



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
LST FILIERE CONCEPTION ET ANALYSE MECANIQUE



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du  
**Diplôme Licence Sciences et Techniques**  
**Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Thème :

**Etude AMDEC DU CLARIFICATEUR CHPX 517 A  
MELASSE**

Lieu :



Présenté par :

- BOUZAFFOUR MOHAMED

Encadré par :

- Mr. ABDLOUAHED SSAROU (**LESSAFRE MAROC**)
- Mr. JALIL ABOUCHITA

**Soutenu le 16/06/2015 devant le jury :**

- Pr. JALIL ABOUCHITA
- Pr. IMANE MOUTAOUAKKIL



## *Dédicaces*

- ❖ A mes chers parents en reconnaissance de leurs efforts et encouragement pendant toute la période de mes études.
  
- ❖ A mon encadrant Mr. ABDLOUAHED SSAROU et tout Personnel de la société LESAFFRE MAROC.
  
- ❖ A mon encadrant Mr ABOUCHITA, je le remercie énormément leur aide précieux et leur conseils avisés.
  
- ❖ A tous mes amis, notamment OMAR ELAAMRANI qui m'a beaucoup aidé pour réaliser mon thème de stage.



## *Remerciements*

Au terme de mon stage effectué à la Société LESAFFRE MAROC, j'aimerais remercier vivement la société qui m'a accueillis, ainsi que Mr. Abdlouahed ssarou chef de service de maintenance mécanique, de m'avoir confié ce travail, de m'avoir encadré pendant les deux mois de stage et pour l'aide efficace qu'elle nous a apportée à l'élaboration de ce projet, j'ai ainsi bénéficié de son expérience

Nous tenons également à remercier tout le personnel du service maintenance, notamment Mr ABDELHAK BOUJNANE (chef d'atelier), Mr MOURAD BOUINBI (technicien), MR QARCH MUSTAPHA (technicien) pour leur accueil et leur aide

Je m'adresse également mes remerciements à tous les opérateurs pour leur accueil.

Je remercie profondément à mon encadrant à la FSTF Mr. ABOUCHITA pour sa disponibilité et sa contribution efficace et son orientation très utile pour la réussite de mon projet.

Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants de la FSTF qui ont contribué à ma formation pendant ces trois années et particulièrement aux enseignants du département du Génie Mécanique.

Sans oublier Mme. IMANE MOUTAOUAKKIL de nous honorer de sa présence et de porter son jugement sur ce travail.

# Table des matières

<i>Introduction</i> .....	7
<i>LISTE DES TABLEAUX</i> .....	8
<i>LISTE DES FIGURES</i> .....	9
<b>CHAPITRE I HISTORIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE</b> .....	<b>10</b>
I. Présentation de l'entreprise .....	11
II. Historique du groupe LESAFFRE .....	11
III. Historique de LESAFFRE MAROC .....	12
IV. Moyens de production.....	13
V. Stratégie du groupe .....	13
VI. Organigramme LESAFFRE MAROC .....	14
<b>CHAPITRE II PROCESSUS DE FABRICATION</b> .....	<b>15</b>
I. La levure fraîche .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1. Réception des souches.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2. Traitement de la mélasse .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3. Préparation du milieu de culture .....	17
4. Préparation de l'urée, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate .....	17
5. Pré fermentation .....	17
6. Fermentation.....	18
7. Séparation.....	19
8. Filtration.....	19
9. Emballage de la levure fraîche.....	19
II. La levure sèche.....	20
1. Le séchage .....	20
2. Emballage de la levure sèche .....	21
<b>CHAPITRE III PRESENTATION ET ANALYSE FONCTIONNELLE DU CLARIFICATEUR CHPX 517</b> .....	<b>23</b>
I. La présentation de la machine et du problème .....	24
1. Initialisation de l'étude.....	24
2. Définition du produit (mélasse) traité par la machine.....	26
3. Principe de fonctionnement :.....	26
4. Le nettoyage du bol :.....	27
5. Le fonctionnement mécanique de la machine : .....	30
6. Caractéristiques de la machine .....	30

II. Analyse fonctionnelle.....	31
1. Analyse fonctionnelle externe.....	31
2. Analyse fonctionnelle interne .....	32
<b>Chapitre IV APPLICATION D’AMDEC SUR LE CLARIFICATEUR CHPX 517 .....</b>	<b>35</b>
I. Méthodologie AMDEC.....	36
1. Définition de l’AMDEC .....	36
2. Type d’AMDEC .....	36
3. Analyse de défaillance.....	36
4. Evaluation.....	37
5. Démarche pratique de l’AMDEC : .....	39
II. Découpage de la machine.....	40
1. Décomposition du bol.....	40
2. Décomposition du moteur .....	41
3. Dispositif d’entraînement vertical .....	42
4. Dispositif d’entraînement horizontal : .....	43
5. Le système d’eau de commande.....	44
6. La garniture mécanique.....	44
7. Les pattes du clarificateur.....	45
8. Le serpentin de refroidissement.....	45
III. Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517.....	45
1. Constitution du groupe de travail.....	45
2. Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517 .....	45
3. Le seuil de criticité .....	46
4. Diagramme de Pareto.....	46
5. Diagramme d’Ishikawa .....	49
Présentation de l’outil utilisé : Diagramme d’Ishikawa ou 5M.....	49
Diagrammes d’Ishikawa des éléments critiques : .....	50
6. Analyse AMDEC des éléments critiques .....	52
IV. Plan de Maintenance Préventive.....	55
V. La méthode des 5S .....	58
1. LA SIGNIFICATION DES 5S.....	58
2. Mise en place des 5S dans l’atelier.....	58
<b><i>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</i>.....</b>	<b>62</b>
<b><i>REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES</i>.....</b>	<b>63</b>



**ANNEXE 1 TABLEAUX AMDEC DES ELEMENTS DU CLARIFICATEUR CHPX 517...64**

**ANNEXE 2 DIAGRAMMES D'ISHIKAWA DES ELEMENTS CRITIQUES.....71**



## *Introduction*

Dans le cadre de ma formation en Licence Science et Technique Conception et

Analyse Mécanique, j'ai effectué un stage de fin d'études au sein de la société LESAFFRE MAROC, pour une durée de deux mois.

Après mon intégration dans l'équipe, j'ai eu l'occasion de collaborer dans l'amélioration de la maintenance des équipements, particulièrement le clarificateur, dans une perspective qui fait face aux défaillances, diminue les temps d'arrêt.

L'étude AMDEC consiste à analyser et améliorer la disponibilité de la machine et par conséquent limiter l'arrêt de production sachant que le produit (mélasse) est un composant principal dans la production de la levure.

Le présent travail est fait en plusieurs étapes :

- ✓ présentation de la société.
- ✓ Suivi des processus de production de la levure.
- ✓ Présentation et analyse fonctionnelle de la machine.
- ✓ Présentation de la méthode AMDEC.
- ✓ Application d'AMDEC sur le clarificateur de la mélasse et établissement d'un plan de maintenance préventive.
- ✓ Conclusion.

## *LISTE DES TABLEAUX*

**Tableau 3.1 :** Les étapes de nettoyage du bol.

**Tableau 3.2 :** Mesures effectuées au cours de la clarification.

**Tableau 3.3 :** Mesures effectuées au cours du débouillage.

**Tableau 3.4 :** Mesures effectuées au cours du nettoyage du bol.

**Tableau 3.5 :** Caractéristiques techniques de la machine.

**Tableau 3.6 :** Consommation d'énergie de la machine.

**Tableau 4.1 :** Gravité.

**Tableau 4.2:** Fréquence.

**Tableau 4.3:** Non détection.

**Tableau 5.1 :** Nomenclature des éléments du bol.

**Tableau 5.2 :** Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement vertical.

**Tableau 5.3 :** Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement horizontal.

**Tableau 5.4 :** Classement des éléments selon la criticité.

**Tableau 5.5 :** Tableau Pareto.

**Tableau 5.6 :** Tableau AMDEC des éléments critiques.

**Tableau 5.7 :** Plan de Maintenance préventive.

# *LISTE DES FIGURES*

**Figure 1.1** : Organigramme de l'entreprise LESAFFRE-MAROC.

**Figure 2.1** : schéma du processus de fabrication de la levure.

**Figure 2.2:** schéma de fermentation de la levure.

**Figure 2.3** : schéma d'un séparateur.

**Figure 2.4** : des filtres rotatifs.

**Figure 2.5** : Schéma du procédé de fabrication de la levure.

**Figure 3.1** : Diagramme de Gantt

**Figure 3.2** : de la mélasse.

**Figure 3.3:** clarificateur de la mélasse.

**Figure 3.4:** Vue en coupe du bol du clarificateur CHPX 517.

**Figure 3.5:** les éléments de la machine.

**Figure 3.6:** le diagramme de bête à corne du clarificateur CHPX 517.

**Figure 3.7:** le diagramme pieuvre du clarificateur CHPX 517.

**Figure 3.8** : Graphe SADT du clarificateur CHPX 517.

**Figure 3.8** : Graphe FAST du clarificateur CHPX 517.

**Figure 5.1:** vue éclatée des éléments du bol.

**Figure 5.2:** vue éclatée du moteur.

**Figure 5.3** : vue éclatée du mécanisme d'entraînement vertical.

**Figure 5.4** : vue éclatée du mécanisme d'entraînement horizontal.

**Figure 5.5** : système de commande d'eau de manœuvre.

**Figure 5.6** : garniture mécanique.

**Figure 5.7** : les pattes de la machine.

**Figure 5.8:** serpentin de refroidissement.

**Figure 5.9** : Analyse PARETO du clarificateur.

**Figure 5.10** : diagramme d'Ishikawa du défaut de chapeau de bol.

**Figure 5.11:** diagramme d'Ishikawa du défaut de fond mobile du bol.



# CHAPITRE I

## HISTORIQUE ET PRESENTATION DE L'ENTREPRISE



## I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

Toute attente en **1901**, les familles LESAFFRE et Bonduelle décident de poursuivre séparément leurs activités. L'entreprise deux frères Louis LESAFFRE-Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille.

Un premier moulin est acquis en **1863** à Marcq-en-Barœul. Mais l'industrie de la levure démarre réellement en Autriche en **1867** avec le procédé **Mautner**. Ce procédé empirique consistait à préparer un moût de grains, de telle sorte que le dégagement gazeux entraînait la levure à la surface où elle était recueillie.

Lorsqu'en **1871**, le baron du groupe agroalimentaire LESAFFRE devient le leader mondial dans le domaine de la levure de panification. Fort de ses connaissances approfondies de la levure et de ses compétences pointues en biotechnologies, LESAFFRE intervient également dans les domaines de la nutrition, santé humaine et animale. Symbole de proximité et de fidélité, l'hirondelle est l'emblème fédérateur du groupe LESAFFRE à travers le monde.

L'entreprise bénéficie d'une reconnaissance à l'échelle mondiale puisqu'elle a reçu deux trophées:

- ✓ Le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- ✓ Le trophée international de la qualité en 1985 à Madrid.

## II. HISTORIQUE DU GROUPE LESAFFRE

**En 1853** : deux fils de cultivateurs du nord de la France, **Louis LESAFFRE** et **Louis Bonsuelle** créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools grains.

**En 1863** : Acquisition du premier moulin à Marc- en- Baroeul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industriel **LESAFFRE** qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du groupe.

**En 1871** : Le baron autrichien Max de Springer, propriétaire à Maisons-Alfort d'une très belle distillerie, rapport de chez Mautner, à Vienne, l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. Ces derniers, à cette époque, utilisaient leurs propres levains, accompagnés parfois de levure résiduaire de brasserie, deux ans après LESAFFRE & Bonduelle développent la fabrication de levure fraîche à Marcs-en Baroeul, à la place de l'ancien moulin.

**En 1895** : Naissance de la marque de levure l'hirondelle. Une hirondelle dont le dessin va évoluer au fil du temps, jusqu'à devenir l'emblème du groupe en 2003.



### III. HISTORIQUE DE LESAFFRE MAROC

Créée en 1975, **SODERS**, la société des dérivées des sucres est depuis 1993 majoritairement détenue par le groupe **LESAFFRE**. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc. Elle bénéficie de l'expérience de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification.

Basés à Fès, elle emploie 150 personnes avec une superficie de 2 hectares qui bénéficie d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

**LESAFFRE Maroc** fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorantes de panification : les marques <Jaouad > en levure fraîche, <Rafiaa> en levure sèche, <Nevada> la levure sèche réservée à l'export en Tunisie, les améliorants de panification <Ibis> et <Migimax>, ainsi que les arômes. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

Bénéficiant de l'expertise du savoir-faire du groupe **LESAFFRE Maroc** possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : forces fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique et il a reçu 2 trophées :

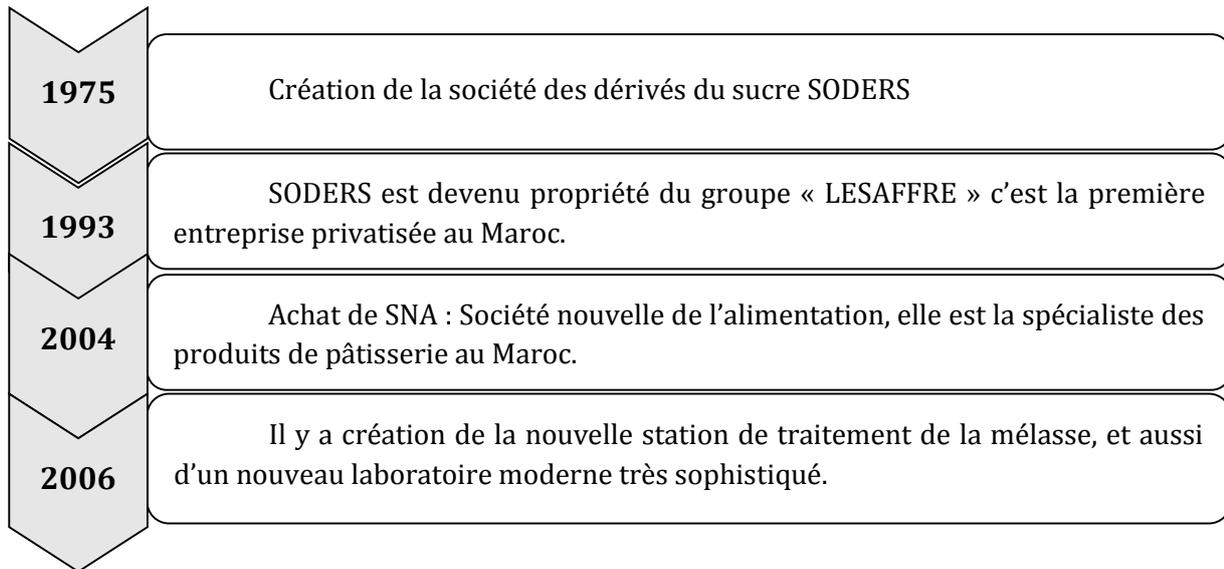
- ✓ Le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- ✓ Le trophée international de la qualité en 1985 à Madrid.

