
Année Universitaire : 2010-2011

**Filière ingénieurs
Industries Agricoles et Alimentaires**



Rapport de stage de fin d'études

**L'amélioration du rendement de la capsuleuse par la
démarche TPM au sein de la conserverie de LCM
« Aïcha »**

Réalisé par l'élève-ingénieur:

EL ALAMI Mounia

Encadré par :

- M^r. ES-SABTI Aziz : Entreprise : LCM
- M^{me}. MAÂZOUZI Nadia : FST Fès

Présenté le 28 Juin 2011 devant le jury composé de:

- P^r N. MAÂZOUZI : Présidente
- P^r N. BENBRAHIM : Examinatrice
- P^r F. KHALIL : Examineur
- P^r E.H. LAMCHARFI : Examineur
- P^r J. YAMAN I : Examineur

Stage effectué à : « Les Conserves de Meknès » du 01/02/2011 au 31/05/2011.



Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom: EL ALAMI Mounia

Année Universitaire : 2010/2011

Titre: L'amélioration du rendement de la machine capsuleuse par la démarche TPM au sein de la conserverie de LCM « Aïcha »

Résumé

De nos jours, pour être compétitif sur le marché, LCM « AÏCHA » doit avoir une idée très précise sur ses possibilités de production et de l'efficacité de son organisation.

Nous allons voir tout au long de ce rapport que l'indicateur TRS (Taux de Rendement Synthétique) joue un rôle clé dans l'amélioration de la production de confitures de fraise, car c'est lui qui mesure l'efficacité des installations des machines étudiées.

Le but de cette étude est d'identifier le taux du rendement synthétique (TRS) dans la zone de capsulage au niveau de la chaîne de production de confiture de fraise ainsi que d'évaluer un système d'amélioration pour la machine critique en analysant les différentes pertes établies par la démarche TPM.

La première partie fera l'objectif d'une étude préliminaire afin de positionner le problème étudié.

La deuxième partie sera consacrée au suivi de TRS afin d'identifier la machine critique.

Et la troisième va concerner l'établissement d'un système de correction par l'utilisation de la démarche TPM.

Mots clés: TPM, TRS, Capsuleuse WC 560GH, ISHIKAWA, PARETO, Fiche de bâtonnage, LCM « Aïcha ».

Introduction générale

Sur le théâtre de l'économie marocaine, le secteur agroalimentaire est une composante importante de l'activité industrielle. En effet, il contribue à hauteur d'un tiers du PIB industriel.

Particulièrement dynamique, l'industrie de la transformation alimentaire au Maroc est l'une des principales industries du pays. Il s'agit d'un domaine stratégique capable de répondre aux besoins de la population. Toutefois ce dernier est désormais poussé par une concurrence très féroce qui demande une amélioration des processus de fabrication.

Dans cette optique, les entreprises font de plus en plus appel aux techniques les plus efficaces afin de se différencier par leur compétitivité en termes de coût et de service ; ainsi qu'améliorer leurs performances techniques par rapport aux installations pour avoir un rendement maximal de production et par conséquent garder leur place sur le marché industriel.

Dans ce cadre, les machines doivent tourner à la vitesse prévue durant tout leur temps de fonctionnement, et ne produisent que des bonnes pièces. Il n'y a jamais ni pannes ni rebuts, et les opérateurs assurent eux-mêmes la maintenance de leurs machines. Cette situation idéale n'est ni plus ni moins que l'objectif explicite de la méthode TPM (Total Productive Maintenance), une démarche de progrès permanent, qui permet l'amélioration des performances des équipements par la prévention des pertes de toutes sortes.

Ainsi, les arrêts fréquents des appareils, en particulier les capsuleuses, se sont répercutés de manière négative sur le rendement de la production, d'où la nécessité d'une démarche alternative permettant de dévoiler les causes et d'assurer une amélioration des machines.

Pour ma part, l'objectif de mon projet est d'améliorer le rendement de la capsuleuse WC 560GH par l'utilisation de la méthode TPM, en d'autre terme l'augmentation du rendement de fabrication de la confiture de fraises, au sein de la société **L.C.M** (Les Conserves de Meknès) et dont la méthodologie passe par deux phases : en premier lieu, la mesure du rendement par un suivi de TRS (pour optimiser l'implantation de la TPM) et en deuxième lieu, l'utilisation de cette démarche pour établir un système d'amélioration de la machine critique.

I. Aperçu historique sur la LCM « Aïcha » :

Les Conserves de Meknès « LCM » est une compagnie considérée parmi les plus anciennes et les plus performantes sociétés à l'échelle nationale, qu'il s'agisse de la sélection des matières premières, de l'introduction de nouvelles technologies ou de l'adaptation de ses produits à l'évolution des consommateurs.

Depuis sa création en **1929** sous le nom de **Paul Cibut**, **LCM** a fondé sa réputation d'excellence autour du label «**Aïcha**» avant d'étendre son savoir-faire au concentré de tomate, aux confitures, à l'huile d'olive et plus récemment aux huiles raffinées et sauces.

En **1962**, la famille **DEVICO** racheta cette société artisanale, et ce fut la date qui marqua le début d'une nouvelle ère puisque le dirigeant a réussi à ériger cette petite société au niveau industriel en modernisant son processus de production.

En **1998**, la société des conserves de Meknès a décidé d'investir en un grand projet qui consiste à l'installation d'une unité de raffinage des huiles alimentaires : Soja, Tournesol, huile d'olive, huile de grignon d'olive, avec une capacité de production de **150 tonnes/jour**.

Concernant les confitures «**Aïcha** », **LCM** est leader sur le marché local avec une large gamme de produits déclinés en 15 parfums à pleine saveur concoctés selon des recettes authentiques jalousement gardées. L'unité de production actuelle peut traiter **160 tonnes/jour** en flux continu.

Afin de répondre aux attentes de ses consommateurs. **LCM** a lancé en juillet **2004** sa nouvelle gamme de confitures «**Aïcha** » light pour les régimes sans sucre et hypocalorique.

LCM est également le premier producteur mondial de truffes blanches et le premier exportateur national d'huile d'olive, deux produits essentiellement destinés à l'export.

II. Carte d'identification [1]:

La carte d'identification de l'entreprise est représentée dans le tableau ci-après :

Tableau 1: Carte d'identification de LCM "AÏCHA"

Raison sociale	Les Conserves de Meknès « Aïcha »
Siège social	Quartier industriel Ain-Slougi BP : 217-Meknès- Maroc

Capital social	110 000 000 DH
Forme juridique	Société anonyme
Date d'activité	1962
Superficie de l'usine	70000 m ² dont 35000 couverts
Secteur d'activité	Agro-alimentaire
Tél.	05 35 50 17 90 /94
Fax	(+212-535)50 16 42
Télégramme	Aïcha Meknès
Patente N°	17307131
Site web	www.Aïcha.com
E-mail	Aïcha@Aïcha.com
Capacité de production	<ul style="list-style-type: none"> - DCT : 3000 tonnes/jour - Confitures : 160 tonnes/jour - Huile d'olive : 500 tonnes/jour - Huile raffiné : 150 tonnes/jour - Champignons : 120 tonnes/jour - Condiments : 50 tonnes/jour
Effectif	<ul style="list-style-type: none"> - Effectif permanent : 218 personnes, dont : <ul style="list-style-type: none"> • 20% cadres ou agents de maitrise. • 80% employés et ouvriers. - Effectif saisonnier : variable en fonction des besoins de l'entreprise.
Répartition du chiffre d'affaires	80% sur le marché local et 20% sur l'export.
Palmarès	<ul style="list-style-type: none"> • 1^{er} producteur de truffes blanches ; • 1^{er} producteur d'huile d'olive, de concentré tomate et de confiture au Maroc ; • Leader des ventes des confitures et de concentré de tomate au Maroc.

III. Approvisionnement en matière première :

La matière première est l'un des éléments les plus importants dans le réseau de fabrication et dont la qualité initiale est la base pour garantir une production saine.

III.1. Matière végétale :

Le tableau suivant présente les différents fournisseurs de la matière végétale au service de conserverie de LCM.

Tableau 2: Les différents fournisseurs de la matière végétale (Service conserverie).

Matière première	Fournisseurs
Abricots	Berkane, Marrakech, Midelt...
Fraises	Propre fermes de l'entreprise, My Boussalham,
Autre fruits	Berkane, Marrakech, Midelt, et l'importation de l'étranger : France, Espagne, Italie, ...

III.2. Emballages :

Les fournisseurs en matière d'emballages sont :

- ☒ Les bocaux : **S.E.V.A.M** « Société d'Exploitation de Verre Au Maroc » (Casablanca) ;
- ☒ Les boîtes métalliques : **G.C** « Global Can » (Meknès) ;
- ☒ Les cartons : **C.M.C.P** « La compagnie Marocaine de Carton et Papier » (Kenitra) et **S.O.N.A.CAR** « Société Nationale du Carton Ondulé (Casablanca) ;
- ☒ Les étiquettes : **S.O.M.A.D.I** « Société Marocaine d'Impression » (Casablanca).

III.3. Sucre, acide citrique :

- ☒ Sucre : Société « **COSUMAR** » (Casablanca)
- ☒ Acide citrique : **S.N.E.P** « Société Nationale d'Electrolyse et de Pétrochimie » (Mouhamadia).

III.4. Fuel :

LCM utilise le fuel comme matière de combustion pour la chaudière et est approvisionné par: **S.C.P** « Société Chérifienne de Pétrole » (Sidi Kacem), et **S.O.M.A.P** « Société Marocaine des Pétroles ».

IV. Activités de l'entreprise :

La société LCM est spécialisée dans la fabrication de plusieurs produits qui sont commercialisés sous forme de la gamme « **Aïcha** » :

IV.1. Les confitures :

Aïcha produit une gamme de confiture de 15 parfums :
Fraise, abricot, orange, prune, figue, ipomée, pêche, pomme,
coing, cerise, ananas, myrtille, framboise, groseille, et cassis.



IV.2. Le concentré de tomate :

Le concentré de tomate Aïcha occupe également une position de leader sur le marché marocain avec une capacité de production de 3000 tonnes /jour.



Le conditionnement du double concentré de tomate (DCT) se fait dans des boites métalliques ou des pots en verre de tailles différentes (grand, moyen ou petit).

Aïcha a lancé un nouveau produit avec cinq variantes de sauces de tomates : pizza, provençale, napolitaine, aux olives et aux cèpes.

IV.3. Les huiles :

LCM dispose sur son site d'une huilerie moderne avec une capacité de production d'huile d'olive qui dépasse les 3000 tonnes d'olives par jour.

Elle est dotée aussi d'une des raffineries les plus modernes qui garantie un traitement optimal de l'huile végétale visant à préserver intactes ses qualités organoleptiques, grâce au système automatisé de l'unité et aux différents tests et analyses effectuées tout au long du cycle de raffinage de l'huile de table, l'huile de tournesol, huile de soja et huile de grignon raffinée.

IV.4. Les condiments:

95 % des conserves d'artichauts sont destinées à l'exportation.

Les conserves d'olives, des citrons, des piments (Pili Pili) et de câpres, ne sont plus fabriquées dans l'usine, et sont actuellement produites respectivement par NORA et MAROCÂPRES.

IV.5. Les champignons :

La production des champignons est destinée totalement à l'exportation.

Le **tableau 3** ci-dessous montre les différentes variétés des produits « Aïcha » selon la saison :

Tableau 3: Les différentes variétés des produits Aïcha selon la saison.

