

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Avant-propos .....</b>	<b>2</b>
<b>I-Présentation de l'Entreprise .....</b>	<b>3</b>
<b>1-Historique LESAFFRE.....</b>	<b>3</b>
<b>2-LESAFFRE Maroc .....</b>	<b>4</b>
<b>3-Produits et marques de référence.....</b>	<b>4</b>
<b>4-Organigramme .....</b>	<b>5</b>
<b>PARTIE THEORIQUE.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre I : La levure et sa chaîne de production.....</b>	<b>7</b>
<b>I-Généralité sur la Levure.....</b>	<b>8</b>
<b>II-La levure de boulangerie.....</b>	<b>8</b>
<b>1- Définition.....</b>	<b>8</b>
<b>2-Mode de vie de la levure.....</b>	<b>8</b>
<b>3- Caractéristiques spécifiques.....</b>	<b>9</b>
<b>III-La chaîne de production.....</b>	<b>10</b>
<b>1-Ensemencement.....</b>	<b>11</b>
<b>2-Pré-fermentation.....</b>	<b>11</b>
<b>3-Fermentation.....</b>	<b>11</b>
<b>4-Séparation par centrifugation.....</b>	<b>11</b>
<b>5-Stockage.....</b>	<b>12</b>
<b>6-Filtration sous vide.....</b>	<b>12</b>
<b>7-Conditionnement de la levure.....</b>	<b>12</b>
<b>CHAPITRE II: La mélasse et son circuit de traitement.....</b>	<b>14</b>
<b>I-La mélasse.....</b>	<b>15</b>
<b>1- Définition.....</b>	<b>15</b>
<b>2- Composition chimique des mélasses de betterave et de canne.....</b>	<b>15</b>
<b>II-Circuit et traitement.....</b>	<b>16</b>
<b>1-La Dilution.....</b>	<b>16</b>
<b>2- La Clarification.....</b>	<b>16</b>
<b>3- La Stérilisation.....</b>	<b>16</b>
<b>PARTIE PRATIQUE.....</b>	<b>17</b>

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>18</b>
<b>CHAPITRE I : RENDEMENT DU CLARIFICATEUR.....</b>	<b>19</b>
<b>1-Principe de fonctionnement du clarificateur.....</b>	<b>20</b>
<b>2-Caractéristiques du clarificateur utilisé.....</b>	<b>21</b>
<b>3-Calcul du rendement du clarificateur.....</b>	<b>21</b>
<b>a-Mode opératoire.....</b>	<b>21</b>
<b>b-Résultats.....</b>	<b>22</b>
<b>Chapitre II : pertes en sucre .....</b>	<b>23</b>
<b>I-Evaluation des pertes en sucres dans les boues de débouage.....</b>	<b>24</b>
<b>1-Détermination du taux de saccharose.....</b>	<b>24</b>
<b>a-Mode opératoire.....</b>	<b>24</b>
<b>b-Résultats.....</b>	<b>25</b>
<b>2-Dosage des sucres réducteurs .....</b>	<b>26</b>
<b>a-Mode opératoire.....</b>	<b>26</b>
<b>b-Résultats.....</b>	<b>27</b>
<b>3-Détermination du taux de sucres total .....</b>	<b>28</b>
<b>II-Calcul des pertes en sucres.....</b>	<b>29</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>

# Liste des abréviations :

- **MD : mélasse diluée**
- **MDC : mélasse diluée clarifiée**
- **MDCS : mélasse diluée clarifiée stérilisée**
- **DB : débourage**
- **SPH : Levure sèche active ou à réhydrater**
- **SPI: Levure sèche instantanée**

## Introduction:

L'ouverture de l'université sur son environnement économique et industriel s'avère extrêmement importante sur plusieurs plans, elle permet particulièrement :

- De mettre à l'épreuve le domaine théorique.
- De faire une confirmation entre la théorie et la pratique afin de se familiariser avec le monde du travail au sein de l'entreprise.
- D'acquérir des connaissances professionnelles et donc une meilleure recherche scientifique pour un bon développement économique et industriel. C'est dans ce contexte que j'ai effectué mon stage d'application comme projet de fin d'étude (LST Génie Chimique) au sein de la société LESAFFRE Maroc.

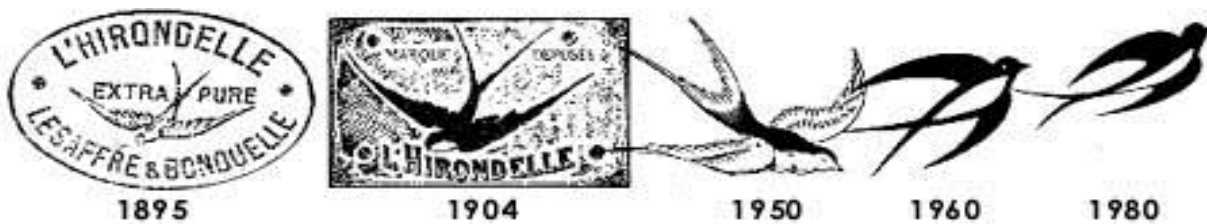
L'objectif de ce stage est double :

- D'une part, avoir une idée approfondie sur l'application de l'étude théorique à l'échelle industrielle ce qui permet de comprendre et de maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure.
- D'autre part, acquérir un esprit d'initiative et d'analyse qui permet de trouver les solutions adéquates aux problèmes rencontrés. Donc, s'initier à l'esprit de recherche et de développement.

# AVANT-ROPOS

## Présentation de l'Entreprise :

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire LESAFFRE est 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, de la santé humaine et animale. L'innovation technique, la maîtrise des savoir-faire et la capacité à proposer des solutions sur-mesure ont contribué à construire le succès de LESAFFRE. Son aptitude à anticiper les besoins, à comprendre les attentes de ses clients et à fournir des produits de qualité : ont imposé le Groupe comme fournisseur incontournable des industriels, et du grand public.



Symbole de proximité et de fidélité, l'hirondelle est l'emblème fédérateur du groupe LESAFFRE à travers le monde.