Par ailleurs, le service qualité de **LESAFFRE Maroc** assure un suivi de produits en faisant réaliser quotidiennement des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients, il valide à chaque étape de fabrication la conformité des produits à un cahier de charge très strict.

Enfin, une sensibilisation permanente des salariés de l'entreprise aux principes et règlements relatifs à l'hygiène permet de respecter des normes bactériologiques rigoureuses.

Entre 1993 et 2004, l'entreprise a investi 200 millions de dirhams dans la modernisation de ses outils de production.

En 2004, **LESAFFRE Maroc** fait l'achat de SNA : Société nouvelle de l'alimentation, elle est la spécialiste des produits de pâtisserie au Maroc. Elle commercialise la levure et les améliorants ainsi que toute une gamme de produits de pâtisserie et petit matériel de haute qualité.



En 2006 il y a création de la nouvelle station de traitement de mélasse, et aussi d'un nouveau laboratoire moderne très sophistiqué.

#### IV. MOYENS DE PRODUCTION

L'usine est constitué de : 3 clarificateurs, 3 filtres rotatifs, 3 lignes d'emballage, 5 séparateurs, 2 séchoirs, 3 chaudières, plus d'une centaine de pompes volumétriques et centrifuges, une Chambre froide de 450 tonnes, 8 cuves de stockage de crème, 6 tanks de mélasse, 5 fermenteurs F4 ; F5 ; F6 ; F7 ; F8.

#### V. STRATEGIE DU GROUPE

Afin d'être le leader mondial sur le marché de la levure de panification et des extraits de levure et de comprendre les attentes de ses clients et de répondre aux contraintes culturelles du pays de chacune de ses implantations, l'entreprise adopte une stratégie s'articulant autour des points suivants :

- Fournir des produits de qualité.
- Adapter une politique environnementale volontariste.
- Maîtriser le savoir-faire.
- Avoir une capacité à proposer des solutions sur mesure.
- Appliquer une politique salariale attractive.
- Anticiper les besoins.

## VI. ORGANIGRAMME LESAFFRE MAROC

L'organigramme ci-dessous résume la voie hiérarchique de la société :

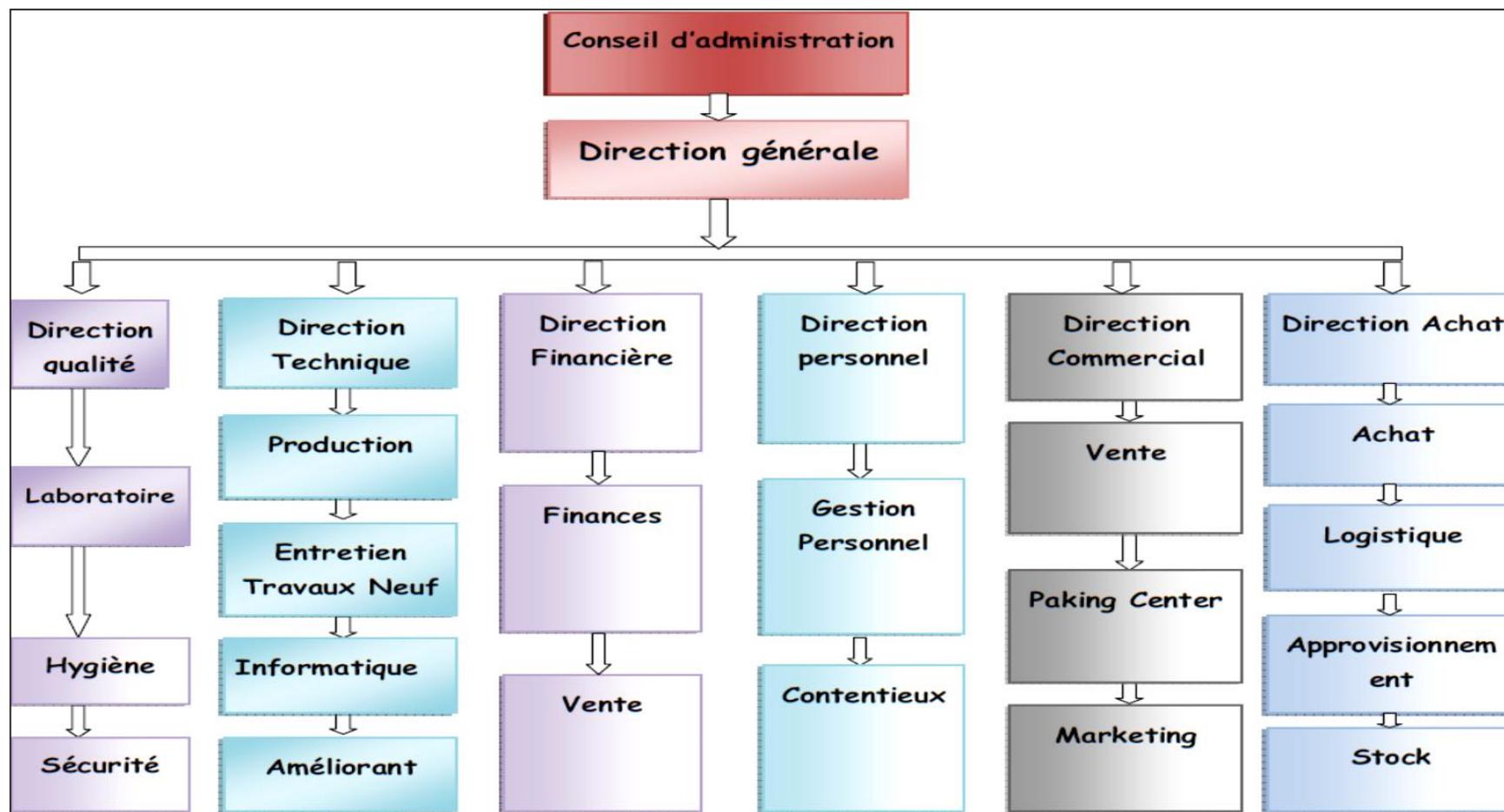


Figure 1.1 : Organigramme de l'entreprise LE SAFFRE-MAROC

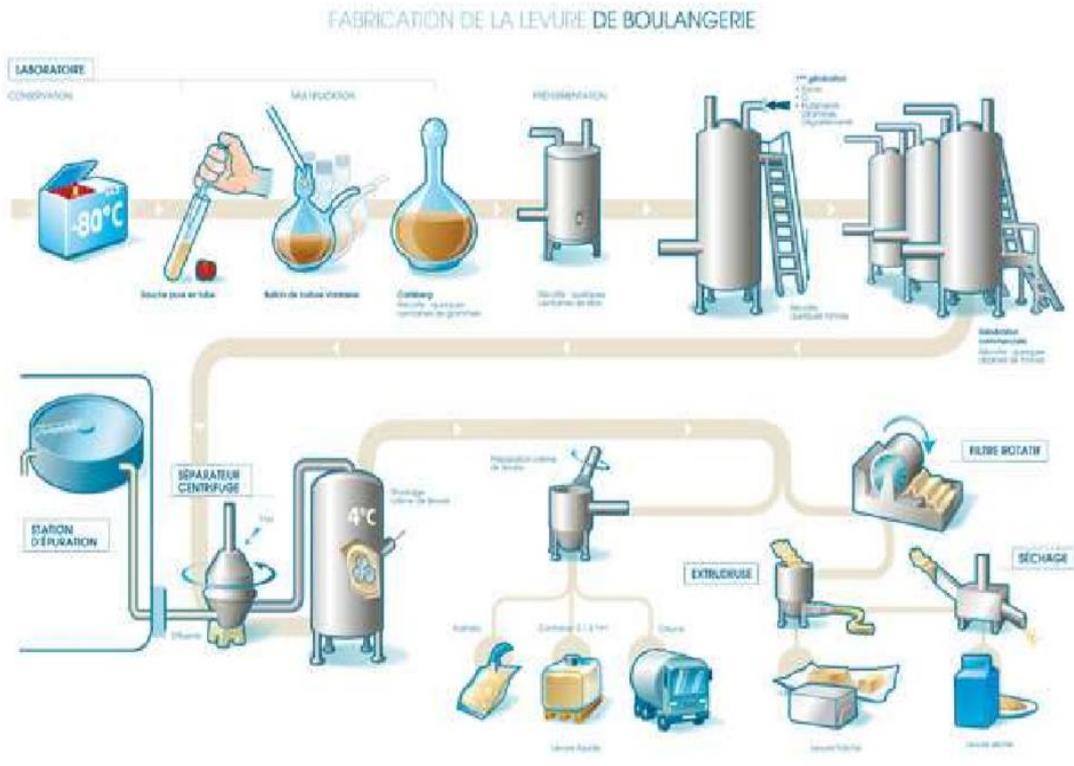


# CHAPITRE II

## PROCESSUS DE FABRICATION

La levure est un champignon unicellulaire microscopique que l'on utilise pour faire du pain, du vin.

Le fabricant de levure a pour objectif de produire une grande quantité de cellules vivantes. De la phase du laboratoire aux cuves industrielles, il favorise la multiplication des cellules dans des conditions optimales (mélasse, température, pH...).



**Figure 2.1** : schéma du processus de fabrication de la levure

## **Clarification de la mélasse :**

A ce stade, la mélasse est clarifiée à l'aide des clarificateurs, qui sont des séparateurs centrifuges utilisant la force de centrifugation afin d'évacuer les boues contenues dans La mélasse.

### **1. Préparation du milieu de culture**

La mélasse, l'urée, le sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate se sont des éléments essentiels dont la levure besoin au cours de sa fermentation.

### **2. Préparation de l'urée, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate**

Ces sels nutritifs offrent pour les levures les sources d'azote et du phosphate. Leurs préparations comprennent seulement une dilution jusqu'à l'obtention du prix voulu. Après la préparation, chaque élément sera stocké dans une cuve, en attendant sa consommation lors de la phase de fermentation.

À partir d'une souche mère soigneusement sélectionnée, on régénère 20 à 24 capsules, plantées dans un milieu de culture qui contient les éléments nécessaires pour une meilleure croissance de la levure (vitamines, sels nutritifs, mélasse) jusqu'à l'obtention d'un volume de 800 L de culture qui sera utilisé lors de la pré-fermentation.

### **3. Pré fermentation**

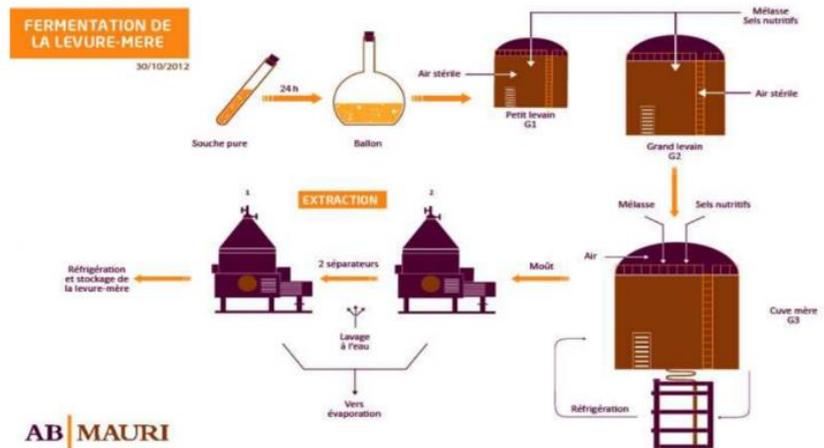
Le contenu de la cuve de 800L est versé dans un pré-fermenteur et on ajoute les éléments avec des quantités précises :

- L'eau.
- le sulfate de magnésium.
- La vitamine.
- l'eau de javel pour la stérilisation
- La mélasse stérile.
- L'acide sulfurique pour ajuster le PH.
- sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate.
- L'air.

#### 4. Fermentation

A la fin de la pré-fermentation on obtient un mout qui servira à ensemencer le fermenteur avec milieu nutritif bien spécifique et après 18 à 20 heures de fermentation, on obtient la levure mère, qui va subir une séparation puis un stockage.

La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, par un ensemencement pour donner naissance à une levure commerciale.



**Figure 2.2:** schéma de fermentation de la levure

## 5. Séparation

La séparation se fait dans deux étapes de la fermentation : après l'obtenir de la levure mère et la levure commerciale. Le moût obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présentent les restes du milieu nutritif.

Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui utilise comme principes la centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) et un liquide léger, c'est le moût qui est rejeté vers les égouts.

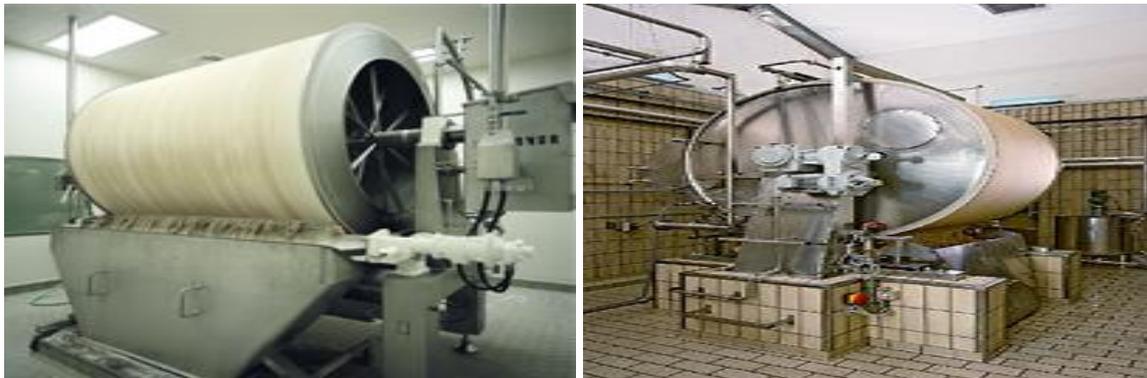


**Figure 2.3 :** schéma d'un séparateur

## 6. Filtration

Il consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination.

La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon, dont le but de ne laisser pénétrer que l'eau. Puis, la crème étalée sur la surface du filtre est ensuite récupérée.



**Figure 2.4 :** des filtres rotatifs

## 7. Emballage de la levure fraîche

L'étape d'emballage s'effectue par des machines spécialisées :

L'emballuse est composée de boudineuse, découpeuse et enveloppeuse. Quand la patte de la levure fraîche passe par cette machine, on obtient en sortie un produit sous forme de paquets de poids nette entre 497g et 513g. Puis, ils sont rangés dans des cartons qui sont automatiquement dirigés et déposés sur des palettes puis stockés dans une chambre froide.

