



Année Universitaire : 2014-2015

Filière ingénieurs Industries Agricoles et Alimentaires



Projet de Fin d'Etudes

Lean Management et AMDEC pour l'amélioration continue de la ligne d'embouteillage de Sidi Ali 33-50cl

Réalisé par:

Awovi Debora ADOSSI

Encadré par:

- Mr M.HAMROUD (Eaux Minérales d'Oulmes)
- Pr N.IDRISSI KANDRI (FST Fès)

Présenté le 29 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Pr N. IDRISSI KANDRI
- Pr H. ZAITAN
- Pr K. DERRAZ

Stage effectué à : Les Eaux Minérales d'Oulmes

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

 *A mes parents Mr ADOSSI K. DANIEL et Mme ADOSSI Célestine :*

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

 *A toute ma famille.*

Même si vous n'étiez pas présents, vous avez tout fait pour faciliter la réalisation de ce projet, par vos encouragements, conseils.

 *A tous mes amis.*

Vous avez représenté ma famille ici, aucun mot ne serait assez explicite pour vous signifier ma gratitude.

REMERCIEMENTS

Je ne pourrais débiter ce travail sans octroyer mes remerciements à certaines personnes qui ont marqué et ont contribué d'une manière ou d'une autre à sa concrétisation.

J'adresse mes sincères et chaleureux remerciements :

***A Mr HANI**, Directeur d'usine aux Eaux minérales d'Oulmes pour avoir bien voulu m'accepter en tant que stagiaire, ainsi que pour ses conseils qui m'étaient utiles tout au long du développement de mon sujet au sein de leur entreprise.

***A Mr Mohamed HAMROUD**, Ingénieur de production aux Eaux minérales d'Oulmes pour son encadrement fructueux, sa patience, son amabilité et ses critiques constructives. Il m'est particulièrement agréable de vous exprimer ma vive gratitude et ma profonde reconnaissance pour toute l'aide que vous m'avez offerte et tous vos précieux conseils qui ont été d'une grande utilité pour l'élaboration de ce document.

***Au Pr N. IDRISSE KANDRI**, Professeur universitaire à la Faculté des Sciences et Technique, pour ses conseils fructueux qu'il n'a cessé de me prodiguer avec bienveillance ainsi que pour son aide précieux et son suivi très attentif durant ce stage.

***Aux Pr K. DERRAZ et H. ZAITAN**, Professeurs universitaires à la Faculté des Sciences et Techniques, pour avoir accepté volontiers évaluer et apporter par leur critiques des enrichissements à ce travail.

***A tout le personnel** pour leur contribution au bon succès et au bon déroulement de mon stage.

Ma plus grande reconnaissance est pour mon Dieu, qui a été par-dessus tout celui qui a permis tout ceci.

TABLE DES MATIÈRES

Table Des matières	1
LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX.....	4
Liste DES abreviations	5
 Introduction générale	 6
 Chapitre I : PRESENTATION DE LA SOCIETE.....	 8
I. Historique	9
II. Organigramme de la société	10
2.1. <i>Organigramme général.....</i>	<i>10</i>
2.2. <i>Organigramme du service production.....</i>	<i>10</i>
 Chapitre II : Procédé de Fabrication	 11
I. Phase de captage et traitement des eaux	12
II. Phase d'embouteillage	13
 CHAPITRE III: OUTILS DE TRAVAIL	 16
INTRODUCTION	17
I. Lean Management :	17
II. Le Taux de Rendement Synthétique (TRS).....	18
Calcul du TRS.....	18
III. Le diagramme de Pareto	20
Méthodologie : Démarche.....	20
IV. L'Analyse Des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) .	21
4.1. <i>Types d'AMDEC.....</i>	<i>22</i>
4.2. <i>AMDEC-Moyen de production :</i>	<i>22</i>
4.3. <i>Terminologie :</i>	<i>23</i>
4.4. <i>Caractéristiques essentielles de l'AMDEC.....</i>	<i>25</i>

<i>Conclusion</i>	<i>28</i>
Chapitre IV : Application des outils de travail.....	29
Introduction.....	30
I. Application du Lean Management et du Pareto	30
1.1. Diagnostic par le suivi du TRS.....	30
1.2. Analyse de la perte de TRS ou des causes de non-TRS.....	31
II. Application de l'AMDEC :	36
2.1. Représentation concrète du moyen de production :	36
2.2. Constitution du groupe de travail :	36
2.3. Analyse fonctionnelle de la souffeuse.....	37
2.4. Analyse des modes de défaillance et de leurs effets	39
Conclusion	44
Conclusion GENERALE et Recommandations.....	45
Bibliographie	47

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Organigramme general de la société</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2: Organigramme du Service Production.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 3: Etapes du calcul du TRS</i>	<i>20</i>
<i>Figure 4: Processus AMDEC.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 5: Courbe du suivi du TRS journalier au mois de mars 2015</i>	<i>30</i>
<i>Figure 6:Durée et pourcentages d'arrêts en fonction des types d'arrêts.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 7:Durée et Pourcentages d'arrêts en fonction des machines.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 8:Analyse fonctionnelle externe de la souffleuse</i>	<i>37</i>
<i>Figure 9:Analyse structurelle des niveaux de la souffleuse</i>	<i>37</i>
<i>Figure 10:Arbre du choix de maintenance</i>	<i>40</i>
<i>Figure 11:Diagramme représentant les types de maintenance de la société pour l'année 2014.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 12:Nouveau Plan de maintenance proposé.....</i>	<i>44</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Durée de chaque type d'arrêts sur la ligne au mois de Mars 2015	32
Tableau 2: Pourcentage de chaque type d'arrêt sur la ligne au mois de Mars 2015	33
Tableau 3: Durée des arrêts mécaniques au niveau des machines de la ligne	34
Tableau 4: Pourcentage des arrêts mécaniques par machines.....	35
Tableau 5: Définition des fonctions des différents composants de la souffleuse	38
Tableau 6: Grille de l'échelle de gravité	39
Tableau 7: Grille de l'échelle de fréquence d'apparition	39
Tableau 8: Grille de l'échelle de la non-détection.....	40
Tableau 9: Analyse des défaillances	43

LISTE DES ABREVIATIONS

- A.CQ : Arrêts Contrôle Qualité
- A. Elec : Arrêts Electriques
- A. Mq In : Arrêts Manque Interne
- A. Mq Ex : Arrêts Manque Externe
- A. Méc : Arrêts Mécaniques
- A. Op : Arrêts Opérationnels
- A. Pr : Arrêts Programmés
- AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
- Dat : Dateuse
- Eti : Etiqueteuse
- Far : Fardeleuse
- Pal : Paletiseur
- Sic : Sicpa
- SMED : Single Minute Exchange of Die
- Souf : Souffleuse
- Sout : Soutireuse
- TRS : Taux de Rendement Synthétique
- Vsm : Value Stream Mapping

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Cette dernière décennie, le Maroc a connu un saut considérable dans le domaine industriel ainsi qu'une restructuration très remarquable de sa toile industrielle et administrative lui permettant ainsi de faire le poids face à la concurrence mondiale qui devient de plus en plus intense.

L'entreprise Marocaine se voit dans l'obligation d'assurer sa mise à niveau par l'optimisation de ses moyens humains, techniques et matériels, en vue d'assurer sa compétitivité dans un cadre où seules les performances tranchent. Cette dernière se manifeste non seulement en production, mais aussi en termes de qualité de management et d'innovation.

Dans le souci de garder sa compétitivité en assurant des performances remarquables, la société « Les Eaux minérales d'Oulmès », société nous ayant accueillis pour notre stage de fin d'études, se sent pleinement concernée par les politiques industrielles d'amélioration continue.

Un sujet s'inscrivant dans cette optique nous a été proposés dans le service production, l'un des services piliers des entreprises.

Ce sujet a pour objectif d'améliorer la productivité de la ligne 7 d'embouteillage de Sidi Ali 33-50cl, par l'application d'un outil du Lean Management, qui est un système de management de la qualité s'installant de plus en plus dans les grandes sociétés.

Dans ce présent rapport, après avoir donné un bref aperçu de l'entreprise et de sa chaîne de production, nous nous pencherons sur l'amélioration de la productivité de la ligne d'embouteillage du Sidi Ali 33-50cl par :

- l'application de l'outil du Lean management choisi qui est le suivi du Taux de rendement synthétique (TRS) .Ce suivi fera apparaître les pertes majeures en temps au niveau de la ligne, qui sera restreinte par la suite au niveau de la souffleuse grâce à la méthode ABC ou diagramme de Pareto.
- l'utilisation de l'AMDEC pour la mise en place d'une politique de maintenance visant à remédier aux pertes mises en évidence.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA SOCIETE

I. Historique

La société « les Eaux Minérales d'Oulmès » voit le jour le 7 mars 1933, grâce à l'impulsion de Feu Abdelkader Bensalah, un homme visionnaire, animé par de fortes convictions. La concession d'exploitation est accordée dans un rayon de 30 km autour du point géodésique d'Oulmès, un territoire riche d'où jaillissent de nombreuses sources. A l'époque, seule la source Lalla Haya est alors exploitée (source de l'eau minérale gazeuse **Oulmès**). L'eau de la source **Sidi Ali** Chérif ne fera son apparition sur le marché qu'en 1978.

Dans le cadre d'une stratégie de diversification de son offre, d'autres marques sont commercialisées: l'eau de table **Bahia** à partir de 2001 et **Aïn Atlas** en 2008. Ces produits, plus accessibles, correspondent mieux aux réalités économiques du pays et aux attentes des consommateurs.

Le siège des Eaux Minérales d'Oulmès est basé depuis ses débuts dans la zone industrielle de Bouskoura, à Casablanca, au cœur d'un domaine s'étendant sur plusieurs hectares.