### 1- Historique LESAFFRE:

- 1853 : Louis LESAFFRE -Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille.
- 1863 : Acquisition du premier moulin à Marcq-en-Barœul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle LESAFFRE qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du Groupe.
- 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.
- 1930 : L'environnement est déjà une préoccupation majeure pour LESAFFRE. C'est donc l'une des premières levureries au monde à opter pour la solution d'évaporation en remplacement de l'épuration des rejets (couteuse et imparfaite).  
Cette technique induit une fermentation en milieu très concentré qui permet d'obtenir une qualité irréprochable.
- 1973 : Première production de levure sèche instantanée.
- 1975 : LESAFFRE s'est installé au centre nord du Maroc, à Fès dès 1975, d'abord sous le nom de SODERS puis de LESAFFRE Maroc en 2006.
- 2001 : Création de LESAFFRE International (société de service du groupe LESAFFRE) et acquisition de la société américaine Red Star Yeast & Products.
- 2007 : Construction d'une usine d'extrait de levure en Iowa, Construction d'une unité de production en Chine, Acquisition des activités levure de Gilde (Amérique du Sud, Royaume- Uni, Export).

## 2- LESAFFRE Maroc :

En 1993, la société SODERS (créée en 1975) a été majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE, renommée « LESAFFRE-Maroc ». Elle présente la première entreprise privatisée du Maroc bénéficiant de l'expertise du leader mondial dans la fabrication de la levure de panification.

Son siège est situé au quartier industriel SIDI BRAHIM Fès. Elle produit environ 30.000 tonnes de levures par an avec un effectif de 200 personnes et un capital de 30.800.000 DH. Elle est subdivisée en un site de production à Fès et un BAKING CENTER à Casablanca. Ce dernier site constitue une vitrine des produits LESAFFRE où les boulangers peuvent suivre des formations et des démonstrations applicables à leur métier.

## 3- Produits et marques de référence :

La Société LESAFFRE MAROC fabrique et commercialise la levure et les améliorants de panification :

**Tableau1 : Gamme de produits LESAFFRE-Maroc**

Levure fraîche	Levures sèches		Améliorants
	SPI : levure sèche instantanée	SPH : levure sèche active à réhydrater	  
	  		

Sa large gamme de produits lui a permis d'occuper actuellement le statut de leader sur le marché des professionnels.

Bénéficiant du savoir-faire du groupe, LESAFFRE MAROC possède un laboratoire d'analyses qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques afin d'évaluer la qualité des levures et d'optimiser leurs performances (Force fermentative, pureté, stabilité par rapport au contexte climatique) depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients par validation de la conformité des produits suivant un cahier des charges très strict à chaque étape de la production.

Vue la qualité remarquable de ses produits, LESAFFRE MAROC a reçu deux trophées de mérite :

1. Trophée du prestige Arabe en 1984 à Barcelone.
2. Trophée international de qualité en 1985 à Madrid.

#### 4- Organigramme :

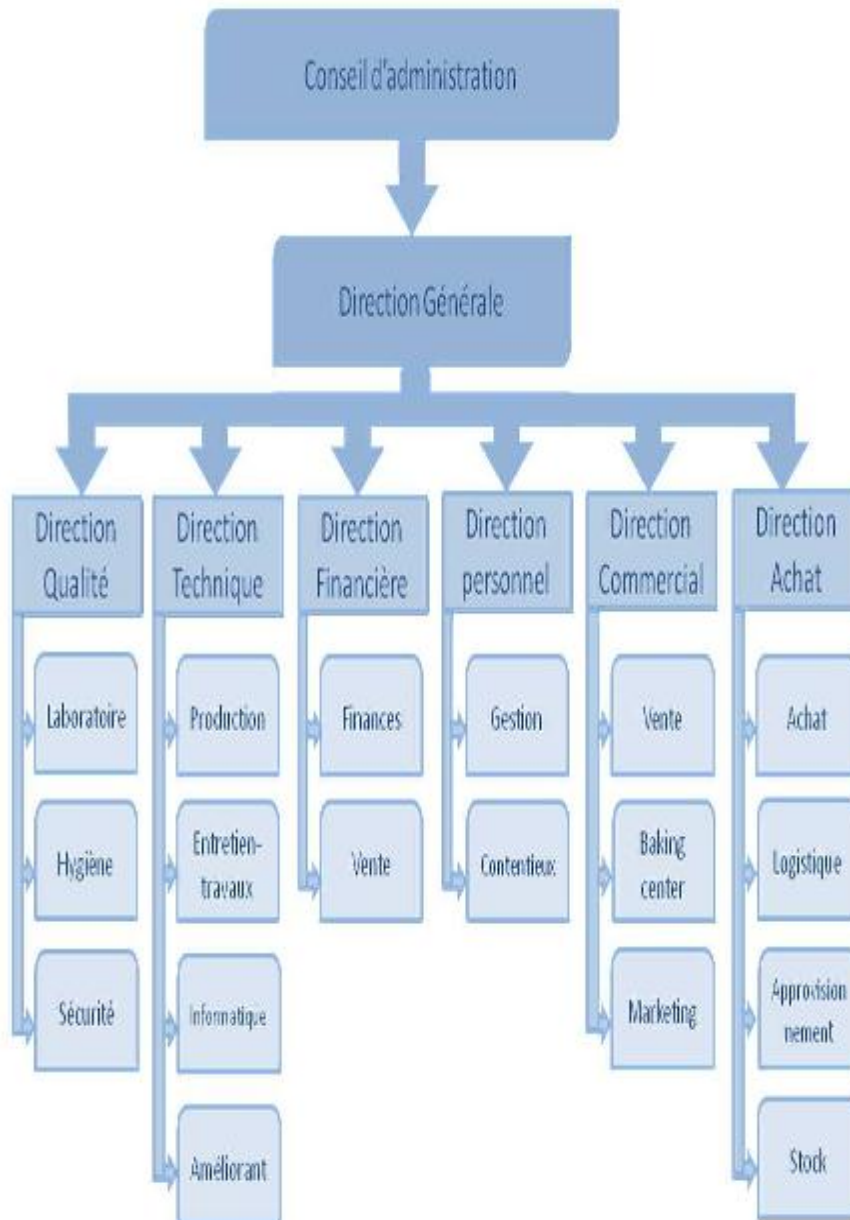


Figure 1 : ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE LESAFFRE MAROC



# PARTIE THEORIQUE

# Chapitre I :

## La Levure et sa Chaîne de Production

## I-Généralités sur la Levure :

La levure est un champignon microscopique, d'environ 6 à 10 microns et jusqu'à 50 microns, unicellulaire de forme ovoïde ou sphérique apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Les levures sont employées pour la fabrication du vin, de la bière, des alcools industriels, des pâtes levées et d'antibiotiques.

Pour les bio-technologistes, les levures sont avant tout des êtres vivants qui combinent des propriétés de bactéries (la vitesse de leur multiplication, la simplicité de leurs exigences nutritionnelles) et des propriétés d'organismes supérieurs (cellules eucaryotes).