## I. LA LEVURE SECHE

La production de ce type suit les mêmes étapes que la levure fraîche sauf qu'après la filtration, on procède au séchage.

### 1. Le séchage

Elle existe 2 types de la levure sèche :

#### + La levure sèche active ou SPH :

Sous forme de petits grains sphériques, sa durée de séchage est d'environ quatre heures pour une quantité de 400kg à 500kg, effectué à 45°C.

La levure sort du filtre à l'état pâteux et passe dans mélangeur puis dans une grille percée de trous pour avoir une granulométrie bien déterminée.

La levure granulée est récupérée dans des bols pour passer dans des séchoirs qui fonctionnent par l'envoi d'un courant d'air sec et chaud auparavant filtré sur la levure granulée.

Le séchage de S.P.H se déroule en deux étapes :

✓ **1ère étape :** on néglige la température de la levure et on fixe celle de l'air d'entrée à 65°C dans le but d'éliminer l'eau de la surface.

✓ **2ème étape :** pour éviter la détérioration des cellules sous l'influence de la chaleur, on diminue la température de l'air et en faisant augmenter la température de la levure jusqu'à 45°C.

#### + La levure sèche instantanée ou SPI :

Sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20min environ pour une quantité de 100kg, elle est caractérisée par force fermentaire supérieure à celle de la SPH.

Son séchage se déroule en trois étapes :

✓ **1ère étape :** pour éliminer l'eau externe au maximum, on fait envoyer un courant d'air d'une température de 100°C sur les grains de levure.

✓ **2ème étape :** on diminue la température de la vapeur par rapport au produit pour éviter la mort des cellules.

✓ **3ème étape :** pour augmenter la teneur de matière sèche, on fait envoyer d'une manière continue et rapide des courants d'air sur les grains.



## 2. Emballage de la levure sèche

Pour emballer la levure sèche, elle passe dans un appareil d'emballage spécifique qui aspire l'air des paquets pour une conservation à longue durée.

On va présenter ci-dessous le schéma général des étapes de la production de levure depuis la réception jusqu'à l'emballage.

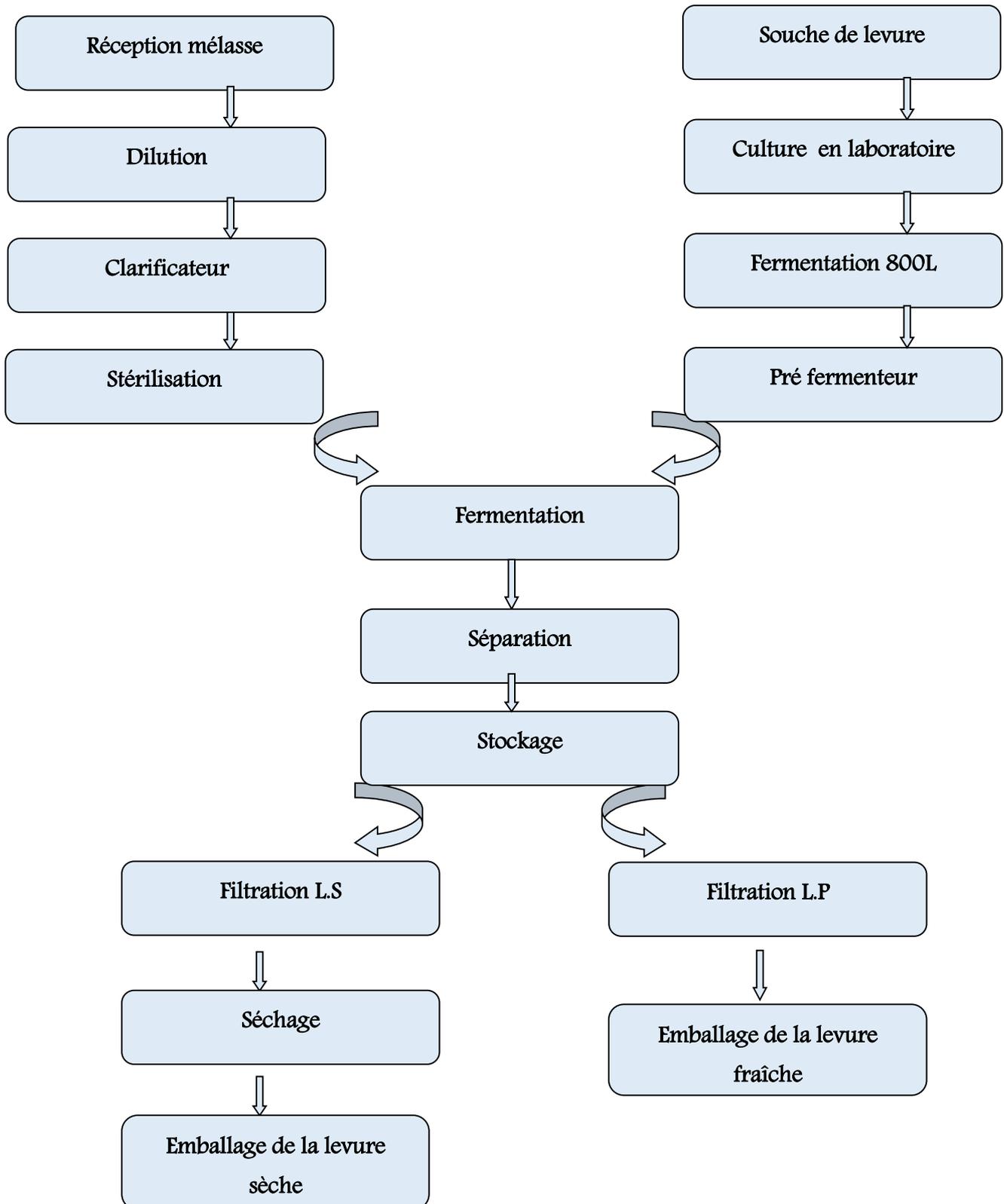


Figure 2.5 : Schéma du procédé de fabrication de la levure



# CHAPITRE III

## PRESENTATION ET ANALYSE FONCTIONNELLE DU CLARIFICATEUR CHPX 517

## I. LA PRESENTATION DE LA MACHINE ET DU PROBLEME

### 1. Initialisation de l'étude

#### **Cahier des charges :**

Afin de traiter le sujet qui m'a été confié de façon stratégique, j'ai élaboré le cahier de charges suivant:

- Présenter la machine et son rôle ainsi que son principe de fonctionnement.
- Découper la machine en sous éléments.
- Etudier l'historique de défaillances constatées au niveau de chaque élément de l'ensemble et Analyser les modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités AMDEC.
- Proposer des actions correctives pour remédier aux problèmes rencontrés.
- Elaborer le plan de maintenance préventif. Et appliquer la méthode des 5S .

#### **Problème :**

Le clarificateur CHPX 517 est la machine la plus critique d'après le service de maintenance en raison de la vibration forte de la machine et de sa grande vitesse de rotation, ainsi nous avons fait une étude de cette machine dans le but d'améliorer la disponibilité de la machine.

#### **Planning prévisionnel du projet :**

En se basant sur le cahier de charge, nous avons élaboré un plan d'action en tenant compte du temps alloué pour ce projet.



## 2. Définition du produit (mélasse) traité par la machine

La mélasse est un résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre (ou parfois de la betterave), que l'on trouve sous forme d'un sirop très épais et également très visqueux.



Figure 3.2: de la mélasse

## 3. Le fonctionnement général de la machine

Le clarificateur est une machine qui permet la clarification de la mélasse c'est-à-dire la séparation des particules solides d'un liquide grâce à la force centrifuge obtenue par une rotation rapide du bol

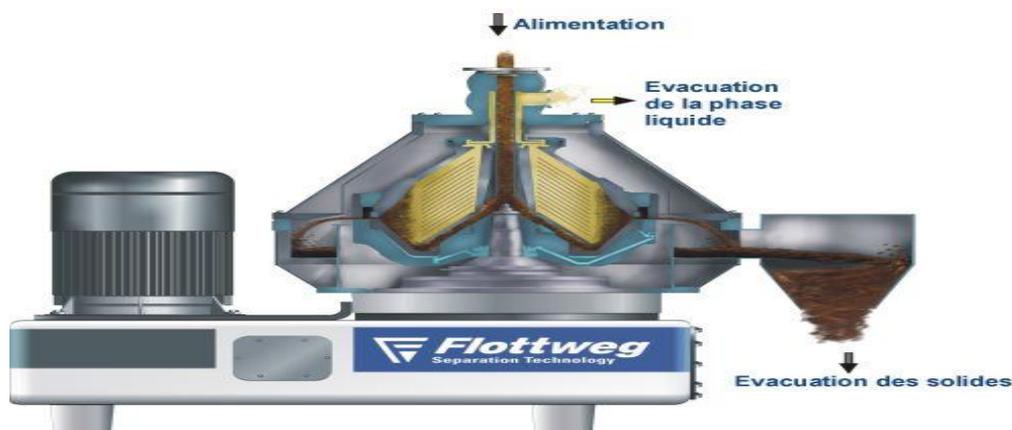


Figure 3.3: le clarificateur de la mélasse

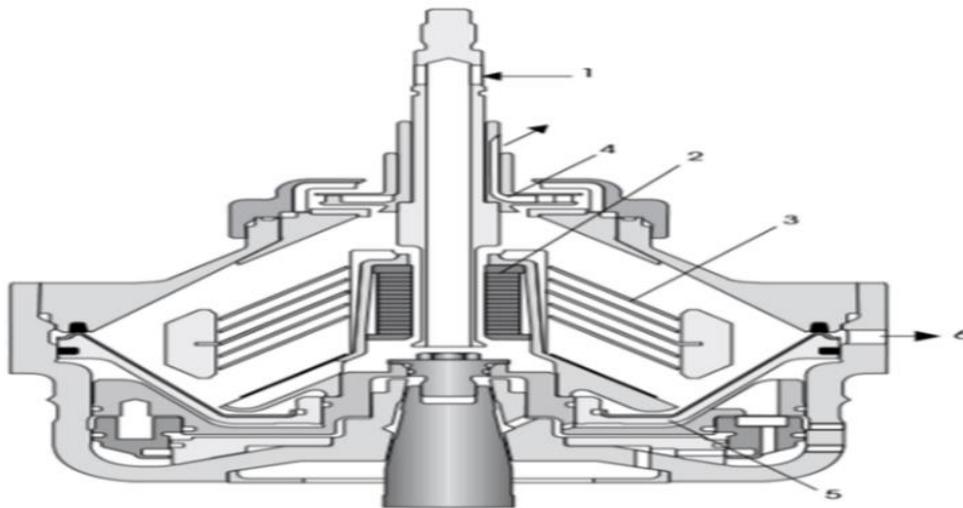
## 4. Principe de fonctionnement :

Les trois étapes principales du fonctionnement de la machine sont : **Clarification, déplacement et débouillage.**

❖ **La clarification** : cette phase s'effectue à l'intérieur d'un bol en rotation. Le produit est introduit dans le bol en rotation de la centrifugeuse par le haut via un tube fixe (1) et il subit une accélération dans le distributeur (2) allant jusqu'à la vitesse de rotation du bol avant d'entrer dans la pile d'assiettes (3). Le distributeur est spécialement conçu pour assurer une accélération en douceur de la partie liquide du produit. La séparation

liquide-solides s'effectue entre les disques. La phase liquide se déplace vers le centre du bol puis elle est pompée hors du bol par une turbine centripète (4).

❖ **Le déplacement** : une fois l'alimentation de la mélasse coupée l'écoulement de l'eau de manœuvre dans le bol commence pour faire dégager le reste du liquide clarifié. **Le débouillage** : une fois le déplacement terminé, l'évacuation des solides (débouillage) commence, ces solides (les boues) sont collectés à la périphérie du bol rotatif. Ils sont chassés par un système hydraulique et sont évacués aux intervalles prédéfinis, ce système hydraulique force le fond mobile du bol (5) à descendre, ouvrant ainsi à la périphérie du bol (6) les sorties pour les solides.



**Figure 3.4** : le bol du clarificateur

## 5. Le nettoyage du bol :

Le nettoyage du bol se fait par la circulation de plusieurs types de liquides de rinçage et de nettoyage dans la machine suivant un programme fixe.

**Les étapes du nettoyage :**

Le nettoyage avec l'eau	
Rinçage préliminaire	180 secondes
Vidange	0 secondes
Nettoyage avec la soude	
Nettoyage soude	1800 secondes
Récupération soude	80 secondes
Rinçage après nettoyage soude	180 secondes
Vidange	0 secondes
Nettoyage avec l'acide	
Nettoyage acide	1200 secondes
Récupération acide	80 secondes
Rinçage après nettoyage acide	180 secondes
Vidange	0 secondes

**Tableau 3.1 : Les étapes de nettoyage du bol**

### **✚ Résultats des essais :**

Lors des différents modes de fonctionnement de la machine, des mesures de ont été effectuées et consignées dans les tableaux ci-dessous :

Au cours de la clarification					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de clarification
3913 – 3918 tr/min	0.9 – 1.1 mm/s	310 – 555 Kpa	277 – 375 Kpa	29 – 38 A	10 min

**Tableau 3.2 :** Mesures effectuées au cours de la clarification

Au cours du débouillage					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de débouillage
3918 – 3921 tr/min	Augmente jusqu'à 1.4 mm/s	320 – 570 Kpa	Diminue jusqu'à atteindre la valeur 0 Kpa	Augmente jusqu'à 92 A	1 min 32 s

**Tableau 3.3 :** Mesures effectuées au cours du débouillage

Au cours du nettoyage					
Vitesse de rotation (tr/min)	La vibration (mm/s)	La pression de l'eau de manœuvre(Kpa)	La pression du liquide (Kpa)	L'ampérage (A)	Le temps de débouillage
3918 – 3921 tr/min	1.0 - 1.2 mm/s	310 - 560 Kpa	337 – 349 Kpa	34 – 35 A	46 s

**Tableau 3.4 :** Mesures effectuées au cours du nettoyage

### **✚ Analyse des résultats :**

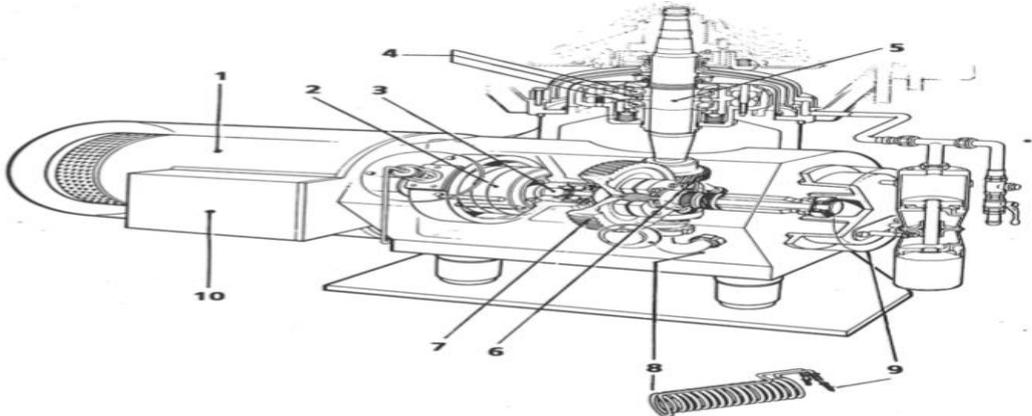
D'après les résultats obtenus, la vibration et l'ampérage subissent une augmentation au cours du débouillage, cette augmentation est liée au débit de la mélasse.

