-traitant <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Milieu</div> <ul style="list-style-type: none"> •conditionnement •atelier de maintenance <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Méthode</div> <ul style="list-style-type: none"> •entretien •révision •gamme de maintenance •planning <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Moyen</div> <ul style="list-style-type: none"> •SAP •outillage •documentation •appareils 	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Production Normale</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Arrêt machine</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">intervention</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Essai Machine</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Déclaration de la fin d'intervention</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Remplissage de la fiche d'intervention</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">Démarrage de production</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Ligne de production fiable et disponible</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">Rapport des entretiens et des révisions</div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">production</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">finance</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;">qualité</div>

Tableau 4 : description du processus métier

2. Cartographie du Processus

La cartographie a pour objectif de comprendre le processus et de visualiser de façon simple la façon dont les différentes étapes s'enchaînent. La figure 6 représente la cartographie de notre processus.

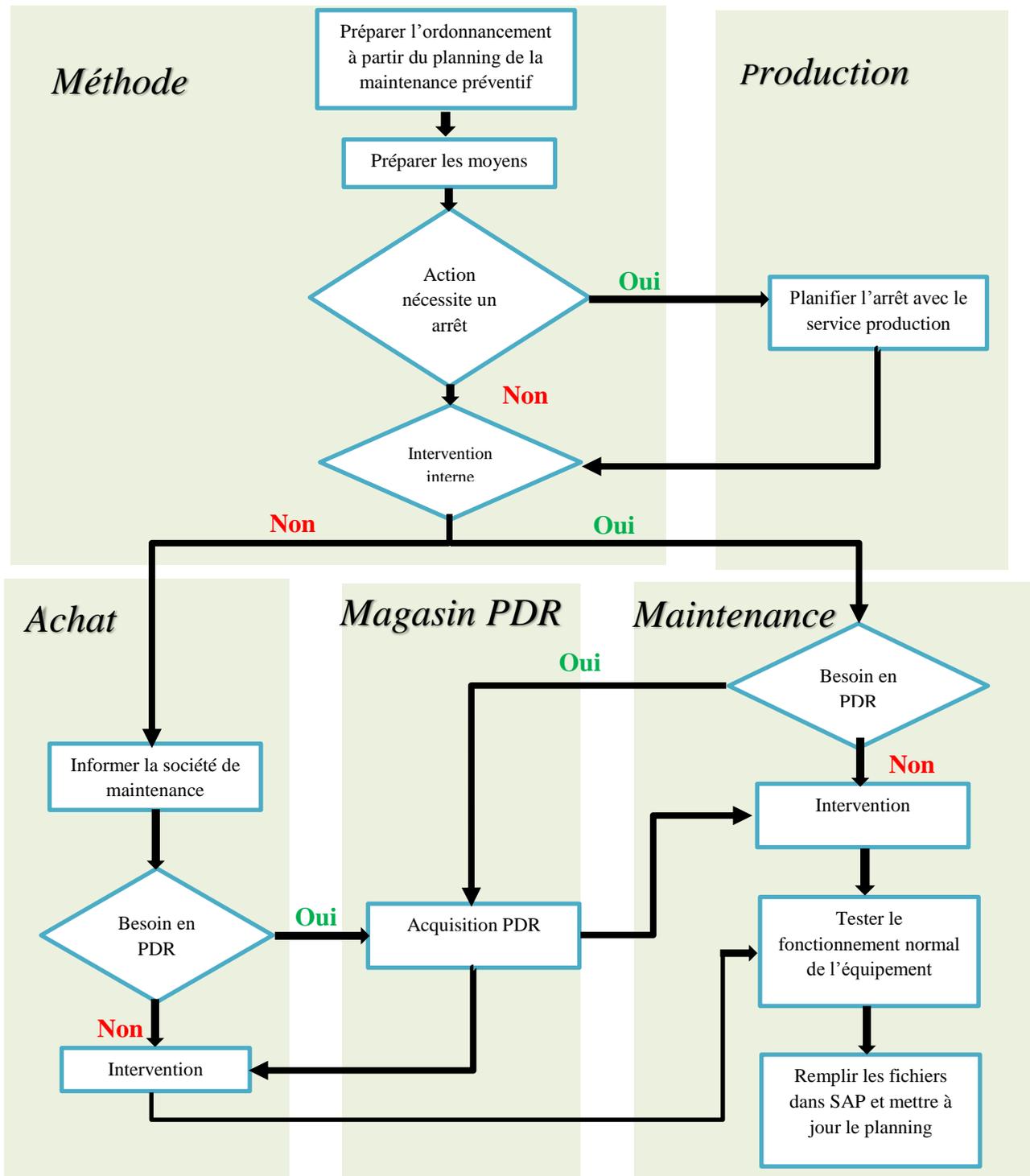


Figure 6 : Cartographie du Processus

3. Voix des clients

La voix du client à une grande importance dans un projet Lean Six Sigma car chaque projet est orienté client. Cette voix guide nos efforts d'amélioration afin d'atteindre la cible.

Dans le cas de notre étude, il s'agit de deux clients internes qui sont la **production** et la **finance**, donc pour bien satisfaire ces deux clients, il faut avant tout déterminer la voix de chacun des deux :

3.1 Voix production

Il s'agit d'assurer la disponibilité des lignes de production selon le planning, tout en respectant les bonnes pratiques d'hygiènes et de sécurité.

Ceci induit une réduction du taux de pannes qui est exprimé comme suit :

$$\text{Taux de panne} = \frac{\text{Durée d'arrêt machine}}{\text{Temps programé pour la production}}$$

3.2 Voix finance

La satisfaction du service finance se manifeste dans la réduction de la consommation des pièces de rechanges et les prestations.

Ceci implique une réduction du coût à la caisse, exprimé comme suit :

$$\text{Coût à la caisse} = \frac{\text{Coût de la maintenance (Pdr + Prestations)}}{\text{Nombre de caisses produites}}$$

4. Estimation du gain

La réduction du taux de pannes, permettrais de gagner en terme d'effectif et en terme d'énergie, le tableau 5 présent les différents valeurs.

Ces valeurs ont été fournies par le service performance industriel.

		Réel 2013/2014	Objectif 2015	Estimation des gains en (DH)
PET 2	Taux de panne (%)	36,88	18	299 072,79
	Coût de la maintenance par caisse (DH/caisse)	0,87	0,58	500 000
Gain total				799 072,79

Tableau 5 : Estimation du gain

II. Charte du projet

La charte du projet est le dernier point à établir pour achever cette première phase de la démarche DMAIC. C'est un document qui permet de mettre des bases solides pour la suite du projet. L'élaboration de ce document figure dans le tableau 6.

Non du projet		Cadre du projet		Début et fin du projet	
Réduction du taux de pannes de la ligne PET2, par la mise en place de la maintenance préventive		Lean-6sigma		Début : 02/03/2015 Fin : 15/06/2015	
membres du projet avec le pourcentage du temps		Sponsors du projet		Mr. BAYAHYA Jalal	
Nom et prénom	Temps alloué	Budget du projet			
KANNICH Hamid	100%	Investissements		Dépenses	
Historiques					
Taux de pannes PET2, Documents de constructeur des machines de production					
Vue globale du projet					
Améliorer la gestion de la maintenance et réduire son coût dans la ligne PET2					
Objectifs			Gain (DH)		
Réduire le taux de pannes des machines critique de la ligne PET2 à 18% et le coût de maintenance par caisse à 0,57 dh/caisse			799 072,79		
Champs du projet			Hors champs du projet		
PET2			Les autres lignes de production		
Risques et contraintes					
Non-respect des arrêts systématiques pour la maintenance préventive					
Jalons du projet				Dépendances	
MOIS	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	
DEFINIR	X				
MESURER		X			
ANALYSER		X			
INNOVER			X		
CONTROLER				X	

Tableau 6 : Charte du projet

Conclusion

Après avoir mis la base de notre projet en déterminant son périmètre et en décortiquant les différents objectifs à atteindre ainsi que la première étape de la démarche DMAIC (DEFINIR), qui consiste à définir le projet en construisant une carte de processus ainsi qu'une charte pour la formalisation du projet. Nous allons aborder la deuxième phase MESURER.

Chapitre III : Diagnostic de l'existant

Deuxième et Troisième phase de la démarche DMAIC : MESURER ET ANALYSER

« Dans la première partie de Ce chapitre, nous avons évalué l'état de la fonction maintenance par la méthode ADEPA-CETIM et établir une analyse de l'historique en utilisant l'outil PARETO. Concernant la deuxième partie, nous allons analyser notre processus en utilisant l'outil ISHIKAWA, 5 POURQUOI et à la fin nous allons établir une AMDEC pour chaque machine critique »

Partie I : Mesurer

Dans chaque projet d'amélioration, il est indispensable de savoir l'état du processus étudié ainsi que faire une analyse factuelle afin de définir des priorités dans le traitement du problème.

I. Diagnostic de l'état Actuel

Le Diagnostic de l'état actuel de la fonction maintenance est une phase primordiale dans notre projet, afin de bien établir une gestion efficace de cette fonction. Pour y parvenir, nous allons utiliser une méthodologie d'évaluation ADEPA-CETIM, qui consiste à travers un questionnaire, à vérifier si l'organisation et les procédures appliquées au sein de COBOMI sont conformes aux règles du « bien maintenir ».

1. Méthodologie du diagnostic

1.1 Présentation de l'outil

La méthode ADEPA-CETIM est un outil de diagnostic d'utilisation simple, elle repose sur des travaux de recherche des traitements, d'avis d'experts, des expérimentations et une validation auprès des industriels. Elle permet de guider différentes entreprises qui désirent faire évoluer et informatiser leur fonction maintenance.

L'outil de diagnostic comprend :

- Un guide d'utilisation.
- Huit fiches d'enquête (**voir annexe I**).
- Un dossier explicatif, pour mieux comprendre les fiches d'enquête.
- Un graphe en « radar ».

1.2 Les différents axes de la méthode ADEPA-CETIM et leurs interprétations

La démarche de diagnostic ADEPA-CETIM comprend huit axes qui sont aussi appelées fiches d'enquête, et qui représentent les différentes activités de la maintenance, ces axes sont :

a. Marche n°1 : Gestion des Equipements

La notion d'équipement n'est pas stricte. Il peut s'agir d'une machine, d'un sous-ensemble, D'une ligne...

b. Marche n°2 : Maintenance de premier niveau

Par maintenance de premier niveau, on entend les opérations « de base », c'est-à-dire le Graissage, la lubrification et le nettoyage des équipements.

