



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET
CONTROLE DE QUALITE
(TACCQ)**

PROJET DE FIN D'ETUDES

**SUIVI ET OPTIMISATION DE LA STATION DE
TRAITEMENT DE LA MELASSE**

Présenté par :

- ◆ Nisrine IDRISSI

Encadré par :

- ◆ Pr Fouad EL YAGHMOURI
- ◆ Pr Mohammed EL ASRI

Soutenu Le 16 Juin 2010 devant le jury composé de:

- Pr Mohammed EL ASRI
- Pr Mustapha EL HADRAMI
- Pr

Stage effectué à LESAFFRE MAROC

Année Universitaire 2009 / 2010

Sommaire

Remerciements	3	
Introduction	4	
Présentation et procédés de fabrication :		
Chapitre I : Présentation du groupe		
LESAFFRE	5	
1. <i>Historique du groupe LESAFFRE</i>	5	
2. <i>Le groupe LESAFFRE MAROC</i>	5	
Chapitre II Description du laboratoire d'analyses Lesaffre Maroc		6
Chapitre III : Nature, rôle et utilisation de la levure		7
1. <i>Définition de la levure</i>	7	
2. <i>Caractéristiques de la levure</i>	7	
3. <i>Dégradation des sucres</i>	7	
Chapitre IV: Etapes de fabrication de la levure		
I.		
<i>Préparation de la mélasse</i>	8	
1. <i>Utilité de la mélasse</i>	8	
2. <i>Etapes de préparation de la mélasse</i>	9	
3. <i>Différents analyses réalisées sur la mélasse</i>	11	
II. Fermentation de la levure		11
1. <i>Echelle laboratoire</i>	11	
2. <i>Echelle industriel</i>	11	
3. <i>Filtration et emballage de la levure fraîche</i>	12	

Etude de l'économie en énergie thermique e contrôle de qualité:

Chapitre I : traitement et contrôle de qualité de la mélasse..... 14

I.	<i>Paramètres à contrôler dans la station mélasse.....</i>	<i>14</i>
	1. <i>Echauffement de la mélasse.....</i>	<i>14</i>
	2. <i>Elimination des impuretés.....</i>	<i>14</i>
	3. <i>Stérilisation.....</i>	<i>14</i>
	4. <i>Refroidissement de la mélasse.....</i>	<i>14</i>
II.	<i>Analyses physico-chimiques de la mélasse</i>	<i>15</i>
	1. <i>Mesure du degré Brix.....</i>	<i>15</i>
	2. <i>Dosage du saccharose.....</i>	<i>16</i>
	3. <i>Dosage des sucres réducteurs.....</i>	<i>16</i>
	4. <i>Mesure du Clerget.....</i>	<i>17</i>
	5. <i>Mesure du taux des sucres totaux</i>	<i>18</i>
	6. <i>Dénombrement des bactéries totales dans la mélasse diluée clarifiée et stérilisée (MDCS)</i>	<i>18</i>

Chapitre II : Bilans thermiques de la station de traitement de la mélasse19

I.	<i>Calcul des bilans thermiques.....</i>	<i>19</i>
	1. <i>Quantité de chaleur consommée dans les différentes étapes.....</i>	<i>19</i>
	2. <i>Consommation en Fioul</i>	<i>21</i>
II.	<i>Gain apporté par l'utilisation des échangeurs de chaleurs.....</i>	<i>21</i>
	1. <i>calcul du Bilan thermique sans utilisation des échangeurs de chaleur.....</i>	<i>21</i>
	2. <i>Coût de l'économie mensuelle réalisée</i>	<i>21</i>

Conclusion

Bibliographie

Introduction

A LESAFFRE MAROC, comme pour chaque industrie agroalimentaire, le contrôle de la qualité et le suivi des différents paramètres sont d'un intérêt primordial dans la chaîne de production, ils doivent répondre à des normes strictes pour ne pas nuire à la santé du consommateur et ne pas poser de problèmes techniques dans la chaîne de production.