Lorsqu'une décharge des solides va commencer (débouillage), l'électrovanne se ferme tout en empêchant le passage de la mélasse, ce qui explique la diminution de la pression du liquide.

Au cours du nettoyage, le clarificateur fait un seul débouillage, et il fait deux débouillages au cours de la clarification, ce qui explique la différence du temps du débouillage entre la clarification et le nettoyage.

Le choix du temps de la clarification est en fonction de la qualité de la mélasse.

## 6. Le fonctionnement mécanique de la machine :



**Figure 3.5 :** les éléments de la machine

Le moteur (1) fait tourner le bol via le couplage (2) et l'engrenage à vis sans fin (6.7). l'engrenage à vis sans fin sert à adapter la vitesse de rotation du bol au régime du moteur le nombre de tours du bol est un tant soit peu supérieur à celui du moteur.

## 7. Caractéristiques de la machine

### + Caractéristiques techniques :

Le débit de la mélasse	15 (.max)
Vitesse du bol	3955 tr/min (.max)
Pression de sortie	0.5 - 1 bar
Puissance du moteur	45 KW
Volume de la chambre à boues	25.7 l
Temps de démarrage	9 - 10 min
Temps d'arrêt	25 - 28 min
Volume de décharge de solides	petite décharge 15 - 17 l
	Grande décharge 30 - 35 l
Fréquence	50 ou 60 Hz

**Tableau 3.5 :** Caractéristiques techniques de la machine

### + Consommation d'énergie :

Puissance électrique (séparateur)	23 KW à 10 (approx.)
	27 KW à 30 (approx.)
Eau de manœuvre pour la décharge des solides	petite décharge 1 - 2 l
	Grande décharge 1.5 - 3 l

**Tableau 3.6:** Consommation d'énergie de la machine

### **✚ Matériaux :**

Le matériau utilisé est l'acier inoxydable de haute qualité pour toutes les parties en contact avec le produit traité pour une raison essentielle : l'acier au carbone se corrode. Cette corrosion peut entraîner une contamination du produit, le déséquilibre du bol, un coût d'entretien élevé et des temps d'arrêt machine prolongés.

### **✚ Dispositif d'écoulement :**

Les lignes d'entrée et de sortie peuvent être complétées de vannes et d'instrumentation nécessaires pour la régulation et le contrôle de séparation, comme des électrovannes, vannes de régulation, clapet anti-retour, manomètres, débitmètre, etc.

## **II. ANALYSE FONCTIONNELLE**

L'analyse fonctionnelle d'un système est l'étude qui a pour but de mettre en évidence l'ensemble des fonctions et critères d'appréciation permettant au système de répondre à un besoin, on parle d'analyse fonctionnelle externe ou interne.

### **1. Analyse fonctionnelle externe**

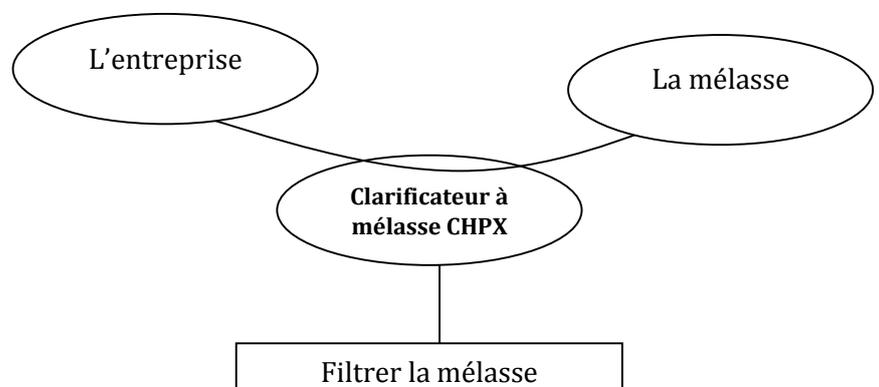
Analyse fonctionnelle qui considère le système comme une boîte noire. Cela signifie que l'on regarde le système de l'extérieur, sans regarder ce qu'il y a dedans.

Parmi les outils destinés à nous aider à réaliser cette analyse fonctionnelle externe : le diagramme de bête à corne et le diagramme de pieuvre.

### **✚ Le diagramme de bête à corne**

La bête à cornes nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception du clarificateur CHPX 517, et cela à l'aide des trois questions fondamentales :

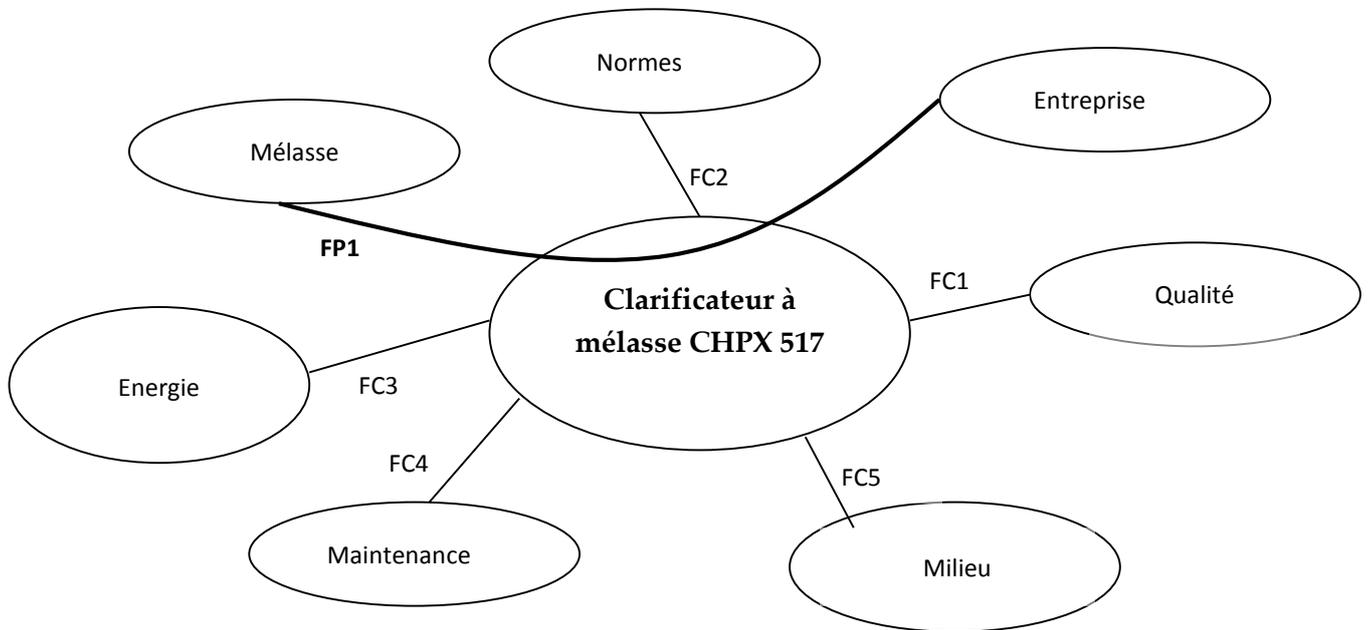
- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?



**Figure 3.6:** diagramme de bête à corne du clarificateur CHPX 517

## Diagramme de pieuvre

Ce diagramme (fig.) sert à exprimer les fonctions, il est constitué du système et des éléments de son milieu environnant, et il fait apparaître les fonctions entre les éléments du milieu environnant et le système.



Fonctions	Explication
<b>FP1</b>	permet la clarification de la mélasse
<b>FC1</b>	assurer la qualité de la mélasse
<b>FC2</b>	respecter les normes notamment de sécurité
<b>FC3</b>	alimenter la machine
<b>FC4</b>	assurer la maintenabilité de la machine
<b>FC5</b>	résistance au milieu ambiant (corrosion)

**Figure 3.7 :** le diagramme pieuvre du clarificateur CHPX 517

## 2. Analyse fonctionnelle interne

Analyse du point de concepteur en charge de réaliser le produit. Cette analyse consiste à passer des fonctions de services aux fonctions techniques permettant de les concrétiser.

Pour cela on va utiliser La méthode SADT et FAST pour réaliser cette analyse fonctionnelle interne.

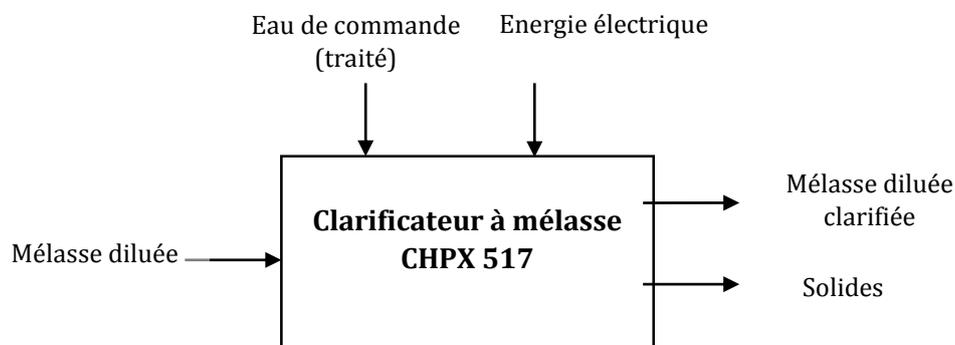
## La méthode SADT

La méthode SADT est une méthode graphique qui permet de mettre en évidence toutes les informations relatives à ce système.

On représente un système par une « boîte » à l'intérieur de laquelle on inscrit la « fonction globale » du clarificateur CHPX 517.

Les entrées sont de deux types :

- ✓ Le flux matière d'œuvre qui est modifié par la fonction.
- ✓ Les données de contrôle qui déclenchent, régulent ou contraignent le déroulement de la fonction.

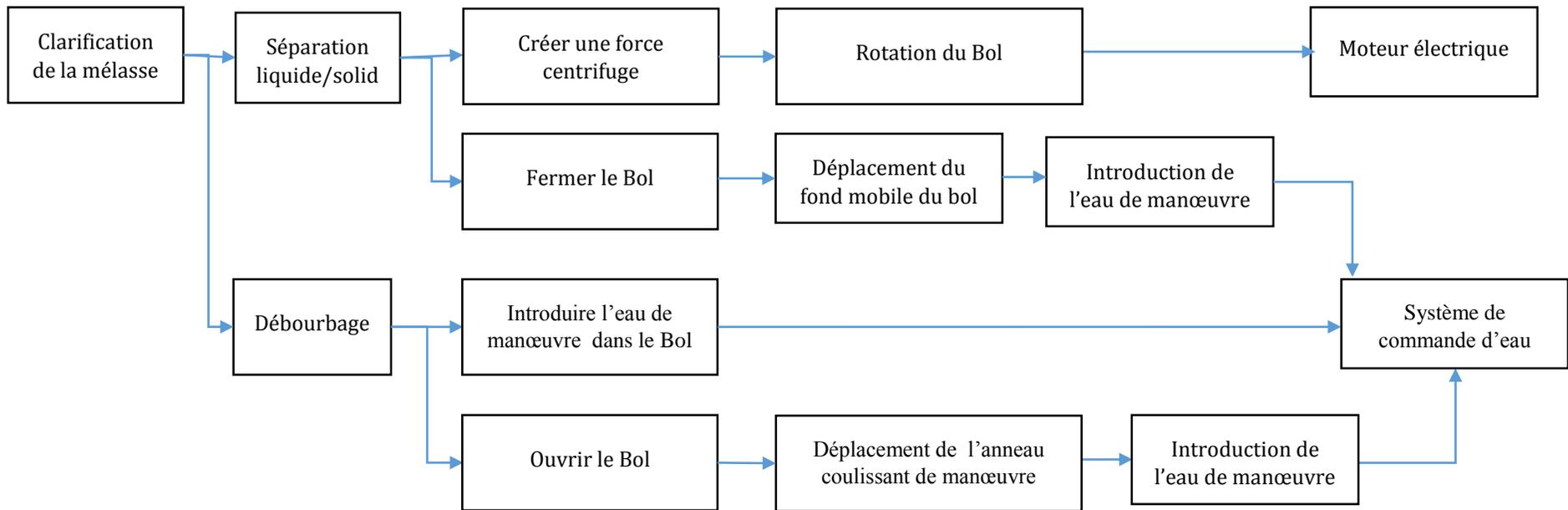


**Figure 3.8** : Graphe SADT du clarificateur CHPX 517

## Méthode de FAST

La méthode FAST permet de relier et d'ordonner toutes les fonctions techniques assurées par les éléments du système. Pour chaque fonction technique, le diagramme FAST répond aux questions (pourquoi, comment).

Nous dressons ci-dessous le diagramme FAST relatif au «clarificateur » :



**Figure 3.9 :** Graphe FAST du clarificateur CHPX 517



# Chapitre IV

## APPLICATION D'AMDEC SUR LE CLARIFICATEUR CHPX 517

## I. METHODOLOGIE AMDEC

### 1. Définition de l'AMDEC

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les modes de défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du moyen de production, de l'équipement ou du processus étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives ou préventives

Cette méthodologie n'est réellement efficace qu'avec l'expérience, il faut donc se renseigner en profondeur auprès des personnes compétentes.

### 2. Type d'AMDEC

Globalement il existe 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 machine (ou moyen)** : 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** : elle est utilisée pour évaluer les défauts potentiels d'un nouveau produit et leurs causes.

### 3. Analyse de défaillance



#### Mode de défaillance :

Il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est sensée faire. L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, l'AMDEC envisage pour chacune d'entre-elles sa façon (ou ses façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.



### + La cause :

C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance.

La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement.

Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles, On en fait l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets", Chaque famille peut à son tour être décomposée en sous-famille.

Un mode de défaillance peut résulter de la combinaison de plusieurs causes.

Une cause peut être à l'origine de plusieurs modes de défaillances

### + L'effet :

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance. Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- ✓ Effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé).
- ✓ Effets sur la productivité (AMDEC machine).
- ✓ Effets sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance.