Activité	Période
Confiture d'oranges	Janvier, Février et Mars
Confiture de fraises	Mars, Avril et Mai
Confiture d'abricots	Mai et Juin
Truffes blanches	Février, Mars, et Avril
Double concentré de tomates (DCT)	Juin - Septembre
Huiles d'olive	Octobre - Janvier

V. Organigramme de la société LCM :

L'organigramme de LCM « Aïcha » se présente comme suit :

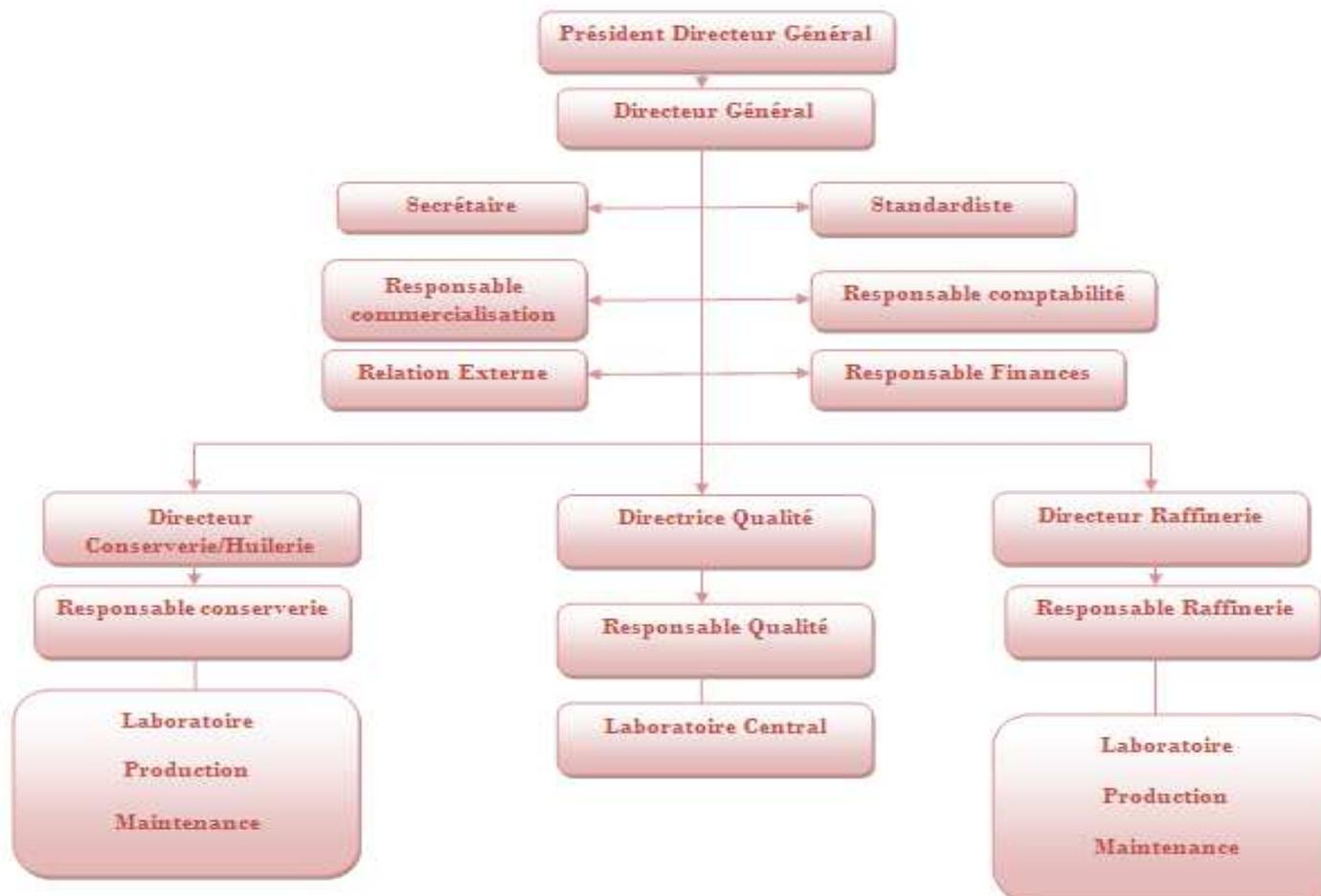


Figure 1: L'organigramme de LCM "Aïcha".

VI. Contrôles effectués pour la confiture de fraise :

LCM dispose d'un laboratoire de contrôle qualité, équipé des appareils de contrôle et d'essais modernes pour préserver la conformité du produit au cours des opérations internes et lors de la livraison à la destination prévue, le processus de fabrication des produits « **Aïcha** » est un enchaînement de plusieurs contrôles.

VI.1. Contrôle à la réception :

Procédure qui permet de vérifier si la livraison reçue par le fournisseur est conforme aux spécifications fixées par le contrat.

En fait, il existe deux types de contrôle :

- ✘ Contrôle des produits d'emballage ;
- ✘ Contrôle de la matière première.

VI.2. Contrôle à la fabrication :

- ✘ **Contrôle visuel du triage des fruits** : par vérification de la présence ou l'absence de sable, des feuilles et des bouts noirs,...
- ✘ **Contrôle du lavage** : est effectué par la mesure du chlore résiduel dans l'eau.
- ✘ **Contrôle du blanchiment** : par la vérification de la température du blanchiment.
- ✘ **Contrôle du remplissage** : est effectué à l'aide d'un calibre de vérification de hauteur qui doit être fait au début et au cours d'une période de remplissage des pots.
- ✘ **Contrôle du serti des capsules** : est effectué par le test de sécurité des pots et la mesure de leurs poids nets.
- ✘ **Contrôle du produit conditionné** : par la vérification de la température du produit avant et après la pasteurisation, le taux du Brix, le pH, la viscosité, les caractères organoleptiques, et la présence de matières étrangères.

VI.3. Contrôle de l'eau :

D'une manière mensuelle, LCM effectue des analyses sur l'eau de puit, en déterminant la flore totale, les coliformes totaux et fécaux et la présence de sulfito-réducteurs.

VII. Informations sur la confiture de fraise :

VII.1. Description du produit :

Comme tout produit agroalimentaire, les confitures d'Aïcha sont accompagnées d'informations concernant la description du produit présentées dans le tableau suivant :

Tableau 4: Description du produit

Confiture de fraise normale « Aïcha »	
1. Matière première	Fraise
2. Gout	De fraise
3. Couleur	Rouge
4. Ingrédients	Sucre, l'acide citrique, la pectine, l'eau
5. Importantes caractéristiques du produit.	pH = 3 – 4 Brix = 60-61 $A_w = 0,8$
6. Emballage et dimension	Bocaux en verre (portion de 50g, 21 cl, 37cl, 72 cl) avec couvercle métallique Boite métallique (1kg) : fabriquées du fer blanc et vêtues à l'intérieur d'une résine
7. Durée de conservation	5 ans
8. Température de conservation	Température ambiante
9. Maîtrise spéciale lors de la distribution	Fragile, à manipuler avec précaution pour les bocaux en verre

VII.2. Identification de l'utilisation prévue :

Afin de garantir la sécurité optimale du consommateur et assurer l'utilisation prévue du produit ; des informations caractéristiques du produit sont mentionnées au niveau de l'étiquetage (Tableau 5).

Tableau 5 : Identification de l'utilisation attendue.

1. Utilisation prévue	- Pour la consommation humaine
2. Instructions d'utilisation	- Réfrigération après ouverture - A consommer avant la DLC
3. Profil du consommateur ciblé	-Tout consommateur : homme, femme, enfant à différents âges sauf les nourrissons.
4. Lieu de vente	-Magasins de détail, hôtels, les grandes surfaces, restaurants, ...

VII.3. Diagramme de fabrication de la confiture de fraise :

Une représentation systématique de la séquence des étapes et/ou opérations utilisées dans un processus de production et conditionnement de la confiture de fraise.

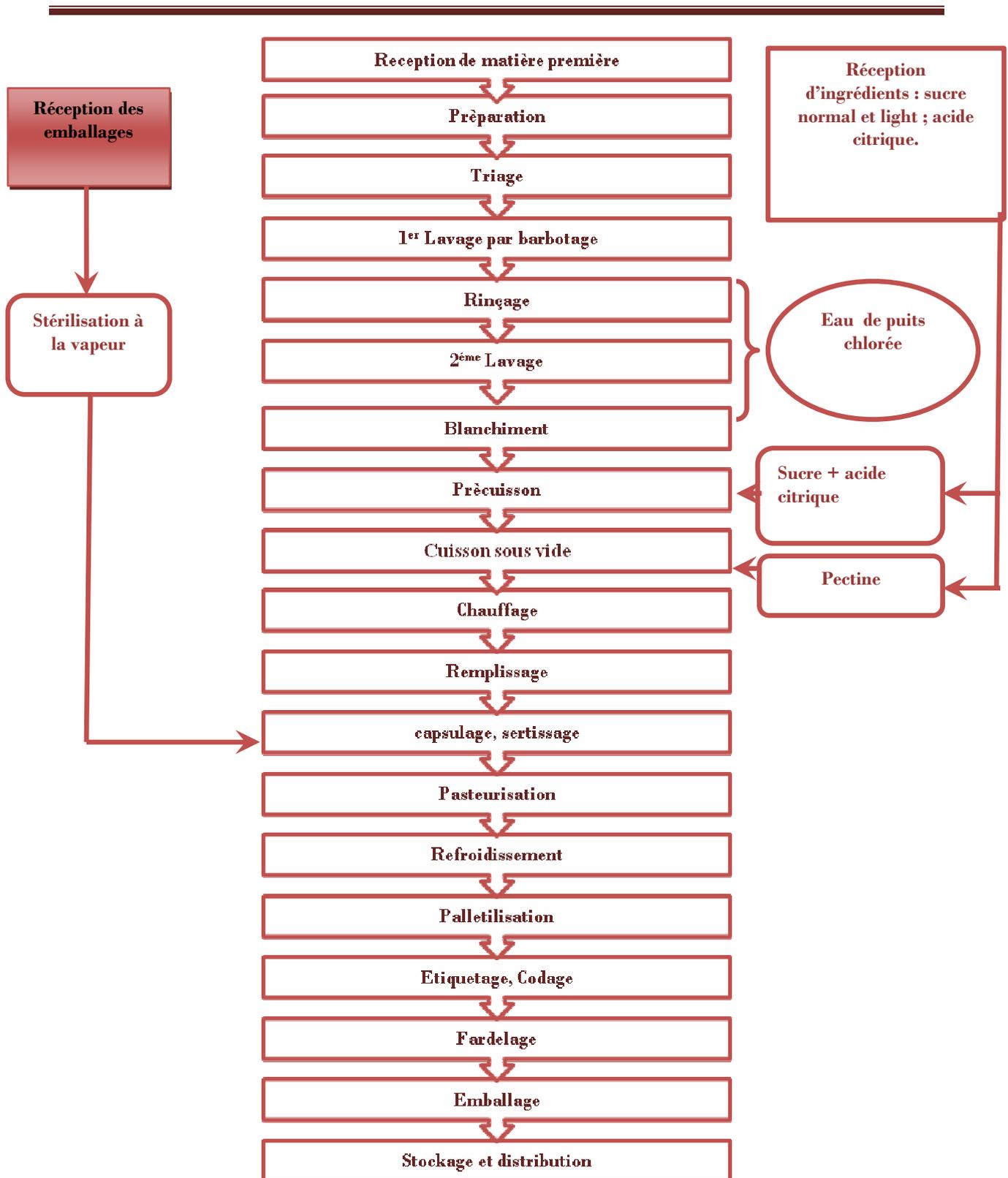


Figure 2: Diagramme de fabrication de la confiture de fraise.