La levure peut vivre aussi bien en présence qu'en l'absence d'oxygène, se multipliant dans le premier cas, provoquant une fermentation dans le second.



Figure 2 : Vue microscopique d'un champignon

## II-La levure de boulangerie (*Saccharomyces cerevisiae*) :

### **1- Définition :**

La véritable levure de boulangerie ou levure de bière est une levure naturelle qui appartient à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*, étymologiquement « saccharo » vient de sucre, « Myces » de champignon et « cerevisiae » signifie « brasserie » en latin. Elle est constituée de cellules vivantes entraînant une réaction chimique.

Cette levure sert depuis des millénaires à la fabrication du pain et plusieurs de ses souches sont également utilisées pour la fermentation du vin ainsi que celle de la bière. Les levures, micro-organismes non pathogènes, créent un milieu riche en protéines et en vitamines, principalement celles du groupe B qui sont utilisées en pharmacie et en chimie. De plus, grâce au génie génétique, certains médicaments sont désormais produits par des levures manipulées.

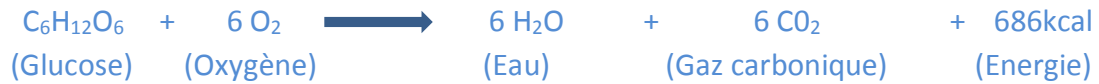
### **2- Mode de vie de la levure :**

Pour son développement la levure de boulanger a besoin de composés carbonés source de carbone et d'énergie, de composés azotés réduits sous forme d'ammonium, d'éléments minéraux variés, vitamines et facteurs de croissance.

La levure a la particularité de pouvoir vivre en présence ou en absence d'air : ces deux processus énergétiques sont la respiration et la fermentation. Elle se nourrit de glucose et de fructose (sucres simples).

**En présence d'air**, la levure respire : elle dégrade les sucres simples présents dans son milieu de vie, par un métabolisme oxydatif qui conduit à la formation d'eau, de gaz carbonique et une grande quantité d'énergie (nécessaire à sa vie, croissance et multiplication).

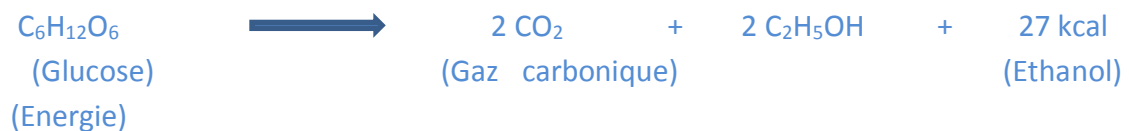
**En aérobiose :**



Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules une importante multiplication.

**En absence d'air**, la levure fermente : grâce à ses enzymes (les zymases), elle dégrade les sucres simples présents dans son milieu de vie, par un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'alcool et un peu moins d'énergie.

**En anaérobiose:**



Ce métabolisme fermentatif moins énergétique que le métabolisme oxydatif, affecte la multiplication cellulaire mais a l'avantage de permettre à la levure de survivre même en anaérobiose.

### 3- Caractéristiques spécifiques:

***Saccharomyces cerevisiae***, selon les conditions de son développement en levurerie, possède des caractéristiques variables (résistances diverses, activités enzymatiques, composition chimique) qui permettent des utilisations spécifiques en boulangerie.

- la levure « rapide » : levure apte à consommer plus rapidement les sucres, elle est riche en protéines.
- la levure « osmotolérante » : levure résistante a la pression osmotique => utilisée dans les formules de pains riches en sucre.
- la levure « cryorésistante » : levure qui résiste mieux à la surgélation.

### III-La chaîne de production :

L'objectif des fabricants de levures est de produire un nombre important de levures capables de garder leur aptitude à fermenter pendant 4 semaines au minimum dans des conditions de stockage de 4°C.

Les levures se multiplient par bourgeonnement, en fermentation aérobie avec un temps de dédoublement de 1H 30min. Leur multiplication exige un milieu de culture contenant les éléments essentiels : eau, mélasse et sels nutritifs dont les composants indispensables (carbone, sulfate, azote, phosphore...) à des conditions physico-chimiques optimales.