## 4. Evaluation

L'évaluation se fait selon 3 critères principaux :

- ✓ **La gravité,**
- ✓ **La fréquence,**
- ✓ **La non-détection.**

Ces critères ne sont pas limitatifs, le groupe de travail peut en définir d'autres plus judicieux par rapport au problème traité. Chaque critère est évalué dans une plage de notes. Cette plage est déterminée par le groupe de travail.

### **La gravité :**

Elle exprime l'importance de l'effet sur la qualité du produit (AMDEC procédé) ou sur la productivité (AMDEC machine) ou sur la sécurité (AMDEC sécurité). Le groupe doit décider de la manière de mesurer l'effet.

Gravite	Détail	Note
Mineure	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sécurité : Aucune incidence mesurable</li> <li>✓ Production : arrêt de production &lt; 2min</li> <li>✓ Aucune dégradation notable.</li> </ul>	1
Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sécurité : Risque faible pour les machines seulement</li> <li>✓ Production : arrêt de production de 2min à 20min.</li> <li>✓ Perte de produit moyenne.</li> <li>✓ Remis en état de courte durée ou petite réparation.</li> </ul>	2
Importante	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sécurité : Risque faible pour le personnel.</li> <li>✓ Production : arrêt de production de 20min à 60min.</li> <li>✓ Perte de produit élevée.</li> <li>✓ changement matériel défectueux nécessaire.</li> </ul>	3
Catastrophique	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sécurité : Risque grave pour le personnel et les machines.</li> <li>✓ Production : arrêt de production de 1h à 2h.</li> <li>✓ Perte de produit trop élevé.</li> <li>✓ Vibrations fortes.</li> </ul>	4

**Tableau 4.1 : Gravité**

### **La fréquence :**

On estime la période à laquelle la défaillance est susceptible de se reproduire.

Fréquence	Détail	Note
Très faible	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an.	1
Faible	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre.	2
Moyenne	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par mois.	3
Forte	Défaillance très fréquente : moins d'une défaillance par semaine.	4

**Tableau 4.2: Fréquence**

### ✚ La non-détection :

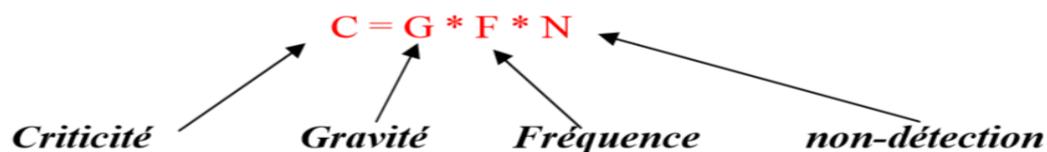
Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème.

Niveau de non détection	Détail	Note
Détection évidente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Défaillance détectable à 100%.</li> <li>✓ Signe évident d'une dégradation.</li> <li>✓ Dispositif de détection automatique (alarme).</li> </ul>	1
Détection possible	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Défaillance détectable.</li> <li>✓ Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite...).</li> </ul>	2
Détection improbable	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant</li> <li>✓ Une action ou des moyens complexes (démontage...)</li> </ul>	3
Détection impossible	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Défaillance indétectable.</li> <li>✓ Aucun signe de la défaillance.</li> </ul>	4

**Tableau 4.3:** Non détection

### ✚ La criticité :

Lorsque les 3 critères ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.



Le groupe de travail doit alors décider d'un seuil de criticité. Au-delà de ce seuil, l'effet de la défaillance n'est pas supportable. Une action est nécessaire.

## 5. Démarche pratique de l'AMDEC :

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit :

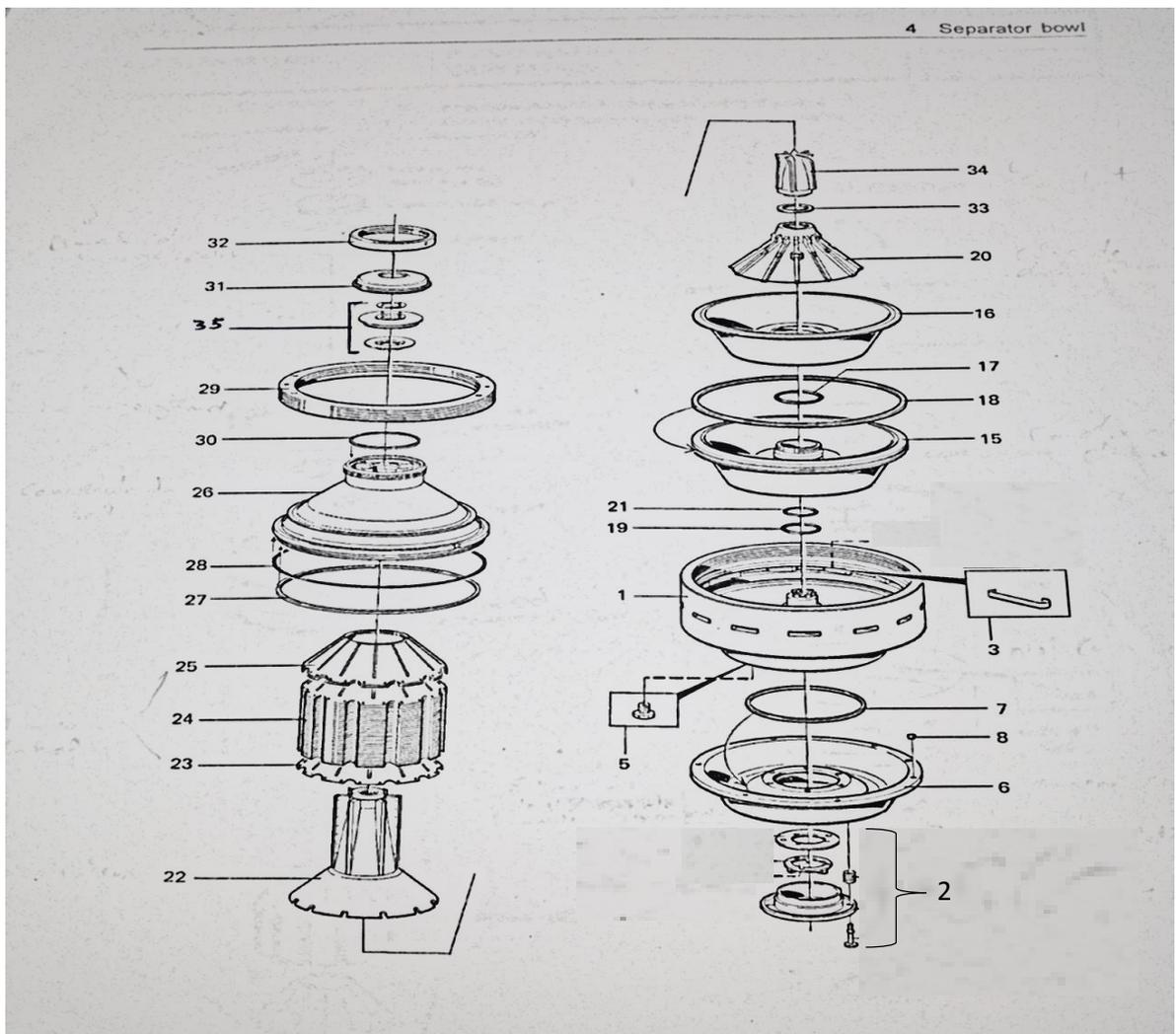
- ✓ La constitution d'un groupe de travail.
- ✓ Décomposition fonctionnelle de la machine.
- ✓ L'analyse des défaillances potentielles.
- ✓ L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité.
- ✓ La définition et la planification des actions.

## II. DECOUPAGE DE LA MACHINE

La machine se compose de huit éléments :

- Un bol.
- Un moteur électrique.
- Dispositif d'entraînement vertical.
- Dispositif d'entraînement horizontal.
- Un système de commande d'eau de manœuvre.
- Une garniture mécanique.
- Un serpentin de refroidissement.
- Les pattes de la machine.

### 1. Décomposition du bol

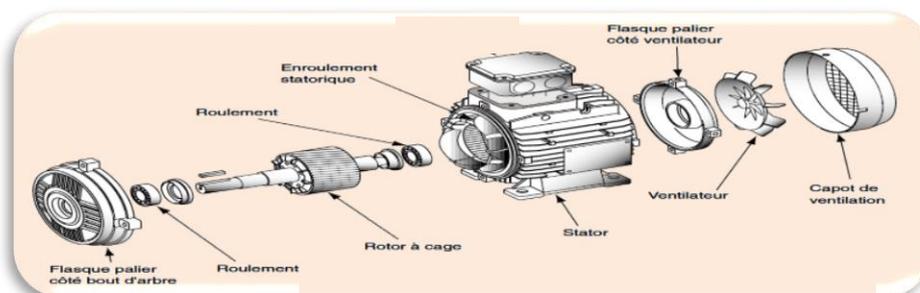


**Figure 5.1:** vue éclatée des éléments du bol

1	Fond de bol
26	Le chapeau de bol
7	Joints d'étanchéité
17	
18	
19	
21	
27	
28	
30	
3	Tôle de protection
23	Disque inférieur
24	Pile de disques
25	Disque supérieur
22	Le distributeur
34	Ecrou coiffant
29	Grand anneau de serrage
35	Turbine centripète
20	Cône de distribution
32	Petit anneau de serrage
31	Chambre d'évacuation
15	Fond mobile du bol
6	Anneau coulissant de manœuvre
8	Clapet de décharge
5	Embouchure de vidange
2	Vanne annulaire

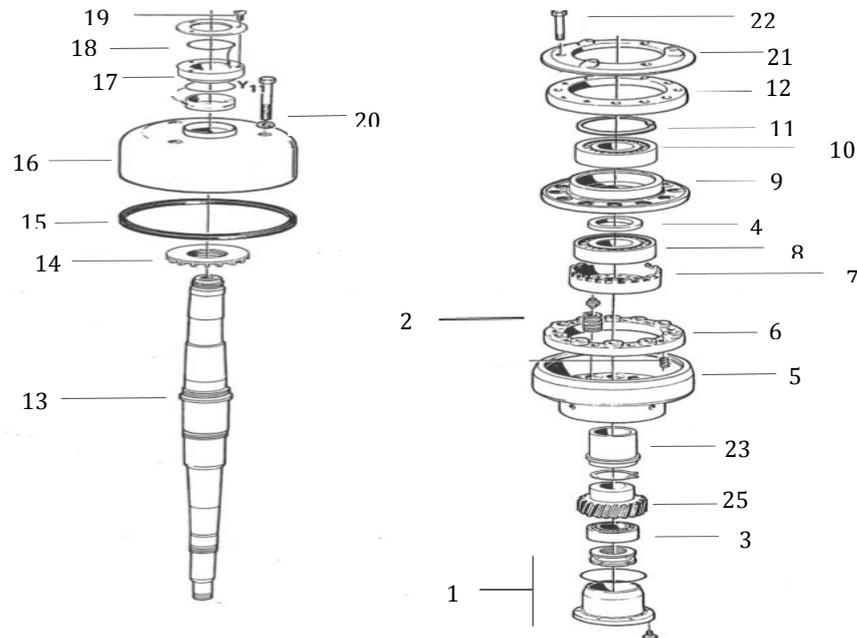
**Tableau 5.1 : Nomenclature des éléments du bol**

## 2. Décomposition du moteur



**Figure 5.2: vue éclatée du moteur**

### 3. Dispositif d'entraînement vertical

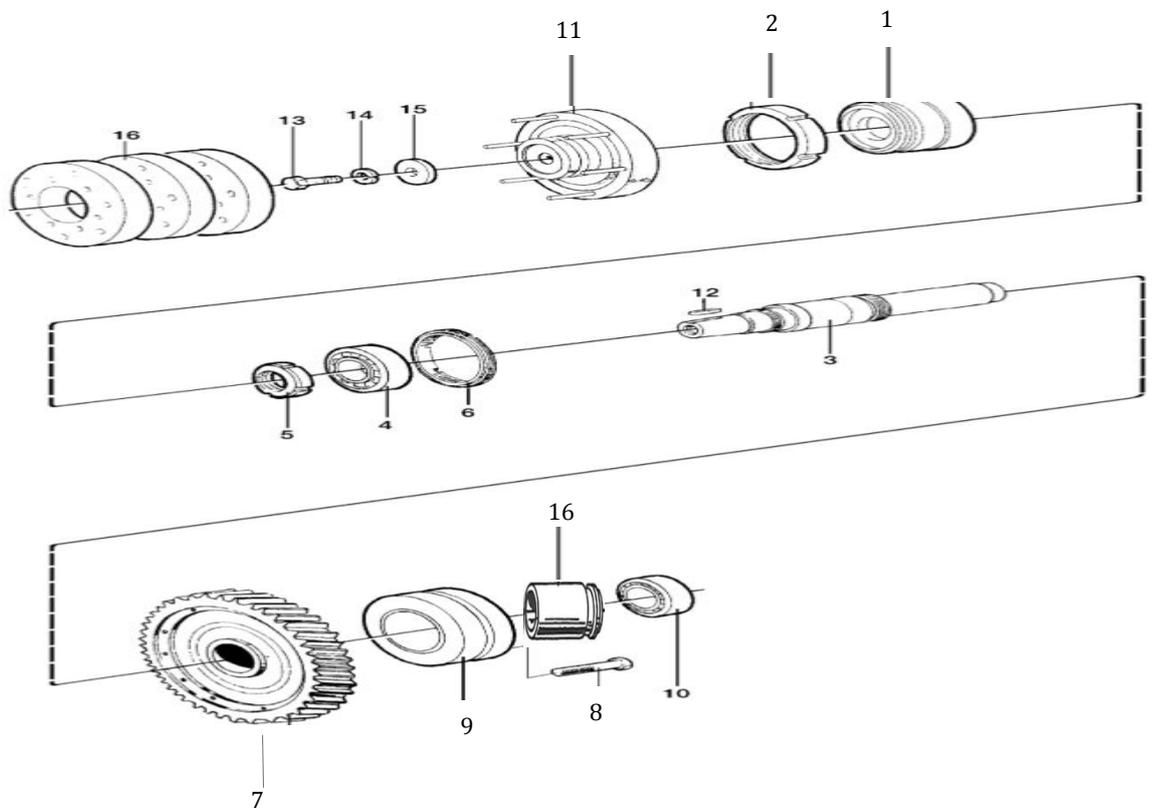


**Figure 5.3 :** vue éclatée du mécanisme d'entraînement vertical

1	Boîte de roulement
2	Ressort
3	Roulement à bille
4	Bague de retenue
5	Support de coussinet
6	Tampon en caoutchouc inférieur
7	Boîte de roulement
8	Roulement à billes inférieur
9	Couvercle
10	Roulement à billes supérieur
11	Cerclips
12	Tampon en caoutchouc supérieur
13	Arbre du dispositif vertical
14	Défecteur
15	Joint
16	Couvercle du bâti
17	Bague protectrice
18	Joint thorique
19	Vis
20	Vis
21	Couvercle du coussinet supérieur
22	Vis
23	Manchon
24	Cerclips
25	La vis sans fin