Ce sont des opérations fréquentes (voire quotidiennes) qui peuvent être faites par le personnel de maintenance, de fabrication ou un autre utilisateur.

c. Marche n°3 : Gestion des stocks et pièces de rechanges

Dans ce module, on ne parle que des pièces de rechange et consommables de la maintenance.

d. Marche n°4 : Gestion des travaux

Ce module concerne l'ensemble des travaux de maintenance et de leur gestion.

e. Marche n°5 : Analyse FMDS

Ce module concerne la gestion des données relatives à la Fiabilité, à la Maintenabilité, à la disponibilité et à la Sécurité des équipements.

f. Marche n°6 : Analyse des coûts

Ce module concerne la gestion des coûts de maintenance uniquement.

g. Marche n°7 : Base de données

Par base de données, on entend gestion, stockage et archivage des informations et des données relatives à la fonction maintenance. Il ne faut pas vouloir nécessairement associer d'informatique à cette notion. Ce module concerne l'archivage et la consultation de l'ensemble de données relatives aux équipements et aux interventions.

h. Marche n°8 : Planification-prévention

Ce module concerne toute la planification des travaux ainsi que la gestion du préventif.

1.3 Principe d'utilisation de la méthode

L'application du diagnostic s'appuie sur l'évaluation des huit marches déjà décrites, et ceci en répondant à un questionnaire constitué de 93 questions et rempli par les responsables du service maintenance sur lequel nous avons effectué ce diagnostic.

Chacune de ces questions comporte quatre options de réponse :

- « **Vrai** » ou « **Faux** »
- « **plutôt vrai** » ou « **plutôt faux** », si l'on n'est pas totalement affirmatif ou totalement négatif.

Après avoir répondu aux questions de chaque marche, pour chaque domaine, le score obtenu est comptabilisé.

Une fois les scores réalisés ainsi que le score requis sont retenus, il sera donc facile d'identifier les axes prioritaires.

1.4 Résultats obtenus

Le tableau 7 présente les résultats du questionnaire que nous avons réalisé (voir **annexe I**).

Dans les colonnes du tableau, on trouve respectivement la marche (activité), le score requis, le score réalisé et finalement la catégorie qui représente le résultat de l'évaluation de chaque axe, en effet :

Catégorie4 : Ce module n'est pas assez maîtrisé pour « nourrir » la fonction maintenance. Il doit être revu point par point.

Catégorie3 : Ce module est moyennement maîtrisé, il faut revoir les points défectueux.

catégorie2 : Ce module est suffisamment maîtrisé pour remplir son rôle au sein de la fonction maintenance, mais on peut l'améliorer.

Catégorie 1 : Ce module est très bien maîtrisé.

Marche (activité)	requis	réalisé	catégorie
Gestion des équipements	15	7.6	3
Maintenance de 1er niveau	8	7.7	1
Gestion des stocks et pièces de rechange	14	6.3	3
Gestion des travaux	12	8.5	1
Analyse F.M.D.S	13	5.3	3
Analyse des coûts	10	8.4	1
Base de données	9	8.4	1
Planification-prévention	12	8.3	2

Tableau 7 : Résultat ADEPA-CETIM

1.5 Graphe en radar

La figure 7 présente le graphe en radar afin de bien synthétiser le problème.

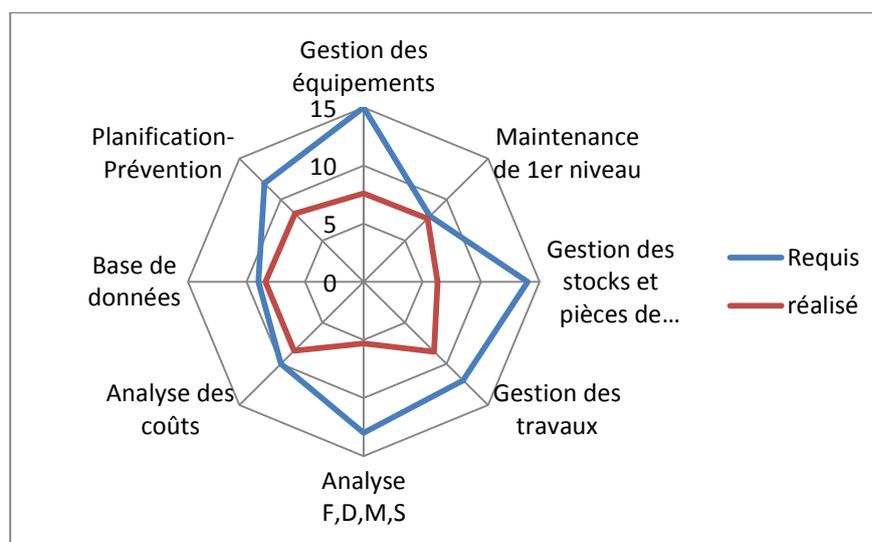


Figure 7 : Graphe en radar

Les résultats de l'analyse nous ont permis d'identifier trois marches présentant des faiblesses ou dont l'action est prioritaire. Ce sont les marches de la troisième catégorie. Ces activités sont :

- **Gestion des équipements**
- **Gestion des stocks et pièces de rechange**
- **Analyse F.M.D.S**

2. Recommandations

Avant d'entamer la phase de recherche des machines critiques de notre ligne de production PET2, voilà nos recommandations pour améliorer les trois axes qui présentent des faiblesses :

2.1 Gestion des équipements

- Etablir une liste écrite des différents équipements, les classer par section, atelier...
- Afficher les consignes de sécurité à respecter lors de l'intervention pour chaque équipement.
- Spécifier les outillages à emporter lors de l'intervention pour chaque équipement afin d'éviter les allers retours des mainteneurs.
- Faire la mise à jour des différents plans et schémas des équipements, éviter de les ranger juste dans un tiroir.
- Hiérarchiser le degré d'urgence de l'intervention en fonction de l'équipement.

2.2 Gestion des stocks et pièces de rechange

- Garder dans le magasin juste les pièces qui sont certaines d'être réutilisées.
- Préciser le stock maximum et minimum, informer le service maintenance par la mise à jour du stock.
- Déterminer le délai d'approvisionnement des pièces spécifiques.
- Organiser les entrées-sorties du magasin.

2.3 Analyse F.M.D.S

- Ajouter une description détaillée des problèmes déclarés dans l'avis, afin de diminuer le temps d'intervention, ainsi de Garder une traçabilité écrite après chaque intervention. (**voir le paragraphe recommandations de la partie Innover**).
- Utiliser les rapports d'interventions pour faire des analyses en termes de coût et de temps.
- Exploiter les analyses afin d'améliorer les interventions à venir.
- Déterminer et utiliser les différents indicateurs pour améliorer le temps d'intervention.
- Analyser les historiques afin de connaître la vie de l'équipement, tirer des conclusions pour les prochaines interventions.

II. Détermination des machines critiques

Le but principal de cette partie est de déterminer les machines sur lesquelles il faut agir pour réduire le taux de pannes, pour ce faire, il est indispensable d'effectuer une bonne analyse de l'historique existant, qui se base sur une collecte des informations concernant les pannes survenues. En effet, nous avons consulté les fiches historiques du département étudié, et nous avons relevé les plus récentes à partir de celles enregistrées sur la base de données du progiciel SAP.

Après la collecte des informations concernant l'historique des pannes existantes dans la ligne PET2, nous avons proposé par la suite l'application du diagramme de PARETO pour agir sur les phases responsables des défaillances des unités de production.

1. PARETO des machine en fonction du temps d'arrêt sur la ligne PET2

Pour construire le diagramme de PARETO, nous avons classé les machines de la ligne PET2, de la plus importante à la plus faible en nombre d'heure d'immobilisation, voir le tableau 8.

Machines	durée	Pourcentage(%)	Pourcentage cumulé
SOUFFLEUSE SIDEL -PET 2	577,08	29,90	29,90
CONVOYEUR -PET 2	342,97	17,77	47,67
PALITTISEUR SAMOVI RICART- PET2	232,64	12,05	59,73
FARDELEUSE SMI SK 350F -PET 2	205,70	10,66	70,38
SOUTIREUSE -PET 2	128,39	6,65	77,04
ETIQUETEUSE -PET 2	118,51	6,14	83,18
RINCEUSE -PET 2	87,81	4,55	87,73
MIXEUR C15 -PET 2	73,79	3,82	91,55
VISSEUSE -PET 2	34,64	1,79	93,34
COMPRESSEUR 40 BAR -PET 2	21,09	1,09	94,44
DATEUSE -PET 2	19,75	1,02	95,46
CONVOYEUR A CHAINE EUROPOOL -PET 2	15,31	0,79	96,25
COMPRESSEUR 7 BAR -PET 2	15,00	0,78	97,03
COMPRESSEUR FROID -PET 2	12,16	0,63	97,66
SIROPERIE -PET 2	2,90	0,15	98,60
STRETCHSEUSE SAMOVI RICART- PET2	1,66	0,09	100,00

Tableau 8 : Pareto de la ligne PET2

Le tableau 8 fait apparaître clairement les machines sur lesquelles nous allons agir. Ce sont : La souffleuse, le convoyeur aérien, le palettiseur, la fardeleuse et la soutireuse, mais vu le manque de temps nous avons travaillé sur les trois premières machines critiques qui sont : **La souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur.**

2. Déclaration finale du problème

Après avoir déterminé les machines critiques de la ligne de production PET2, ainsi que tous les éléments critiques de chacune de ces machines à travers l'outil PARETO, et qui ont contribué d'une manière directe à l'augmentation du taux de pannes, nous allons donc développer une déclaration finale du problème qui est tout simplement une récapitulation des causes d'arrêts par équipement, qui seront présentées dans le tableau 9.

ligne	Equipement	Cause d'arrêt
PET 2	Souffleuse	Mauvais verrouillage des moules
		Fuite d'eau
		Fuite d'air
		Coincement four
	Convoyeur Aérien	Perte de cadence
	Palettiseur	Arrêt tête ventouses (intercalaire)
		Coincement pousseur
		Défaut configuration automatisme
		Chute des packs
		Blocage de table

Tableau 9 : Déclaration finale du problème

Partie II : Analyser

Dans cette partie nous allons analyser notre processus, et augmenter notre connaissance de ce dernier par la mise en œuvre des différents outils à savoir : ISHIKAWA, 5 POURQUOI et l'AMDEC.

I. Identifier les causes profondes potentielles

Après avoir déterminé les machines critiques de la ligne étudiée (PET2) dans la partie précédente, nous allons procéder à une analyse afin d'identifier les causes profondes en appliquant l'outil ISHIKAWA sur chacune des machines relevée à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur.