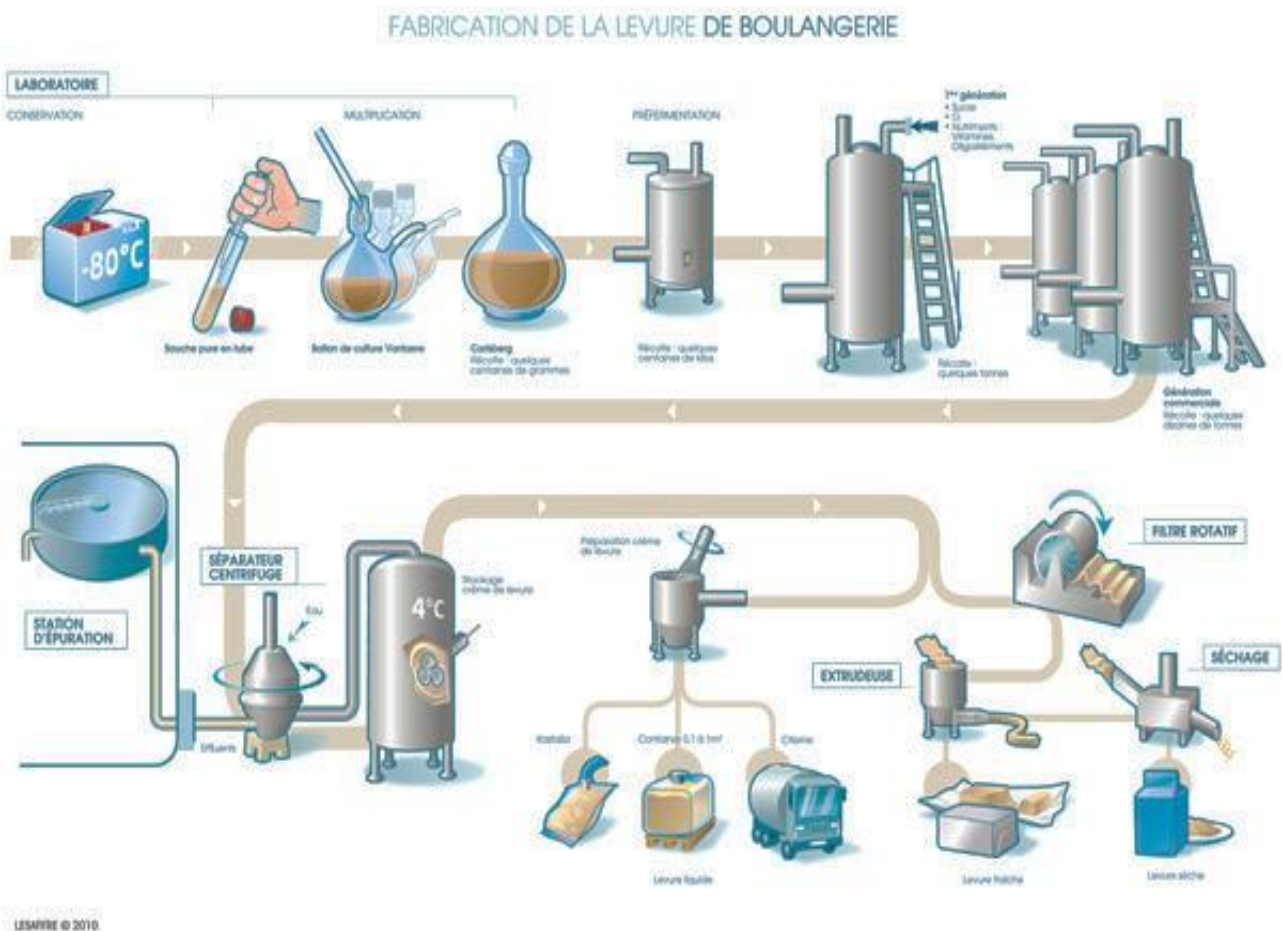


Figure 3 : Etapes de production de la levure

## 1- Ensemencement :

LESAFFRE-Maroc reçoit mensuellement deux souches de *Saccharomyces cerevisiae*, une pour la levure fraîche et l'autre pour la sèche. Les souches initiales sontensemencées dans des tubes contenant un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures selon le besoin de la société. Cette opération est réalisée dans des conditions aseptiques pour écarter tout risque de contamination. Le contenu du tube est ensuite transféré dans un premier ballon de 250 mL avec un milieu nutritif <<Van Lear>>, puis dans un second ballon plus grand de 7 L <<Carlsberg>>. Après incubation à une température de 35°C avec agitation, le contenu de ce dernier est transvasé dans une cuve de 800 L contenant à l'avance l'eau, la mélasse, les sels minéraux et les éléments de trace (oligo-éléments et vitamines) en présence d'oxygène.

## 2- Pré-fermentation :

Le moût obtenu est introduit dans une grande cuve de 12000 L << cuve de pré-fermentation>>, remplie de substances alimentaires et d'air stérile insufflé géré par un système d'aération pour l'obtention d'une levure mère qui va être ensuite séparée et utilisée pour ensemenecer les fermenteurs.

## 3- Fermentation :

Bien que le terme fermentation soit un abus de langage, car elle concerne la respiration anaérobie selon Pasteur, elle est, par extension, utilisé par le monde industriel pour désigner l'opération unitaire qui va permettre de réaliser les cultures cellulaires.

Cette opération se fait comme suit : A la fin de la pré-fermentation on obtient un moût qui sert à ensemenecer le fermenteur contenant un milieu nutritif bien spécifique. Après des heures de fermentation, on obtient la levure commerciale, qui va ensuite subir une séparation puis un stockage.

## 4- Séparation par centrifugation :

La séparation se fait dans les deux étapes de la fermentation, après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale : le mout obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présente les restes du milieu nutritif. Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui a comme principe la centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) qui va être stocké et un liquide léger (le mout délevuré) qui va être transféré aux égouts.

## 5- Stockage :

La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à pH = 2 pour éviter la contamination, et stockée à 4°C pour ralentir le métabolisme cellulaire (arrêt de multiplication de la levure : elle rentre dans une vie ralentie en consommant son réserve en nutriments)

## 6- Filtration sous vide :

Comme on le sait, l'eau facilite l'altération des aliments par les micro-organismes. L'étape de filtration consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver de toute contamination possible.

Cela est réalisé par un filtre à tambour rotatif lié à une pompe à vide

Le tambour est un cylindre horizontal perforé servant de support. Il est revêtu d'une pré-couche d'amidon qui ne laisse passer que l'eau sans la suspension solide. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré-couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau. Un lavage est fait sur le gâteau obtenu par un liquide approprié toujours sous vide afin d'éliminer le NaCl puis un essorage entraînant une grande partie de l'eau. Une fois devant le couteau racleur, le vide cesse, l'air comprimé est envoyé à contre-courant par la valve de distribution facilitant le décrochage du gâteau.

Après raclage, le gâteau est malaxé, boudiné et extrudé. Elle est ensuite divisée en pains pour la levure fraîche ou séchée pour la levure sèche.

## 7- Conditionnement :

### • Levure fraîche :

Le conditionnement de la levure fraîche débute par la filtration de la crème sur des filtres rotatifs sous vide. Cette phase essentielle permet de passer d'une crème de levure à 22% de matière sèche à un gâteau de levure à 32% de matière sèche, donnant après boudinage la levure bien friable que le boulanger recherche.

Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné de cellophane assurant sa bonne conservation. Après mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée à cœur avant son expédition.





• **Levure sèche :**

La production de ce type suit les mêmes étapes que la levure fraîche sauf qu'après la filtration sous vide la pâte est malaxée avec une quantité d'émulsifiant qui sert à conserver le produit plus longtemps et donne aussi la couleur blanche caractéristique de la levure.

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille, ensuite elle est transférée au sécheur à lit fluidisé à l'air chaud par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche jusqu'à 94% pour la SPH et 95.5% pour la SPI, La levure sèche obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans des silos.

**Tableau 2 : différences entre les levures SPH et SPI**

<p>SPI :</p> 	<p>SPH :</p> 
<p>Levure sèche instantanée sous forme de bâtons fissurés, elle est emballée sous vide (sachets de 500g ou 125g) ou sous azote (sachets de 10g)</p>	<p>Levure sèche active à réhydrater sous forme de granules ou sphérules, elle est emballée sous azote dans des sachets de 50g et 500g</p>

Après séchage la levure rentre dans une phase de dormance ce qui permet sa conservation plus longtemps.



# CHAPITRE II:

## La Mélasse et son Circuit de Traitement

## I-La mélasse :



La production d'une tonne de levure commerciale ne demande pas moins de 1,5 tonne de mélasse.