La société possède un effectif entre 500 et 1000 Dont 50 cadre(s) avec un Chiffre d'affaires > 1000 Mdh/

Elle est certifiée : **ISO 9001/2000 (2002), ISO 22000**

La direction générale de la société les eaux minérales d'Oulmés S.A. s'est lancée dans un processus irréversible de l'amélioration continue et permanente de :

- ✓ La gestion de stock et l'approvisionnement.
- ✓ Le processus de fabrication.
- ✓ La distribution
- ✓ Les produits actuels

II. Organigramme de la société

2.1.Organigramme général

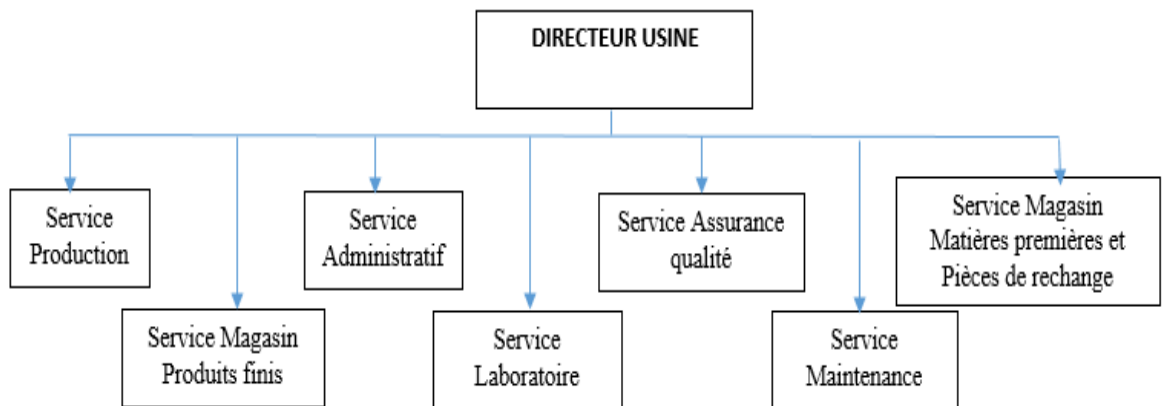


Figure 1: Organigramme general de la société

2.2.Organigramme du service production

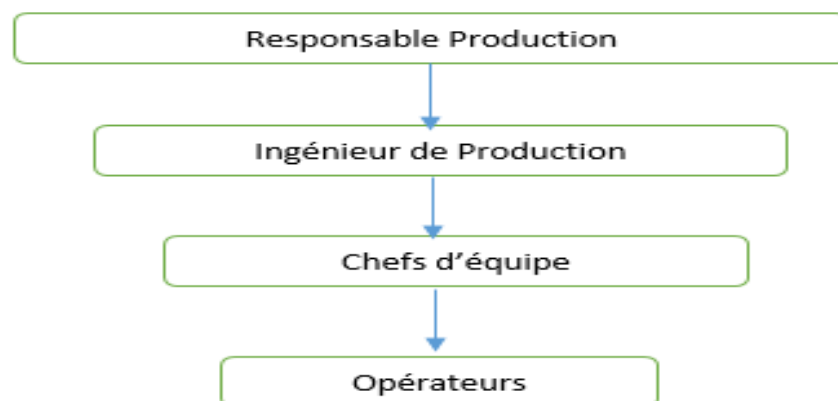


Figure 2: Organigramme du Service Production

CHAPITRE II : PROCÉDÉ DE FABRICATION

Le procédé de fabrication de l'eau minérale s'effectue en 2 étapes :

- ✓ Phase de captage et traitement des eaux
- ✓ Phase d'embouteillage

I. Phase de captage et traitement des eaux

❖ le captage :

— Captage de l'eau gazeuse Oulmés :

Le produit Oulmés est une eau minérale gazéifiée naturelle, captée depuis la source LALA HAYA, au fond des montagnes du moyen atlas, découverte dans les années trente du siècle dernier.

Le captage de cette eau se réalise grâce à deux pompes et un supprimeur. Les deux pompes absorbent l'eau pour l'envoyer ensuite à l'usine, le supprimeur sert à séparer le CO₂ pour des raisons de densité (le CO₂ étant moins dense que l'eau) évitant ainsi de ne recevoir que le CO₂ au cours du pompage.

L'eau est envoyée vers deux autres postes en série équipés, par leur tours, de deux pompes chacun. Le dernier poste envoie l'eau aux cuves de décantations qui siègent à l'usine d'embouteillage.

Le CO₂, quant à lui, est envoyé directement à l'usine vers un cycle de liquéfaction.

— Captage de l'eau Sidi Ali :

L'eau Sidi Ali est une eau minérale naturelle, provenant de la source Sidi Ali Chérif, qui n'est pas loin de la source LALA HAYA, découverte dans les années soixante-dix.

Le captage de cette eau s'effectue grâce à plusieurs forages où se pompe l'eau vers un puits principal, puis grâce à deux pompes, l'eau est envoyée aux cuves de décantations à l'usine.

— Captage de l'eau Ain Atlas :

L'eau Ain Atlas est une eau minérale naturelle, provenant de la source Sidi Hamou Agamgam, jaillissant près de la ville de Khenifra, et qui provient à l'usine grâce à des pompes et envoyée vers deux tours collectrices.

❖ **Traitement des eaux :**

— **L'insufflation :**

A l'arrivée des eaux aux cuves de décantations, l'air y est insufflé grâce à des supprimeurs, pendant 12 heures, et cela pour faciliter le processus de décantation.

— **La décantation :**

Le phénomène de la décantation est le responsable du dépôt du fer et du manganèse au fond des cuves par moyen d'augmentation de densité, et cela à cause d'une réaction chimique entre ces deux substances, l'air insufflé et des additifs. La décantation du fer et du manganèse est importante pour la qualité des eaux minérales, pour ne pas dépasser les normes précisées. Ce phénomène dure environ 12 heures avant de passer à la phase de filtration.

— **La filtration :**

Dans cette phase, l'eau passe par trois filtres différents et on note :

- ✓ les filtres catadynes à 0,45 μm
- ✓ les filtres pal à 0,25 μm
- ✓ les filtres sfec à 0,01 μm (ultrafiltration)

— **Bombardement par les UV :**

Enfin, l'eau est bombardée par des rayons ultraviolets pour y tuer les organismes vivants.

II. Phase d'embouteillage

La mise en bouteilles suit une ligne de production qui commence par le soufflage des bouteilles et se termine par le stockage, ci-dessous une description des différentes étapes d'embouteillage.

❖ **Le Soufflage :**

Un élévateur fait déplacer les préformes depuis la trémie jusqu'à un orienteur qui introduit les préformes dans un guide incliné, d'où elles tombent par gravité dans un four qui est muni d'un détecteur de préformes. Ce détecteur donne le signal de fonctionnement au four lorsqu'il

Il y a présence ou non de préformes. Les préformes sont soutenues par des mandrins chauffés dans le four équipé de lampes à rayons infrarouges. Les préformes passent du module de chauffage aux stations d'étirage-soufflage. Sous l'effet de fortes pressions (10 puis 40 bars), les préformes acquièrent la forme désirée selon la moule qui les contient. Les bouteilles obtenues sortent du four et sont envoyées vers la zone de remplissage ou soutirage.

❖ Le soutirage :

Les bouteilles entrent dans la **Soutireuse** où elles sont prises en charge par des plateaux animés de mouvement rotatif autour d'un axe, qui vont permettre aux bouteilles de passer successivement sous les canules de remplissage de boisson puis dans la **boucheuse** afin de poser les bouchons sur les bouteilles. La bouteille est tout d'abord rincée par de l'eau traitée (Oulmes, Sidi Ali ou Ain Atlas) puis remplie par cette eau, ensuite, elle est bouchonnée. A la sortie de la soutireuse, une contrôleuse automatique vérifie le niveau d'eau et l'état des bouteilles avant de passer à l'étiqueteuse.

❖ L'étiquetage :

Cette opération consiste à coller les étiquettes sur les bouteilles. La colle se présente sous forme de blocs solides, est d'abord fondue dans une cuve à une température pouvant atteindre 170°C. La colle fondue est pompée vers la surface d'un rouleau, qui lorsque les boîtes entrent dans l'étiqueteuse, elles entrent en contact avec le rouleau et donc la colle. Le mouvement rotatif des bouteilles continue par un frottement puis accrochage d'un bout d'une étiquette (le lot d'étiquettes est préalablement disposé dans un boîtier), l'autre bout de l'étiquette ayant elle aussi été en contact avec de la colle. L'étiquette entière est alors collée sur la bouteille. Le mouvement rotatif se termine par un passage entre deux brosses qui ont pour rôle de renforcer l'accrolement de l'étiquette sur la bouteille.

NB : Entre les étapes de soutirage et d'étiquetage, les bouteilles passent sous un appareil appelé **Dateuse** qui imprime sur la bouteille, la date de production et d'expiration, l'heure de production, la ligne de production et la ville de production. Ces informations sont sous forme codée et permettent de respecter une des exigences de la traçabilité du produit. Une fois le codage réalisé les bouteilles passent sous un **Compteur** pour le comptage du nombre de bouteilles de boisson produites.

❖ Le mirage :

Après le datage, la bouteille passe ensuite devant le mirage, qui est un contrôleur visuel qui vérifie l'état de la bouteille, la mise en place de l'étiquette et le niveau d'eau, avant de l'envoyer vers la fardeleuse.

❖ Le fardelage :

La machine réalisant cette opération est la fardeleuse. A la sortie de l'étiqueteuse, le tapis roulant transportant les bouteilles PET arrive dans le convoyeur, des lots de 2 pour les bidons de 5 l, 6 pour les bouteilles de 150 cl, et de 12 pour les bouteilles de 33,50 et 75 cl. sont automatiquement pris en charge puis sont emballés par un film plastique non étirable (film thermo-rétractable). La fardeleuse munie d'un four à 160°C permet de « souder » le film sur les bouteilles afin de renforcer son efficacité.