🍓 Étape 1 : Réception :

La réception de la matière première (fraise) s'effectue dans des caisses en plastiques propres. On prend pour chaque camion un échantillon représentatif et on mesure :

✖ % rouges : donne une idée sur le degré de maturité des fruits.

-
- ✘ % **tournantes** : des fruits qui n'ont pas encore atteint un degré de maturité
 - ✘ % **pourris et moisiss** : ce sont des fruits sur lesquels se développent les moisissures ; il renseigne sur la fraîcheur des fruits et les conditions de leur stockage.
 - ✘ % **écrasés** : les fruits qui sont écrasés par un mauvais transport, une surcharge, ou bien une mauvaise manipulation.
 - ✘ **Nombre de fruits/kilogramme**: les fruits de petit poids et de petite taille demandent plus de main d'œuvre et par la suite plus de temps ce qui engendre plus de pertes.
 - ✘ **Brix** : C'est le pourcentage de matière sèche soluble dans la phase aqueuse, il donne une idée sur la maturité du fruit. Il existe des fruits climactérique qui continuent à murir même après récolte, (tomate), alors que les fruits non climactériques ne murissent pas après récolte, (fraise).
 - ✘ **pH** : facteur déterminant sur la multiplication des bactéries. En effet, toutes les bactéries pathogènes ne se développent pas à un pH inférieur à 4,5.

Remarque : - Pour le pH et le Brix, on prend un échantillon représentatif de fraises, on le mixe jusqu'à obtention d'un mélange homogène, puis on mesure ces deux paramètres.

Étape 2 : Préparation :

La préparation des fraises se fait manuellement à l'aide des couteaux. Cette opération sert à enlever toutes les feuilles, les bouts noirs et les traces des fleurs.

Cette étape doit être effectuée soigneusement pour récupérer la totalité du fruit effeuillé. Ensuite les fraises sont mises en caisses pour passer au triage.

Étape 3 : Triage :

Cette étape s'effectue manuellement sur un tapis roulant où un groupe de femme surveille l'absence de corps étrangers, des fruits endommagés et/ou moisiss.

Remarque : Un contrôle visuel lors du triage est assuré par un technicien de laboratoire.

Étape 4 : Premier lavage

Il s'effectue par l'eau de puits chlorée, (**0.1 à 1 ppm**), dans un bassin par action du barbotage. Cette opération sert à enlever les sables et les feuilles qui adhèrent au fruit.

Remarque : Le temps de séjour dans les bassins est de 15sec.

Étape 5 : Rincage

Les fraises sont ensuite transportées par un élévateur, où elles sont rincées par un jet d'eau pour enlever les sables.

Remarque : Le temps de séjour sous les jets est de ≈ 5 sec.

Étape 6 : Deuxième lavage

Les fraises passent sur un tapis vibreur qui contient des douches pour effectuer un dernier lavage.

Remarque : au niveau de cette étape, on effectue deux types de contrôle :

-  **contrôle des sables :** on prélève 4 à 5 fraises dans un bocal en verre rempli d'eau, on agite manuellement, puis on observe si l'eau contient du sable ou non.
-  **Un contrôle visuel :** est assuré par un technicien de laboratoire pour s'assurer de l'absence des feuilles et des bouts noirs.

Étape 7 : Blanchiment

Cette étape se déroule dans une cuve à double paroi qui fonctionne à l'aide d'un vice sans fin, par l'injection de vapeur à une température de **70-90°C** pendant **3 à 5 min**.

Cette opération sert à ramollir les fraises, à inactiver les enzymes présentes naturellement dans les fruits et à évaporer les gaz dissous dans les fruits qui peuvent détériorer les fraises.

Étape 8 : Pré-cuisson

La pré-cuisson a pour but de dissoudre le sucre et l'acide citrique dans le jus de fruit. Au début, on chauffe le produit dans une boule en inox et à double paroi jusqu'à ébullition pendant 8 min, puis on ajoute le sucre, (une quantité de 50%), et on continue le chauffage sous agitation pendant 4 min à une température de 90°C. A la fin de cette étape, on obtient un brix de 58°Bx, ensuite le produit est envoyé aux boules de cuisson à travers des canalisations en inox.

Étape 9 : Cuisson sous vide

Les fraises sont cuites à une température de 60 à 65°C sous vide pour obtenir le produit final avec un Brix de 60 à 62°Bx.

Remarque : A cette étape, on dissout la pectine dans l'eau et qui va être aspiré grâce au vide à l'intérieur de la boule de cuisson.

Étape 10 : Chauffage

Cette étape se déroule dans une petite boule de stockage qui chauffe le produit jusqu'à 80°C. Après on le fait passer dans des canalisations en inox pour le conditionner.

Étape 11 : Remplissage

Les bocaux déjà chauffés à l'aide de la vapeur (pour les stériliser et éviter leur cassure), arrivent sur une bande transporteuse pour être remplis à l'aide d'une remplisseuse volumétrique.

Étape 12 : Capsulage

C'est la fermeture des bocaux par des capsuleuses, tout en injectant la vapeur dans l'espace libre du bocal, pour créer le vide.

Remarque : Après capsulage, les bocaux sont inspectés visuellement par les ouvriers pour éliminer ceux qui sont mal capsulés, ainsi que ceux ayant le niveau de remplissage inférieur ou supérieur à la norme, ou d'autres contenant des corps étrangers.

Étape 13 : Pasteurisation

Les boîtes bien fermées passent ensuite dans le pasteurisateur afin de détruire tout microorganisme susceptible d'être une source de contamination. Cette étape est effectuée grâce à des douches d'eau chaude de 90 à 92°C, puis à des douches d'eau tiède de 50°C (pour éviter le choc thermique lors du passage à l'étape suivante).

Le temps de séjour est fixé entre 10 et 15 min.

Étape 14 : Refroidissement

Les boîtes pasteurisées passent sous d'autres douches mais cette fois-ci d'eau froide (24°C). Le temps de séjour est de 25 à 30 min.

Étape 15 : Palettisation

Cette étape consiste à mettre les bocaux en vrac dans des palettes en carton pour éviter leur cassure.

Étape 16 : Etiquetage, codage

Les bocaux sont décorés par des étiquettes qui portent des renseignements concernant le produit fini (le nom du produit et ses composants : sucre, pectine, acide citrique). Puis ils passent sur une dateuse pour marquer la date de production et celle d'expiration sur le couvercle et enfin les capsules sont entourées d'une bande de sécurité.

Étape 17 : Fardelage

Cette étape consiste à plastifier les palettes pour donner une certaine stabilité aux bocaux lors du transport et du stockage.

Étape 18 : Emballage

Les bocaux sont ensuite mis dans des palettes pour mieux organiser le stock et pour y accéder facilement lors d'une commande.

Étape 19 : Stockage

Cette étape permet un suivi de l'évolution de la qualité du produit et par conséquent de détecter les anomalies qui peuvent apparaître durant cette période.

Étape 20 : Distribution

La distribution se fait dans des camions de la société.

Remarque : Les conditions de stockage chez les détaillons sont dans la plupart des cas à l'air libre et exposé au soleil, donc il faut le mentionner aux détaillants et les sensibiliser aux bonnes manières de stockage.

I. Total Productive Maintenance (TPM):

La maintenance productive totale ou bien en anglais Total Productive Maintenance (TPM) est une démarche d'amélioration des performances, qui s'inscrit dans une politique de maîtrise totale de la qualité et de l'excellence, [2].

Cet outil vise à optimiser de façon considérable les performances des équipements, c'est-à-dire à améliorer la productivité des machines.

La TPM, connue au Japon depuis les années 1970, s'est affinée au cours du temps, a évolué en fonction de différentes expérimentations et, à ce jour, elle est considérée comme une démarche pertinente.

Cette démarche englobe tous les outils d'améliorations de la qualité (ISHIKAWA, PARETO, AMDEC,...) et se met en place sur du moyen et long terme avec un déroulement très structuré.

1. Historique :

Les origines de la TPM, remontent au lendemain de la seconde guerre mondiale.

Ce terme « Total Productive Maintenance » serait selon certains à attribuer à des producteurs américains dans les années soixante, mais la plupart des experts s'accordent plutôt à citer l'équipementier électronique japonais de l'industrie automobile « Nippondenso » à la fin des années soixante. **Seichi NAKAJIMA**, un responsable du « Japan Institute of Plant » Maintenance (**JIPM**) est également souvent cité comme ayant défini les concepts de la TPM.

La littérature TPM a commencé à la fin des années 80, avec des livres et des articles écrits par des japonais et des américains. La première grande conférence sur la TPM a eu lieu aux Etats-Unis en 1990.

2. Définition :

La **TPM** ou **Total Productive Maintenance** est « démarche globale d'amélioration permanente des ressources de production qui vise la performance économique des entreprises. C'est une démarche globale dans le sens où elle concerne tous les hommes, du directeur à l'opérateur mais aussi toutes les fonctions de l'entreprise » [3].

Alors on peut définir la TPM comme la recherche permanente de l'amélioration des équipements de production par une implication concrète de tout quotidien.

Ⓜ **Total** = Impliquer tout le monde. Il est toujours possible d'améliorer.

Ⓜ **Productive** = Recherche de la meilleure efficacité possible de la performance.

Ⓜ **Maintenance** = Conserver les conditions optimales de production.

3. Objectifs:

La TPM permet d'améliorer la productivité de l'entreprise en impliquant le personnel par rapport à l'équipement.

Elle permet ainsi une meilleure utilisation du potentiel maintenance et augmente la compétence du personnel de production.

Métaphoriquement, la TPM est aux équipements et aux machines ce que la médecine est aux êtres humains.

La philosophie du concept TPM c'est la recherche de la productivité maximale du système industriel, de l'utilisation maximale du potentiel productif. C'est à ce titre que l'on parle de la « chasse des pertes ».

4. Méthodologie de la TPM, [4]:

La TPM est une démarche qui s'articule autour de deux phases :

- ☒ La première est une phase d'analyse qui a principalement pour but d'identifier la capacité globale de l'appareil de production.
- ☒ La deuxième est une phase d'amélioration autour du concept d'auto maintenance (c'est à dire de la participation du personnel de production par sa responsabilisation dans le fonctionnement de son équipement).

4.1. Phase d'analyse (suivi de TRS):

Dans cette phase d'analyse, on va comparer le fonctionnement réel du système de production par rapport à une situation de référence dans laquelle il fonctionne de manière optimale (on entend par optimale : sans aléas, sans pertes d'efficacité). Cette comparaison amène à relever les 6 causes principales de pertes d'efficacité maximale. Elles sont dues soit aux hommes, soit aux équipements, soit aux matières, soit à l'énergie.

A. Les six sources de perte selon l'approche TPM [5]:

On peut distinguer six sources essentielles de diminution du rendement de la machine :

- Ⓜ **Pannes** : Disparition ou dégradation de la fonction attendue ;

- Ⓜ **Réglages** : Ajustages en cours de série qui ne devraient pas exister si le procédé utilisé était capable et stable.
- Ⓜ **Pertes aux démarrages** : Temps de préchauffage de la machine, pièces perdues avant stabilisation du procédé.
- Ⓜ **Micro-arrêts et marche à vide** : Les entreprises ont pris l'habitude de nommer ainsi tous les arrêts inférieurs à 5 ou 10 mn. Mais il y a d'autres arrêts beaucoup plus courts, pas toujours détectables et qui méritent vraiment l'appellation de micro-arrêts. Ils sont souvent à l'origine des défaillances chroniques devant lesquelles les services maintenance ont très souvent abdiqué. Ils représentent les causes principales de problèmes rencontrés par les opérateurs, ce sont eux qui empêchent le fonctionnement automatique des équipements.
- Ⓜ **Sous-vitesses** : Baisse volontaire de vitesse, parce qu'à la vitesse nominale on rencontre des problèmes de fiabilité ou de qualité.
- Ⓜ **Rebut et retouches** : L'équipement a été utilisé pour rien, (rebut), ou plus longtemps que nécessaire, (retouches).