1. Définition ISHIKAWA

Ce diagramme, sous l'aspect d'une arête de poisson, est composé d'un tronc principal au bout duquel est indiqué l'effet étudié et de 5 branches correspondant à 5 familles de causes :

- Main d'œuvre, (Connaissances, compétences, organisation de l'équipe de travail...).
- Milieu, (Environnement de réalisation de la tâche : température, luminosité, humidité...).
- Matière (Matière première ou matière utilisée : référence d'un acier, huile, papier).
- Méthode, (Méthode de réalisation de la tâche : Systématique de travail, Marche à suivre, Document de description de la tâche).
- Moyens (Outils utilisés pour la réalisation de la tâche : Machines, outils).

Souvent, l'étape de recherche des causes est négligée, ce qui engendre des erreurs de diagnostic. Si le mauvais levier est choisi. Cela aura un impact direct sur le délai, la qualité et sur les coûts engagés pour résoudre le problème.

Nous allons procéder à une évaluation des différents leviers et choisir celui qui présente un impact élevé sur l'effet. Cette étape peut se faire par un vote et on pourra utiliser le tableau 10.

Note	0	1	3	6	9
Impact sur l'effet	Sans effet	Négligeable	Notable	Majeur	Très élevé

Tableau 10 : Vote ISHIKAWA

Les diagrammes des différentes machines sont regroupés dans l'**annexe II**.

2. ISHIKAWA de la souffleuse

On présente dans la figure 8 le diagramme ISHIKAWA de la souffleuse.

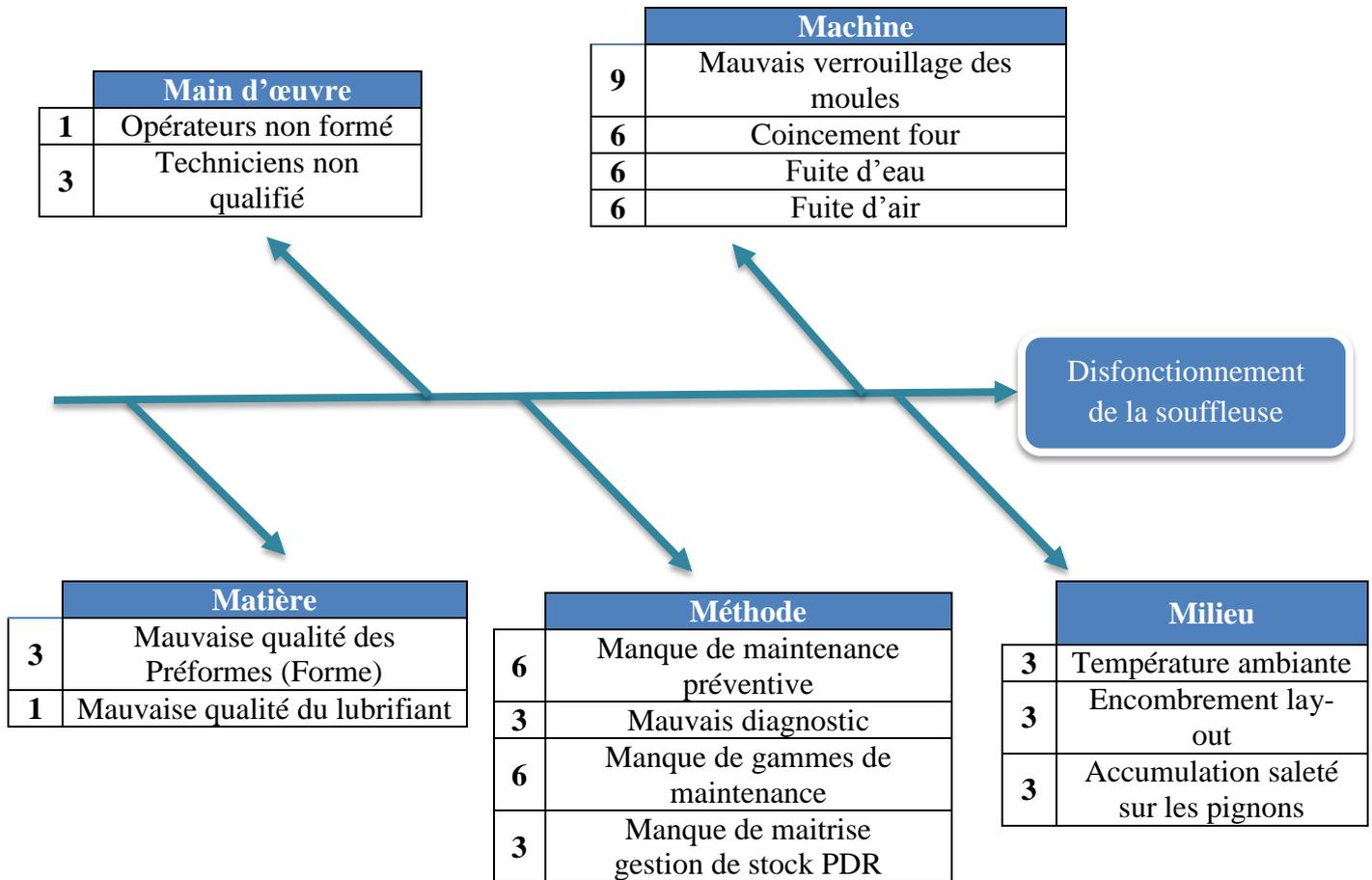


Figure 8 : ISHIKAWA Souffleuse

L'outil ISHIKAWA ci-dessus fait apparaître clairement le levier qui présente un impact élevé sur l'effet, c'est le levier machine.

II. Organiser les causes profondes

Le diagramme cause-effet ne permet pas toujours de mettre le doigt sur les causes racine du problème. Cette recherche pourra se faire avec la méthode des 5 pourquoi, qui va nous permettre d'organiser les causes profondes potentielles.

1. Définition 5 Pourquoi

Les 5 pourquoi est un outil simple et efficace, Cet outil consiste à se poser la question "Pourquoi ?" 5 fois de suite. Figure 9 explique cette méthode.

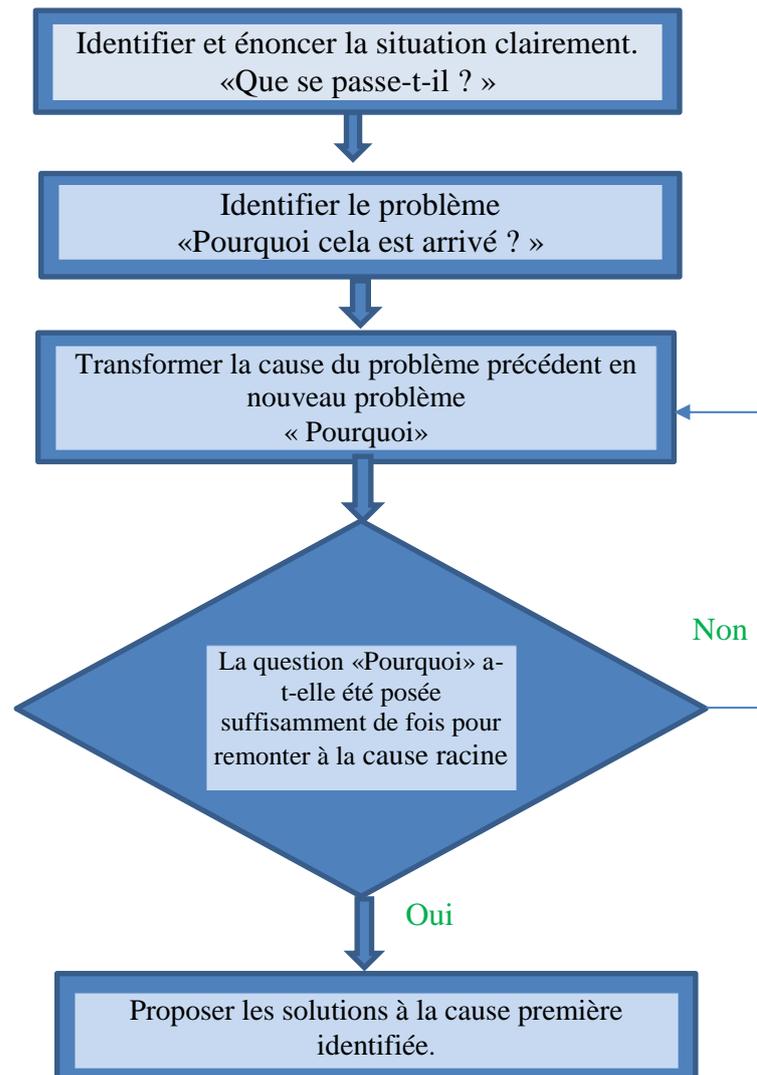


Figure 9 : Méthode 5 POURQUOI

2. 5 POURQUOI de la souffleuse

Cet outil consiste à chercher en profondeur les causes qui expliquent l'apparition d'un problème.

L'analyse des différentes machines par l'outil 5 POURQUOI est présentée dans l'**annexe II**.

On présente dans le tableau 11 un exemple de la souffleuse.

Problème	Causes potentielles					
	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5	
Mauvais verrouillage des moules	Décalage des moules	dérèglement des deux cames de fond de moule	Problème des ressorts	Fatigue des ressorts		
			coincement de Vérin (came escamotable)	Ancien vérin		
		Usure des deux cames du fond de moule	Mauvais contact entre la came et les galets	Dérèglement de la position de la came	Desserrage des vis de la came	
					Usure des galets	Dérèglement des leviers O/F
		Coincement de la préforme		Mauvaise qualité de la préforme		
				Mauvais chauffage des préformes	Endommagement des réflecteurs	Manque de maintenance préventive
					Lampes brûlées	Court-circuit
				Mauvais refroidissement des cols des préformes	Fuite d'air au niveau de four	Absence de protection des tuyaux de refroidissement, contre la chaleur du four
				Décalage des bras de transfert	Mauvaise synchronisation entre les bras de transfert et la sortie de four	
		Mauvaise synchronisation entre les bras et les moules	Coupure de courroie (mauvaise qualité courroie)			
	Choc des deux parties gauche et droite du moule	Casse des boulons des portes moules	Mauvais réglage du jeu entre les deux parties du moule			
	Desserrage des vis des portes moules	Barre de fixation non adéquate				

Tableau 11 : 5 POURQUOI de la Souffleuse

III. Validation et évaluation des causes racines

Dans cette partie nous allons valider d'abord les causes racines avant d'effectuer une analyse AMDEC.