❖ Le poignetaje :

Chaque pack de bouteilles est équipé par un poignet pour le soulever facilement. Celui-ci est mis par la poigneteuse .

❖ Le palettisage :

A la sortie de la fardeleuse, les packs sont déposés sur des palettes à étages séparées par des intercalaires en cartons.

❖ Emballage des palettes ou Stritchage:

La machine appelée **Stritcheuse** est munie d'un film plastique étirable enroulé autour d'une bobine. La palette est placée sur un panneau rotatif, le film est placé par un opérateur sur la palette et d'un mouvement rotatif associé à un mouvement de montée/descente du rouleau de film, la palette se trouve emballée de film plastique.

❖ Le stockage :

Chaque palette de produit fini est envoyée grâce à des Clarck vers le magasin de produits finis.

CHAPITRE III: OUTILS DE TRAVAIL

INTRODUCTION

Pour pouvoir traiter notre sujet un certain nombre d'outils de la qualité sont nécessaires. Nous allons dans les lignes qui suivent détailler en théorie en quoi consistent ces différents outils dont nous aurons besoin.

I. Lean Management :

Le Lean Management a été inventé dans les années 70 par Toyota. Le Lean Management fait appel à l'analyse des processus, à l'élimination des non-valeurs ajoutées (les MUDAS japonais, c'est à dire les gaspillages), à la régularisation du flux tout au long de la Supply Chain.

C'est ainsi une méthode d'optimisation de la performance industrielle qui permet, grâce à une analyse détaillée des différentes étapes d'un processus de production, d'optimiser chaque étape et chaque fonction de l'entreprise. Elle repose sur le principe de la chasse aux gaspillages tout au long du processus, et permet donc de réduire les déchets et les coûts associés à chaque étape.

Le Lean utilise pour se faire différents outils en fonction du contexte :

- **La VSM** (diagnostic) : (Value Stream Mapping) : Représentation graphique et documentée de la chaîne de la valeur permettant d'en faire le diagnostic et de la repenser avec l'obsession d'éliminer les gaspillages.
- **Le TRS** : (taux de rendement synthétique) Méthode permettant aux opérateurs d'identifier et de traiter les causes de pertes de production. Mesuré généralement heure par heure, le TRS permet également à la maîtrise et à l'encadrement d'orienter au quotidien les décisions de management.
- **Les 5S** : règles de base du comportement de l'opérateur vis-à-vis de sa machine (trier, ranger, nettoyer, standardiser, suivre) visant à éliminer les pertes d'efficacité et à redonner de nouvelles sources de motivation.
- **Le Smed** : (single minute exchange of die) : Méthode systématique d'analyse et de diminution des temps de changement de série dont le but est d'améliorer le TRS de l'équipement mais surtout de diminuer la taille des lots.
- **La TPM** : (**total productive maintenance**): Méthode basée sur 8 piliers et fondée sur le respect des facultés humaines et la volonté participative de l'ensemble du personnel pour rentabiliser au maximum les installations.

- **Kaizen** : Méthode encourageant à chaque niveau les petites améliorations quotidiennes, sans gros investissement et basées surtout sur le bon sens, contrairement à l'approche occidentale qui fonctionne davantage par grandes avancées souvent coûteuses et peu concertées.

Une démarche Lean permet d'améliorer les coûts de 30%.

II. Le Taux de Rendement Synthétique (TRS)

Le **taux de rendement synthétique** (ou TRS) est un indicateur destiné à suivre le taux d'utilisation des machines. Largement adopté par les entreprises, il s'est imposé comme l'un des indicateurs clé pour mesurer la performance ou l'efficacité d'une ligne de production. Il permet de mettre en évidence les écueils de la production et son amélioration signifie éliminer ces écueils.

Calcul du TRS

Le TRS se calcule à partir de trois taux mesurant la disponibilité, la performance et la qualité de la machine. Ces différents taux sont obtenus par des calculs faisant intervenir une découpe particulière du temps durant lequel la machine est employée.

La découpe de temps peut se faire de la manière suivante :

❖ TEMPS D'OUVERTURE TOTALE :

Il s'agit du temps maximum pendant lequel l'outil de travail peut fonctionner. C'est-à-dire 24 heures par jour, 365 jours par an.

❖ TEMPS REQUIS (Tr):

Le temps (théorique) où le dispositif est disponible pour réaliser les opérations nécessaires. Sont donc exclus l'ensemble des temps de fermeture ou d'arrêts programmés (périodes sans production, maintenance préventive).

$$Tr = \text{Temps total} - \text{Temps d'arrêts programmés}$$

Il peut être encore désigné par le **Temps de présence** (Tp) de la ligne.

❖ TEMPS DE FONCTIONNEMENT BRUT (TFB) :

C'est le temps de production effective de la ligne de production.

$$TFB = \text{Temps requis} - \text{Temps des arrêts non programmés}$$

❖ TEMPS DE FONCTIONNEMENT NET (TFN) :

C'est le temps de production à la cadence de référence

$$TFN = (\text{Production} + \text{Casses non conformes}) / \text{Cadence nominale}$$

❖ TEMPS UTILE (Tu)

Le temps utile est le temps net déduit du temps pendant lequel l'outil observé a produit du non conforme

$$Tu = \text{Production} / \text{Cadence nominale}$$

Les principaux indicateurs (taux) rencontrés sont donc calculés comme suit :

✓ TAUX DE DISPONIBILITE (Td) : $Td = TFB/Tr$

✓ TAUX DE PERFORMANCE (Tp): $Tp = TFN/TFB$

✓ TAUX DE QUALITE (Tq) : $Tq = Tu/TFN$

Et enfin le TAUX DE RENDEMENT SYNTHETIQUE (TRS) :

$$TRS = Td \times Tp \times Tq$$

$$= (TFB/Tr) \cdot (TFN/TFB) \cdot (Tu/TFN)$$

$$= Tu/Tr$$

$$= ((\text{Production} / \text{cadence nom}) / Tr)$$

Or Production = ((Palettes x bouteilles x 60) / Cadence nominale) sur le terrain :

$$TRS = \frac{\text{Nb de palettes} \times \text{Nb de bouteilles} \times 60}{\text{Temps de présence} \times \text{Cadence nominale}} \times 100$$

En Résumé :

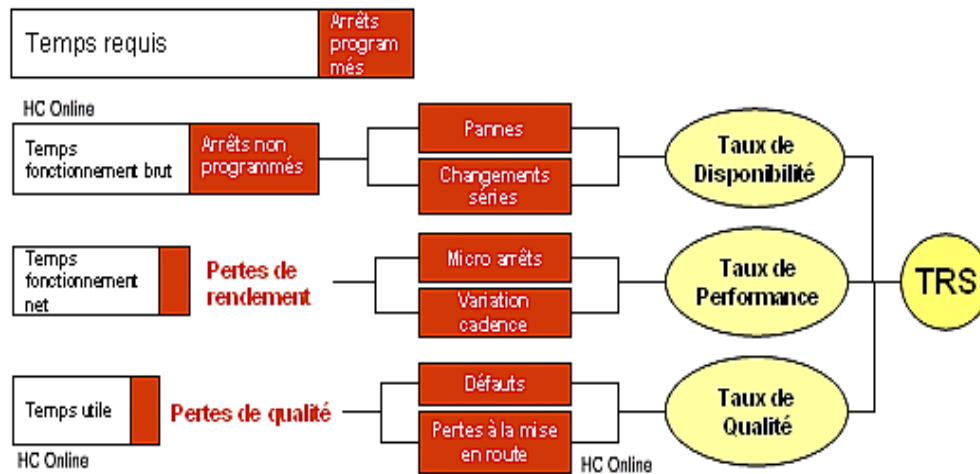


Figure 3: Etapes du calcul du TRS

III. Le diagramme de Pareto

Un économiste italien, **Vilfredo Pareto**, en étudiant la répartition des impôts constata que **20 % des contribuables payaient 80 % de la recette de ces impôts**. D'autres répartitions analogiques ont pu être constatées, ce qui a permis d'en tirer **la loi des 20-80 ou la loi de Pareto**. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un **outil efficace pour le choix et l'aide à la décision**.

Le diagramme de Pareto est un moyen simple de classer les phénomènes par ordre d'importance. Ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de « règle des 20/80 » ou méthode ABC.

Les objectifs sont :

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène
- Hiérarchiser les causes d'un problème
- Evaluer les effets d'une solution
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre

Méthodologie : Démarche

1. Etablir la liste des données

2. Quantifier ces données
3. Effectuer la somme des valeurs obtenues
4. Calculer, pour chaque valeur, le pourcentage obtenu
5. Classer les valeurs par ordre décroissant
6. Représenter le graphique des valeurs cumulées
7. Interpréter

IV. L'Analyse Des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)

L'AMDEC (Analyse des Modes de défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d'un produit, d'un procédé ou d'une installation. Cette démarche offre un cadre de travail rigoureux en groupe associant les compétences et expériences de l'ensemble des acteurs concernés par l'amélioration de performance de l'entreprise. L'AMDEC permet de mobiliser les ressources de l'entreprise autour d'une préoccupation commune à tous : l'amélioration de la disponibilité de l'outil de production.

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels inhérents aux activités de production de l'armement nucléaire. Progressivement, elle a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil ; domaine aéronautique, spatial ; grand travaux), puis a été intégrée dans les projets industriels. De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits procédés ou moyens de production.

L'utilisation de l'AMDEC peut paraître fastidieuse ; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances. Son utilisation très tôt en phase de conception (du produit, du procédé ou de l'outil de production) révèle la volonté de l'entreprise d'anticiper les problèmes potentiels plutôt que d'en subir les conséquences à terme.

4.1.Types d'AMDEC

Il existe globalement trois types d'AMDEC :

- **AMDEC procédé** : on identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).
- **AMDEC moyen de production**: on identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance.
- **AMDEC produit** qui analyse l'impact des défaillances d'un produit sur l'utilisation qu'en fait un client.