B. Décomposition du TRS :

Le **TRS (Taux de Rendement Synthétique)** est l'un des indicateurs les plus utilisés dans les ateliers de production pour identifier la machine critique et évaluer le niveau de performance de TPM. Il est le produit de 3 taux :

- ✘ Le taux de disponibilité qui mesure le temps durant lequel l'équipement fonctionne.
- ✘ Le taux de performance qui prend en compte le fonctionnement dans des conditions de performances anormales.
- ✘ Le taux de qualité qui correspond à la quantité des bonnes pièces produites.

On associe toujours à la mesure de TRS, un recueil des causes du non-RS (les arrêts planifiés, les pannes, les pertes de performance, de qualité et de disponibilité,...) et qui servent à déterminer les temps d'état d'un moyen de production (Figure 3), [6].

Temps d'ouverture	
Temps requis (t_r)	Arrêts planifiés

Temps de fonctionnement (t_f)		Pannes, pertes de disponibilité
Temps net (t_n)		Pertes de performance
Temps Utile (t_u)	Non qualité	

Figure 3: Décomposition du TRS d'une unité de production en fonction du temps

Avec :

- ☒ **Temps d'ouverture** : Partie du temps total correspondant à l'aptitude des horaires du travail du moyen de production et incluant les temps des arrêts planifiés.
- ☒ **Temps requis** : Il correspond aux temps réellement mesurés, c'est-à-dire la somme des temps de production et des arrêts non planifiés.
- ☒ **Temps de fonctionnement** : Il s'agit de la somme des temps de production réellement mesurés. On va enlever ici tous les problèmes d'arrêts subis, c'est-à-dire les pannes, le manque de personnel, le manque matière...
- ☒ **Temps net** : En général, il est calculé en enlevant au temps de fonctionnement brut tout ce qui représente la sous performance, c'est-à-dire les micro-arrêts et les écarts de cadence.
- ☒ **Temps utile** : Il représente le temps réellement passé à fabriquer des pièces conformes. On va enlever au temps de fonctionnement net le temps correspondant à la fabrication de tout ce qui est pièces rebutées.

Selon la norme **NF E 60-182**, le calcul du taux de rendement synthétique se fait comme suit [6]:

$$TRS = T_D * T_P * T_Q$$

T_D : le

T_P : le taux de performance = temps net/temps de fonctionnement

T_Q : le taux de qualité = temps utile/ temps net

4.2. La phase d'amélioration :

Au cours de cette phase, on va essayer de :

- ☒ Obtenir le rendement synthétique maximum du système de production ;
- ☒ Améliorer la performance des ressources de production, qui est mesurée par le TRS.
- ☒ Améliorer le savoir-faire de chacun pour créer un processus d'amélioration permanent des performances de l'entreprise.

Comme nous l'avons signalé auparavant, l'objectif de la méthode TPM est réduire de à zéro les pertes chroniques (du temps et du produit rebuté), qui empêchent d'obtenir la performance maximale du système de production.

Dans le cadre de la TPM, cette attitude se traduit par, une « chasse aux pertes » s'appuyant sur les composantes du TRS, et ceci par une :

- Diminution de la fréquence et la dispersion des pannes et des micro-arrêts, en analysant puis éliminant les causes de détériorations ;
- Prévention des défauts qualité pour avoir une fabrication sans défaut.

Partie I : positionnement du problème

A. Acteurs du projet :

A.1. Maître d'ouvrage :

Le maître d’ouvrage est la société **LCM « AICHA »** qui est une société légendaire dans la production agroalimentaire au Maroc, construite en 1929 et qui est plus connue par sa marque AICHA.

A.2. Maître d’œuvre:

La faculté des Sciences et Techniques de Fès, Filière ingénieur industries agricoles et alimentaires, représentée par **Mounia ELALAMI**.

Avec le suivi et l’encadrement de :

- **M^r. A. ES-SEBTI** : Encadrant de stage à LCM.
- **M^{me}. N. MAÄZOUZI**: Encadrante pédagogiques à FST Fès.

A.3. Contexte pédagogique :

Ce projet s’inscrit dans le cadre du stage de formation en 5^{ème} année, dont les étudiants de la filière IAA doivent faire un projet de fin d’études.

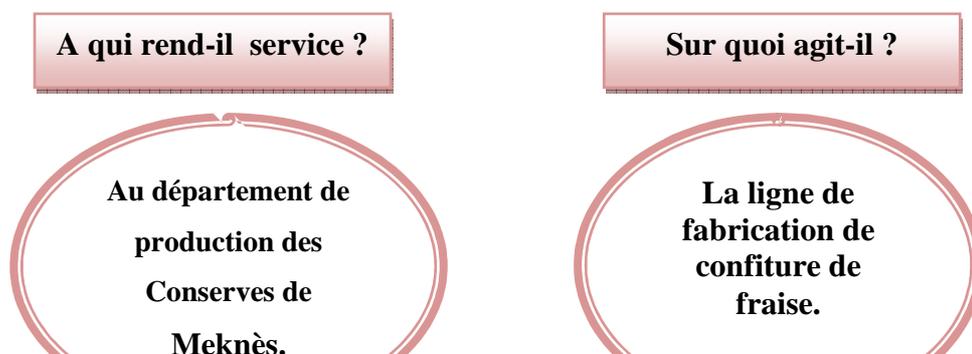
Au cours de ce stage, on doit mettre en place nos acquis pour résoudre des problèmes et trouver des solutions pratiques.

B. Besoin exprimé :

Les spécifications correspondant aux besoins de l’entreprise d’accueil à travers la mise en place de ce projet se résument comme suit :

- ☒ Se préparer pour une augmentation de la capacité de production ;
- ☒ Adopter les méthodes pour rechercher, identifier et combattre les pertes ;
- ☒ Donner plus d’autonomie aux opérateurs.

Les besoins déjà cités peuvent être résumés dans le diagramme « Bête à corne » suivant :



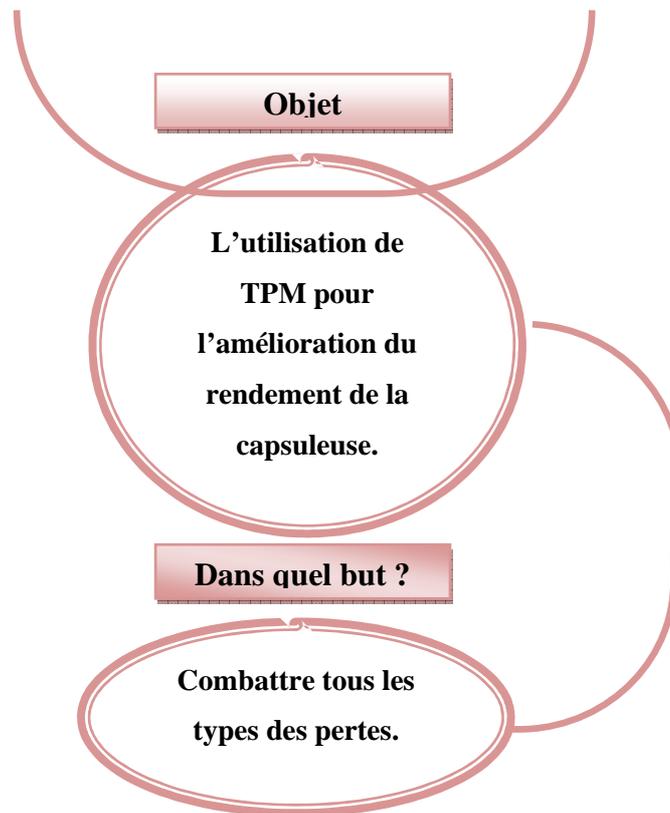


Figure 4 : Diagramme « Bête à corne » des besoins exprimés par le maître d'ouvrage, (LCM).

C. Contraintes à respecter :

Pour l'utilisation de la démarche TPM, on doit respecter les contraintes suivantes :

- ☒ Les solutions proposées doivent être rentables et efficaces ;
- ☒ Les solutions proposées doivent avoir des résultats à long terme et durables ;
- ☒ L'investissement demandé pour mettre en place la solution doit être réduit le maximum possible ;
- ☒ Le projet doit être fini dans l'intervalle du temps défini.

D. Etude de l'existant :

La zone étudiée de la ligne de production de confiture de fraise est celle du capsulage.

D.1. Définition du Capsulage :

C'est la fermeture des bocaux par des capsuleuses, qui injectent la vapeur, dans l'espace libre du bocal, qui en se condensant crée ainsi le vide.

D.2. Description de la capsuleuse :

C'est une machine permettant d'encapsuler les bocaux en verre, et qui pose 100 capsules par minute. L'alimentateur peut traiter des :

- ☒ **Capsules:** diamètre de 27 à 89 mm, hauteur de 5 à 18 mm.
- ☒ **Récipients:** diamètre de 30 à 120 mm, hauteur de 50 à 250 mm

D.3. Caractéristiques de la capsuleuse :

L'alimentateur est composé de:

- ☒ Structure inférieure en acier inox satiné, avec pieds d'appui réglables au sol ;
- ☒ Groupe de descente capsules avec préchauffage à vapeur ;
- ☒ Groupe de prise capsule directement de la bouche du récipient en passage et pré-vissage par le dispositif relatif ;
- ☒ Groupe de distribution vapeur en acier inox, muni de régulateur de la pression manomètre et déchargeur de condensat ;
- ☒ Groupe de vissage, avec variateur de fréquence, pour le serrage de la capsule sur le récipient par des courroies spéciales de vissage et pression ;
- ☒ Tête supérieure en aluminium anti-corodal, avec protection d'oxydation dure ;
- ☒ Groupe de Brackets pour le serrage et le centrage du récipient, se composant de deux groupes indépendants de poulies réglables en hauteur et largeur sur lesquelles les courroies de prise du récipient glissent ;
- ☒ Tapis convoyeur en acier inox géré avec variateur de fréquence.

La machine est équipée de:

- ☒ Kit aspirateur de la vapeur avec vannes de réglage flux ;
- ☒ Allongement du tapis convoyeur en entrée ou en sortie ;
- ☒ Photocellule de trop-plein en sortie de la machine ;
- ☒ Capteur pour relever la présence de la capsule et, en cas de manque, pour arrêter la capsuleuse.

Pour le capsulage, on utilise deux types de machines, une qui concerne la ligne FMT (**figure 5**) et l'autre concernant la ligne WC 560GH (**figure 6**).