### 1- Définition :

La mélasse de betterave ou de canne à sucre est un sirop très visqueux, incristallisable, constituant le résidu de la fabrication du sucre à partir de la betterave sucrière ou la canne à sucre. Elle constitue la source principale de sucre, d'oligo-éléments et de vitamines pour la levure.

### 2- Composition chimique des mélasses de betterave et de canne:

**Tableau 3 : Composition chimique de la mélasse de betterave et de canne à sucre**

	Mélasse de Betterave	Mélasse de Canne à Sucre
Matière sèche (% poids)	73	73
Matières minérales (%MS)	13	14
Matière azotées totales (%MS)	15	6
Sucres totaux (%MS)	64	64
dont Saccharose (%MS)	64	43
dont Glucose (%MS)	0	10.5
dont Fructose (%MS)	0	10.5
Calcium (g/kg MS)	3.7	7.4
Phosphore (g/kg MS)	0.3	0.7
Potassium (g/kg MS)	82	40

La teneur en matière sèche des mélasses varie peu et se situe entre 70 et 76 %. Les mélasses présentent des teneurs en cellulose brute et en matière grasses très faibles, voire nulles.

La mélasse de betterave contient 64 % de saccharose ; celle de canne 43 % de saccharose et 20 % de sucres réducteurs. Elle sert à l'alimentation du bétail et, dans le cas de la canne, à la fabrication du rhum.

## II-Circuit et traitement de la mélasse :

La société LESAFFRE reçoit la mélasse brute et la stocke dans des grands tanks, lors de son trajet dans les canalisations pour être traitée, la mélasse passe par des filtres afin d'éliminer les grains et les impuretés solides qu'elle peut contenir puis elle subit :

### 1-La Dilution :

Cette étape consiste à ajuster la concentration en sucre pour éviter son excès et diminuer la viscosité de la mélasse. Cela se fait comme suit : Dans une cuve de dilution, la mélasse brute (80% de mélasse provenant de la betterave et 20% provenant de la canne à sucre) provient des tanks de stockage et se mélange avec de l'eau chaude et de la vapeur d'eau pour réaliser une dilution d'environ 50% ce qui favorise la diminution de sa viscosité.

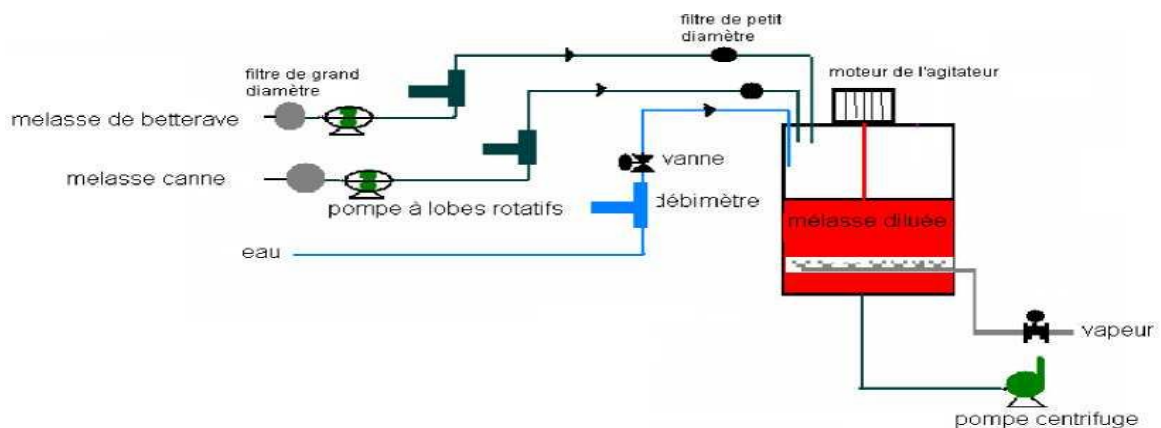


Figure 4 : Schéma représentant la dilution de la mélasse

### 2- La Clarification :

C'est une centrifugation où un « bol » est mis en rotation sur un axe vertical permettant une séparation liquide-solide. Une fois la clarification enclenchée sous l'effet de la force centrifuge, les particules en suspension de densité élevée sédimentent. Elles sont par la suite évacuées de façon continue et d'une manière périodique (cas des bols à assiettes auto débourbeurs) pour avoir à la fin de cette étape une mélasse diluée clarifiée (MDC).

### 3- La Stérilisation :

Pour parfaire l'innocuité de la mélasse diluée clarifiée (MDC), celle-ci est ensuite stérilisée sous un barème de stérilisation de 120 °C pendant 2 minutes. Ceci permet de détruire toute la flore microbienne qui peut consommer les substances nutritives en concurrence avec la levure d'où le nom de mélasse diluée clarifiée stérilisée (MDCS).

Cette dernière est refroidie par un échangeur à plaques mélasse-eau afin d'abaisser sa température à 34 - 36 °C adéquate pour la fermentation.

# PARTIE PRATIQUE

## INTRODUCTION:

La clarification de la mélasse est une étape cruciale, elle sert notamment à éliminer les boues ainsi que les colloïdes susceptibles d'infecter les cellules de la levure ou de causer des difficultés lors de la stérilisation, et en conséquence de nuire à la production de la biomasse lors de la fermentation.

La clarification de la mélasse est une opération centrifuge autrement dit une décantation améliorée où la force centrifugeuse remplace l'action de la gravité.

Par ailleurs la clarification de la mélasse est basée sur la différence de densité entre cette mélasse et les boues qu'elle peut contenir, en exploitant l'accélération terrestre ou centrifuge : les composantes de plus grande densité se déposent au fond du bassin ou en périphérie du bol de rotation

Pour effectuer une évaluation des pertes en sucres de la mélasse lors de la clarification nous avons été amenés à calculer le rendement du clarificateur, analyser le taux des sucres (saccharose et sucres réducteurs : glucose, fructose) ainsi que déterminer le pourcentage de la matière sèche.

# CHAPITRE I : RENDEMENT DU CLARIFICATEUR

## I- Principe de fonctionnement du clarificateur :

Dans notre cas c'est un bol à assiettes destiné à la clarification de liquides c'est à dire à la séparation centrifuge de matières solides contenues dans un liquide d'une densité inférieure à celle de matière solide.