1. Validation des causes racines

Le tableau 12, illustre un exemple de validation des causes racines de notre machine critique « souffleuse ». Dans les colonnes on trouve respectivement : le problème, les causes racines, la confirmation de ces causes et la décision.

Vous trouverez dans l'annexe III les tableaux de validation des causes de différentes machines à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur.

Problème	Causes racines	Confirmation	Décision
Mauvais verrouillage des moules	Fatigue des ressorts		Oui
	Desserrage des vis de la came		Oui
	Fatigue des flexibles		Oui

Tableau 12 : Exemple Validation des causes Souffleuse

2. AMDEC

Technique spécifique de la sûreté de fonctionnement, l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC). C'est un support de discussion du groupe ainsi que le document rédigé par l'animateur. L'exemple ci-dessous présente l'entête de notre AMDEC.

Eléments	Fonctions	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Modes de détection	Criticité			
						G	D	F	C

- L'élément indique la partie du procédé (ou de la machine) qui est concerné.
- La fonction est celle à laquelle cet élément participe.
- Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications.
- Les causes sont des anomalies initiales susceptibles de conduire au mode de défaillance.
- L'effet de la défaillance concrétise la conséquence. Il est relatif à un mode de défaillance et dépend du type d'AMDEC réalisé.
- Le mode de La détection explique comment on prend conscience du problème.
- La criticité c'est le produit de trois paramètres suivants :
 - ✓ La note **G** : gravité de l'effet c'est-à-dire les conséquences sur l'utilisateur et le client.
 - ✓ La note **F** : la probabilité d'occurrence c'est-à-dire la fréquence d'apparition.
 - ✓ La note **D** : la probabilité de non-détection c'est-à-dire le risque de non détection.

Dans le but d'évaluer et vérifier toutes les causes racines collectées dans l'étape précédente, ainsi pour valider une liste finale des causes racines sur lesquelles il faut agir, nous avons proposé d'établir les grilles AMDEC des différentes machines, à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur, en se basant sur les résultats des études faites précédemment.

Pour rendre l'étude homogène, la criticité de toutes les causes racines défini précédemment seront évaluées suivant une même échelle de cotation, à partir de trois critères indépendants à savoir :

➤ **Fréquence d'apparition (F), représenté dans le tableau 13.**

Niveau	Valeur	Description
Très faible	1	< 1 fois par mois
Faible	2	2 à 6 fois par mois
Moyen	3	7 à 10 fois par mois
Elevé	4	>10 fois par mois

Tableau 13 : Fréquence

➤ **Gravité (G), représenté dans le tableau 14.**

Niveau	Valeur	Description
Mineur	1	Arrêt à courte durée <10 min
Moyenne	2	Arrêt à moyenne durée : 10 min<arrêt<15 min
Majeure	3	Arrêt à longue durée : 15 min<arrêt<25 min
Grave	4	Arrêt à très longue durée >25 min

Tableau 14 : Gravité

➤ **probabilité de non détection (D), représenté dans le tableau 15.**

Niveau	Valeur	Description
Evident	1	Délectable par l'opérateur
Possible	2	Délectable par chef d'équipe production et technicien de maintenance
Improbable	3	Délectable par chef d'équipe maintenance et technicien de maintenance préventive
Impossible	4	Délectable par constructeur équipement

Tableau 15 : Probabilité de non détection

Pour évaluer les causes racines que nous avons trouvé précédemment, nous allons faire un vote de 8 employés opérationnels appartenant à la société COBOMI. Pour chaque cause, on collecte la note donnée, nous allons prendre par la suite la note qui obtient le plus grand nombre de vote comme indice retenu, afin de calculer la criticité, qui est le produit de trois paramètres suivants : la fréquence, la non détection et la gravité. Après ces études AMDEC, l'assemblée des experts s'est mise d'accord qu'une cause racine est confirmé si :

Définition	Valeur
Négligeable	$1 \leq C \leq 6$
Moyenne	$8 \leq C \leq 18$
Elevée	$24 \leq C \leq 36$
Interdite	$48 \leq C \leq 64$

Tableau 16 : Criticité

Un exemple de notre étude AMDEC pour la souffleuse est représenté dans le tableau 17 ; concernant les études AMDEC pour les différentes machines critique, à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur, elles sont jointées dans l'**annexe III**.

Elément	Sous élément	Fonctions	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Modes de détection	Criticité			
							G	D	F	C
four	Réfecteurs	Assurer le chauffage des préformes	Endommagement	Mauvais réflexion	Mauvais chauffage des préformes	visuel	1	3	3	9
	Lampes infrarouge		Endommagement	Lampes brulées	Mauvais chauffage des préformes	visuel	2	2	1	4
	Tuyaux de refroidissement		Endommagement	Absence de protection contre la chaleur du four	Mauvais refroidissement des cols	Alarme	4	3	1	12
	Chaine des tournettes		Coincement	1-Mauvais tondage 2-Manque de lubrification 3-Manque de nettoyage	Arrêt de four	Alarme	4	3	2	24
	Etoile d'entrée		blocage	Mauvais qualité des préformes	Arrêt four	Alarme	2	3	4	24
Roue de soufflage	galets	Assurer le soufflage des préformes afin d'avoir les formats désirées	Usure	Mauvais contact entre galet et came	Décalage des moules	Alarme	3	3	1	9
	Elément d'assemblage		Dysfonctionnement	Mauvaise méthode de serrage	Décalage fond des moules	Alarme	4	3	3	36
	Ressort de came du fond des moules		Endommagement	Fatigue des ressorts	Décalage des moules	Alarme	1	3	1	3
	Vérin de la came escamotable		coincement	Ancien vérin	Décalage des moules	Alarme	4	3	1	12
	came		Mauvais emplacement	Desserrage des vis	Décalage des moules	Alarme	4	4	2	32

Tableau 17 : AMDEC Souffleuse

Conclusion

Le diagnostic par la méthode ADEPA-CETIM nous a permis de trouver les points faibles du service maintenance, et de donner un avis d'expert sous la forme d'un certain nombre de recommandations qui contribueront sûrement en l'amélioration de la fonction maintenance.

La phase d'analyse a permis de mettre en lumière les principales causes de dégradation des unités de production étudiées, les phases suivantes vont proposer des solutions d'amélioration pour leur bon fonctionnement, ainsi que les plans de maintenance des différents machines critiques.

Chapitre IV : Actions d'améliorations

Quatrième et cinquième phase de la démarche DMAIC : INNOVER & CONTROLER

« Après la collecte des données et leur analyse, nous allons consacrer la première partie de ce chapitre à la recherche des solutions en utilisant un brainstorming, afin de résoudre les différents problèmes racines, qui ont un degré de criticité plus élevé, pour atteindre les objectifs fixés de notre projet. Après et dans la deuxième partie nous allons établir les plans de maintenance préventive des différents machines critiques, afin de pérenniser la performance des solutions trouvées, ainsi qu'un plan de contrôle pour suivre le taux de réalisation de la maintenance préventive »

Partie I : Innover

Cette partie aura consacré à la recherche des solutions, afin d'atteindre les objectifs fixés de notre projet.

I. Identification des solutions potentielles

1. Brainstorming

Le brainstorming ou "remue-méninges" est une technique de résolution créative de problème sous la direction d'un animateur. L'idée générale de la méthode est la récolte d'idées nombreuses et originales. Deux principes de base définissent le brainstorming : la suspension du jugement et la recherche la plus étendue possible.

Le but du brainstorming ou "remue-méninges" est de produire facilement le plus grand nombre d'idées avec un minimum de temps sur un sujet. Pour cela, il faut travailler par association d'idées. L'idée émise par une personne fait "germer" une nouvelle idée à une autre personne du groupe et ainsi de suite, de façon à recueillir le maximum d'idées du groupe.

2. Identification des solutions potentielles aux causes

Après le Brainstorming destiné à la recherche des solutions, l'équipe pluridisciplinaire a récolté un nombre d'idées assez important, dont chacune correspond à une cause potentielle.

Le tableau 18 illustre les résultats de la machine « **souffleuse** », dont les colonnes représentent respectivement, le degré de criticité, l'élément, la cause de défaillance et les solutions.

Vous trouverez dans l'**annexe IV**, les tableaux de différentes solutions pour nos machines critiques, à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur.

Degré de criticité	Elément	Cause de défaillance	Solution		
			Corrective	Préventive	Améliorative
Négligeable	Lampes infrarouge	Lampes brulées	Changer les lampes brulées	Mise en place d'un programme périodique de nettoyage	
Moyen	Bras de transfert	Mauvaise synchronisation entre les bras de transferts et la sortie de four	Synchronisation		
	Circuit d'air	Fuite d'eau dans le circuit d'air	Changer l'emplacement de la prise d'air		
	Tuyaux de refroidissement	Absence de protection contre la chaleur du four (tuyaux non adéquat)	Changement des tuyaux (choix des tuyaux protégé contre la chaleur du four)	Changement périodique des Tuyaux	
Elevé	Circuit d'air	Fuite d'eau dans le circuit d'air			Changement les anciens sècheurs par des sècheurs adéquat
	Porte moule	Mauvais réglage de jeu entre les deux parties du moule	Réglage du jeu (respect des données constructeur 0.6 mm)	Contrôle périodique d'état des vis	Augmenter l'épaisseur des barres de fixation des vis
		Desserrage des vis	Serrage des vis		
		usure de pastille carbure amortisseur	Changement des pastilles		
		Mauvais réglage de la distance carbure amortisseur	Réglage de cette distance (12.24 mm)		

Tableau 18 : Solutions de différentes causes de la Souffleuse

II. Solutions Amélioratives

1. Souffleuse

1.1 Système d'inspection

La mauvaise qualité des préformes peuvent engendrés beaucoup d'anomalie au niveau de la machine s'il y a pas un système d'inspection, pour cela nous avons proposé d'installer une inspectrice à l'entrée du four qui va nous permettre de garder juste les préformes conformes. Ce projet sera réalisé dans les prochains mois.

1.2 Gammes Opératoires

Notre observation, nous a guidé a constater que la mauvaise méthode de serrage des éléments d'assemblage et le mauvais réglage peuvent décaler complètement la came, d'où la nécessité d'établir une gamme de maintenance suivant :

a. Mode Opérateur serrage des vis du levier d'O/F moule

La figure 10 représente un Mode Opérateur, qui va nous permettre de bien serrer les vis du levier d'O/F moule.