Figure 5: Capsuleuse de la ligne FMT

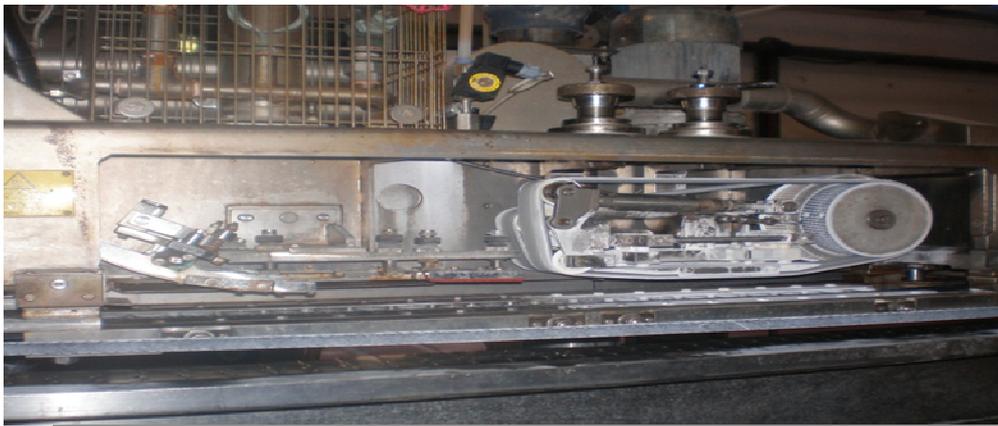


Figure 6: Capsuleuse de la ligne WC 560GH

Partie II : Suivi du taux de rendement synthétique

I. Le contexte de la mission :

Cette partie a pour objectif de mettre en place des fichiers modulaires, comprenant un indicateur essentiel : le TRS (taux de rendement synthétique) et d'informations concernant les machines étudiées, et qui nous permettra d'annoncer l'état de ces machines et leur efficacité. Il aura en outre comme but l'identification du facteur sur lequel notre maintenance préventive devrait agir.

Pour cela, on a établi un système de mesure de TRS défini par [la norme NF E60-182](#) [6]:

$$TRS = T_D * T_P * T_Q$$

Pour les machines ayant un TRS inférieur à un seuil de 80% ; des étapes d'analyse seront mises en service pour :

- Analyser les causes de dysfonctionnement ;
- Proposer des démarches d'amélioration pour chaque type de perte.

II. Suivi du TRS mensuel :

Pour mettre en place la TPM sur une machine, on a proposé de standardiser le travail par la mise en place des fiches TRS hebdomadaire sur une durée d'un mois (de 07/03/2011 au 07/04/2011).

II.1. Fiche TRS hebdomadaire (tableau 6) :

Afin de visualiser clairement les taux de disponibilité, de qualité et de performance des machines étudiées, on s'est basé sur la mise en œuvre des fiches TRS hebdomadaires (**Annexe 1**) servant de moyen de standardisation du travail

Tableau 6: fiche de relevé de TRS hebdomadaire

Fiche de relevé de TRS hebdomadaire

Ligne : Code machine :	Nom :				
	<i>Lundi</i>	<i>Mardi</i>	<i>Mercredi</i>	<i>Jeudi</i>	<i>Vendredi</i>
<i>Temps d'ouverture (mn)</i>					
<i>Temps des arrêts planifiés (mn)</i>					
<i>Temps du aux pannes, aux pertes de disponibilité (mn)</i>					
<i>Temps du aux pertes de performances (mn)</i>					
<i>Temps du à la non qualité (mn)</i>					

Dans le calcul de TRS, on a considéré 4 types de pertes du temps de production :

✘ **Les arrêts planifiés** : Qui sont généralement dus à un nettoyage, sous charge, modification, essai, formation, réunions, pauses, maintenance préventive, vidange, révisions, visite et inspection...

✘ **Pertes de disponibilités** : sont en général dues aux :

- ▣ **Pannes** : Qui sont d'une durée supérieure à dix minutes. Elles concernent le plus souvent l'équipement, mais aussi l'outillage. Les avaries graves, qui sont exceptionnelles, entraînant des dommages corporels et/ou matériels et des durées de réparation longues.
- ▣ **Temps perdu à la préparation des agents** : Changement de tenus, aménagement poste, mise en poste...
- ▣ **Changement de série** : Lors du changement de couvercles pour les pots de 21cl à 37cl ou à 72cl, il y a une perte du temps.
- ▣ Manque de personnel, manque d'alimentation, retard de livraison, fuite, incendie...

✘ **Pertes de performances** dues aux :

- ▣ **Micro arrêts** : Graissage, serrage, petits réglages, manque de couvercle, micro-arrêts mécaniques, micro-arrêts opérationnels,...
- ▣ **Sous-vitesse** : Une baisse volontaire de vitesse due à des problèmes de production en amont (remplissage).
- ▣ **Démarrage/Redémarrage de production** : Au démarrage, les opérateurs doivent procéder à plusieurs étapes ce qui diminue le temps de production (recherche d'outils, préparation de l'opérateur...).

✘ **Pertes de qualité** dues à la :

- ❑ **Non qualité par rapport au nombre de pièces défectueuses** : Les pots présentant des cassures sont rejetés et ne peuvent pas être réparés.
- ❑ **Rectification**: A la sortie de la capsuleuse, on tombe parfois sur des problèmes rectifiables : Manque d'étanchéité des pots, Pots bombés...
- ❑ **Défaut aléatoire** : L'opérateur peut observer plusieurs défauts sur le produit, qu'il peut corriger sur place. Ces défauts sont :
 - Manque de couvercle ;
 - Pots plus ou moins remplis ;
 - Couvercle mal positionné...

II.2. Résultats :

En se basant sur les fiches de TRS hebdomadaire pour une période d'un mois de la **FMT** et **WC 560GH**, qui va nous permettre de déduire les taux de disponibilité, de performance et de qualité ainsi que la fiche de décomposition du TRS présentée dans la partie bibliographique (Voir **Figure 3**) ; on va calculer le TRS pour chaque machine (**Tableaux 7 et 8**).

Tableau 7:calcul de TRS pour la machine FMT

	<i>SEM1</i>	<i>SEM2</i>	<i>SEM3</i>	<i>SEM4</i>
<i>Temps d'ouverture (mn)</i>	2331	2967	2876	2886
<i>Temps requis (mn)</i>	2141	2737	2744	2668
<i>Temps de fonctionnement (mn)</i>	1915	2443	2511	2471
<i>Temps net (mn)</i>	1837	2396	2458	2417
<i>Temps utile (mn)</i>	1639	2183	2302	2187
<i>Taux de disponibilité %</i>	89,44	89,26	91,51	92,62
<i>Taux de performance %</i>	96,93	98,08	97,89	97,81
<i>Taux de qualité %</i>	89,22	91,11	93,65	90,48
<i>TRS %</i>	76,55	79,76	83,89	81,97
<i>TRS moyen%</i>	80,54			

Tableau 8: calcul de TRS pour la machine WC560GH

	<i>SEM1</i>	<i>SEM2</i>	<i>SEM3</i>	<i>SEM4</i>
<i>Temps d'ouverture (mn)</i>	2297	2280	2310	2165
<i>Temps requis (mn)</i>	2067	1935	1921	1745
<i>Temps de fonctionnement (mn)</i>	1672	1619	1478	1352
<i>Temps net (mn)</i>	1582	1567	1422	1310
<i>Temps utile (mn)</i>	1214	1091	1002	825
<i>Taux de disponibilité %</i>	80.89	83.67	76.94	77.48
<i>Taux de performance%</i>	94.62	96.79	96.21	96.89
<i>Taux de qualité %</i>	76.74	69.62	70.46	62.98
<i>TRS %</i>	58.73	56.38	52.16	47.28
<i>TRS moyen %</i>	53.64			

Avec :

- ➔ *Temps requis* = temps d'ouverture de la machine – temps du aux arrêts planifiés
- ➔ *Temps de fonctionnement* = temps requis – temps du aux pertes de disponibilité
- ➔ *Temps net* = temps de fonctionnement – temps du aux pertes de performance
- ➔ *Temps utile* = temps net – temps du au non qualité

Exemple de calcul de TRS et TPRS pour la machine FMT (voir annexe1) :

On a pour la *première semaine du 07/03 /11 à 11/03/11* :

1- Le temps d'ouverture (t_o): le temps total correspondant à l'aptitude des horaires de travail du moyen de production de la machine et incluant les temps d'arrêt de désengagement du moyen de production en une journée qui est de : **460+445+493+490+443=2331min.**

NB. Le temps d'ouverture pour le lundi 07/03/11 est de 9h30 jusqu'à 17h10 ce qui correspond à **460 min.**

2- Le temps requis (t_r) = temps d'ouverture – temps des arrêts planifiés
 = 2331 – (32+54+36+32+36) = **2141min**

3- Le temps de fonctionnement (t_f) = temps requis – temps du aux pannes et pertes de disponibilité = 2141 – (35+45+65+38+43) = **1915mn**

4- Le temps net (t_n) = temps de fonctionnement – temps du aux pertes de performance
 = 1915 – (18+14+19+12+15) = **1837mn**

**5- Le temps utile (t_u)= temps net – temps du aux non qualités = 1837- (34+28+41+57+38)
= 1639mn**

Ainsi :

1- **Taux de disponibilité= $T_D = t_f/t_r = 1915/2141 = 0.8944$ (89.44%)**

2- **Taux de performance= $T_P = t_n/t_f = 1837/1915 = 95,93\%$**

3- **Taux de qualité = $T_Q = t_u/t_n = 1639/1837 = 89,22\%$**

Par conséquence, le TRS de FMT pour la première semaine est :

$$\text{TRS} = T_D * T_P * T_Q = 76,55\%$$

Et le TRS mensuel de cette machine est de :

$$\text{TRS} = (76,55 + 79,76 + 83,89 + 81,97) / 4 = 80,54\%$$

Remarque :

Le calcul des autres TRS se fait de la même façon que celui de l'exemple ci-dessus.

Pour faciliter l'interprétation des résultats du suivi de TRS pour deux machines, une représentation graphique est effectuée comme suit :

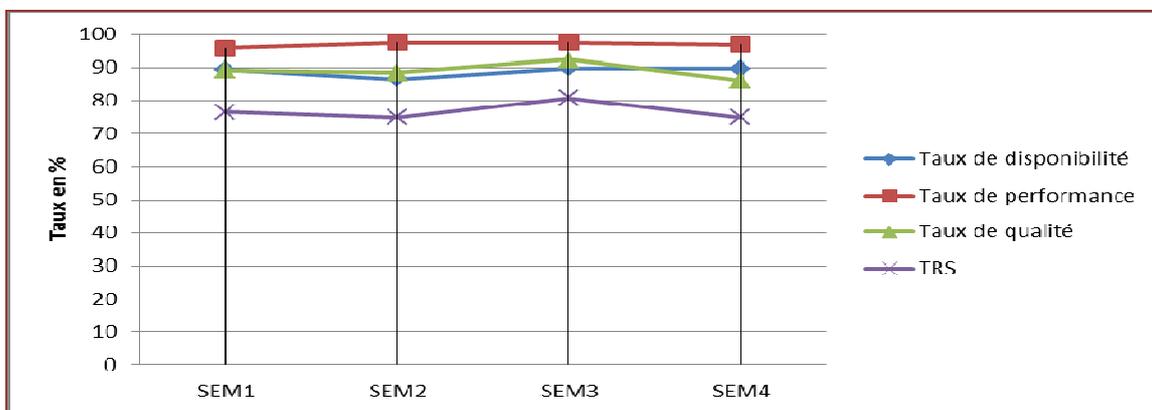


Figure 7: L'évolution mensuelle du TRS pour la machine FMT.