**Tableau 5.2 :** Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement vertical.

#### 4. Dispositif d'entraînement horizontal :



**Figure 5.4 :** vue éclatée du mécanisme d'entraînement horizontal

1	Logement du roulement
2	Ecrou à encoche
3	Arbre
4	Roulement à billes
5	Ecrou à encoche
6	Entretoise
7	Roue hélicoïdale
8	Vis 6 pans creux
9	Anneaux de fixations
10	Roulement à billes
11	Plateau d'accouplement
12	Clavette
13	vis
14	Rondelle élastique
15	rondelle
16	Manchon

**Tableau 5.3:** Nomenclature des éléments du mécanisme d'entraînement horizontal

## 5. Le système d'eau de commande

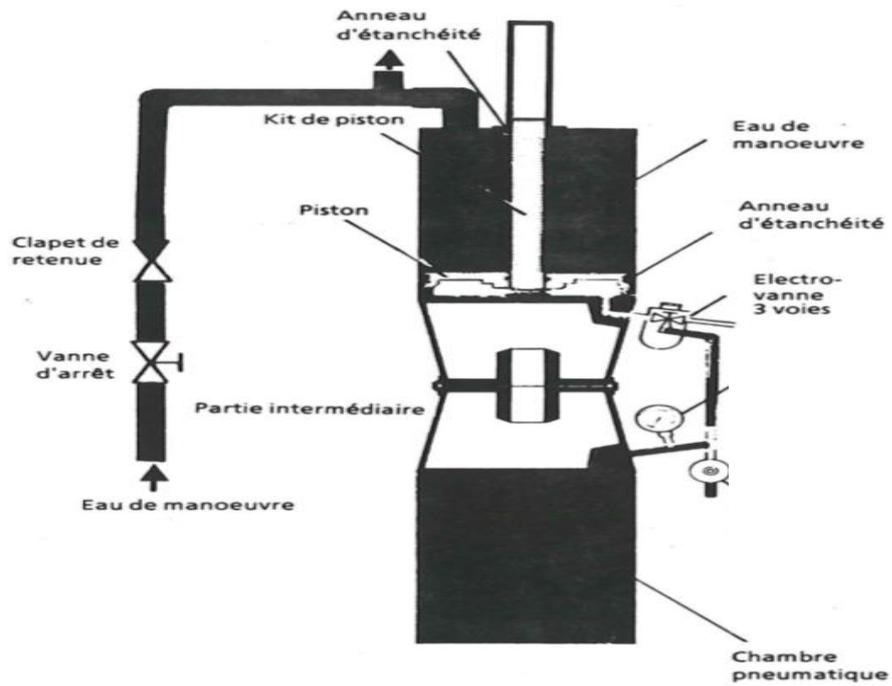


Figure 5.5 : commande d'eau de manoeuvre

## 6. La garniture mécanique

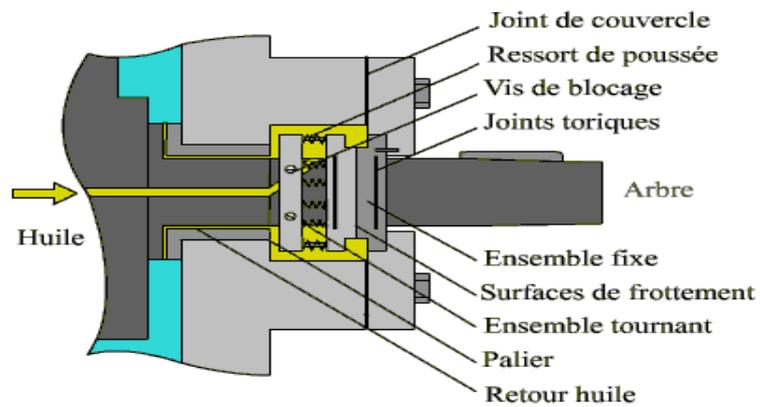
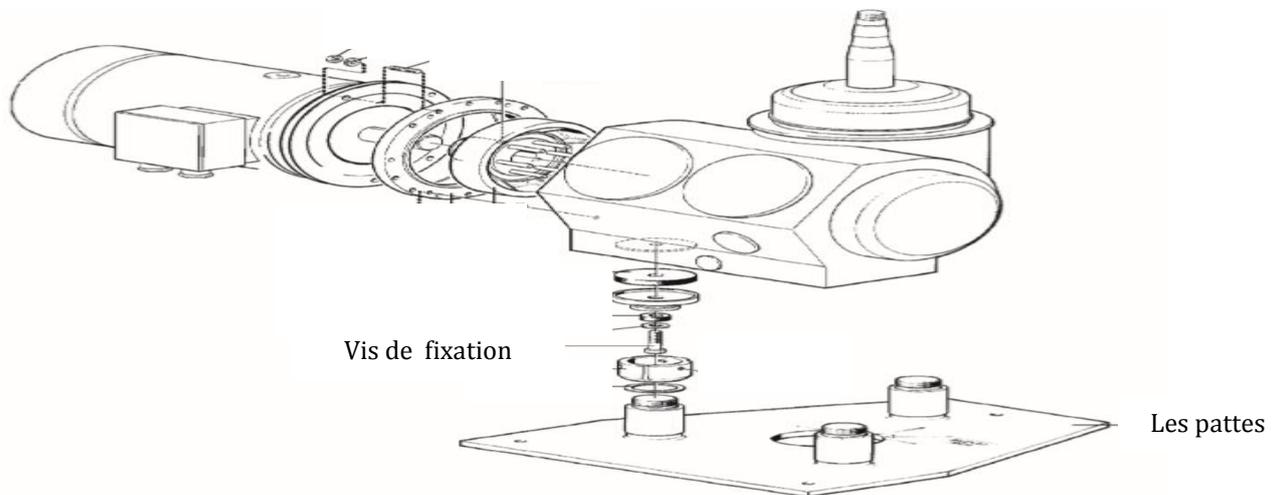


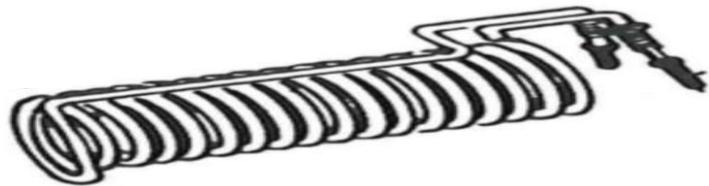
Figure 5.6 : garniture mécanique

## 7. Les pattes du clarificateur



**Figure 5.7 :** les pattes de la machine

## 8. Le serpentin de refroidissement



**Figure 5.8 :** serpentin de refroidissement

### III. ANALYSE AMDEC DU CLARIFICATEUR CHPX 517

#### 1. Constitution du groupe de travail

Le groupe de travail de l'étude AMDEC est constitué par :

- Mohamed Bouzaffour : Stagiaire.
- Abdlouahed Ssarou : Responsable de Maintenance Mécanique.
- ABDELHAK BOUJNANE : Chef d'atelier.
- Mourad BOUINBI : Technicien Maintenance.
- Mustapha QARCH : Technicien Maintenance.
- Mohamed TARRAK : Technicien Maintenance.

#### 2. Analyse AMDEC du clarificateur CHPX 517

En se basant sur l'historique des pannes, on est parvenu à élaborer les tableaux AMDEC du clarificateur CHPX 517.

Les grilles de la méthode AMDEC sont remplies et la criticité est calculée dans les grilles (Voir ANNEXE 1).

### 3. Le seuil de criticité

Après avoir évalué la criticité et à l'aide du groupe AMDEC on peut définir un seuil de criticité convenable, pour notre cas c'est «12» ;

Cependant les éléments critiques sont :

Eléments	criticité
chapeau de bol	27
fond mobile du bol	19,5
Piston	18
tige du piston	18
garniture mécanique	18
paliers du mécanisme horizontal	18
paliers du mécanisme vertical	18
les tampons	18
fond de bol	14
vanne annulaire	12
anneau de serrage	12

**Tableau 5.4:** Classement des éléments selon la criticité

### 4. Diagramme de Pareto

#### Aperçu sur la méthode "ABC":

Il est le résultat des recherches de l'économiste italien Vilfredo Fréderico Damaso surnommé par ses étudiants : "Marquis de Pareto". Il observa au début du XXème siècle, que 20% des voies ferrées occupent 80% du trafic (d'où le nom de la loi 80-20 ou 20-80), donc nécessité de s'intéresser qu'aux voies qui sont les plus rentables pour l'entreprise. 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.

### **Utilisation du diagramme de Pareto :**

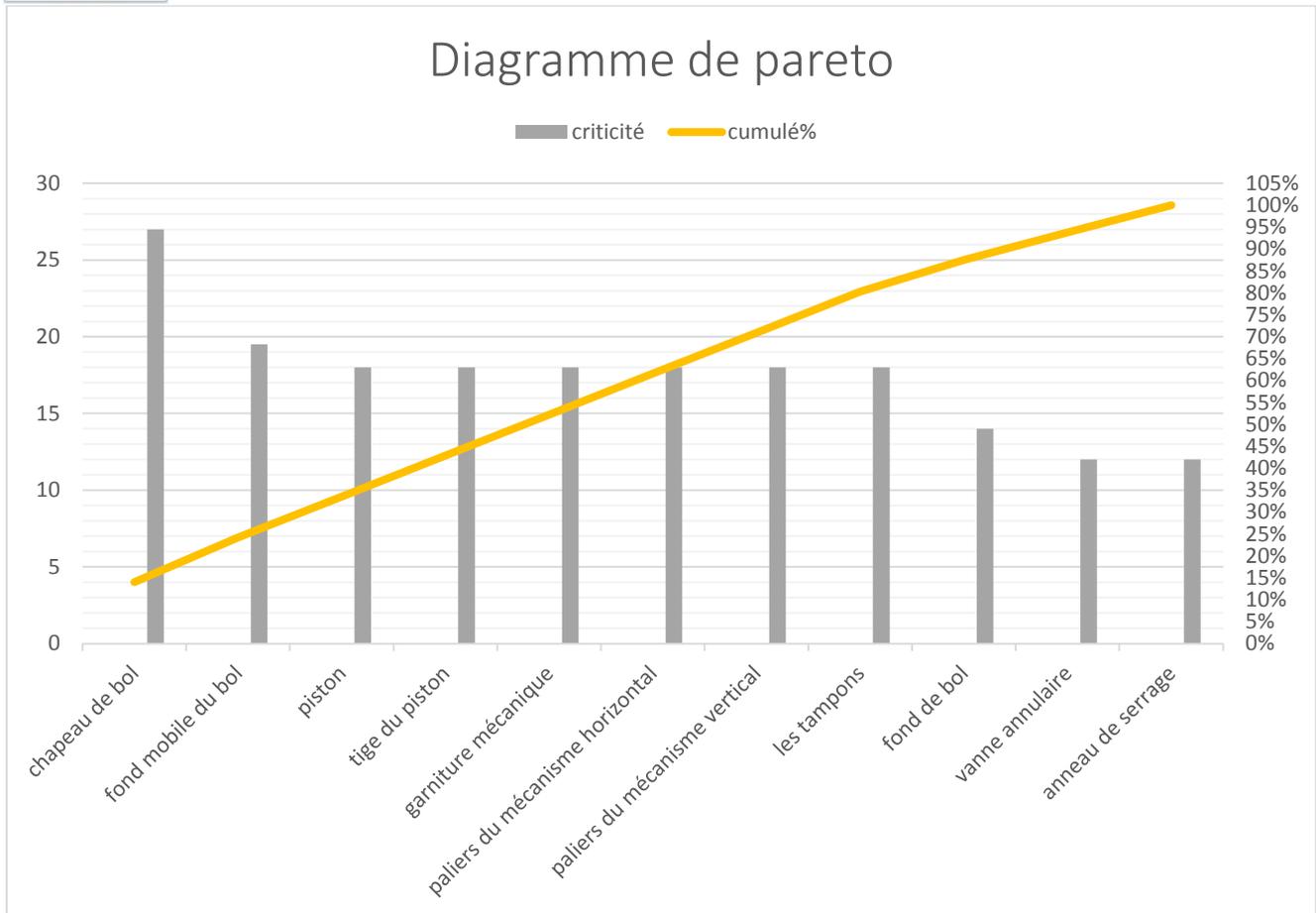
Le diagramme de Pareto est un outil essentiel pour connaître sur quels problèmes l'effort de l'équipe d'amélioration de la qualité doit être concentré.

Il facilite l'identification des problèmes à résoudre en priorité.

Alors pour bien mesurer et classer les éléments dont il faut mettre en œuvre des actions préventives permettant de réduire le risque. Nous allons utiliser la méthode PARETO pour ces éléments critiques :

Eléments	Criticité	Criticité%	Criticité cumulé	Numéro d'élément	Cumulé%
Chapeau de bol	27	14,03%	27	1	14,03%
Fond mobile du bol	19,5	10,13%	46,5	2	24,16%
Piston	18	9,35%	64,5	3	33,51%
Tige du piston	18	9,35%	82,5	4	42,86%
Garniture mécanique	18	9,35%	100,5	5	52,21%
Paliers du mécanisme horizontal	18	9,35%	118,5	6	61,56%
Paliers du mécanisme vertical	18	9,35%	136,5	7	70,91%
Les tampons	18	9,35%	154,5	8	80,26%
Fond de bol	14	7,27%	168,5	9	87,53%
Vanne annulaire	12	6,23%	180,5	10	93,77%
Anneau de serrage	12	6,23%	192,5	11	100,00%
Total	192,5				

**Tableau 5.5 :** tableau Pareto



**Figure 5.9 :** Analyse PARETO du clarificateur

#### Interprétation de la courbe :

La courbe PARETO est composée de trois zones :

**Zone A :** contient les 8 premiers éléments qui représentent presque 73% du total des éléments et totalisent 80% des effets donc c'est sur ces éléments qu'il faut concentrer les actions de maintenance afin de réduire la criticité.

**Zone B :** contient les éléments 8 et 9 qui représentent 18 % du totale des éléments mais ils totalisent presque 14% des effets.

**Zone C :** contient le dernier élément qui représente 9 % du total des éléments mais il totalise presque 6% des effets.

## Conclusion

D'après l'étude AMDEC et le diagramme de Pareto, on a pu déduire les éléments les plus critiques du clarificateur.

### 5. Diagramme d'Ishikawa

Pour identifier les causes possibles de la défaillance des éléments critiques, on va opter pour le diagramme d'Ishikawa.

#### Présentation de l'outil utilisé : Diagramme d'Ishikawa ou 5M

Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier

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).