Equipement : souffleuse sous Equipement : fond de moule	Mode Opérateur	 Usine COBOMI de NOUASSEUR
Durée estimée :	serrage des vis du levier d'O/F moule	
Préconditions : Machine à l'arrêt		
outillages : clé pour vis à six pans creux jeu de calle		
Mode Opérateur : -desserrer les vis de l'élément d'assemblage, Figure 10-b. -rapprocher le galet du fond de moule à l'outillage de réglage en tournant le levier autour du bras. (respecter la distance de 0.02mm entre le galet et l'outillage), Figure 10-a. -maintenir le levier avec l'outillage et serrer les vis en respectant le parcours indiqué dans les figures 10-a et 10-b.		

Schémas :

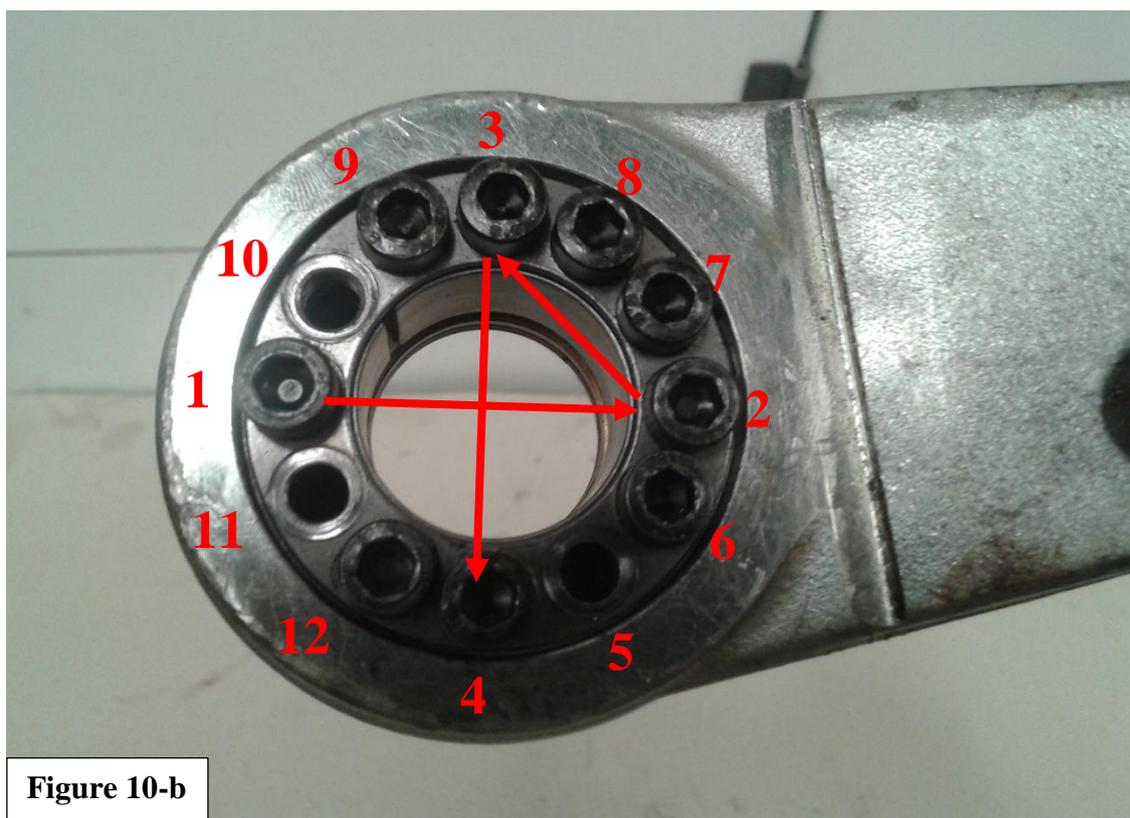
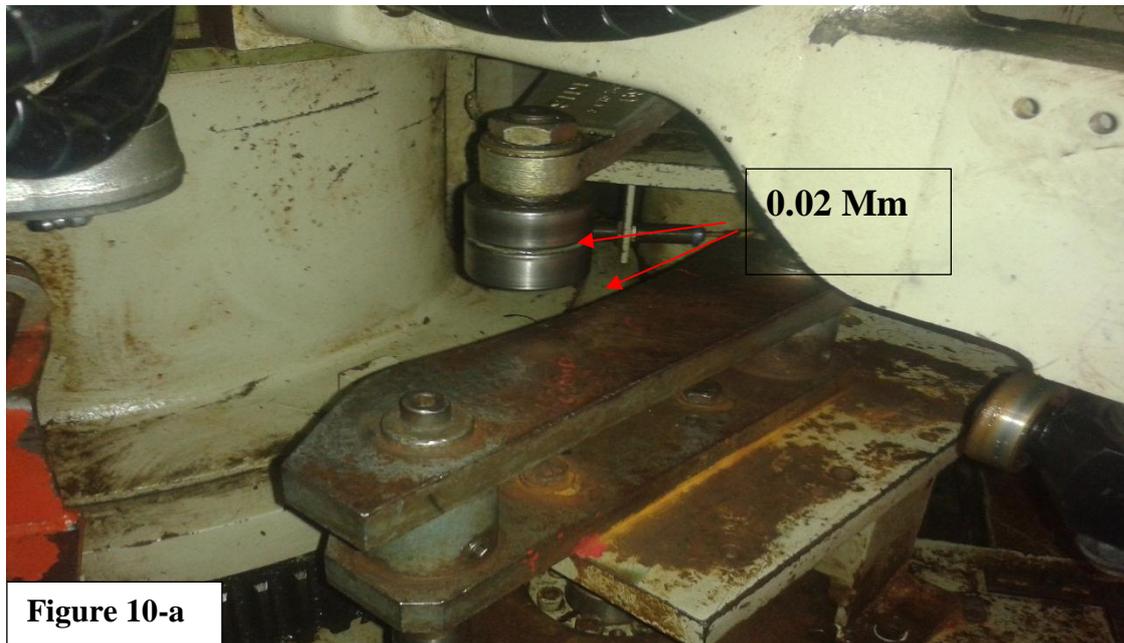


Figure 10: Mode Opérateur Serrage des vis du levier d'O/F moule

b. Mode Opérateur Réglage pour assurer un bon verrouillage du moule

Le bon verrouillage des portes moules nécessite un réglage très précis, cette gamme opératoire explique clairement les différents étapes de réglage avec les différents mesures approprié :

Equipement : souffleuse sous Equipement : roue de soufflage	Mode Opérateur	 Nord Africa Bottling Company Usine COBOMI de NOUASSEUR
Durée estimée :	Mode de réglage pour assurer un bon verrouillage du moule	
Préconditions : Machine à l'arrêt		
outillages : Clés plates de tailles 14 et 30. Clé à molette. Clés pour vis à sic pans creux de tailles 5 et 8. Jauge de profondeur. Comparateur du niveau.		
Mode Opérateur : 1-désserer légèrement les vis de la came et régler la distance de $(177 \pm 0.1 \text{mm})$ entre la came et l'unité porte moule avec le jauge de profondeur, Figure 11-a. Utilisé après le comparateur du niveau pour un réglage bien précis de la came. 2-utiliser l'outillage pour régler la hauteur du galet du fond de moule 3-vérifier le réglage de la longueur de l'amortisseur unité porte moule (12.24mm), Figure 11-b. 4-vérifier et régler le jeu de (0.6mm) entre les deux parties du moule, Figure 11-c.		

Schémas :