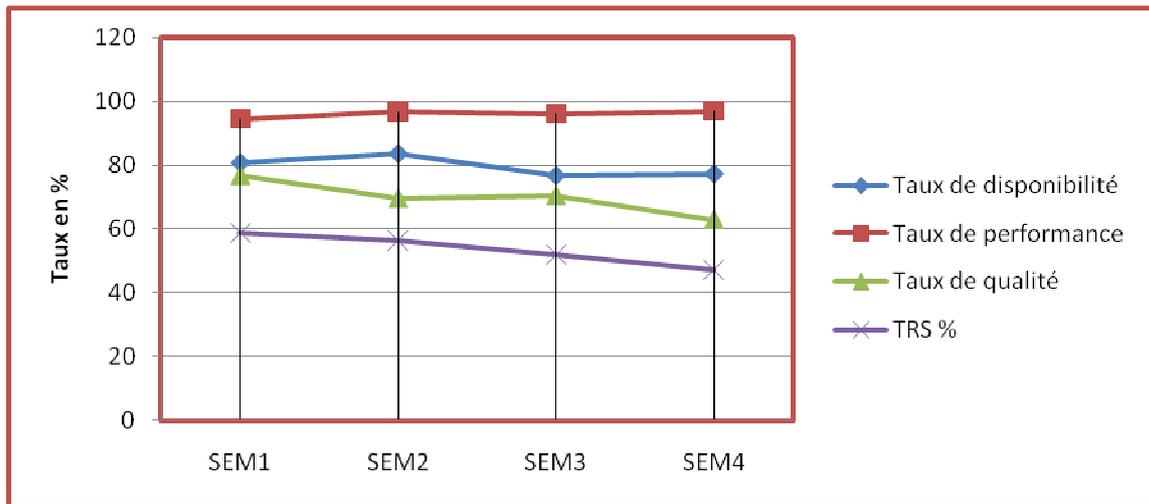


Figure 8: L'évolution mensuelle du TRS pour la machine WC 560GH.

II.3. discussions :

Les mesures faites sur les quatre semaines ont montré une variation hebdomadaire des principales composantes du TRS.

▪ La capsuleuse FMT :

La **figure 7** montre une bonne tenue des temps d'état, surtout lors de la troisième semaine d'étude.

Le calcul du TRS mensuel montre un taux de performance constant sur les quatre semaines, un taux de qualité bas pendant les deux premières semaines, mais qui augmente légèrement à la troisième semaine puis diminue lors de la quatrième semaine, et une variation de la disponibilité, avec une nette amélioration lors de la troisième et la quatrième semaine.

D'après la **figure 7**, le TRS de la machine FMT varie entre 75% et 81%, ce qui implique une valeur moyenne de TRS de 80,54%. Ce résultat nous semble satisfaisant, car largement supérieur à la norme internationale qui est de 80 %.

▪ La capsuleuse WC 560GH :

La **figure 8** montre un taux de performance constant tout au long du mois de Mars, par contre, les taux de qualité et de disponibilité ne cessent de diminuer en évoluant dans le temps.

Les résultats de la **figure 8** montrent un TRS diminuant graduellement de la première à la quatrième semaine d'étude. On obtient finalement un TRS global de l'ordre de 53,64% sur les quatre semaines. Ce dernier n'atteint pas une valeur supérieure ou égale à 80% ; donc la machine WC 560GH est critique.

On remarque également que l'évolution du TRS suit celle des taux de qualité et de disponibilité ce qui veut dire que la machine s'arrête souvent ; ce qui génère d'une manière non négligeable des produits de non qualité.

Conclusion :

Nous constatons à partir du découpage des temps d'état que pour augmenter le TRS global de la machine WC 560GH, il faut diminuer les temps d'arrêt ainsi que les pertes de non-qualité.

Partie III : L'analyse de dysfonctionnement de la machine WC 560GH et le plan d'action.

Au début de l'achèvement du préalable suivi du TRS comme étant une étape introductive et fondamentale pour l'identification de la machine critique, il semble indispensable de mettre en place un système d'amélioration par la démarche TPM qui se déroule en 2 phases :

- L'analyse des causes qui constituent des sous-problèmes d'un problème majeur ;
- Le choix d'actions correctives qui ont pour but de résoudre ces sous-problèmes.

Remarque :

Nous allons traiter tout au long de cette partie les pertes qui se répètent souvent à savoir : les pannes (perte de disponibilité), les micro-arrêts, (perte de performance), et les défauts, (pertes de non-qualité).

I. Pertes de disponibilité :

Afin de déterminer les causes responsables des pannes au niveau de la machine WC 560GH, on s'est basé sur le diagramme d'ISHIKAWA.

I.1. Diagramme d'ISHIKAWA ou le diagramme causes - effet :

Le diagramme d'ISHIKAWA est un diagramme qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet). Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées.

Cet outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson, classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des **5M** (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu).

Après avoir fait un brainstorming et trouver les causes possibles des pannes observées pendant le mois d'Avril au niveau de la machine WC 560GH, on les a représenté sur le diagramme d'ISHIKAWA suivant :

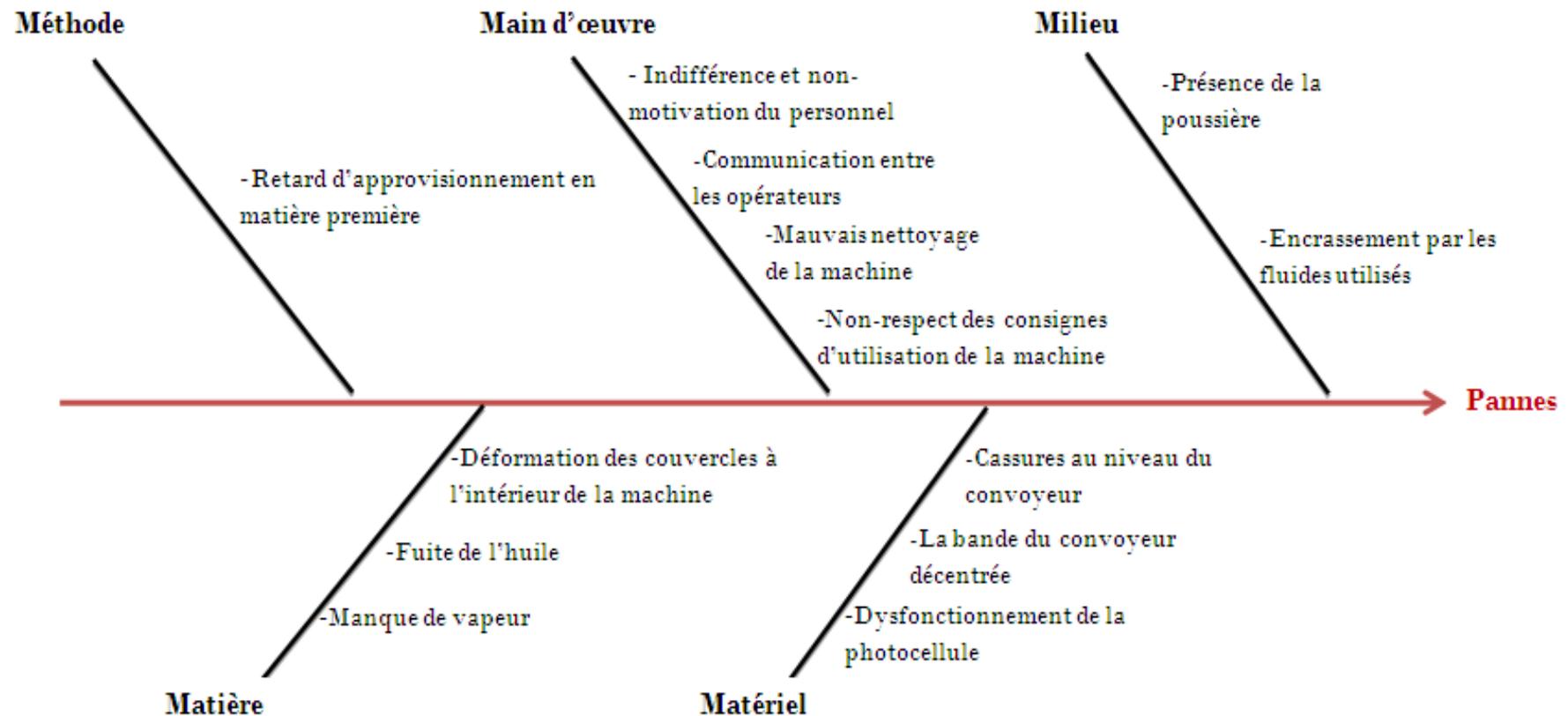


Figure 9: Diagramme d'ISHIKAWA pannes

A partir de la figure précédente, on peut distinguer quatre types de pannes :

☞ **Pannes dues à la méconnaissance du personnel** regroupant :

- Les erreurs de transmission d'informations ;
- L'indifférence et la non motivation ;
- La communication entre les opérateurs ;
- Le mauvais nettoyage de la machine ;
- Le non-respect des consignes d'utilisation de la machine ;...

☞ **Pannes mécanique** qui sont en général :

- Déformation des couvercles à l'intérieur de la machine;
- Cassure des bocaux à l'intérieur de la machine ;
- Cassures au niveau des convoyeurs (**annexe 2**) ;
- Mauvais réglage du distributeur de la vapeur ;
- La bande du convoyeur décentrée ;
- Les boulons ou écrous manquants ;
- Pièces fêlées, dessoudées ;...

☞ **Pannes électriques**, par exemple :

- Le bouton de démarrage et les fils électriques sont abimés ;
- La photocellule qui détecte les anomalies des bocaux est détériorée (**Annexe 2**);
- Mauvais état des prises ;...

☞ **Pannes propres à la lubrification** qui regroupent :

- Fuite de l'huile sur le carter du motoréducteur de la machine (**Annexe 2**);
- Cassure au niveau du raccord de graissage (**Annexe 2**) ;...

☞ **Pannes dues à l'environnement de la machine :**

- Pièces recouverts d'huile ou de déchets ;
- Encrassement de la machine par les fluides utilisés.

Donc afin de hiérarchiser les différentes causes par ordre d'importance, on a recours au diagramme de Pareto.

I.2. Pareto des pannes :

Le **diagramme de Pareto** est un graphique à colonnes qui présente les informations par ordre décroissant, et fait ainsi ressortir le ou les éléments les plus importants qui expliquent un phénomène ou une situation.

Autrement dit, le **diagramme de Pareto** fait apparaître les causes les plus importantes qui sont à l'origine du plus grand nombre d'effets. Sachant que 20% des causes sont à l'origine de 80% des conséquences, [7].

Les objectifs de ce diagramme sont de :

- 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.