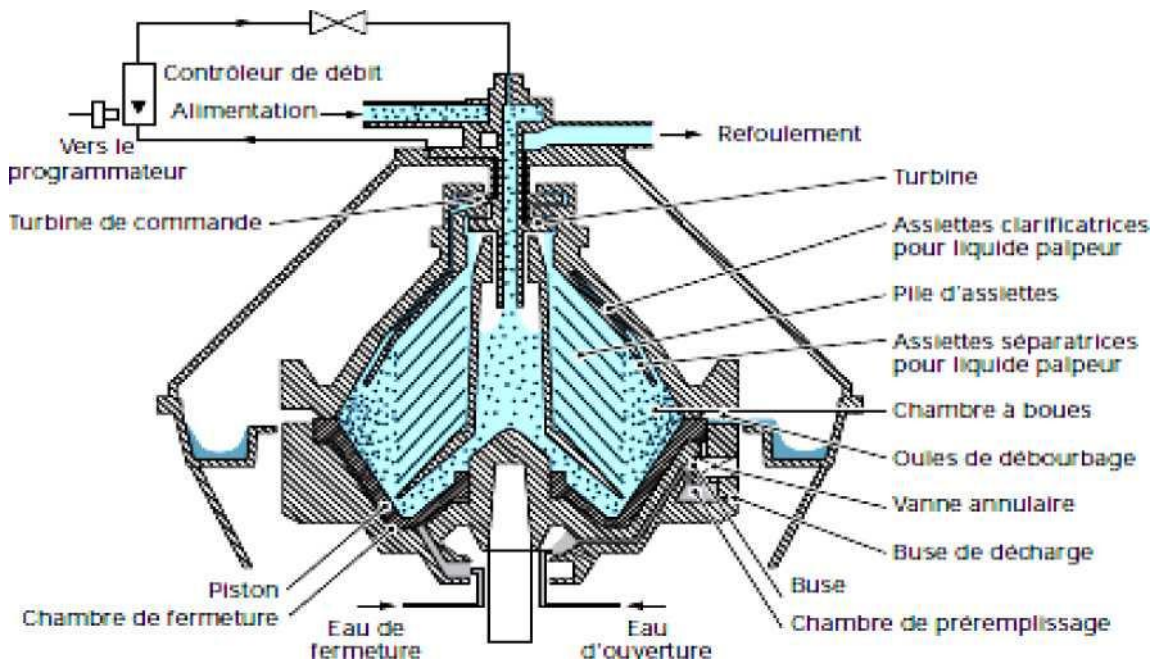
Le liquide à traiter est introduit dans le bol par la conduite d'alimentation. Après avoir traversé le distributeur, il provient dans la pile d'assiettes où s'effectue la clarification.

La pile d'assiettes est constituée par un grand nombre d'assiettes coniques superposées. Grâce aux intervalles étroits entre ces assiettes, le liquide à traiter est divisé en couches minces.

Le trajet de sédimentation des particules solides est ainsi réduit à un minimum sous la force centrifuge, elles se déposent sur la face inférieure des assiettes, d'où elles glissent vers l'extérieur puis elles sont recueillies dans la chambre à boue.

Le liquide clarifié s'écoule vers l'intérieur et monte à travers les orifices du chapeau de bol, dans la chambre de refoulement d'où il est refoulé sous pression par la turbine.

Les boues séparées s'amassent dans la chambre à boue et sont éjectées à intervalles périodiques (10 min). Cette opération s'appelle débouage et elle est commandée par un système auto penseur qui injecte un liquide de commande (l'eau) dans le bol pour vider le clarificateur de toutes les boues qu'il contient.



**Figure 5 : Représentation d'un clarificateur**

## II- Caractéristiques du clarificateur utilisé :

**Tableau 4 : Caractéristiques du clarificateur Alfa Laval**

Nom	Alpha Laval (SBX 517)
Capacité de la chambre à boues	<b>70L</b>
Durée de clarification	<b>10 min</b>
Durée d'attente	<b>60 s</b>
Durée de débouillage	<b>10 s</b>
Durée de rinçage	<b>30 s</b>
Durée totale du cycle	<b>11 min 40 s</b>

## III- Calcul du rendement du clarificateur :

### 1- Mode opératoire :

- On prend des échantillons à l'entrée (MD), à la sortie après 3min, 6 min puis après 9 min de fonctionnement du clarificateur.
  - On pèse 25g de chaque échantillon qu'on met dans des tubes pour centrifugeuse. Les échantillons subissent une centrifugation à 4500 tr/min pendant 15 min.
  - Après centrifugation on élimine le surnageant, on sèche les tubes et on pèse la quantité des boues qui s'est déposée au fond de chaque tube.
- Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5 : Pourcentage des boues dans les échantillons prélevés**

Essai	MD	3 min	6 min	9 min
<b>1</b>	0,6%	0,2%	0,3%	0,4%
<b>2</b>	0,8%	0,3%	0,4%	0,5%
<b>3</b>	0,7%	0,1%	0,3%	0,5%
<b>4</b>	1%	0,5%	0,6%	0,7%
<b>5</b>	0,9%	0,5%	0,5%	0,7%
<b>6</b>	0,9%	0,4%	0,5%	0,6%
<b>7</b>	0,7%	0,3%	0,4%	0,5%
<b>Moyenne</b>	<b>0,8%</b>	<b>0,36%</b>	<b>0,42%</b>	<b>0,56%</b>
		<b>0,45%</b>		



## 2- Résultats :

Le rendement du clarificateur peut être calculé par la formule suivante :

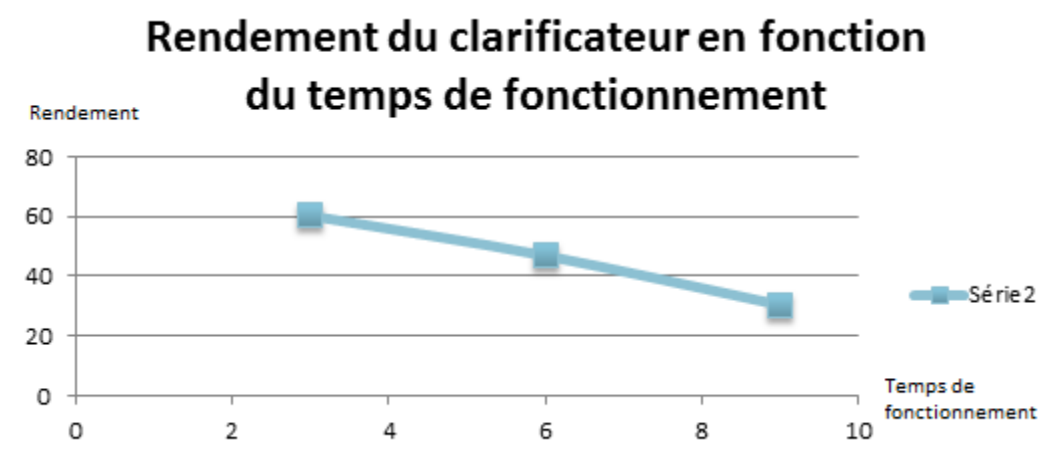
$$\text{Rendement} = \left( 1 - \frac{\text{sortie (MDC)}}{\text{entrée (MD)}} \right) \times 100$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 6 : Rendement du clarificateur au cours du fonctionnement**