4.2.AMDEC-Moyen de production :

L'AMDEC-moyen de production, plus souvent appelée AMDEC-moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

NB : La souffleuse sur laquelle cette étude sera portée est en exploitation depuis des années au sein de la société.

✓ Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse des causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production.

Dans ce cas de figure, l'analyse est conduite sur le site, avec des récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc.

L'objectif est généralement ici de :

- ✓ Connaître l'existant ;
- ✓ Améliorer ;
- ✓ Optimiser la maintenance (gamme, procédures, etc.) ;
- ✓ Optimiser la conduite (procédures, modes dégradés, etc.)

4.3.Terminologie :

Un certain nombre de notions sont utilisées dans l'AMDEC. Il est important de les connaître parfaitement afin de comprendre précisément le fonctionnement de l'AMDEC et d'en assurer la meilleure application possible.

❖ **Fonction :** la norme NF EN 1325-1 définit la notion de fonction comme l'action d'un produit ou de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité. Une fonction peut être :

- **Une fonction de service :** action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre au besoin d'un utilisateur donné ;
- **Une fonction technique :** action interne au produit (entre ses constituants) définie par le concepteur-réalisateur, dans le cadre d'une solution pour assurer les fonctions de service ;
- **Une fonction principale (FP):** fonction pour laquelle le produit ou le constituant est créé ;
- **Une fonction secondaire ou complémentaire (FS) :** toute fonction autre que la ou les fonctions principales ;
- **Une fonction d'estime ou esthétique) :** ces fonctions, de type « être esthétique » ou « être en or » ou le paraître, n'ont pas d'usage à proprement parler ;
- **Une fonction de contrainte (FS) :** elle traduit des réactions ou des résistances à des éléments du milieu extérieur, la contrainte étant l'action de ce milieu extérieur sur le moyen de production étudié.

Exemple : trier, écrire, guider, transporter...

❖ **Critère d'appréciation :** C'est le critère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée. Les fonctions seront nommées à chaque fois que cela est possible en utilisant un verbe plus un nom qui ont des paramètres mesurables.

Exemple : écrire sur une surface plate verticale de couleur blanche, transporter cinq personnes à une vitesse moyenne de 90 km/h.

❖ **Défaillance :** c'est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise (norme X 60-500). Une défaillance désigne tout ce qui paraît anormal, tout ce qui s'écarte de la norme de bon fonctionnement.

La défaillance peut être complète ; il s'agit de la cessation de la réalisation de la fonction du dispositif.

La défaillance peut être partielle ; il s'agit de l'altération de la réalisation de la fonction d'un dispositif.

Exemple : impossible de démarrer la voiture (défaillance complète), panne du circuit d'éclairage (défaillance partielle de la voiture et complète du dispositif).

❖ **Mode de défaillance** : c'est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Le mode de défaillance est toujours en termes physiques.

Exemple : blocage, grippage, rupture, fuite, etc.

❖ **Cause de défaillance** : c'est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance. Plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance. Une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

Exemple : encrassement, corrosion, dérive d'un capteur, etc.

❖ **Effet de défaillance** : c'est par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

Exemple : arrêt de production, détérioration de l'équipement, explosion, pollution, etc.

❖ **Mode de détection** : Une cause de défaillance étant supposée apparue, le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur (opérateur et/ou mainteneur) est susceptible de détecter sa présence avant que le mode de défaillance ne soit produit complètement, c'est-à-dire bien avant que l'effet de la défaillance ne puisse se produire.

Exemple : détection visuelle, température, odeurs, bruits, etc.

❖ **Criticité** : c'est l'évaluation quantitative du risque constitué par le scénario (mode-cause-effet-détection) de défaillance analysé. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

- La fréquence d'apparition du couple mode-cause ;

- La gravité de l'effet ;
- La possibilité d'utiliser les signes de détection.

Exemple : une défaillance critique est une défaillance dont l'apparition du couple mode-cause est très fréquente, dont la gravité de l'effet est grande et dont il n'existe pas de moyen pour la détecter avant l'apparition de l'effet.

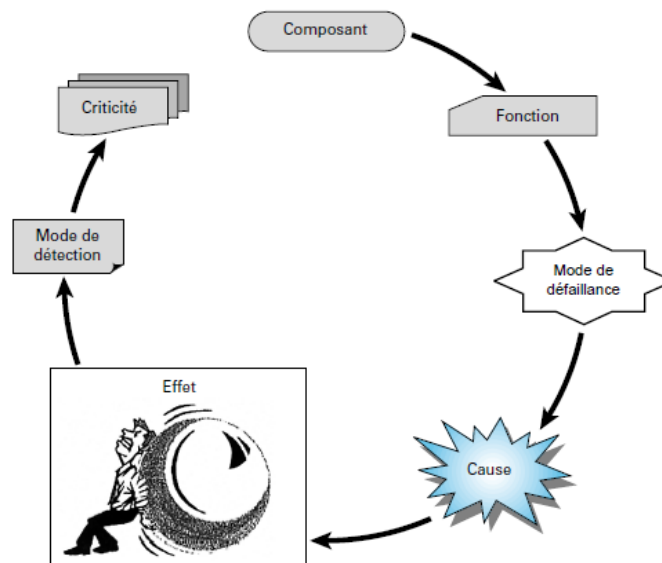


Figure 4: Processus AMDEC

4.4.Caractéristiques essentielles de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode inverse de celle mise en œuvre pour la conception, puisqu'elle est réalisée pour analyser comment un dispositif conçu peut être amené à ne pas fonctionner et quelles seront les conséquences de ses dysfonctionnements sur le dispositif de production, le produit fabriqué et la sécurité des personnes et des biens. L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production (par exemple : perte d'une fonction, dégradation dans la réalisation d'une fonction, réalisation intempestive de la fonction) ;

- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance. Ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production ou être dues à des sollicitations extérieures ;
- des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme ;
- des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

La méthode est qualifiée d'inductive car son point de départ est la recherche des événements élémentaires pour en réduire les conséquences finales. Par opposition, les méthodes déductives consistent à analyser la conséquence finale pour en rechercher les événements élémentaires.

L'AMDEC est une méthode de travail de groupe qui réunit :

- des compétences dans le domaine des études et des méthodes ;
- des expériences dans le domaine de la maintenance, des méthodes de la fabrication et de la qualité.

La création du groupe de travail permet l'apport « vivant » de la connaissance, de l'expérience et du bon sens. Elle permet également la réunion des personnes qui n'ont pas tendance à se rencontrer naturellement dans un esprit constructif. La constitution du groupe de travail facilite l'association des différents acteurs à l'œuvre commune qu'est la construction de la disponibilité.

L'AMDEC va permettre d'atteindre ces objectifs en suivant systématiquement les phases suivantes :

Phase 1: initialisation

- La définition du système
- La définition des objectifs de l'étude
- La délimitation de l'étude
- La constitution du groupe de travail
- Planification des réunions
- La rédaction d'une feuille de synthèse.

Phase 2 : analyse fonctionnelle

Ses buts sont :

- De fournir une description de chaque moyen de production, d'établir une liste de toutes les fonctions et interfaces avec d'autres équipements et le milieu environnant qui leur sont directement rattachés.
- De permettre l'identification de toutes les défaillances fonctionnelles potentielles (en incluant les défaillances des interfaces de sortie).

➡ Analyse fonctionnelle externe

Cette analyse permet de déterminer les fonctions qui lient des milieux extérieurs au système.

➡ Analyse fonctionnelle interne

Permet de représenter les sous-ensembles et éléments nécessaires pour que les fonctions définies soient remplies.

Phase 3 : Analyse des défaillances par :

- ➡ le recensement des modes de défaillance ;
- ➡ l'identification des causes de défaillance ;
- ➡ l'évaluation des risques ;
- ➡ la recherche des modes de détection.

Phase 4 : Hiérarchisation des défaillances avec cotation de la criticité :

Le grand nombre de défaillances répertoriées et analysées lors de la phase précédente nécessite d'introduire une certaine hiérarchisation afin de pouvoir isoler les plus 'critiques'. Et ceci est estimé, pour chaque défaillance par trois critères de définition :

- ❖ La fréquence d'apparition de la défaillance (indice F) ;
- ❖ La gravité des conséquences que la défaillance génère (indice G) ;
- ❖ La non-détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière ne produise les conséquences non désirées (indice D).

Chacun de ces critères sera évalué avec une table de cotation établie sur 4 niveaux. Les tableaux N°6, 7 et 8 présentent un exemple de barème de cotation de la criticité. L'**indice de criticité** est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des trois critères précédents, par la multiplication de leurs notes respectives :

$$C = F \times G \times D$$

Avec *C* : Criticité

F : Fréquence

G : Gravité

D : Détection

Phase 5 : Décision des actions correctives menées

Elle consiste à présenter des recommandations et dégager la politique de maintenance adéquate.

Conclusion

En somme ces différents outils se complèteront pour la mise en œuvre de notre approche de solution pour la problématique posée.

CHAPITRE IV : APPLICATION DES OUTILS DE TRAVAIL

Introduction

Après avoir vu en théorie en quoi consistaient les différents outils que nous aurons à utiliser, nous passons dans ce chapitre à leur application ainsi qu'aux résultats obtenus dans la mise en place de ces outils.

I. Application du Lean Management et du Pareto

1.1. Diagnostic par le suivi du TRS

Le TRS est calculé quotidiennement à partir des données recueillies sur le terrain.