On a donc classé les causes observées, en se basant sur la fréquence de chaque panne, et on a obtenu les résultats suivants:

Tableau 9: Fréquence des différentes pannes au niveau de la machine WC 560GH

Types de pannes	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulé
Pannes dues à la méconnaissance de personnel (PDMP)	249	0.59	0.59
Pannes mécaniques	84	0.20	0.79
Pannes électrique	56	0.13	0.92
Pannes propres à la lubrification (PPL)	22	0.05	0.97
Pannes dues à l'environnement de la machine (PDEM)	11	0.03	1.00
Total	422	1.00	

Ce qui donne le graphe suivant :

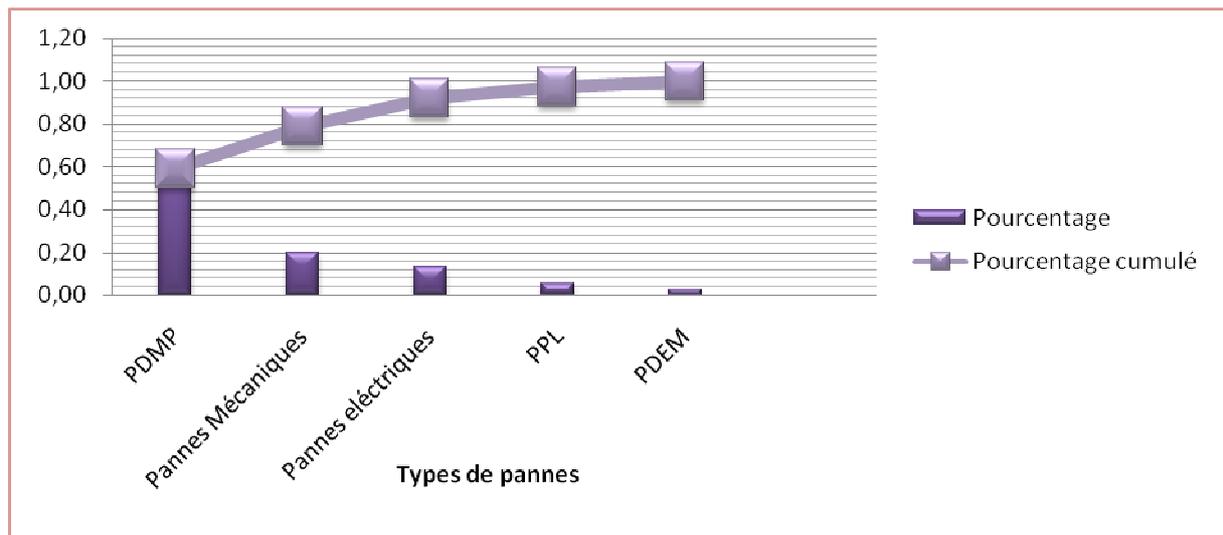


Figure 10: PARETO des pannes de la machine WC 560GH.

En analysant le **tableau 9** qui présente les différentes pannes observées durant le mois d'Avril, on déduit que la méconnaissance du personnel provoque 60% des pannes.

Il est évident que si on concentre les efforts sur l'amélioration et la réduction du temps perdu lors des pannes liées à la méconnaissance du personnel, le temps utile va être plus important et donc le TRS va augmenter par lui-même.

I.3. Plan d'action :

Vu que la méconnaissance du personnel représente 60% du total des pannes, on a proposé donc d'effectuer un manuel (**voir annexe 2**) qui va permettre à l'opérateur de réagir.

Ce manuel d'opérateur permettra :

- Aux opérateurs de maîtriser leur processus ;
- Au personnel d'avoir une idée correcte sur les informations qui peuvent le guider.

II. Les défauts et retouches des produits :

Le non qualité, c'est l'écart constaté entre la qualité visée et la qualité obtenue. Il signifie que l'on n'a pas été capable de réaliser du premier coup des produits conformes aux exigences du client et cela pour différents motifs.

Du fait du nombre important des pièces défectueuses observées à la sortie de la ligne de fabrication de la confiture de fraise pour les 3 portions (bocaux de 21, 37 et de 72cl) ; on a réalisé un relevé qui regroupe le nombre de pièces défectueuses après la fin du processus, le temps cyclique de retouche par unité ou produit. Ceci est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10: relevée des pertes de qualité.

EQUIPE :		
Pertes de qualité		
Désignation	Nombres de pièces défectueuses	Temps cyclique de retouche

Au cours du mois d’Avril, on a pu décrire les différents défauts observés sur le produit conditionné en se basant sur cette fiche.

Les résultats de ce travail sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 11: les différents défauts au niveau du produit et leurs temps de retouche.

<i>Code</i>	<i>Description du défaut</i>	<i>Nombres de pièces défectueuses</i>	<i>Temps unitaire (s)</i>	<i>Temps cyclique de retouche (s)</i>
C01	Couvercle- manque	207	30	6210
C02	Couvercle - mal positionné	16	20	320
C03	Couvercle - endommagé	58	05	290
C04	Couvercle - mal serré	32	20	640
C05	Couvercle - bombé	425	20	8500
B01	Bocal - ne respecte pas le test de sécurité	50	20	1000
B02	Bocal - filetage non conforme	35	-	-
B03	Bocal - fissuré	1135	-	-
P01	Produit – charge microbienne inacceptable	4	-	-
P02	Produit - moussé	57	10	570

D’après ce tableau, on choisit les trois codes correspondants aux plus grand nombre de défauts pendant la période étudiée et qui représentent 87,51% de la somme de tous les défauts (2019 défauts). Ces codes sont : C01, C05, B03. Alors il faut agir essentiellement sur ces derniers.

II.1. Situation actuelle :

On prend les défauts les plus fréquents et on les représente dans le tableau suivant :

Tableau 12: Les défauts les plus fréquents au niveau du produit (pots de confiture de fraise).

<i>Code défaut</i>	<i>Description défaut</i>	<i>Quantité</i>
C05	Couvercle - bombé	425
B03	bocal - fissuré	1135
C01	Couvercle- manque	207
Total		1767

Ce qui peut être traduit par le graphe ci-dessous :

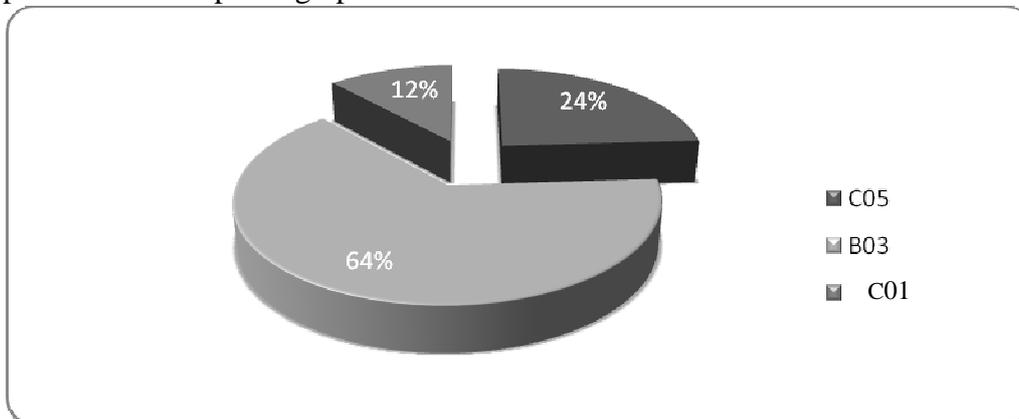


Figure 11: Taux des défauts pendant le mois d'Avril.

On remarque que les défauts liés aux bocaux fissurés représentent 64% de la somme de tous les défauts à côté de 24% pour les couvercles bombés et 12% en ce qui concerne les défauts des couvercles manquants.

Pour cette raison, on va établir le diagramme d'ISHIKAWA pour trouver les différentes causes responsables de la détection des couvercles fissurés.

II.2. Diagramme d'ISHIKAWA :

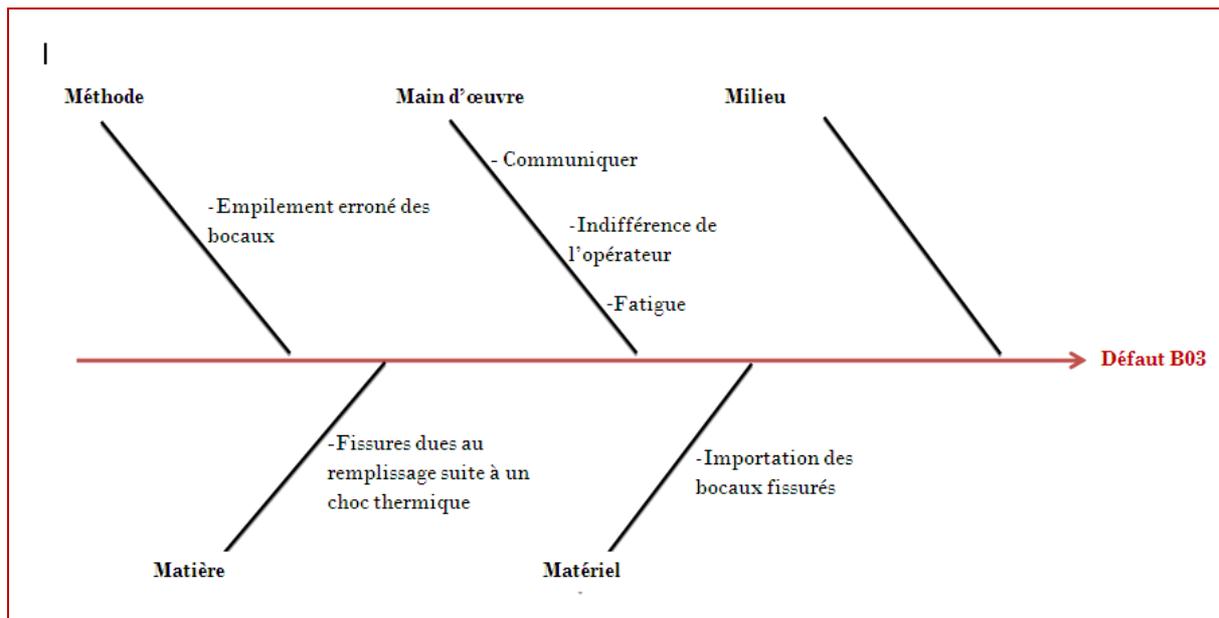


Figure 12: ISHIKAWA du défaut B03, (bocal fissuré).

D'après le diagramme d'ISHIKAWA précédent, on a proposé un plan d'action permettant de lutter contre le défaut précité.

II.3. Plan d'action :

- Contrôle visuelle de la matière première (bocaux) en amont de la production ;
- L'installation d'une inspectrice électronique qui assure l'élimination de tout bocal sale, ébréchée ;
- S'assurer de la température des bocaux après le jet de la vapeur ;
- Contrôle des bocaux à la sortie de la remplisseuse ;
- Dépôt de la matière première dans un endroit bien adéquat ;
- Motiver l'opérateur et le former pour être plus rigoureux.

III. Pertes dues aux micro-arrêts :

Les micros-arrêts correspondant à des arrêts de très courte durée dont le seuil maximum est le plus souvent fixé à trois minutes.

Ces arrêts représentent sur la quasi totalité des processus la principale source de pertes de performance. De par les multiples interventions qu'ils induisent sur les équipements, ils ont également un impact considérable sur les conditions de travail et notamment, sur le stress des opérateurs. De plus, l'augmentation des micros-arrêts sur une machine est très souvent synonyme d'altération de la qualité des produits fabriqués, d'une part à cause des arrêts et

redémarrages répétitifs, d'autre part parce que cette augmentation est tout simplement le signe d'un mauvais état de la machine.