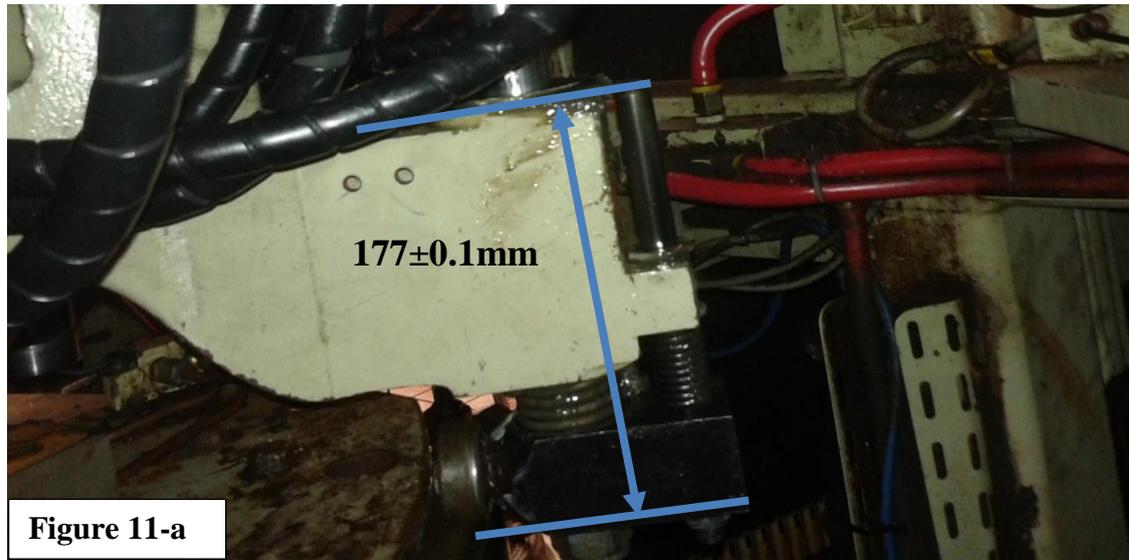


Figure 11-a

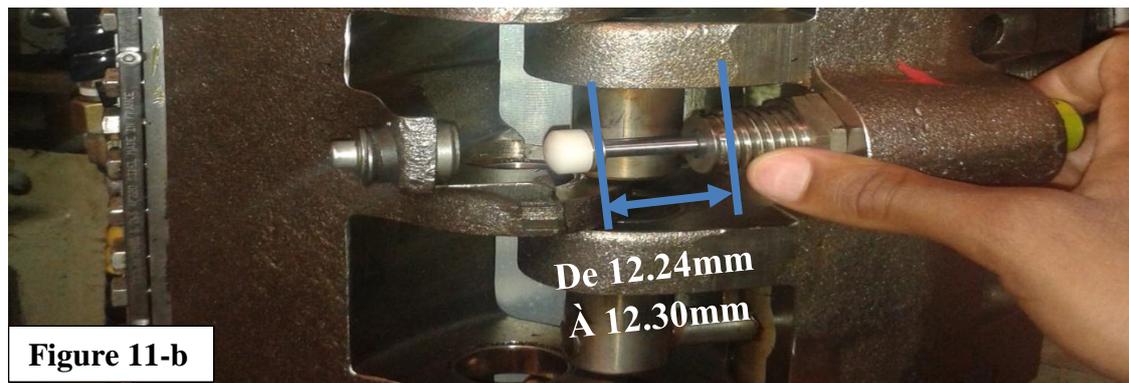


Figure 11-b

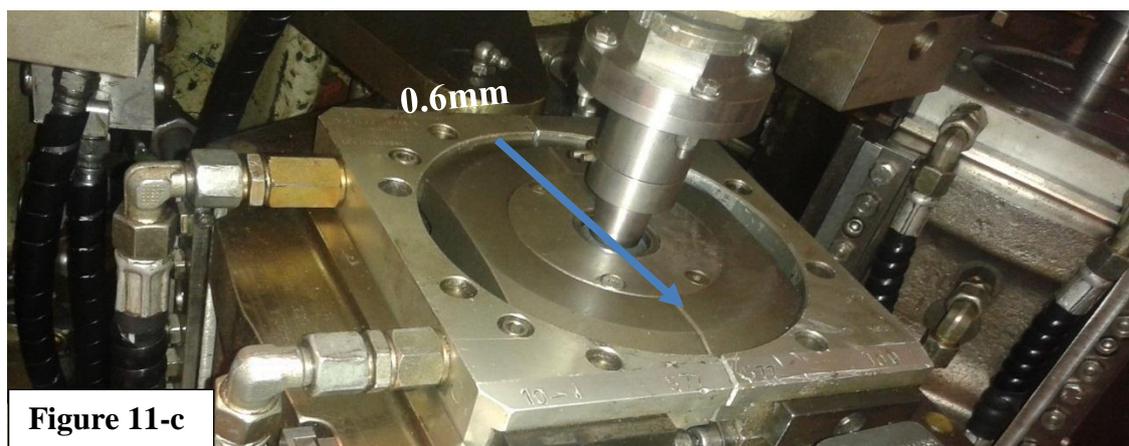


Figure 11-c

Figure 11 : Mode Opérateur Réglage pour assurer un bon verrouillage du moule

1.3 Sécheur

L'apparition du phénomène de condensation de l'eau trouve sa cause majeure dans un mauvais séchage de l'air produit par les compresseurs. La présence de l'humidité et la condensation de l'eau dans le circuit d'air comprimé fait partie des grands problèmes causant la non disponibilité des machines non seulement pour la ligne PET2, mais plutôt pour la totalité des machines alimenté par l'air comprimé dans l'usine.

a. Analyse de l'existant et choix de type de sécheur

La station actuelle de production de l'air comprimé est constituée de trois compresseurs d'un débit de 22.8 m³/min chacun, deux qui fonctionnent et le troisième reste en secours, un cuve, trois filtres et 3 sécheurs frigorifiques.

Le tableau 19 présent les caractéristiques techniques des sécheurs installés.

Type des sécheurs	Débit (m ³ /h)	Point de rosé (°C)	Pression du service (bar)	Température d'entrée (°C)
Frigorifiques	2750	3	7 à 8	60

Tableau 19 : caractéristiques techniques des sécheurs installés

L'idée pour résoudre ce problème de condensation de l'eau dans la canalisation d'air est de diminuer le point de rosé à des températures très basses. La mise en place de cette idée peut être réalisée par l'ajout d'un sécheur dont le point de rosé est très bas par rapport à l'existant.

Le tableau 20 présent les caractéristiques des différents types de sécheurs :

Type du sécheur	Point de rosé (°C)	Pression de service (bars)	Volume débité (m ³ /h)	Température d'entrée (°C)
Condensation par Surpression	-70	Selon compresseur	Selon compresseur	-
Condensation par réfrigération.	+3	<210	11 à 35000	<60
Diffusion dans un diaphragme	0 à -20	5 à 12.5	11 à 130	2 à 60
Sorption par Absorption	- 8 à -12	-	-	<30
Sorption par Adsorption	-40 à -90	2 à 16	200 à 15000	40 à 150

Tableau 20 : caractéristiques des différents types de sécheurs

Il apparait clairement que le sécheur par adsorption est celui qui répond aux exigences techniques citée précédemment, Ce type de sécheur consiste à utiliser les propriétés de certains dessiccants tels que l'alumine activée, le tamis moléculaire ou le gel de silice.

La figure 12 présente le schéma de notre future installation :

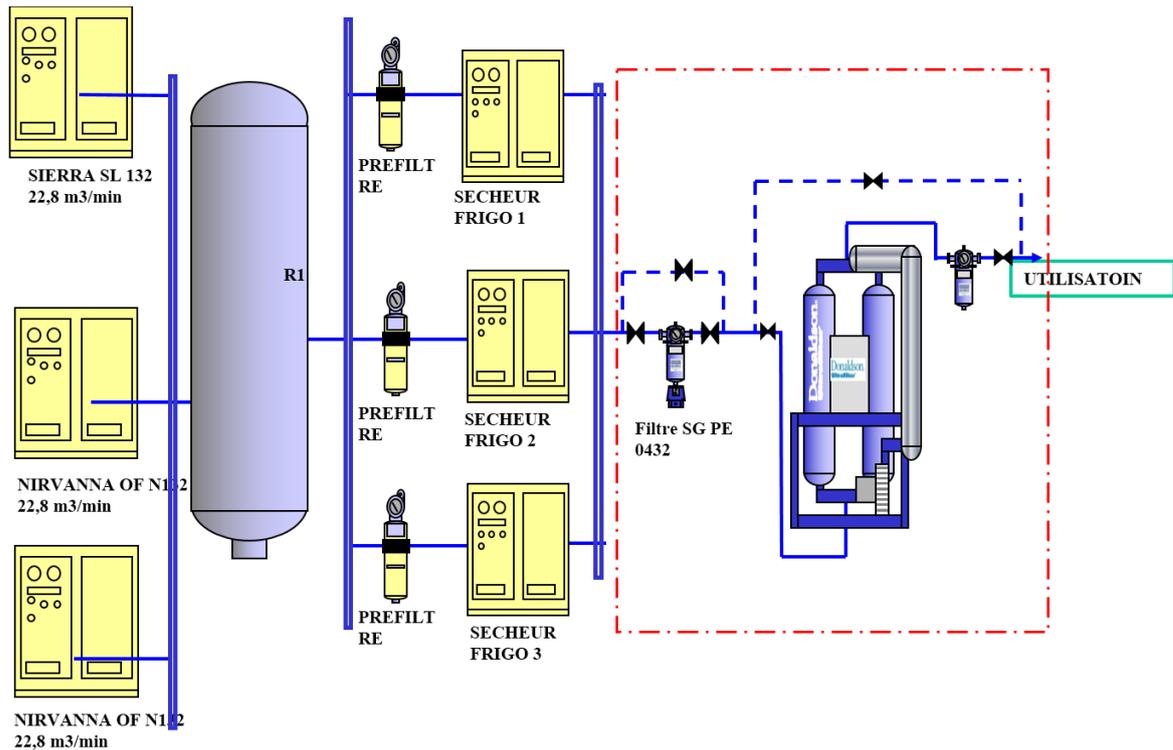


Figure 12 : Future installation

Donc en tenant compte du point de rosé désiré, l'environnement du travail ainsi que les caractéristiques de la station actuel, on peut résumer les caractéristiques techniques du sécheur, comme suit :

Type du sécheur	sécheurs par adsorption
Capacité de traitement (débit m3/h)	2750
Pression de service (bars)	7 à 10
Température ambiante (° C)	0 à 60
Point de rosé (° C)	-40
Type de régénération	Régénération (avec chaleur ou par le vide)
Conditions	traitement frigorifique avant

Tableau 21 : caractéristiques techniques du sécheur souhaité

b. Choix de sécheur

Après la validation des caractéristiques à respecter par le nouveau sécheur, l'étape qui suit consiste à contacter des sociétés spécialisées dans la fourniture des équipements industriels plus précisément les unités de traitement d'air comprimé pour avoir des offres adaptées à nos exigences techniques, fiables à l'utilisation et performants, en terme de résultat.

La société COBOMI représentée par son responsable de maintenance (parrain industriel) a exposé le besoin à deux sociétés spécialisées dans les unités de traitement d'air comprimé, qui ont proposé à leur tour deux offres de sècheurs dont on va choisir un, en tenant compte un bon compromis entre le respect des exigences techniques et l'offre commerciale proposée.

Le tableau 22 présente une étude comparative entre les deux offres proposées.

	Offre 1 SOFIMED	Offre 2 FROTRAD
Unité de séchage	HRE 2750	W410/10VM4-F400CT
Capacité de traitement (m ³ /h)	2750	2750
Débit en sortie (m ³ /h)	2585 à 2750	-
Puissance du réchauffeur(KW)	32,5	23,6
Puissance de la soufflante(KW)	8,5	4,9
Puissance totale installée(KW)	41,0	28,5
Perte de charge du sècheur (mbar)	130	67.52 (sans filtre)
Type de dessiccant	50% de tamis moléculaire, 50% d'alumine	Gel de silice
Raccordement électrique	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz
Dimensions (H x l x p) mm	2790 x 2260 x 1460	3220 x 2430 x 1710
Pression (bars)	7	8
Poids (kg)	2680	4000
Point de rosé (°C)	- 40 (0,11 g/ m ³).	- 40
Temps de cycle complet	12 heures (6 h adsorption / 6 h désorption)	11 heures (6 h adsorption / 5 h désorption)
Température air comprimé (°C)	35	55
Type de régénération	par chaleur externe	par le vide
Débit d'air de régénération moyen (2%) (m ³ /h)	55	55
garantie constructeur (mois)	24	-
Classe de protection	IP55	IP54
Prix HT (DH)	438 870	690 000

Tableau 22 : comparaison entre les deux offres proposées

1.4 Plaque de fixation des boulons

Le desserrage des boulons des portes moules peut engendrer le décalage de la came, par la suite nous aurons un mauvais verrouillage. Afin d'éviter ce problème, nous avons proposé d'augmenter l'épaisseur de la plaque de fixation des boulons pour une bonne fixation. la figure 13 montre clairement cette solution :