En traçant la courbe du TRS journalier par rapport à l'objectif et à la moyenne mensuels afin de mieux faire une comparaison, on obtient la courbe suivante :

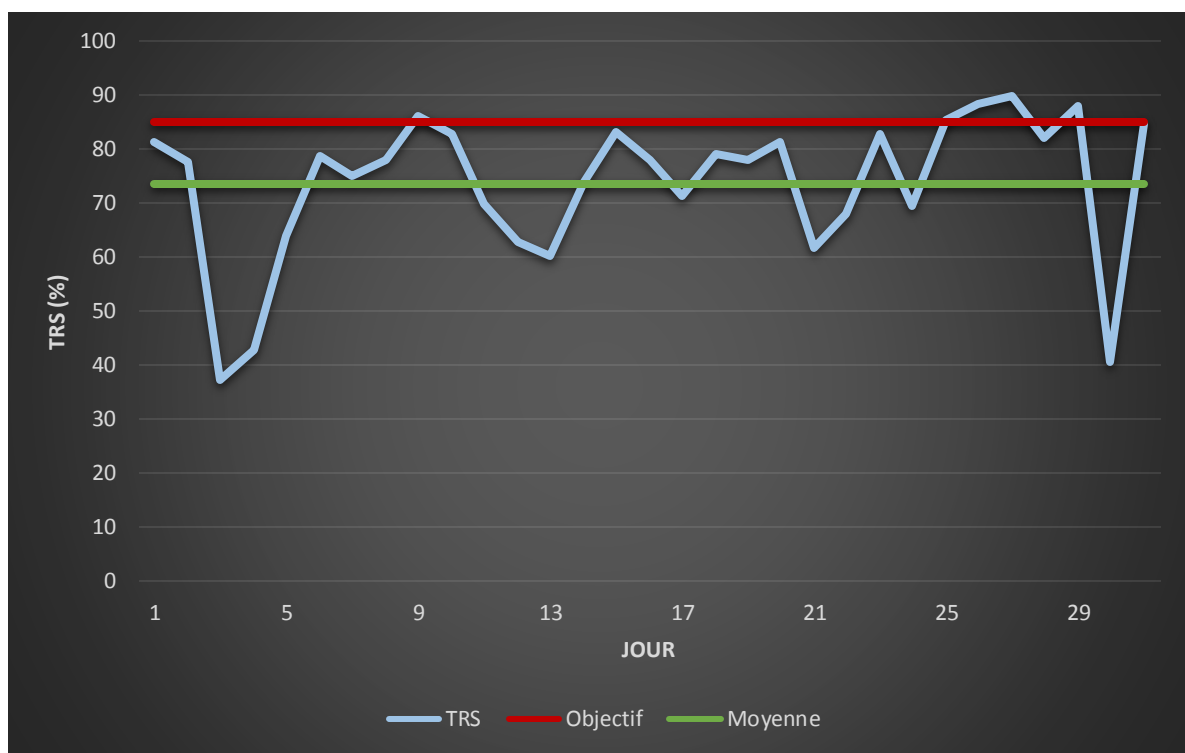


Figure 5: Courbe du suivi du TRS journalier au mois de mars 2015

On remarque que :

- ✓ Le TRS présente une grande variabilité avec une moyenne calculée de 73,67% et un écart-type de 0.14.
- ✓ Le TRS atteint rarement l'objectif

La production sur cette ligne n'est pas maîtrisée ce qui se traduit par la grande variabilité du TRS et la ligne est considérée comme sous exploitée vu qu'elle n'atteint que rarement l'objectif fixé.

Il faut ainsi trouver un moyen pour éliminer la variabilité afin d'essayer de stabiliser la production.

L'un des facteurs agissant sur la production est le temps pendant lequel la machine fonctionne. On a remarqué sur le terrain que les pannes des machines causant leur arrêt étaient majoritairement à la base de la variabilité dans la production. Nous allons essayer donc de chercher quel type de panne est la plus fréquente, au niveau de quelle machine elle l'est le plus et comment les réduire.

1.2. Analyse de la perte de TRS ou des causes de non-TRS

+ Suivi des durées d'arrêts sur la ligne

Les différents types d'arrêt rencontrés sur la ligne d'embouteillage sont les suivants :

- **Arrêts mécaniques** (A. MEC) : ils sont dus à une défaillance mécanique au niveau d'une machine
- **Arrêts électriques** (A. ELEC) : ils sont dus à une défaillance électrique au niveau d'une machine
- **Arrêts manque interne** (A. MQ In) : ils sont dus à un manque d'un élément interne à une machine (pression pour la souffleuse par exemple)
- **Arrêts manque Externe** (A. MQ Ex) : ils sont dus au manque d'une matière première à un niveau de la ligne (bouchons, préformes...)
- **Arrêts opérationnels** (A.OP) : ils sont dus à l'opérateur intervenant à un niveau de la ligne
- **Arrêts contrôle qualité** (A. CQ) : ils sont demandés par les opérateurs du laboratoire contrôle qualité lorsqu'ils estiment qu'il y a un problème d'ordre qualité.
- **Arrêts programmés** (A. PR) : ils sont programmés par la direction et nécessaires pour des opérations telles que le changement de série, le nettoyage de la ligne...

La durée de chaque type d'arrêt est consignée par les opérateurs ce qui nous permet d'obtenir le tableau 1 ci-après :

Tableau 1: Durée en minutes de chaque type d'arrêts sur la ligne au mois de Mars 2015

Date	A. MEC	A. ELEC	A.MQ In	A. MQ Ex	A. OP	A.CQ	A. PR	Total
1	110				25			135
2	20	102	10		80			212
3	126	646						772
4	530	240						770
5	230	155			40			425
6	30	12	172					214
7	90	35	65		10			200
8	85		145					230
9	40	60						100
10	12	162						174
11	223	120	20					363
12	180	230	28		30			468
13	422	60	20					502
14	223	20	50					293
15	90		30		10			130
16	220		10		10			240
17	175		90		10			275
18	150		60					210
19	190	20	20		5			235
20	80		170					250
21	157	90	106			140		493
22	270		90		20			380
23	120		20					140
24	180	85				70		335
25	60	54						114
26	50	32	5		10			97
27		5			19			24
28	50	48						98
29		32			10			42
30	128	700						828
31	85	35			25			145
Total	4326	2943	1111	0	304	210	0	8894

Remarque : Durant le mois de mars, compte-tenu de la demande accrue des clients, il n'ya eu aucun arrêt programmé, la ligne a ainsi fonctionné en continu.

Afin de pouvoir tracer le diagramme de Pareto, le pourcentage de chaque type d'arrêt dans le temps global d'arrêt de la ligne est donné dans le tableau 2 ci-après comme résumé.

Tableau 2: Pourcentage de chaque type d'arrêt sur la ligne au mois de Mars 2015

	Ligne 7	%	Cumul
MEC	4326	49	49
ELEC	2943	33	82
MQ In	1111	13	95
MQ Ex	0	0	95
OP	304	3	98
CQ	210	2	100
PR	0	0	100
TOTAL	8894	100	100

Remarque :

Nous remarquons que les arrêts majeurs sont dus aux pannes mécaniques. La construction du diagramme de Pareto (Figure 13) vient nous confirmer le fait que le type d'arrêt sur lequel nous devons plus nous pencher est l'arrêt mécanique avec près de 50% du temps d'arrêt total.

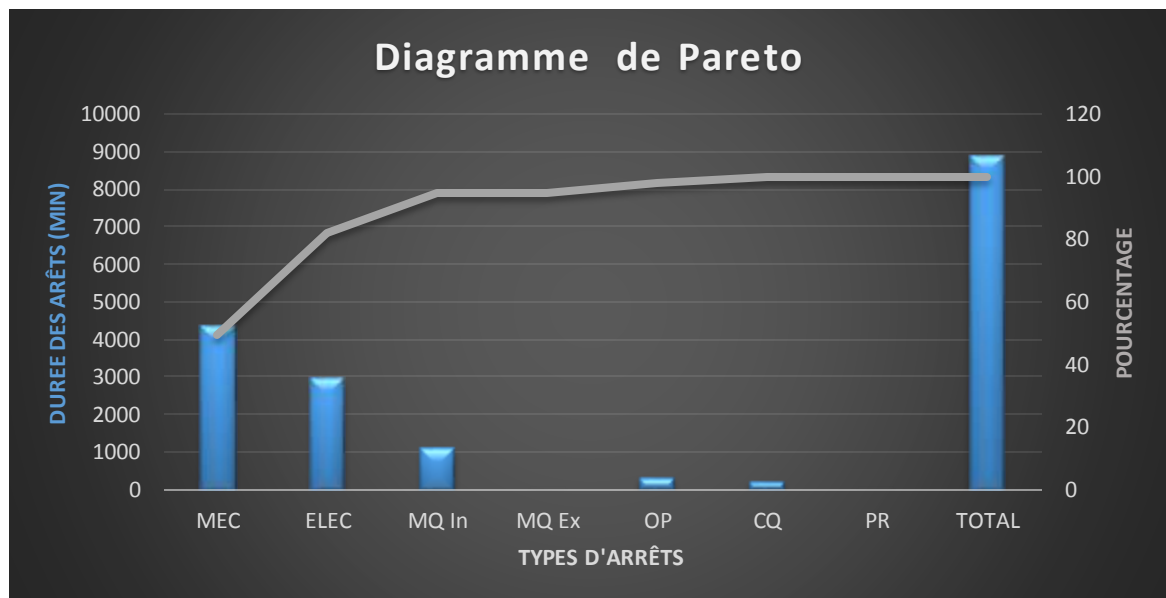


Figure 6: Durée et pourcentages d'arrêts en fonction des types d'arrêts

Suivi des durées d'arrêts mécaniques par machines

Afin de mieux décortiquer ces pannes mécaniques, nous allons nous intéresser maintenant en utilisant la même méthode aux différentes machines intervenant sur la ligne afin de voir laquelle est la plus confrontée à ces arrêts mécaniques.