Echantillons	Rendement (3min)	Rendement (6min)	Rendement (9min)
1	67%	50%	33%
2	62,5%	50%	37,5%
3	85,7%	57%	28,5%
4	50%	40%	30%
5	44%	44%	22%
6	55%	44%	33%
7	57%	43%	28,5%
Rendement moyen	<b>60,2%</b>	<b>46,9%</b>	<b>30,4%</b>

Les résultats du tableau sont représentés par le graphique suivant :



**Figure 6 : Représentation graphique du rendement du clarificateur**

D'après la courbe, on remarque que le rendement du clarificateur diminue en fonction du temps de son fonctionnement donc on peut prévoir la diminution du temps de débouillage pour garder un bon rendement et donc une mélasse bien clarifiée.

# CHAPITRE II: PERTES EN SUCRES

## I- Evaluation des pertes en sucres dans les boues de débouillage :

Au cours de chaque débouillage, une quantité importante de mélasse est rejetée dans les égouts. Pour évaluer cette quantité de sucres rejetée on a effectué des analyses sur différents échantillons de débouillage.

Le débouillat contient deux types de sucres : des sucres non-réducteurs (saccharose) et des sucres réducteurs (glucose et fructose). Notre objectif est d'analyser la quantité de chaque type en suivant les modes opératoires suivants :

### 1. Détermination du taux de saccharose dans les boues de débouillage :

Le saccharose est un diholoside de formule chimique  $C_{12}H_{22}O_{11}$  formé par la condensation de deux oses : une molécule de glucose et une molécule de fructose. C'est le sucre de table extrait principalement de la betterave sucrière et de la canne à sucre.

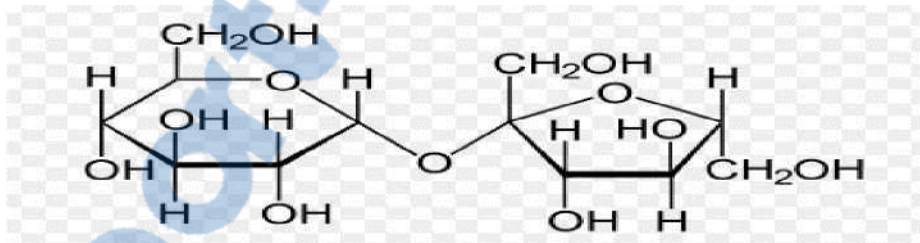


Figure 7 : Structure chimique du saccharose

#### a- Mode opératoire :

Dans une fiole jaugée de 200ml, on introduit 20g de l'échantillon du débouillage, On ajoute 20ml d'acétate de plomb basique en agitant, puis on complète à 200 ml avec de l'eau distillée, on agite et on filtre la solution obtenue à l'aide d'un papier filtre puis on récupère le filtrat.

NB : L'acétate de plomb est utilisé pour éliminer tout ce qui est non sucres comme les protéines qui donnent une coloration à la mélasse.

## b- Résultats :

A l'aide d'un Polarimètre on mesure la polarisation c'est-à-dire l'angle de rotation  $\alpha$ .

Le taux du saccharose est calculé par la relation suivante :

$$\text{Taux de saccharose\%} = \alpha \times 0.75 \times 10$$

Avec  $\alpha$  : l'angle de rotation

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 7 : Taux de saccharose dans différents types de mélasse**

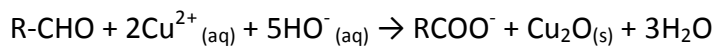
N° d'échantillon	Date	Betterave%	Canne%	MD%	MDC%	DB%	Pertes%
1	22/04/2015	45,9	33,5	27,53	27,38	22,42	0,54
2	24/04/2015	46,4	33,5	27,65	27,48	21,38	0,61
3	25/04/2015	46,4	33,7	27,85	27,61	22,25	0,86
4	28/04/2015	46,2	33,5	28,13	27,95	21,08	0,63
5	30/04/2015	46,5	32,9	27,73	27,48	20,85	0,9
6	04/05/2015	46,5	33,5	27,75	27,52	22,35	0,82
7	06/05/2015	46,9	33,8	27,9	27,73	19,28	0,61
8	08/05/2015	46,8	33,4	27,89	27,67	21,83	0,79
9	09/05/2015	47	33,6	28,14	27,89	22,55	0,89
10	14/05/2015	46,2	33,7	28,5	28,32	22,93	0,63
11	19/05/2015	46,4	34,3	27,87	27,68	21,63	0,68
12	21/05/2015	46,2	32,8	27,7	27,56	22,25	0,55
Moyenne		46,6	33,7	27,88	27,14	22,58	0,69

## 2- Dosage des Sucres réducteurs :

Il s'agit d'utiliser la réaction des sucres réducteurs avec la liqueur de Fehling pour évaluer la concentration en sucre d'une solution.

Les ions  $\text{Cu}^{2+}$  contenus dans la liqueur de Fehling et responsables de la couleur bleue sont transformés en ions  $\text{Cu}^+$  par le sucre réducteur. Ces ions s'associent avec l'oxygène pour former de l'oxyde de cuivre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) qui donne un précipité rouge brique. La liqueur de Fehling se décolore progressivement et le dosage est terminé lorsque la couleur bleue a disparu.

Au cours de la réaction, l'ion cuivre (II) oxyde l'aldéhyde pour donner un acide carboxylique sous sa forme basique (ion carboxylate), et un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre(I)  $\text{Cu}_2\text{O}$  selon l'équation d'oxydo-réduction :



L'acide acétique est utilisé dans le but de neutraliser la solution.

### a- Mode opératoire :

On prélève 10ml du filtrat obtenu précédemment, on y ajoute 10ml de double tartrate de sodium et 10ml de Sulfate du cuivre, on agite puis on porte le mélange à ébullition dans un bain-marie pendant 10 minutes à 95 °C.