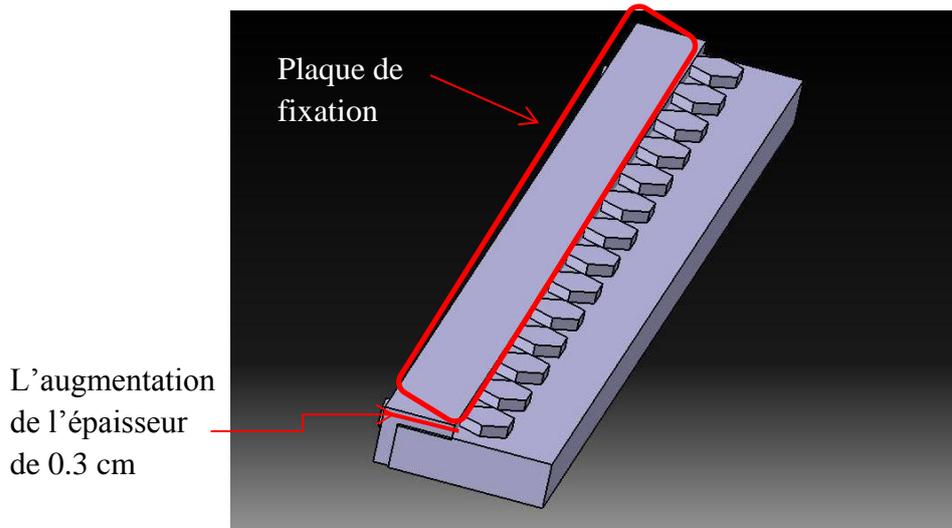


Figure 13 : Plaque de fixation des boulons

2. Système vibratoire

2.1 Problématique et solution proposée

Le blocage des bouteilles de type Orangina au niveau du convoyeur aérien à cause de sa forme, engendre une perte de cadence ainsi qu'une perte en terme d'énergie et des préformes rejetées, pour chaque blocage. A cette raison nous avons proposé d'installer un vibreur électrique sur 5 point critique du convoyeur, la figure 14 explique cette solution.

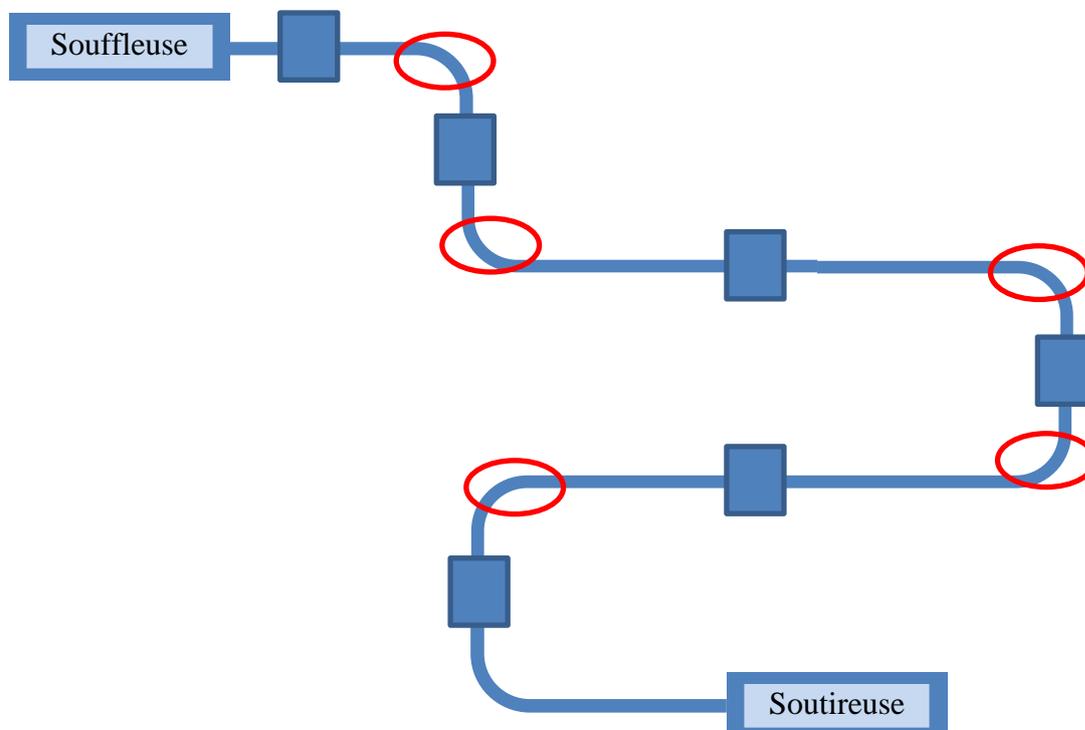


Figure 14 : Convoyeur aérien

2.2 Choix du vibreur

Par analogique, nous avons pu choisir le vibreur adéquat, les caractéristiques de ce vibreur déjà installé sur d'autres lignes de production, sont représentés dans le tableau 23 :

Type	VBM-2 M
Poids (Kg)	1.7
Dimension (H x Lx l)	65 x 112 x 146
Puissance (W)	25
Ampères (A)	0.15
Voltage (V)	220-240
Prix (DH)	2150

Tableau 23 : Comparaison entre les deux vibreurs

3. Palettiseur

Concernant le palettiseur, nous avons proposé de changer les guides existants par des guides avec rouleaux, qui facilitent le mouvement des packs et qui éliminent les frottements.

La figure 15 montre les guides avec rouleaux



Figure 15: guides avec rouleaux

La figure 16 montre les guides existants



Figure 16 : guides existants

4. Recommandation

Nous avons constaté dans la phase du diagnostic, que le temps d'intervention est parmi les causes qui contribuent à l'augmentation du taux de pannes. Pour cette raison et à travers des observations, nous avons pu décrire une manière concernant la saisie d'avis et le déroulement d'intervention. Figures ci-dessous présentent les détails d'exécution de l'intervention.

Le chef d'équipe doit accomplir l'avis par un détail du problème déclaré, dans un champ montré sur la figure 17.

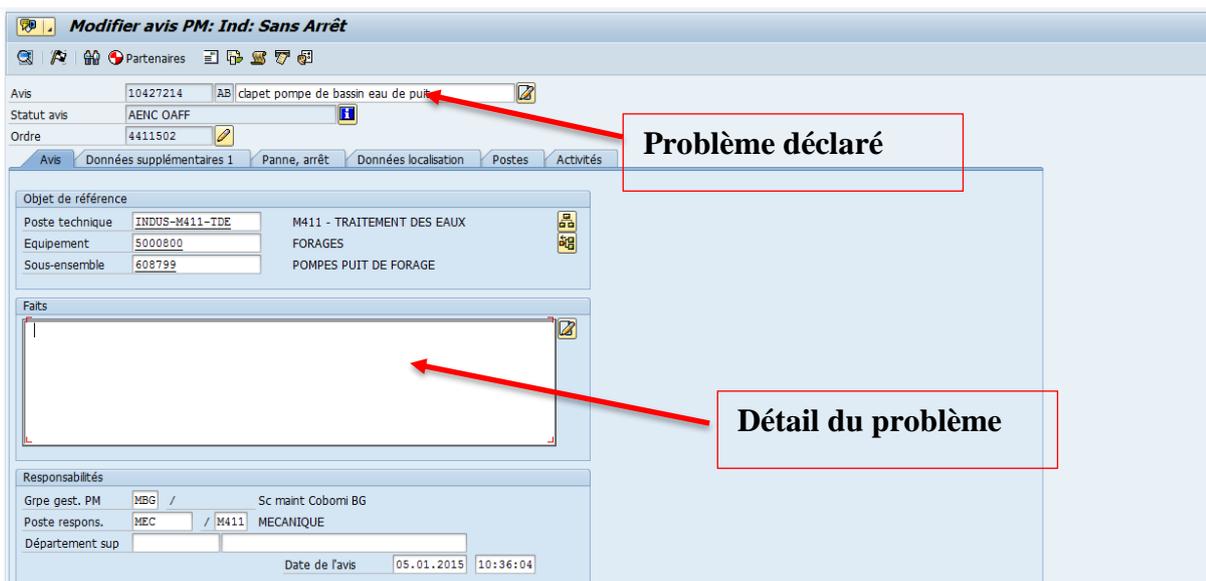


Figure 17 : champs de saisie de l'avis

Après la validation de l'avis et sa transformation en ordre par le technicien chargé de l'intervention, ce dernier doit à son tour remplir les composantes nécessaires, pour que le responsable du magasin des PDR puisse préparer ces composantes, ainsi qu'accomplir le champ d'opération, qui contient le détail de l'intervention qu'il a fait et ceci dans l'objectif d'améliorer, faciliter et diminuer le temps d'intervention. La figure 18 montre le champ de détail de l'opération.

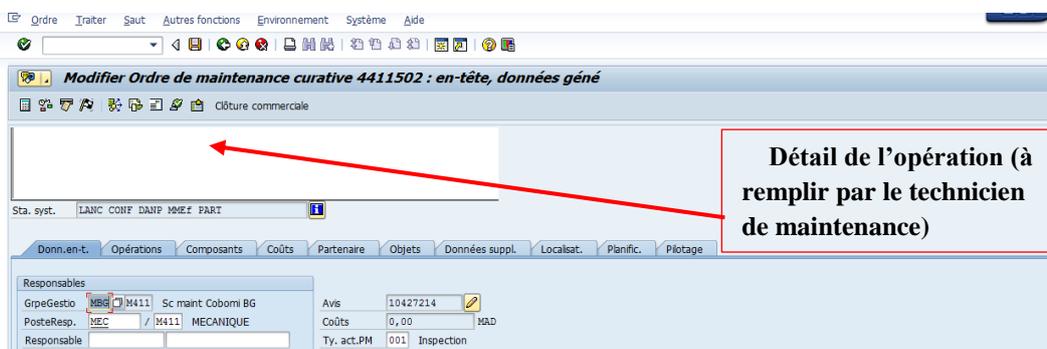


Figure 18 : Ordre de maintenance

III. Etude technico-économique

Le but de ce paragraphe est de classer les solutions par une étude technico-économique pour déterminer les solutions prioritaires.

Les solutions seront évaluées en se basant sur le produit de trois facteurs qui sont : le coût de la solution, l'impact sur l'indicateur étudié (taux de pannes) et la difficulté de la mise en place de la solution, ces trois facteurs possèdent plusieurs niveaux ; chaque niveau est décrit par un indice. Les tableaux suivants présentent les niveaux et les indices de chaque facteur :

Le tableau 24 présent les différents niveaux du coût de la solution.

1	Coût très élevé
2	Coût important
3	Coût raisonnable
4	Coût faible
5	Sans coût

Tableau 24: Coût de la solution

Le tableau 25 présent les différents niveaux de l'impact sur le taux de pannes.