Les catégories de causes commencent toutes par la lettre M :

**Matériel:** machines, outils, équipements...

**Main d'œuvre:** directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence...

**Milieu:** environnement physique, lumière, bruit, poussière, aménagement, température...

**Méthode:** instructions, manuels, procédures, modes opératoires utilisés...

**Matières:** c'est tout ce qui est consommable (les matières premières, les fluides, les énergies).

### Diagrammes d'Ishikawa des éléments critiques :

➤ Ci-dessous le diagramme d'Ishikawa du chapeau de bol :

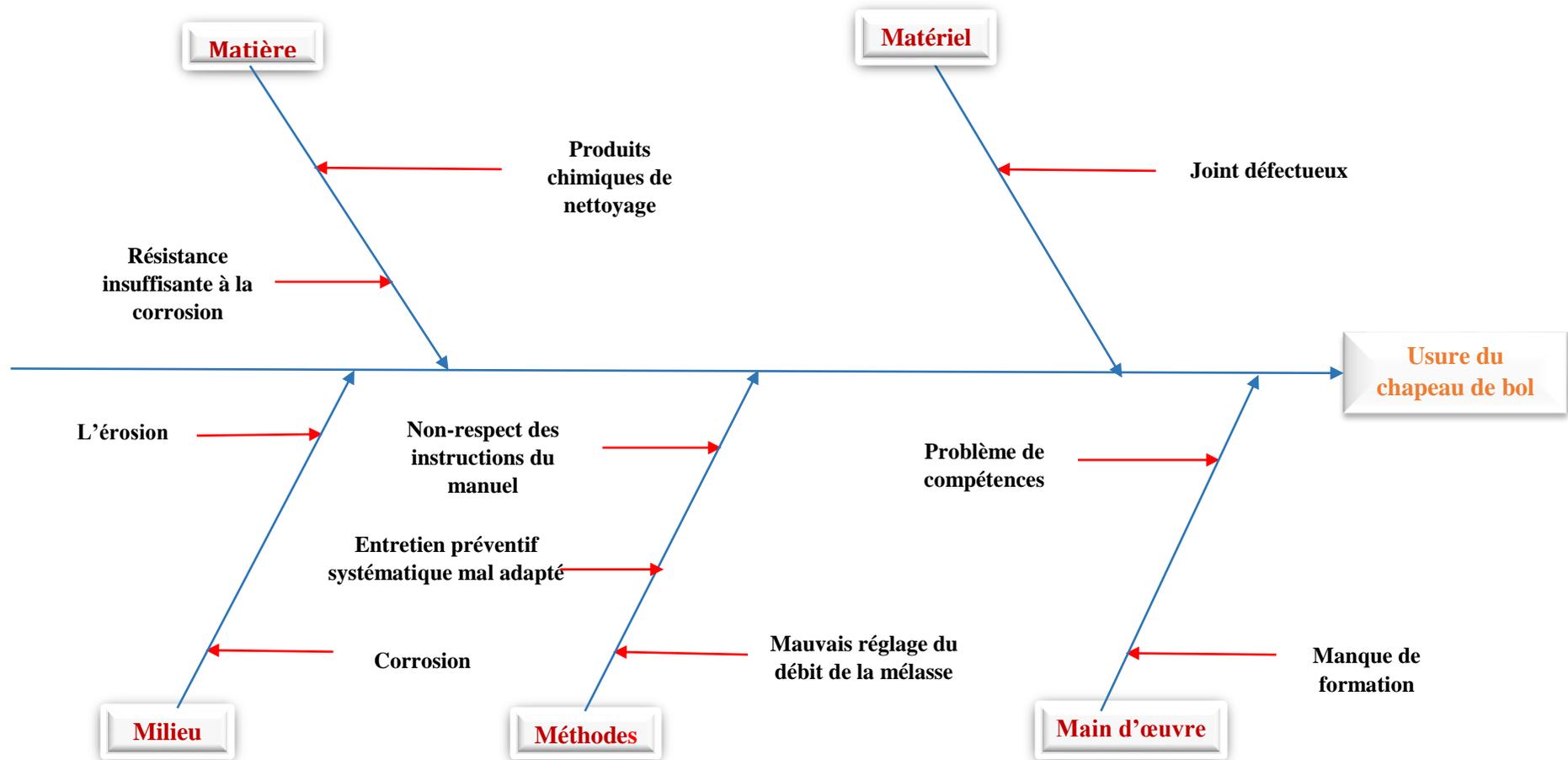


Figure 5.10 : Diagramme d'Ishikawa du chapeau de bol

➤ Ci-dessous le diagramme d'Ishikawa du fond mobile du bol :

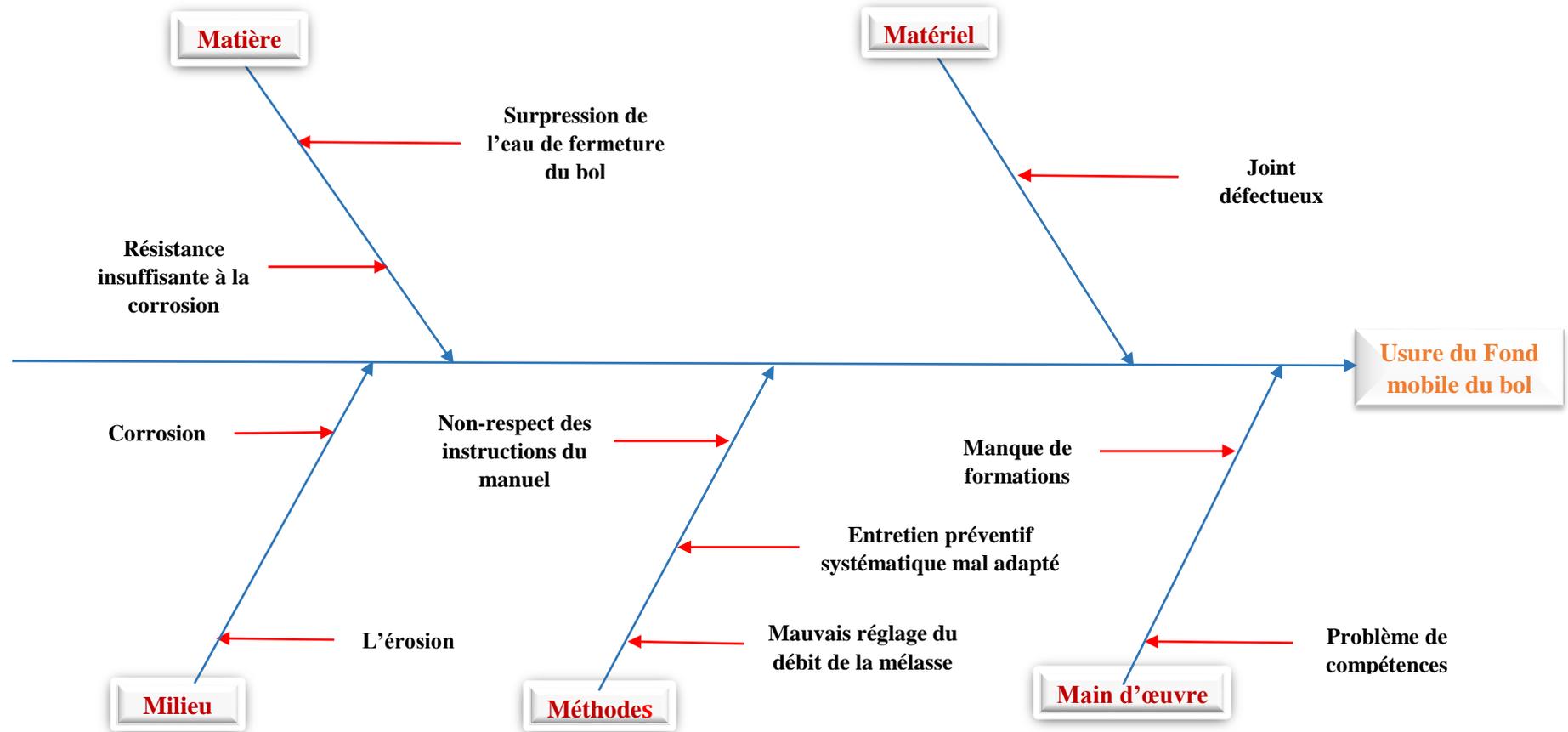


Figure 5.11 : Diagramme d'Ishikawa du fond mobile du bol

➤ L'analyse des causes des défauts des autres éléments critiques sont présentés dans ANNEXE 2

## 6. Analyse AMDEC des éléments critiques

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité				Actions
					G	F	N	C	
Chapeau de bol	Il constitue l'enveloppe du bol	Usure du chapeau de bol	-Détérioration du joint -Corrosion -grippage	Fuite de la mélasse depuis le bol	3	3	3	27	-Nettoyer et graisser le chapeau de bol avec de la graisse aux silicones. -Surveiller toute attaque de corrosion -Changer le joint du chapeau de bol -Régler le débit de la mélasse pour réduire l'effet de l'érosion
Fond mobile du bol	Permet la fermeture du bol par la pression de l'eau de manœuvre	Usure de l'anneau d'étanchéité du piston	Fatigue	Empêchement de la fermeture complète du bol	3	3	3	27	-Nettoyer et graisser le fond mobile du bol avec de la graisse aux silicones - changer les deux joints et la chemise de protection
		Usure de la chemise de protection	Fatigue	L'érosion	2	2	3	12	

Piston	Conversion de la pression en un travail	Usure du piston	-Fuites -corrosion	-Grippage du piston -Défaut de débouillage	2	3	3	18	-Régler la pression (pression maximale : 4bar) et ne doit pas être inférieure à 2bar -surveiller toute attaque de corrosion ou de signes de grippage du piston. -suivre la qualité de l'eau (présence d'impuretés) -Nettoyer et graisser le piston et le cylindre avec de la graisse aux silicones
Tige du piston	Transfère la force générée par le piston	Rupture de la tige du piston	-Joint défectueux -grippage	-Fuite externe de l'eau de manœuvre -Mauvais pilotage du piston	2	3	3	18	- Changer le joint racleur et le coussinet - Nettoyer et graisser la tige du piston avec de la graisse aux silicones -Surveiller toute attaque à la corrosion.
Paliers du mécanisme horizontal et vertical	Guider en rotation l'arbre	Détérioration des roulements	-Mauvaise lubrification	arrêt brutal de la machine	3	2	3	18	-Remplacer ou réparer le serpentín. -Surveiller de près la vibration. -Contrôler l'alignement de l'arbre. -Protection des roulements contre la corrosion et la poussière pendant le stockage. -changer l'huile de lubrification
Garniture mécanique	Assurer l'étanchéité de l'huile	Déformation des faces de la garniture mécanique	-refroidissement insuffisant -rodage incorrect	-Fuites permanentes -Fissures thermiques sur les faces	3	2	3	18	- Vérifier la planéité des pièces rodées. -Augmenter le refroidissement au niveau des faces. -surveiller de près de la vibration de la machine. -Motiver le personnel (primes...).

Les tampons	Amortir les chocs	Ressorts défectueux	Fatigue	l'usure des organes de la machine comme : les roulements et l'engrenage	3	2	3	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Régler la pression d'ouverture du bol.</li> <li>-surveiller de près de la vibration de la machine</li> <li>-Motiver le personnel (primes...).</li> <li>- changer l'huile et les ressorts.et les tampons s'ils sont usés.</li> <li>-surveiller toute attaque à la corrosion.</li> </ul>
-------------	-------------------	---------------------	---------	---	---	---	---	----	--

**Tableau 5.6:** Tableau AMDEC des éléments critiques

#### IV. PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE

ELEMENTS	PLANNING	Périodicité	PERSONNEL	TEMPS MOYEN REQUIS
Chapeau de bol	-Nettoyer et graisser le chapeau de bol avec de la graisse aux silicones.	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Surveiller toute attaque de corrosion	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Changer le joint du chapeau de bol	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-Contrôler le débit de la mélasse pour réduire l'effet de l'érosion	Quotidiennement	Opérateur	15 min
Fond mobile du bol	-Nettoyer et graisser le fond mobile du bol avec de la graisse aux silicones	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-changer les deux joints	Trimestre	Mécanicien	60 min
	-changer la chemise de protection	Trimestre	Mécanicien	60 min
Garniture mécanique	- Vérifier la planéité des pièces rodées	Hebdomadaire	Mécanicien	15 min
	-contrôler le refroidissement au niveau des faces	Hebdomadaire	Mécanicien	15 min
	-surveiller de près la vibration de la machine	quotidiennement	Opérateur	10 min
	-Changer les joints de la garniture mécanique	Trimestre	Mécanicien	20 min

Paliers du mécanisme horizontal et vertical	-Remplacer ou réparer le serpentin.	Trimestre	Mécanicien	80 min
	-Surveiller de près la vibration de la machine.	Quotidiennement	opérateur	10 min
	-Contrôler l'alignement de l'arbre.	Mensuel	Mécanicien	80 min
	-changer l'huile de lubrification	Mensuel	Mécanicien	30 min
	-Vérifier la qualité de l'huile de lubrification	Hebdomadairement	Mécanicien	15 min
	-Changer les roulements	Semestre	Mécanicien	90 min
Piston	-contrôler le réglage la pression (pression maximale : 4bar et ne doit pas être inférieur à 2bar).	Quotidiennement	opérateur	10 min
	-surveiller toute attaque de corrosion ou de signes de grippage du piston.	Mensuel	Electricien	35 min
	-Contrôler la qualité de l'eau (présence d'impuretés).	Quotidiennement	Technicien de froid	25 min
	-Nettoyer et graisser le piston et le cylindre avec de la graisse aux silicones	Mensuel	Electricien	35 min
Les tampons	-Contrôler le réglage de la pression d'ouverture du bol.	Quotidiennement	Opérateur	10 min
	-surveiller de près de la vibration de la machine	Quotidiennement	Opérateur	10 min
	- changer l'huile de lubrification	Mensuel	Mécanicien	30 min
	-Changer les ressorts.	Mensuel	Mécanicien	90 min
	-Changer les tampons.	Trimestre	Mécanicien	90 min



Tige du piston	- Changer le joint racleur	Mensuel	Electricien	25 min
	-changer le coussinet	Trimestre	Electricien	25 min
	- Nettoyer et graisser la tige du piston avec de la graisse aux silicones	Mensuel	Electricien	35 min
	-Surveiller toute attaque à la corrosion.	Mensuel	Electricien	35 min

**Tableau 5.7 :** Plan de Maintenance préventif

## V. LA METHODE DES 5S

Le principe des 5S est facile à comprendre et sa mise en œuvre ne requiert ni savoir-faire particulier ni investissement financier important. Pourtant, derrière cette apparente simplicité, se cache un outil puissant et multifonctionnel que peu d'entreprises ont réussi à appliquer pleinement pour en tirer tout le bénéfice possible. Les principes des 5S sont universels et s'appliquent aussi bien dans une usine ou un atelier, que dans une boutique, un entrepôt, un bureau, la cuisine d'un restaurant, et même chez soi !