Après 10 minutes de refroidissement de la solution, on ajoute 5ml d'acide acétique (5N) et 20ml d'une solution d'iode (N/30), on agite et on titre notre solution par le thiosulfate de sodium (N/30) en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré.

Le virage est indiqué par le changement de la coloration verte à la coloration bleue.

Remarque :

-on effectue aussi un dosage du blanc.

## b- Résultats :

Le taux des sucres réducteurs peut être calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux des sucres réducteurs \%} = \frac{V(\text{blanc}) - V(\text{échantillon})}{P_i}$$

Avec:

V (blanc) : volume de thiosulfates de sodium versé lors du dosage du blanc.

V (échantillon) : volume de thiosulfates de sodium versé lors du dosage de l'échantillon.

Pi : poids de la prise d'essai

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 8 : Taux de sucres réducteurs dans différents types de mélasse**

N d'échantillon	Date	Betterave%	Canne%	MD%	MDC%	DB%	Pertes%
1	22/04/2015	0,64	9,5	0,67	0,65	0,57	0,03
2	24/04/2015	0,68	8,88	0,89	0,84	0,69	0,09
3	25/04/2015	0,62	9,22	0,69	0,66	0,56	0,09
4	28/04/2015	0,64	8,9	0,89	0,87	0,59	0,09
5	30/04/2015	0,67	9,1	0,9	0,87	0,62	0,08
6	04/05/2015	0,72	9,5	0,93	0,96	0,62	0,11
7	06/05/2015	0,7	9,5	0,85	0,82	0,5	0,03
8	08/05/2015	0,64	8,90	0,82	0,78	0,57	0,05
9	09/05/2015	0,67	9,2	0,84	0,79	0,61	0,11
10	14/05/2015	0,68	9,5	0,9	0,87	0,57	0,09
11	19/05/2015	0,64	9,5	0,77	0,74	0,56	0,08
12	21/05/2015	0,67	9,22	0,84	0,81	0,58	0,09
Moyenne		0,65	9,4	0,85	0,75	0,62	0,067

### 3- Détermination du Taux des sucres totaux :

Le taux des sucres totaux est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux des sucres totaux} = \text{taux}_{\text{saccharose}} + \text{taux}_{\text{sucres réducteurs}}$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 9 : taux des sucres totaux dans le débouillage**

N° d'Echantillon	Date	Saccharose	Sucres Réducteurs	%Massique des Sucres Totaux dans le Débouillage
1	22/04/2015	22,42 %	0,57 %	22,99 %
2	24/04/2015	21,38 %	0,69 %	22,07 %
3	25/04/2015	22,25 %	0,56 %	22,81 %
4	28/04/2015	21,08 %	0,59%	21,67 %
5	30/04/2015	20,85 %	0,62%	21,47 %
6	04/05/2015	22,35 %	0,62%	22,97 %
7	06/05/2015	19,28 %	0,50%	19,78 %
8	08/05/2015	21,83 %	0,57%	22,4 %
9	09/05/2015	22,55 %	0,61%	23,16 %
10	14/05/2015	22,93 %	0,57%	23,5 %
11	19/05/2015	21,63 %	0,56%	22,19 %
12	21/05/2015	22,25 %	0,58%	22,83 %
Moyenne		<b>22,58 %</b>	<b>0,62%</b>	<b>23,2%</b>

## II- Calcul des pertes en sucres :

On a : Le volume du débouillage = 50 l

La masse volumique du débouillage = 1,23 Kg/l

Donc : La masse du débouillage rejeté =  $50 \times 1,23 = 61,5$  kg

D'après le tableau Le débouillage contient 23,2% de sucres

Donc à chaque débouillage on perd :

$$61,5 \times 23,2\% = 14,268 \text{ Kg de sucres}$$

Et on sait que la mélasse brute contient presque la moitié de son poids en sucres, soit 46%

Donc la quantité de mélasse brute perdue à chaque débouillage est de :

$$14,268 / 46\% = 31,02 \text{ Kg de mélasse brute}$$

La Consommation journalière de mélasse brute est de 84,42 tonnes/jour

Cette mélasse subit une dilution de 50% donc la consommation journalière de la mélasse diluée = 126 tonnes/jour

Et on sait que : La densité de la mélasse :  $d=1,25$  Kg/l

Le débit du clarificateur :  $D=12,5$  m<sup>3</sup>/h

Donc la consommation journalière de la mélasse diluée en m<sup>3</sup> est :

$$126 / 1,25 = 100,8 \text{ m}^3$$

Ce qui fait que le fonctionnement du clarificateur est :

$$100,8 / 12,5 = 8,06 \text{ h/jour soit } 2943 \text{ h/an}$$

Dans le tableau ci dessous on fait varier le temps de débouillage et on calcule le nombre de fonctionnements par an pour avoir une idée sur les pertes annuelles de la mélasse.

**Tableau 10 : Pertes annuelles de la mélasse en fonction du temps de débouillage**

Temps de débouillage	fonctionnement/an	Pertes en tonne/an
5 min	35320,3	1095,6
6 min	29433,6	913
7 min	25228,8	782,6
8 min	22075,2	684,8
9 min	19622,4	608,7
10 min	17660,2	547,9

**Conclusion :**

**En augmentant le temps de débouillage on peut économiser les pertes de mélasse au cours de la clarification.**



## Conclusion :

Les analyses effectuées aussi bien à l'entrée qu' à la sortie du clarificateur ont permis de mettre en évidence une importante perte en sucres totaux lors du passage de la mélasse par le clarificateur. Cette perte est d'autant plus considérable qu'elle se chiffre à environ 930000 DH annuellement.

Pour faire face à ce problème majeur La solution proposée est la réalisation d'une opération de rinçage du clarificateur par de l'eau chaude adoucie avant chaque débouillage. Cette opération a pour but de récupérer par solubilisation un maximum de sucres restant dans les boues destinées aux égouts. Ceci doit être réalisé bien évidemment en tenant compte du taux de dilution de la mélasse nécessaire à la fermentation.

Mon stage au sein de la société LESAFFRE-Maroc a constitué une véritable expérience professionnelle, il m'a permis non seulement de bien connaître les procédés de production de la levure mais aussi d'appliquer mes connaissances théoriques pour l'étude d'un problème pratique afin d'adapter ma formation aux besoins industriels et donc s'initier à la recherche scientifique.

D'autre part j'ai appris à assumer une responsabilité au sein de l'entreprise et d'acquérir l'esprit du travail d'équipe.