Tableau 3: Durée des arrêts mécaniques au niveau des machines de la ligne

Date	Souf	Sout	Eti	Sic	Dat	Far	Pgn	Pal	Total
1	75	25				10			110
2	20								20
3	116	10							126
4	530								530
5	210	10	10						230
6	10	10	10						30
7	80		10						90
8	30		55						85
9								40	40
10	12								12
11	193	30							223
12	10	130	40						180
13	392		30						422
14	173		50						223
15	90								90
16	190		30						220
17	125		20					30	175
18	90	60							150
19	120	60						10	190
20	60		20						80
21	60	97							157
22	270								270
23	40	20	30					30	120
24	150		20					10	180
25		40						20	60
26			50						50
27									0
28			50						50
29									0
30		8	120						128
31			85						85
Total	3046	500	630	0	0	10	0	140	4326

Le pourcentage de chaque type d'arrêt dans le temps global d'arrêt de la ligne est donné dans le tableau 4 ci-après comme résumé :

Tableau 4: Pourcentage des arrêts mécaniques par machines

	<i>Ligne 7</i>	<i>%</i>	<i>Cumul</i>
<i>Souf</i>	3046	70	70
<i>Eti</i>	630	15	85
<i>Sout</i>	500	12	97
<i>Pal</i>	140	3	100
<i>Far</i>	10	0	100
<i>Sic</i>	0	0	100
<i>Dat</i>	0	0	100
<i>Pgn</i>	0	0	100
<i>Total</i>	4326	100	100

Remarque :

Nous remarquons que les arrêts mécaniques surviennent majoritairement au niveau de la souffeuse. La construction du diagramme de Pareto vient nous confirmer le fait que la machine qui fera l'objet de notre étude sera la souffeuse avec près de 70% du temps d'arrêt mécanique total.

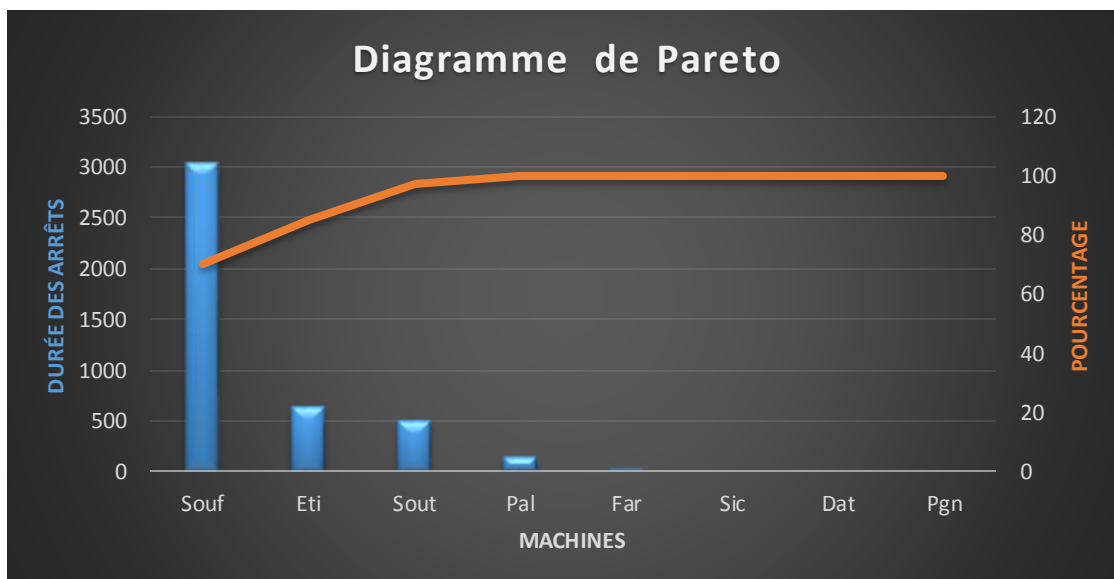


Figure 7: Durée et Pourcentages d'arrêts en fonction des machines

II. Application de l'AMDEC :

2.1. Représentation concrète du moyen de production :

La souffleuse est une machine qui permet de transformer les préformes en bouteilles prêtes à être remplies par l'eau minérale. Le nom de marque de cette la souffleuse utilisée est SACMI.

Un élévateur fait déplacer les préformes depuis la trémie jusqu'à un orienteur qui introduit les préformes dans un guide incliné, d'où elles tombent par gravité dans un four qui est muni d'un détecteur de préformes. Ce détecteur donne le signal de fonctionnement au four lorsqu'il y a présence ou non de préformes. Les préformes sont soutenues par des mandrins chauffés dans le four équipé de lampes à rayons infrarouges. Les préformes passent du module de chauffage aux stations d'étirage-soufflage. Sous l'effet de fortes pressions, les préformes acquièrent la forme désirée selon le moule qui les contient. Les bouteilles obtenues sortent du four et passent immédiatement vers la zone de remplissage. L'acheminement est effectué par fil autoguidé sur rail. Ainsi aucune main-d'œuvre humaine n'est nécessaire.

L'objectif de la méthode AMDEC c'est de résoudre les problèmes liés aux pannes et d'établir une nouvelle politique de maintenance des équipements de la machine.

2.2. Constitution du groupe de travail :

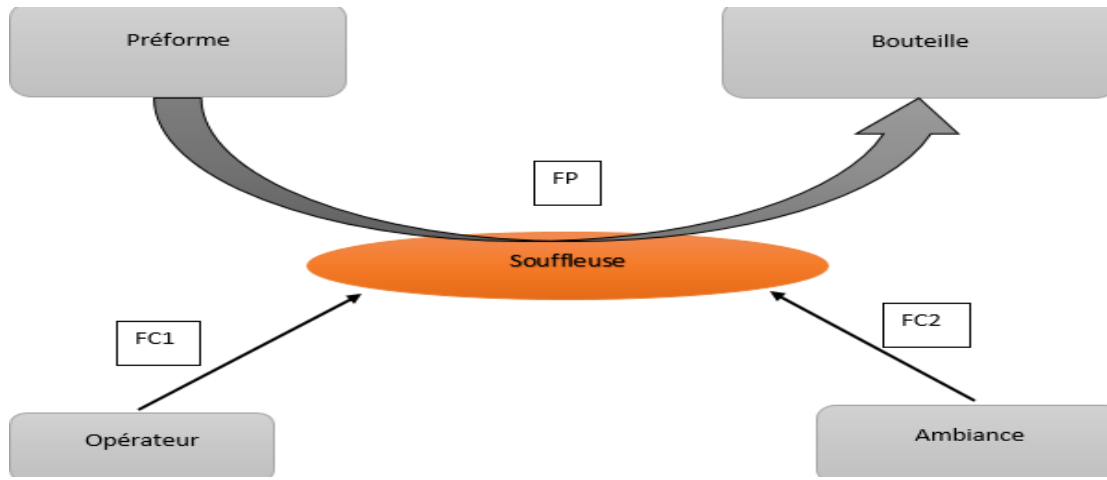
- Un ingénieur de production
- Le responsable de maintenance
- Un chef d'équipe
- Le responsable bureau de méthodes
- Responsable du suivi de l'AMDEC (Moi-même)

Une à deux réunions sont effectuées chaque semaine, avec l'équipe, dans lesquelles on a discuté et rempli les grilles AMDEC.

Pour la feuille de synthèse on s'est basé sur un modèle qui présente la fonction de l'élément, ses modes de défaillances, les causes, les effets et les modes de détection. La criticité est déterminée à l'aide d'une grille de cotation.

2.3. Analyse fonctionnelle de la souffleuse

- Analyse fonctionnelle externe :



FP : La souffleuse transforme les préformes en bouteille / **FC1 :** Etre réglée et commandée par l'opérateur / **FC2 :** Etre alimentée en permanence d'une tension adéquate.

Figure 8:Analyse fonctionnelle externe de la souffleuse

- Analyse fonctionnelle interne

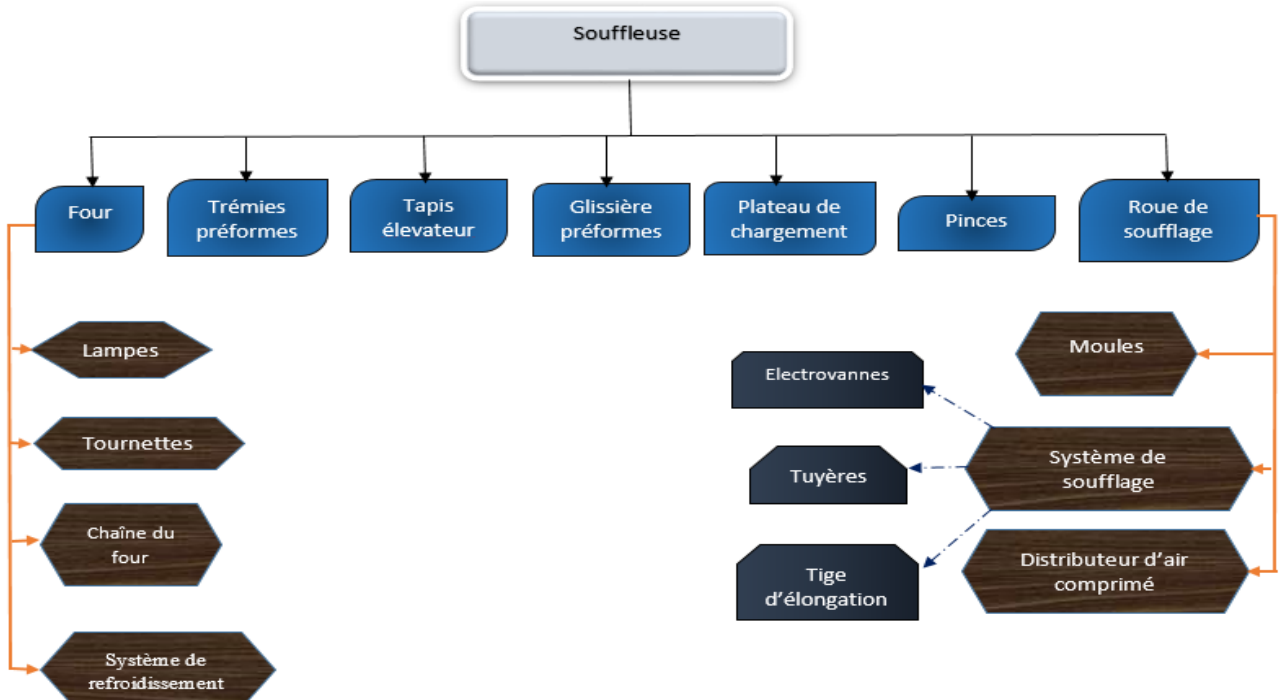


Figure 9:Analyse structurelle des niveaux de la souffleuse

La souffleuse a plusieurs composantes dont les différentes fonctions sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5: Définition des fonctions des différents composants de la souffleuse