### 1. LA SIGNIFICATION DES 5S

Le terme «5S» désigne une démarche dont le sigle rappelle les cinq verbes d'action (débarrasser, ranger, nettoyer, standardiser, progresser) et qui en japonais commencent tous dans les transcriptions en alphabet occidental par la lettre «S» (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke). La méthode ou plutôt la démarche est désormais connue sous le nom générique de 5S. Le tableau suivant propose la traduction des 5 mots japonais :

Mot japonais	Traduction	Interprétation
Seiri	Débarras	Trier
Seiton	Rangement	Ranger
Seiso	Nettoyage	Nettoyer
Seiketsu	Ordre	Conservé en ordre et propre
Shitsuke	Rigueur	Formaliser et impliquer

Tableau 6 : Signification des mots de la démarche 5S

### 2. Mise en place des 5S dans l'atelier

Après l'établissement du plan de maintenance préventif, j'ai proposé la démarche 5s aux techniciens pour bien exécuter les tâches effectuées dans le plan de maintenance préventif, ce qui permet de respecter le temps moyen de chaque tâche.

Afin d'aider le personnel du service maintenance d'appliquer la démarche des 5S dans l'atelier de maintenance, j'ai commencé par la sensibilisation des opérateurs à la méthode et son intérêt pour l'organisation de leur travail et le gain du temps.

Enfin, j'ai proposé au chef de service d'établir un plan d'action 5s.

#### Les 5S à appliquer dans l'atelier

Le Seiri, consiste à trier pour ne garder que le strict nécessaire sur le lieu de travail et se débarrasser du reste. Car l'accumulation des outils ne favorise ni la propreté de l'atelier ni l'efficacité de la recherche d'un outil, Cette opération lutte contre le penchant bien naturel de l'homme à accumuler. Il s'agit de marquer les objets non



indispensables et de statuer sur leur sort afin d'établir un système de classification des objets en fonction de leur nécessité.

Une fois le poste de travail débarrassé, la deuxième opération, Seiton ou Rangement, Au sens propre du terme, ranger signifie mettre les choses en ordre rapidement, Tant qu'on utilisera des objets, on aura besoin de les avoir à portée de main, ce qui explique que le rangement doit être fait chaque jour. On évite ainsi de perdre du temps à chercher.

Ranger un outil, un objet, permet de le retrouver sans perte de temps en cas de besoin. Il faut trouver les moyens de supprimer les changements de main et de position.

En effet, nous perdons un temps infini à chercher les objets, outils dont nous avons besoin, parce que l'atelier est vraiment mal organisé.

Pouvoir ranger et retrouver en 30 secondes des outils usuels est un objectif tout à fait possible.

Bien ranger, c'est aussi savoir quel outil on doit utiliser pour quelle tâche.

Il est important de créer des systèmes de maintenance et de stockage efficace, sans négliger la sécurité.

Enfin, le rangement produit les meilleurs résultats lorsque tout le monde y participe et font des efforts pour donner les solutions les plus efficaces.

Une fois chaque chose à sa place, il faut veiller à la propreté des lieux. C'est la phase SEISO. Le dictionnaire donne du verbe «nettoyer» la signification suivante : " Rendre net, propre en débarrassant de tout ce qui ternit ou salit ", Dans le contexte des 5S, cela signifie éliminer les déchets, les saletés, les corps étrangers afin que le poste de travail et son environnement soit propre, Cependant, le nettoyage ne se limite pas seulement à chasser la poussière, à faire briller les sols, à rendre propre les locaux et le matériel.

En effet, le nettoyage sert aussi à contrôler l'état de fonctionnement de la machine. Ainsi, le manque d'huile, les boulons mal serrés, les pièces présentant une usure précoce sont autant d'anomalies que peut révéler cette simple inspection de routine. Ainsi le nettoyage mérite le plus grand soin. C'est pourquoi, les 5S tendent vers le zéro défaut de propreté, et c'est donc de façon légitime que certaines entreprises visent aujourd'hui le degré zéro de saleté.

La quatrième opération, Seiketsu ou Ordre, définit les règles par lesquelles le poste de travail restera débarrassé des objets inutiles, rangé, nettoyé, C'est, après avoir nettoyé et éliminé les causes de salissures, faire briller puis repeindre avec une peinture claire et brillante.

Il s'agit là de développer des habitudes (appliquer les règles) et un effort constant que tout reste en ordre. En conséquence, il faut des rappels visuels. Il existe de très nombreux endroits où le management visuel s'impose.



De plus, les 5S sont facile à appliquer ponctuellement. Mais le fait qu'ils deviennent une habitude est plus difficile. Pourtant, cette répétition est indispensable et c'est le seul remède contre un retour aux anciennes pratiques. D'où l'importance du management visuel, pour que chacun sache immédiatement que quelque chose ne va pas et pour que vous puissiez maintenir les choses dans l'état où elles doivent être.

La cinquième opération, Shitsuke ou Rigueur a pour objectif de mettre en place un système permettant de faire des progrès et de ne pas revenir en arrière.

Sur le terrain, on applique ce qui a été décidé : Qui, Quoi, Quand, Comment les tâches sont réparties.

Par nature, l'homme a tendance à se relâcher et à oublier ses résolutions. Il a aussi tendance à tomber dans la routine en oubliant pourquoi il fait telle ou telle chose.

Au sein de l'entreprise, ce comportement est néfaste, car si chacun commet de petites erreurs, l'accumulation de celles-ci a de grandes répercussions sur la qualité du produit et se traduit par des mécontentements de la part des clients et des difficultés commerciales.

C'est donc en mettant en place la rigueur, c'est à dire en instaurant de bonnes habitudes, puis en faisant faire et refaire de la même façon jusqu'à ce que cela devienne naturel, que les 5S peuvent aboutir. C'est pourquoi la rigueur est indispensable et qu'il convient de l'instaurer, mais comment ?

Tout d'abord, en instituant des règles de comportement à l'aide de la communication visuelle et de la formation, Ensuite, en veillant à ce que tout le monde participe, agisse et se sente concerné, Enfin, en s'assurant que chacun prenne conscience de sa responsabilité envers la tâche qui lui incombe.

Pour ce faire, il est important que les responsables fassent remarquer les erreurs commises et les fassent corriger. Il est également nécessaire d'insister sur l'importance de l'esprit d'équipe en expliquant que la réussite dépend de la qualité du travail de tous et que la défaillance d'une personne nuit à tout le groupe.

### Plan d'action

Étapes de 5S	Plan d'action
Débarrasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supprimer la fraiseuse</li> <li>• Élimination divers : (planche, tiges métal, les bidons, cartons...)</li> </ul>
Ranger	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Améliorer les armoires pour allouer un espace pour chaque type d'outil</li> <li>• Allouer un espace connu pour les différents types de lubrifiants</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ranger les outils chaque jour</li></ul>
Nettoyer	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nettoyer les espaces de travail dans l'atelier</li><li>• Nettoyer les outils en chaque fin de journée</li></ul>
Conserver en ordre	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mettre en place des plaques signalétiques indiquant les places des éléments</li><li>• peindre dans des couleurs permettant un repérage immédiat des salissures</li></ul>
rigueur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensibiliser les employés de l'avantage de la méthode 5S,</li><li>• Afficher les plans d'action,</li><li>• Les consignes de circulation et d'évacuation,</li><li>• Les consignes de sécurité</li></ul>

## *CONCLUSION ET PERSPECTIVES*

Ce rapport est le rendement d'un travail collectif durant la période de notre stage, dans la société LESAFFRE MAROC, où j'ai pu mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation.

Pour l'élaboration de ce travail, j'ai commencé dans un premier temps par La description détaillée du clarificateur CHPX 517, puis une analyse de l'historique des défaillances ,ensuite j'ai établi une étude AMDEC, ce qui m'a permis de cerner la problématique et de dégager les causes principales qui pénalise le bon fonctionnement du clarificateur CHPX 517,ainsi j'ai pu relever les éléments critiques par l'application de la méthode ABC.

Par la suite, le diagramme Ishikawa m'a permis d'identifier les causes principalement responsables de chaque problème, ce qui m' a aidé à donner des solutions en employant des actions correctives, et ainsi donner un plan de maintenance préventive de la machine.

Enfin, j'ai proposé d'appliquer la méthode des 5S pour bien exécuter ce plan de maintenance préventif.

J'ai laissé comme perspectives la généralisation de cette étude AMDEC sur les autres zones et principalement sur la zone de séparation et sur les autres séparateurs existants dans cette zone et qui travaillent avec le même principe du clarificateur CHPX 517, j'ai aussi laissé la généralisation de la démarche 5S sur les autres ateliers.



# *REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES*

## LES LIVRES

Guide pratique des 5S.

Livre Maintenance industrielle.

## LES SITES WEB

[http://www.deschamps-web.com.](http://www.deschamps-web.com)

[http://fr.wikipedia.org.](http://fr.wikipedia.org)

[http://www.scribd.com.](http://www.scribd.com)

[http://reseauquimper.free.fr.](http://reseauquimper.free.fr)

[http://local.alfalaval.com.](http://local.alfalaval.com)

[www.hellopro.fr.](http://www.hellopro.fr)

[http://www.idecq.fr.](http://www.idecq.fr)



# **ANNEXE 1**

## **TABLEAUX AMDEC DES ELEMENTS DU CLARIFICATEUR CHPX 517**

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	criticité			
					G	F	N	C
Chapeau de bol	Il constitue l'enveloppe du bol	Usure de l'anneau d'étanchéité du chapeau de bol	Fatigue	Fuite de la mélasse depuis le bol	3	3	3	27
Fond de bol	Il constitue l'enveloppe du bol	Les buses de purges du fond de bol sont bouchées	Existence du calquer dans l'eau de manœuvre	Empêchement de la fermeture complète du bol	2	2	3	12
		Usure des tôles d'usures	Fatigue	Usure des orifices du fond de bol	3	2	3	18
		Usure des filets du fond de bol	Corrosion ou l'érosion	Desserrage de l'anneau de serrage	4	1	3	12
L'anneau de serrage	Tenir ensemble le chapeau et le fond de bol	Endommagement de l'anneau de serrage par grippage	Mauvaise graissage de l'anneau de serrage	Serrage insuffisant du jeu de disques	4	1	3	27

Le fond mobile du bol	Permet la fermeture du bol par la pression de l'eau de manœuvre	Usure de l'anneau d'étanchéité du piston	Fatigue	Empêchement de la fermeture complète du bol	3	3	3	27
		Usure de la chemise de protection	Fatigue	L'érosion du piston	2	2	3	12
Anneau coulissant de manœuvre	Permet l'ouverture du bol par la pression de l'eau de manœuvre	Les clapets de décharge fuient	Fatigue	Empêchement de la fermeture complète du bol	2	2	3	12
		L'anneau d'étanchéité fuit	Fatigue	Le bol ne décharge pas ou le volume très faible	2	2	3	12
Distributeur	Augmenter progressivement la vitesse du liquide à traiter	-Débordement du distributeur -Usure du distributeur	-Contre-pression trop élevée -Débit trop élevé du liquide à traiter	-Clarification non satisfaisante -L'érosion	3	1	3	9
Turbine centripète	Transporter le liquide clarifié	Usure de la turbine	Frottement	Diminution du débit de la mélasse clarifié	2	1	3	6
Les disques	Séparation liquide/solide	Jeu de disques colmaté	Débit de la mélasse trop élevée	Clarification non satisfaisante	4	2	1	8
		Serrage insuffisant du jeu de disques	Anneau de serrage mal serré	Vibrations	4	1	1	4

Vanne annulaire	Etanchéité de l'eau de manœuvre	Fuite du joint de la vanne annulaire	fatigue	Défaut de débouillage	2	2	3	12
		Ressorts défectueux ou cassés	Fatigue	Empêchement de la fermeture complète du bol	2	2	3	12

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Accouplement élastique	Assure la liaison entre l'arbre du moteur et l'arbre du mécanisme horizontal	Cassure ou usure de l'accouplement	vieillessement	Mauvaise liaison	3	1	3	9
Paliers	Guider en rotation l'arbre	Roulement défectueux	Mauvaise lubrification	arrêt brutal de la machine	3	2	3	18
Arbre	Transmettre le mouvement de rotation	Oscillation excessive	Cassure d'accouplement et usure de l'engrenage	Vibrations	3	1	3	9
Roue hélicoïdale	Transmission de mouvement	Usure des dents	Mauvaise lubrification et manque de refroidissement de l'huile	Bruit anormal et éventuellement des vibrations	3	1	3	9

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Serpentin de refroidissement	Refroidir l'huile de lubrification	Fuite dans le serpentin	Surpression de l'eau	Corrosion des pièces mécaniques	3	1	3	9

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Electrovanne	Permet d'interrompre la circulation du fluide dans le circuit	coincement	Fatigue	Absence du débouillage	2	1	3	6
Piston	Conversion de la pression en un travail	Usure du piston	-Fuites -corrosion	-Grippage du piston -Défaut de débouillage	2	3	3	18
Tige du piston	Transfère la force générée par le piston	Rupture de la tige	-Joint défectueux -grippage	-Fuite externe de l'eau de manœuvre -Mauvais pilotage du piston	2	3	3	18
Clapet anti-retour	Assure le passage de l'eau de manœuvre dans un seul sens	Usure du ressort	Haute pression de l'eau de manœuvre	Retour de l'eau de manœuvre dans l'autre sens	2	1	3	6

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Les tampons	Limiter l'impact des chocs	Ressorts défectueux	Fatigue	l'usure des organes de la machine comme : les roulements et l'engrenage	3	2	3	18
Paliers	Guider en rotation l'arbre du moteur	Roulement défectueux	Mauvaise lubrification	arrêt brutal de la machine	3	2	3	18
Arbre	Transmettre le mouvement de rotation	Oscillation excessive à l'extrémité de l'arbre	Vibrations	Une anormale usure du joint axial(25) et donner lieu à des fuites	3	1	3	9
Vis sans fin	Transmission de mouvement	Usure des dents	Mauvaise lubrification et manque de refroidissement de l'huile	Bruit anormal et éventuellement des vibrations	3	1	3	9

Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Les pattes	Fixation de la machine	Cisaillement des vis de fixations	Vibrations fortes	Déséquilibre de la machine	3	2	1	6



Eléments	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité			
					G	F	N	C
Moteur électrique	Entrainement de la machine	Moteur trop chaud	-Surcharge -Ventilation insuffisante	-Echauffement des roulements -Bobinage défectueux	3	1	2	6
		Endommagement des roulements	Mauvaise graissage	Bruit anormal et éventuellement des vibrations	3	1	3	9



# **ANNEXE 2**

## **DIAGRAMMES D'ISHIKAWA DES ELEMENTS CRITIQUES**