1	Sans Impact sur le taux de panne
2	Faible Impact sur le taux de panne
3	Impact considérable sur le taux de panne
4	Impact important sur le taux de panne
5	Impact très important sur le taux de panne

Tableau 25 : Impact sur le taux de panne

Le tableau 26 présent les différents niveaux de la difficulté de la mise en place.

1	Très difficile à mettre en place
2	Difficile à mettre en place
3	Difficulté moyenne pour la mise en place
4	Quelles que petites difficulté pour la mise en place
5	Très facile à mettre en place

Tableau 26 : Difficulté de la mise en place

L'affectation des différents indices aux solutions a été établie par plusieurs responsables appartenant à la COBOMI. Le tableau 27 illustre les résultats de la souffleuse, dont les colonnes représentent respectivement, les effets ou les problèmes, les causes potentielles, les solutions préventives et amélioratives, le coût C, l'impact I, la difficulté D et finalement leur produit P :

Généralement l'entreprise peut accepter les solutions qui ont un $P > 30$.

Vous trouverez dans l'**annexe IV**, les résultats de notre étude pour les autres machines critiques.

Effet/Problèmes	Cause de défaillance	solution		C	I	D	P
		Préventive	Améliorative				
Mauvais chauffage des préformes	Cours circuit (Lampes brulées)	Mise en place d'un programme périodique de nettoyage		3	2	5	50
Décalage des moules	Fatigue des ressorts	Contrôle périodique de l'état des ressorts, changement si nécessaire		3	3	3	27
Mauvais chauffage des préformes	Manque de maintenance préventive des réflecteurs	Mise en place d'un programme périodique de nettoyage Changement périodique des réflecteurs		2	2	5	20
Arrêt four	Mauvaise qualité des préformes		L'installation d'un système d'inspection des mauvaises préforme (inspectrice)	1	5	2	10
Décalage des moules	Mauvaise méthode de serrage des éléments d'assemblage (galet usurés)	1-Contrôle de l'état 2-Changement périodiques des galets 3-assurer un système de lubrification périodique	Avoir une gamme opératoire	3	4	4	48
Fuite d'eau	Fatigue des raccords	Contrôle périodique de l'état des raccords		5	3	5	75
Fuite d'eau	1-absence de protection des flexibles. 2-fatigue des flexibles	Contrôle périodique de l'état des flexibles		5	3	5	75
Fuite d'eau	Fatigue des joints	Changement périodique des joints		5	3	5	75

Tableau 27 : Etude technico-économique de la Souffleuse

Partie II : Contrôler

Dans cette partie nous allons établir les plans de maintenance préventive des différents machines critiques, ainsi qu'un plan de contrôle pour suivre le taux de réalisation de la maintenance préventive.

I. Plan de maintenance préventive

Après la détermination des solutions corrective, préventive et améliorative, nous avons commencé leur exécution, par la mise en place des plans de la maintenance systématique pour les machines critiques, à savoir : la souffleuse, le convoyeur aérien et le palettiseur.

1. Définition

Selon la Norme NF X60-010 « la maintenance préventive systématique est effectuée selon un échancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage »

Les interventions sont effectuées à intervalles fixes. Ces intervalles sont déterminés d'abord sur la base des préconisations du constructeur, puis ensuite en se basant sur les résultats recueillis lors des visites préventives périodiques.

2. Tableau du plan de la maintenance préventive

Dans le tableau suivant nous présentons l'en-tête et les différentes colonnes de notre plan.

<u>Ligne : PET2</u>						<u>Equipement : Souffleuse</u>								
Machine	sous-ensemble	Elément	REF Opération à effectuer	Opération à effectuer	durée en minute de l'opération	Nombre de techniciens	Périodicité						Etat machine	Spécialité
							J	H	M	T	S	A		

2.1 Documentation de l'en-tête

- ❖ Ligne : ligne de production
- ❖ Equipement : libellé de l'équipement

2.2 Documentation des colonnes

- ❖ Machine : souffleuse, convoyeur ou palettiseur.
- ❖ Sous-ensemble : Partie de l'ensemble contenant l'élément sur lequel on agit.
- ❖ Opération à effectuer : Désignation de l'opération à effectuer.
- ❖ Durée en heures : Charge estimée de l'opération.
- ❖ Nombre de techniciens : l'effectif des intervenants.
- ❖ Périodicité : Intervalle de temps entre 2 opérations.
 - J : opération quotidienne
 - H : opération hebdomadaire
 - M : opération mensuelle
 - T : opération trimestrielle
 - S : opération semestrielle
 - A : opération annuelle
 - AUTRE : opération effectuée suivant autre périodicité.
- ❖ Etat machine : Etat de la machine pendant la réalisation de l'opération.
 - MA : En Marche
 - A : En Arrêt
- ❖ Spécialité : Métier préconisé pour réaliser l'opération.
 - E : Expert
 - M : Mécanicien
 - A : Automaticien
 - E : Electricien
 - C : Conducteur de la machine

Les plans de maintenance préventive du convoyeur aérien, la souffleuse et le palettiseur sont regroupés dans **l'annexe V**.

On présente dans le tableau 28 un exemple d'un plan de maintenance préventive.

Ligne : PET2					Equipement : Souffleuse											
Machine	sous-ensemble	Elément	REF Opération effectué	Opération à effectuer	durée en minute de l'opération	Nombre de techniciens	Périodicité						Etat machine	Spécialité		
							J	H	M	T	S	A			Compteur (h)	Autre
Souffleuse SBO10	Four	lampe infrarouge		contrôler visuellement et nettoyer les lampes avec un chiffon doux d'alcool		1			1				500		A	C
		réflecteur		nettoyer les réflecteurs. si le nettoyage n'est pas efficace changer le réflecteur		1			1				500		A	C
		pignon tournette		vérifier l'état du pignon et son engagement dans la chaîne		1		1					150		MA	ME
		bague élastique tournette		vérifier l'état de la bague		1		1					150		MA	ME
		rails de guidage tournette		lubrifier les rails extérieurs		1		1					150		A	C
		Ressort tournette		contrôler l'état		1		1					150		A	ME

Tableau 28 : Exemple du plan de la maintenance préventive de la souffleuse

II. Taux de réalisation du plan de la maintenance préventive

Le taux de réalisation des plans de maintenance préventive correspond au ratio des interventions de maintenance préventive réellement faites sur les interventions de maintenance préventive programmées. Cet indicateur permet de suivre la réalisation des plans de maintenance préventive, et de voir l'adéquation entre les ressources de maintenance et la charge de travail pour les travaux d'entretien.

Pour cela, nous avons établis une fiche de suivi mensuel pour l'évaluation de cet indicateur :

Mois	Nombre d'opérations prévues	Nombre d'opérations réalisées	Taux de réalisation
Janvier	96		
Février	101		
Mars	111		
Avril	117		
Mai	121		
Juin	105		
Juillet	129		
Août	132		
Septembre	113		
Octobre	133		
Novembre	97		
Décembre	138		

Tableau 29 : taux de réalisation de la maintenance préventive

Conclusion

La phase innover, nous a permis de générer des solutions convenables pour notre ligne de production PET2 et dans la mesure de permettre une réduction du taux de pannes et par conséquent, une augmentation de la disponibilité des machines.

La phase contrôler nous a permis de mettre en place tous les moyens pour garantir la pérennité des progrès accomplis.

Conclusion générale et perspectives

L'objectif principale du travail que nous avons réalisé durant ce projet, était de satisfaire les besoins des deux clients, qui sont le service financier et celui de production ; leurs besoins étaient respectivement : assurer la disponibilité des lignes de production, ce qui induit une réduction du taux de pannes, ainsi que la réduction de la consommation des pièces de rechange et les prestations, ceci implique une réduction du coût de maintenance par caisse. Pour bien mener ce travail nous avons adopté la démarche six sigma qui se résume en cinq étapes DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover/Améliorer, Contrôler).

Pour mieux quantifier notre gain et voir la valeur ajoutée du projet, nous avons transformé notre gain de taux de pannes et de coût de maintenance par caisse en gain financier, en effet la réduction du taux de pannes de 36.88% à 18%, ainsi que la réduction du coût de la maintenance par caisse de 0.87 à 0.58 DH/caisse vont induire un gain global de **799 072.79 DH**.

Dans un premier temps, nous avons établi un diagnostic de la fonction Maintenance avec la méthode ADEPA-CETIM, afin d'avoir une idée générale sur la gestion de cette fonction au sein de la COBOMI. Ce diagnostic a dévoilé la faiblesse de Trois axes, à savoir : l'analyse FMDS, la gestion des équipements, et Gestion des stocks et pièces de rechange, pour remédier à cette faiblesse, nous avons cité un certain nombre de recommandations qui vont sûrement contribuer à l'amélioration de la gestion de la fonction maintenance.

En un second lieu, nous avons généré un nombre assez important des solutions correctives, amélioratives et préventives dans la phase INNOVER de la démarche DMAIC, et ceci après la recherche des causes racines qui ont contribué d'une manière directe ou indirecte à l'augmentation du taux de pannes et le coût de maintenance par caisse.

Comme perspectives et recommandation et toujours dans le même contexte de notre projet nous proposons les recommandations suivantes :

- Procéder impérativement à la mise en place des solutions proposées d'une part pour remettre la ligne à niveau et améliorer sa disponibilité par la mise en place des solutions correctives et amélioratives, et d'autre part, garder sa disponibilité en suivant les plans de maintenance élaborés.
- Généraliser le projet de réduction du taux de pannes, en suivant la démarche DMAIC sur les autres lignes de production, ainsi que les autres usines de NABC.

ANNEXES

ANNEXE I : *Huit fiches d'enquête ADEPA-CETIM.*

ANNEXE II : *PARETO, ISHIKAWA, 5 POURQUOI des machines critiques.*

ANNEXE III : *Validation des causes racines et AMDEC des machines critiques.*

ANNEXE IV : *Tableaux des solutions proposées et l'étude techno-économique.*

ANNEXE V : *Plan de maintenance préventive.*

Bibliographie

Les ouvrages :

- [1] Maurice PILLET, Six sigma comment l'appliquer, Paris, Edition d'organisation, 2004.
- [2] Didier CAPORALI, DMAIC Méthodologie, Présentation établi par le DG de la société Bekaert Consulting.
- [3] ADEPA-CETIM-UTC « Auto diagnostics de la fonction maintenance », Publication du CETIM, 1995
- [4] Documentation internes de la COBOMI

Webographie :

www.vibraxtion.fr

www.commentprogress.com

www.sidel.com

www.hellopro.fr