Composants		Fonctions	
Trémie préformes		Permet d'avoir un stock tampon de préformes pour l'alimentation de la machine	
Tapis élévateur		Permet d’acheminer les préformes de la trémie à la glissière	
Glissière préformes		Permettent aux préformes de prendre une posture adéquate à l'entrée du four	
Plateau de chargement		Permet de séparer les préformes qui sont collées l'une à l'autre au niveau de la glissière afin d'avoir un flux continu de préformes	
Pinces	Entrée	Permettent le transfert des préformes chauffées du four vers la roue de soufflage	
	Sortie	Permettent le transfert des préformes soufflées de la roue de soufflage vers la soutireuse	
Four	Lampes		Permettent de chauffer les préformes
	Tournettes		Permettent à ce que la température de chauffage soit homogène sur toute la surface des préformes
	Chaîne du four		Permet le déplacement des préformes fixées sur les tournettes tout au long du four
	Système de refroidissement		Permet le refroidissement du col des préformes
Roue de soufflage	Moules		Donnent aux préformes chauffées la forme de bouteille
	Système de soufflage	Electrovannes	Synchronisent le présoufflage, le soufflage ainsi que la pression de compensation des moules
		Tuyères	Permettent d’avoir une étanchéité au niveau du col des préformes pour le soufflage
		Tige d'élongation	Permettent l'élongation des préformes chauffées avant le présoufflage et le soufflage
	Distributeurs d'air comprimé		Permettent la répartition uniforme d'air comprimé de présoufflage et de soufflage vers les électrovannes

2.4. Analyse des modes de défaillance et de leurs effets

❖ Echelles de cotation

Pour rendre l'étude homogène, la criticité des défaillances de tous les équipements sera évaluée suivant une même échelle de cotation, à partir de trois critères indépendants : la gravité (G), la probabilité d'occurrence ou la fréquence d'apparition (O) et la probabilité de non détection (D). A chaque critère on associe une échelle de cotation définie selon quatre niveaux en s'appuyant sur : l'historique des arrêts et l'expérience du personnel.

En effet, l'échelle de cotation est basée principalement sur le temps d'indisponibilité ainsi que le nombre de défaillances des équipements. Elle est aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance.

Tableau 6: Grille de l'échelle de gravité

Niveau	Description
1	Arrêt à courte durée : arrêt $\leq$ 15min
2	Arrêt à moyenne durée : 15 min < arrêt $\leq$ 30 min
3	Arrêt à longue durée : 30 min < arrêt $\leq$ 60 min
4	Arrêt à très longue durée : arrêt > 60 min

Tableau 7: Grille de l'échelle de fréquence d'apparition

Niveau	Description
1	Moins d'1 fois par mois
2	1 fois par mois
3	1fois par mois < fréquence < 1fois par semaine
4	Plus d'1 fois par semaine

Tableau 8: Grille de l'échelle de la non-détection

Niveau	Description
1	Délectable par l'opérateur et le pc de contrôle
2	Délectable par le chef d'équipe production
3	Délectable par le technicien maintenance
4	Délectable par le constructeur équipement

Une criticité seuil est fixée par le groupe de travail: $\text{Criticité} > S_{\text{seuil}} = 4$

L'analyse des modes de défaillance de chaque élément ainsi que l'évaluation de la criticité associée à chaque mode permet de choisir la politique de maintenance adéquate. Ce choix s'effectue après hiérarchisation des différents indices de criticité.

Parfois, par manque d'accessibilité pour le suivi des équipements, même si l'indice de criticité dépasse le seuil fixé par le groupe de travail, sa maintenance reste corrective.

Il est, donc, nécessaire de compléter ces critères de choix par un arbre de décision présenté comme suit :

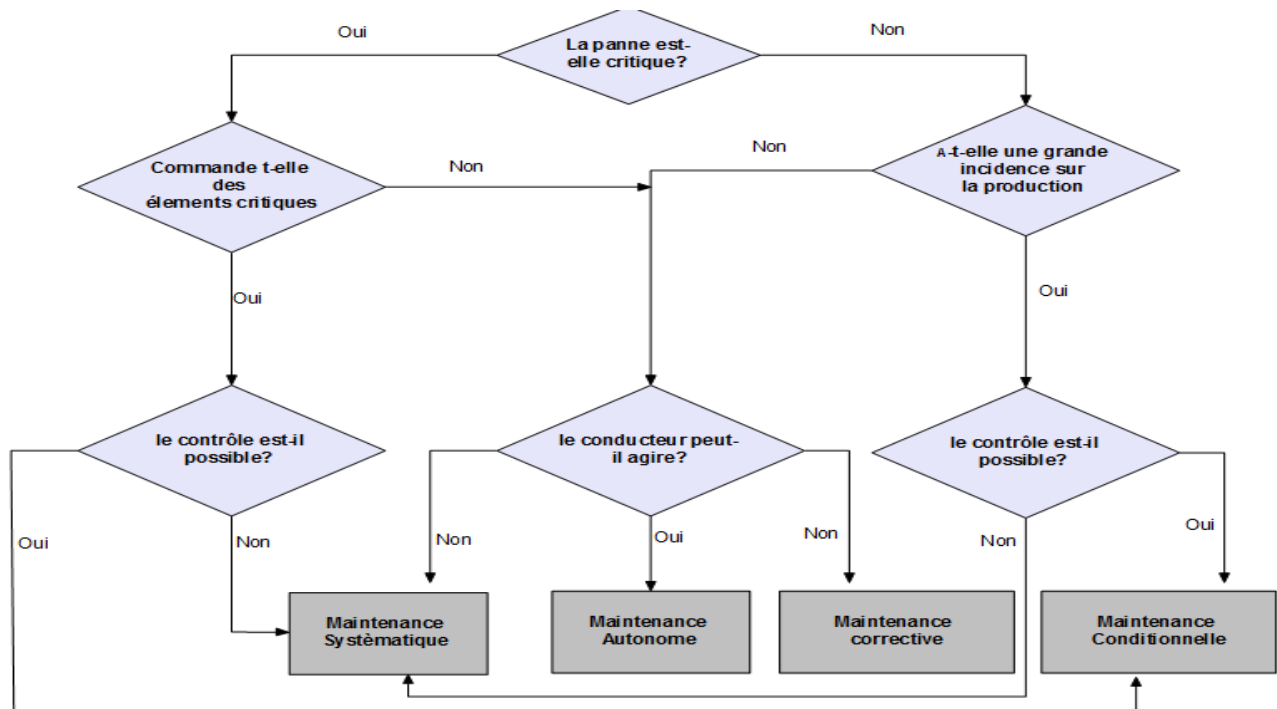


Figure 10:Arbre du choix de maintenance

Tout d'abord une maintenance est un ensemble d'actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Définitions des différents types de maintenance :

✓ Maintenance systématique ou préventive

Il s'agit de prévoir les interventions de maintenance selon un planning prédéterminé (généralement, les prescriptions du constructeur).

Exemple: Mon véhicule consomme 10 litres/100 km. Mon réservoir contient 50 litres. Entre 490 et 500 km je m'arrête pour faire le plein à la pompe. *Inconvénient :* On ne tient pas compte des éléments extérieurs : physionomie du terrain, vélos sur le toit, chargement du véhicule ... Par conséquent, on risque de tomber en panne plus vite que prévu ou de s'arrêter trop tôt.

✓ Maintenance autonome

Il s'agit d'une petite intervention réalisée par l'opérateur en charge d'un matériel lorsqu'une panne survient.

Elle ne prend le plus souvent pas de temps et ne nécessite pas l'intervention du service maintenance.

✓ Maintenance corrective ou curative

Il s'agit d'une intervention sur un matériel en panne ou défaillant.

Exemple: Lorsque je tombe en panne d'essence, je gare ma voiture sur le bord de la route et je vais jusqu'à la pompe avec mon jerrycan. *Inconvénient :* Indisponibilité provisoire de l'équipement, pertes de production, problème éventuel de ravitaillement (~ disponibilité des pièces de rechange)

✓ Maintenance conditionnelle

Il s'agit de réaliser les interventions de maintenance selon des indicateurs de performance ou de comportement provenant de l'équipement ou de l'installation surveillé.

Exemple : Lorsque le voyant lumineux de ma jauge clignote, je sais que je vais devoir m'arrêter parce que mon réservoir est bientôt vide. *Avantage :* Intervention sur l'équipement qui donne des signes de faiblesse avant sa défaillance pour éviter des pertes de production, mais au plus juste pour éviter tout arrêt inutile ou prématuré.

Plus précisément, selon la norme AFNOR X 60-010, la maintenance conditionnelle est définie comme «une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure) révélateur de l'état de dégradation du bien.»

Avant d'entamer l'étude il est à mentionner que les seuls types de maintenances adoptées sur la machine sont : la maintenance préventive systématique et la maintenance corrective avec une dominance de cette dernière.ci- après leur répartition pour l'année 2015:



Figure 11:Diagramme représentant les types de maintenance de la société pour l'année 2014

La politique proposée vise à augmenter les interventions préventives systématiques (de 2 à 20%) et diminuer les interventions correctives ainsi que la mise en place de nouveau type de maintenance à savoir la maintenance autonome et la maintenance conditionnelle avec des proportions de 10% et 8% simultanément.

Cependant, une analyse des défaillances des sous-systèmes et composantes de la souffleuse est obligatoire, afin de définir quels sont les points critiques et comment y remédier.