III.1. diagramme d'ISHIKAWA des micro-arrêts :

Le diagramme d'ISHIKAWA ci-dessous présente les différentes causes des micro-arrêts :

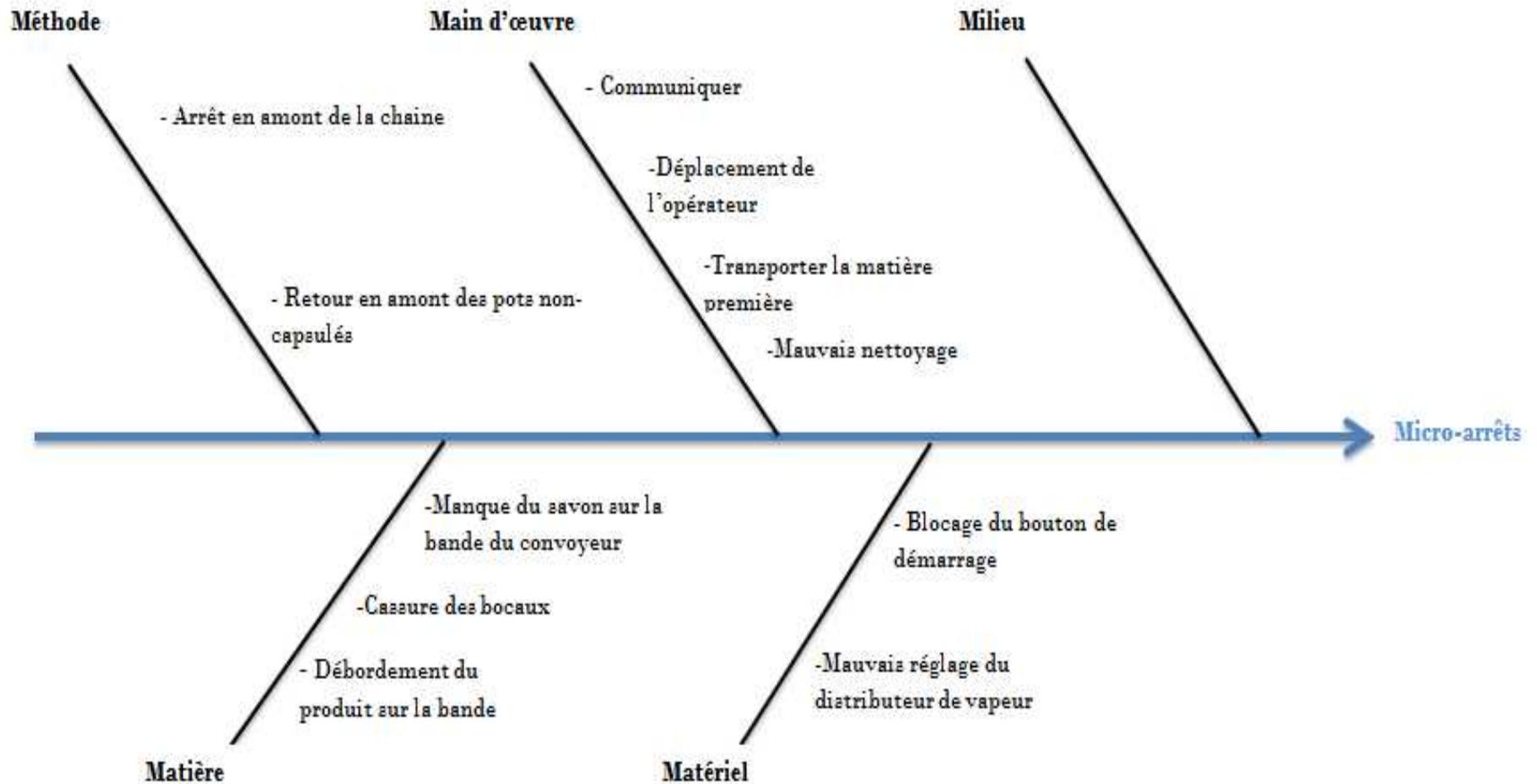


Figure 13: ISHIKAWA des micro-arrêts.

Afin de mesurer ces micros arrêts, On a fait une fiche « bâtonnage ».

III.2. Fiche de bâtonnage :

La fiche de bâtonnage est une feuille destinée à être remplie par le personnel opérationnel pour quantifier et réduire les défauts de performance qui se répètent souvent au niveau d'une machine.

Ainsi la fiche de bâtonnage suivante présente les différents micro-arrêts qui se sont produits au niveau de la machine ainsi que leurs temps moyen, (**Tableau 13**).

Tableau 13: Fiche de bâtonnage de WC 560GH entre le 28/03/11 et la 31/03/11

Fiche de bâtonnage hebdomadaire													
De 28/03/11 à 31/03/11			Nom :										
Ligne : 1			Temps moyen(s)								Total (s)	Obs	
Code machine : WC 560GH			N° de fois										
Type de micro-arrêt	Micro-arrêt	1	2	3	4	5	6	7	8	...			
Méconnaissance du personnel	Communiquer	30	75	35	40	30	40					250	
	Déplacement	90	80	85	70	85	95					505	
	Transporter la MP	55	45	30	20							150	
Mécanique	Blocage du bouton de démarrage	40	54	32	40	65	50					281	
	Arrêt en amant de la chaîne	20	25	20	10	15						90	
Opérationnel	Manque du savon	40	35	55	55	40	65					290	
	Cassure des boccas	45	45	40	48	40						218	
	Débordement des pots	35	30	40	40							145	
	Mal nettoyage	42	50	35	30	40	50					247	
	Retour en amant du pot non capsulé	68	75	78	38	30	55					344	
Total (s)												2520	

On a relevé les différents micros arrêts qui réduisent le temps d'ouverture et on a listé ces arrêts dans le tableau ci-dessous pour la quatrième semaine de Mars:

Tableau 14: Le temps total correspondant à chaque micro-arrêt au niveau de WC 560GH entre 28/03/11 et 31/03/11

<i>N°</i>	<i>Type de micro-arrêts</i>	<i>Micro-arrêts</i>	<i>Temps total(s)</i>
<i>1</i>	Arrêt du à la méconnaissance du personnel	Communiquer	905
		Se déplacer	
		Transporter la matière première (les couvercles)	
<i>2</i>	Micro-arrêts mécaniques	Blocage du bouton de démarrage	371
		Arrêt en avant de la chaîne	
<i>3</i>	Micro-arrêts opérationnels	Manque du savon au niveau convoyeur	1244
		Cassure des bords	
		Débordement des pots	
		Mal nettoyage	
		Retour en avant du pot non capsulé	
Total			2520

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que presque 50% des micro-arrêts sont principalement dus aux actions opérationnels suivi de 35% des micro-arrêts provoqués par la méconnaissance des opérateurs ainsi que 15% des pertes de performance sont enregistrées comme des micro-arrêts mécaniques.

Donc, si on fait le calcul pour la quatrième semaine de Mars dont le temps de fonctionnement de la machine est d'environ de **1352 min** (voir **tableau 8**), on trouve que le temps perdu à cause des micro-arrêts est de **42 min** (2520s), ce qui correspond une réduction de **3.10 %** du temps total de fonctionnement.

III.3. plan d'action :

Pour améliorer ou diminuer les micros arrêts, on a informé les opérateurs sur l'importance de :

- La diminution du dialogue binomiale et du déplacement non justifié ;
- La réduction du temps perdu dans les micro-arrêts opérationnels ;
- L'envisagement d'un endroit proche et ultime pour les couvercles afin de minimiser le temps de leur transport ou l'utilisation d'un chariot transporteur comportant un nombre important de couvercles.

Ainsi qu'une réparation apportée sur les outils utilisés (bouton de démarrage).

Une étude ultérieure pour la quatrième semaine d'avril donne les résultats suivants :

Tableau 15: Fiche de bâtonnage des WC 560GH entre le 21/04/11 et le 25/04/11.

Fiche de bâtonnage hebdomadaire													
De 21/04/11 à 25/04/11		Nom :											
Ligne : 1		Temps(s)									Total (s)	Obs	
Code machine : WC 560GH		N° de fois											
Type de micro-arrêt	Micro-arrêt	1	2	3	4	5	6	7	8	...			
Méconnaissance du personnel	Communiquer	25	25	30	30	20						130	
	Déplacement	20	45	20	25							110	
	Transporter la MP	15	20	15	20	30						100	
Mécanique	Arrêt en amont de la chaîne	65	45	50	40	65						265	
Opérationnel	Manque du savon	25	20	20	15							80	
	Cassure des bords	35	20	28	40							123	
	Débordement des pots	30	35	50	55	30						200	
	Mal nettoyage	50	35	30	40	40						195	

	Retour en amant du pot	45	30	40	30						145	
Total (s)												1348

Ainsi le temps total de chaque type d'arrêt est représenté par le tableau suivant :

Tableau 16: Le temps total correspondant à chaque micro-arrêt au niveau de WC 560GH entre le 21/04/11et 25/04/11 .

<i>N°</i>	<i>Action opérateur conduisant à un micro-arrêt</i>	<i>Temps moyen(s)</i>	<i>Total(s)</i>
<i>1</i>	Arrêt du à la méconnaissance du personnel	Communiquer	340
		Se déplacer	
		Transporter la matière première(les couvercles)	
<i>2</i>	Micro-arrêts mécanique	Arrêt en amant de la chaine	265
<i>3</i>	Micro-arrêts opérationnels	Manque du savon au niveau du convoyeur	743
		Cassure des boccas	
		Débordement des pots	
		Mal nettoyage	
<i>Total</i>		Retour en amant du pot	1348

La réduction des micro-arrêts envisagée auparavant est illustrée par le tableau ci-dessus. Le temps de fonctionnement de la machine WC 560GH durant la quatrième semaine d'Avril est de **38h** d'où le calcul du temps des micro-arrêts adopté a donné une valeur nettement faible par rapport à l'étude précédente et qui est de **1348s (≈ 22min)** ce qui correspond une réduction de **1.51%** du temps total de fonctionnement.



Conclusion générale

Lors de la fermeture d'un emballage en verre, le système de vide protège le produit en supprimant l'oxygène présent dans l'espace de tête, en limitant de manière substantielle la dégradation des vitamines, dans le but de prolonger la durée de conservation des aliments. Ce principe fait l'objectif de machines capsuleuse au sein de la LCM « Aicha ».

Dans cette optique, le but de notre projet de fin d'étude était l'application de la démarche TPM au niveau de la machine capsuleuse afin d'améliorer les performances de cet équipement par la prévention des pertes de toutes sortes et dans un objectif majeur qui consiste à maximiser son rendement journalier.

Après avoir donné une présentation détaillée de la société et une explication complète du processus de fabrication de la confiture de fraise, on s'était mis d'accord sur l'utilisation de la démarche TPM au niveau de la machine capsuleuse WC 560GH.

Notre étude a commencé par un suivi mensuel de TRS afin d'identifier parmi les capsuleuses utilisées, celles les plus critiques. Le résultat primaire a montré que la machine **WC 560GH** présente un TRS de l'ordre de **53,64%** qui est, selon les normes internes de **LCM « Aicha »**, une valeur non acceptable.

Afin de remédier à cette anomalie, on a adopté les outils de la démarche **TPM**. Cette stratégie d'amélioration s'est déroulée en deux phases : la première était l'analyse de dysfonctionnement issue de différentes pertes par l'utilisation des outils comme **ISHIKAWA**, **PARETO**, fiche de bâtonnage, etc...Et la deuxième phase était l'établissement d'un système d'amélioration (manuel destiné aux opérateurs, information du personnel,...).

Au terme, ce travail accompli est l'aboutissement de nos efforts et de notre fierté suite à la formation reçue au sein de la faculté des Sciences et Techniques de Fès. Ce projet a été pour nous un pourvoyeur de connaissances, tant au niveau technique qu'au niveau humain. Il nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur l'optimisation de la productivité, l'amélioration de la qualité, l'optimisation du rendement machine, ainsi que le renforcement de l'esprit d'équipe.



Références bibliographiques

- [1]. www.aicha.com
- [2]. « Les performances des organisations Africaines »: Pratiques de gestion en contexte incertain, Jean Nizet et François Pichault- 2007, page 157. +date
- [3]. La Maintenance Productive Totale – AFNOR Eyrollrs- 1986, S. NAKAJIMA.
- [4]. Le guide de la TPM (Total Productive Maintenance) ; Editions d'organisation. Jean BUFFERNE, Septembre 2006.
- [5]. La TPM, Nouvelle vague de la production industrielle, S. Nakajima, Paris, Collection AFNOR-Gestion-1987, page 138.
- [6]. La norme AFNOR 60-182 : Mai 2002.
- [7]. EL ATYQY M. 2006. www.azaquar.com