Le tableau ci-dessous montre les défaillances de chacun des composantes de la souffleuse ainsi que les actions correctives proposées :

Tableau 9: Analyse des défaillances

Voici ci-après la nouvelle politique proposée par l'AMDEC- machine :

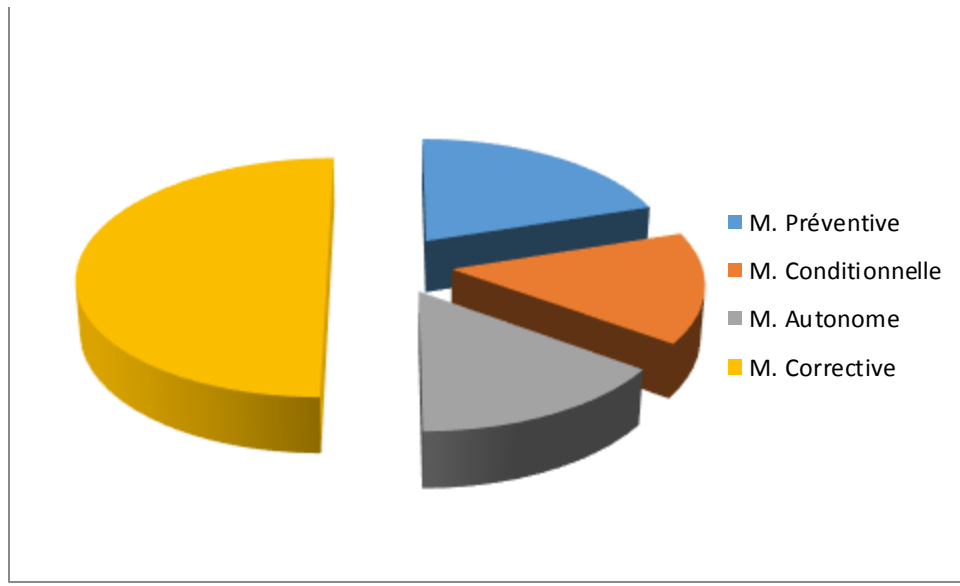


Figure 12:Nouveau Plan de maintenance proposé

- Suivi et contrôle :

Après avoir déterminé les éléments critiques et les actions correctives à entreprendre, un suivi est obligatoire pour le succès de cet outil. En effet un nouveau calcul des critères doit être effectué après chaque modification.

Conclusion

La mise en œuvre d'une telle démarche montre sa contribution dans l'augmentation de la disponibilité des équipements .En effet elle a permis :

- de définir les exigences de sûreté de fonctionnement de manière précise.
- d'identifier les défaillances critiques pour chaque équipement.
- de définir la nouvelle politique de maintenance.

Les éléments traités dans le cadre de ce travail ont été développés suivant une méthode logique et structurée. Elle a permis de mieux maîtriser le système tout en identifiant les maillons faibles et de connaître les types de maintenance appliqués à chaque sous système et composant.

Au niveau de la fiabilité du système, on a identifié les composants sur lesquels il faut agir en priorité en engageant des actions préventives appropriées.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Dans le présent rapport, il a été question d'apporter par une méthodologie logique des améliorations à la ligne d'embouteillage de Sidi Ali 33 cl.

Cette méthodologie dans un premier temps a consisté à l'application d'un outil du Lean Management notamment l'étude du taux de rendement synthétique de la ligne, ce qui a permis de mettre en évidence le fait que la majeure cause de perte de TRS de cette ligne est due aux pertes de temps générées par les pannes des machines, pannes le plus ressenties au niveau de la souffleuse.

Ensuite, il a été question d'analyser, pour le système souffleuse, les modes de défaillances, leurs effets et leurs criticités ce qui nous a permis d'élaborer une nouvelle politique de maintenance visant à réduire ces pertes de temps et par conséquent de hausser le TRS de la ligne.

En perspective, cette nouvelle politique de maintenance, serait pour le moment un début pour une amélioration continue souhaitée par l'entreprise, les pourcentages des nouveaux types de maintenance pourraient être revues avec le temps afin d'obtenir de meilleurs résultats selon l'observation qui sera faite après la mise en place de celle proposée.

D'autres outils du Lean Management pourraient être exploités en parallèle au TRS comme la VSM qui vise à réduire les gaspillages non seulement en temps mais aussi en matières.

Nous proposerons également l'utilisation des plans d'expériences qui consistent à trouver les conditions optimales d'utilisation d'une machine afin d'éviter leur usures ou fatigue rapide.

BIBLIOGRAPHIE

- *CRTA. (2013). Les types et niveaux de maintenance.*
- *Programme INMAA (Initiative Marocaine d'Amélioration (s.d.). Module 1.*
- *HOHMAN, C. (s.d.). Christian HOHMANN. Récupéré sur <http://christian.hohmann.free.fr/>*
- *JOURDEN. (1997). Méthode AMDEC. Référentiels Dunod.*
- *Objectif-Pi. (2010, Février 17). Objectif-Pi. Récupéré sur <http://site.objectif-pi.com/derniers%20articles>*
- *RIDOUX, M. (s.d.). AMDEC Moyen.*

Tableau 9 : Analyse des défaillances

AMDEC MACHINE– ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ							Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
											Nom : ADOSSI Debora	
							Élément		Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance
F	G	N	C									
Trémie préformes		Alimentation de la machine en préformes	Déchirure du tapis transporteur	Usure	Pas d'alimentation en préforme	Visuelle	1	3	1	3	Maintenance préventive systématique-Maintenance corrective	
Tapis élévateur		Acheminer les préformes vers la glissière	Déchirure des ailettes du tapis	Usure	Pas d'alimentation en préformes	Visuelle	1	4	1	4	Maintenance préventive systématique-Maintenance corrective	
Glissières Préformes (Cylindres orienteurs)		Positionne les préformes à l'entrée du four	Rotation non uniforme -Mauvais positionnement des préformes	Fatigue des paliers-Usure	Pas d'alimentation en préformes	Visuelle et auditive	1	4	1	4	Maintenance conditionnelle	
Plateau de chargement		Sépare les préformes collées avant le four	Désynchronisation-Blocage-Mauvaise ou pas de fixation des préformes	Usure de l'engrenage et des dents de la courroie	Pas de passage des préformes au four	Visuelle	2	4	1	8	Maintenance conditionnelle	
Pinces	Entrée	Transfert des préformes sortant du four	Désynchronisation-Mauvaise ou pas de fixation des goulots-Blocage	Usure des bras des pinces-Fatigue	Pas de passage des préformes chauffées aux moules	Visuelle	3	2	1	6	Maintenance préventive systématique-Maintenance corrective	
	Sortie	Transfert des préformes soufflées			Pas de passage des bouteilles à la soutireuse							
Four	Lampes		Chauffent les préformes	Lampes cassées ou grillées	Contact avec des préformes mal fixées - négligence des opérateurs	Mauvais chauffage ca usant une hausse de perte préformes	Visuelle	3	1	1	3	Maintenance corrective
	Tournettes		uniformise la température sur la préforme	Blocage-Désynchronisation	Usure	Mauvais ou pas de chauffage causant perte préformes	Visuelle	4	1	1	4	Maintenance préventive systématique
	Chaîne du four		Permet le déplacement des tournettes dans le four	Blocage-Rupture	Usure-Surtension	Arrêt de la machine	Visuelle et auditive	1	4	1	4	Maintenance préventive systématique-Maintenance conditionnelle
	Système de refroidissement		Refroidit le goulot des préformes	Problème d'échangeur	Colmatage	Pertes de préformes	Pc de contrôle	2	3	1	6	Maintenance préventive systématique-Maintenance corrective
Roue de soufflage	Moules		donnent forme aux préformes	Mauvaise fermeture	Usure	Perte en préformes	Visuelle	4	1	1	4	Maintenance préventive systématique-maintenance autonome
	Système de soufflage	Electrovannes	Contrôle la pression de présoufflage, soufflage et compensation	Mauvaise pression	Usure segments-Mauvais réglage-Disfonctionnement électrique	Perte préformes	Visuelle et PC de contrôle	3	2	1	6	Maintenance préventive systématique-Corrective
		Tuyères	Assurent l'étanchéité et le passage de la tige d'élongation	Blocage	Usure	Perte en préformes	Visuelle et bruit	2	2	1	4	Maintenance systématique-corrective
		Tiges d'élongation	Allongent les préformes	Blocage	Usure -déformation	Perte en préformes	Visuelle	1	2	1	2	Maintenance systématique-corrective



Filière Ingénieurs Industries Agricoles et Alimentaires



Résumé

Nom et prénoms : ADOSSI Awovi Debora

Année Universitaire : 2014-2015

Titre : Lean Management et AMDEC pour une amélioration continue de la ligne d'embouteillage de Sidi Ali 33-50 cl

A l'ère actuelle où le monde industriel connaît un essor faramineux, la concurrence bat son plein.

Les industriels, de plus en plus soucieux de la compétitivité ne ménagent aucun effort pour rester dans la course. Ainsi donc la politique d'amélioration ou d'optimisation continue avec son cortège d'outils est largement diffusée et sollicitée.

Les industries du secteur agroalimentaire Marocain, notamment les Eaux minérales d'Oulmes se sentant bien évidemment concernée par cette tendance d'amélioration, trouve tout son intérêt dans l'élaboration de ce projet.

Ce présent projet a pour objectif l'amélioration continue d'une ligne d'embouteillage. Par un diagnostic détaillé par le lean management, les écueils de la production notamment les pannes mécaniques seront mises en évidence. La solution visant à la minimiser sera l'instauration d'une nouvelle politique de maintenance après avoir effectué une étude AMDEC sur la machine la plus atteinte par les pannes à savoir la souffleuse.

Mots clés : Eaux minérales d'Oulmes-Amélioration continue-Production-pannes mécaniques-Minimiser-nouvelle politique de maintenance-Lean management-AMDEC-souffleuse