Dans ce cadre, j'ai opté pour le projet suivant : suivi et optimisation de la station de traitement de la mélasse.

Dans ce travail, je souhaiterai déterminer et améliorer le rendement en minimisant les pertes en énergie au sein de la station de traitement de la mélasse et ce, dans la perspective de :

- calculer le bilan thermique au niveau de la station de traitement de la mélasse.
- Voir le gain apporté par l'utilisation des échangeurs de chaleur.
- Faire un contrôle de qualité
- Proposer un nouveau barème de stérilisation afin de réaliser une économie sur le plan de l'énergie thermique.
- Tester la fiabilité de la clarification.

Présentation du LESAFFRE

I .Historique du groupe Lesaffre

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France, Louis Lesaffre et Louis Bonduelle, s'associent pour construire une fabrique 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 de grains.

En 1871, le baron autrichien Max de Springer, propriétaire à Maisons-Alfort d'une très belle distillerie, rapporte de chez Mautner, à Vienne, l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. Lesaffre et Bonduelle développent la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Barœul, à la place d'un ancien moulin. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle Lesaffre.

A la fin du 19ème siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice : Angleterre, Belgique, Suisse, Italie, Espagne...

2. La société Lesaffre Maroc

En 1993, la société SODERS a été majoritairement détenue par le groupe Français Lesaffre et portant aujourd'hui comme nouvelle appellation « Lesaffre Maroc ». Elle présente la première entreprise privatisée du Maroc bénéficiant de l'expérience et de l'expertise du leader mondial dans la fabrication de la levure de panification.

Située à Fès, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares. Elle applique une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe.

Lesaffre Maroc fabrique et commercialise de la levure : les marques, Jaouda comme levure fraîche, Rafiaa et Nevada comme levure sèche, ainsi que des améliorants de panification : les marques Ibis bleu et Magimix.

Sa large gamme de produits a fait aujourd'hui de Lesaffre Maroc le leader avec excellence sur le marché professionnel.

Description du laboratoire d'analyses LESAFFRE

Le laboratoire d'analyses de Lesaffre Maroc, dispose de deux laboratoires, microbiologique et physico-chimique intervenant presque dans tous les niveaux de fabrication depuis la réception de la matière première jusqu'à l'obtention du produit fini.

Laboratoire d'analyses physico-chimiques est divisé en trois parties :

- Salle de préparation de la souche.

- Salle de panification : où s'effectue le test qui permet de déterminer la force fermentative.
- Salle d'analyses physico-chimiques comprend trois sections : section des analyses d'azote et de phosphate, section des analyses d'eau et une section des analyses de la mélasse.

Laboratoire d'analyses Microbiologiques comprend :

- Une salle des pathogènes.
- Une salle de préparations des milieux de culture, et de stérilisations.
- Une salle de stockage des matières premières.
- Une salle d'analyses bactériologiques.

Nature, rôle et utilisation de la

I. Définition de la levure :

La levure, champignon microscopique unicellulaire et eucaryote, est utilisée dans la fabrication du vin, du pain, de la bière et aussi utilisée comme aliment pour le bétail en raison de sa richesse en protéines et en vitamines B.

2. Caractéristiques de la levure :

La levure est capable de :

- dégrader les aliments qui se trouvent dans son milieu de culture grâce à une gamme très étendue d'enzymes d'hydrolyse telles que des lipases, protéases, saccharases, et lactases.
- effectuer toutes ou presque les synthèses dont elle a besoin pour sa croissance.

La levure utilisée dans la fabrication boulangère est nommée **Saccharomyces cerevisiae**, elle est naturellement présente dans l'air.



La levur

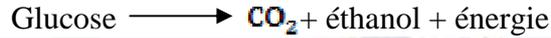
Encyclopédie Encarta, Michael A. McClure. PHD/Phototake NYC; Safra Nimrod/Phototake NYC

- En aérobiose : (la levure respire) d'où l'oxydation du glucose est complète :



Cette réaction dégage l'énergie qui permet à la cellule de vivre, de grandir et de se multiplier.

- En anaérobiose : L'oxydation du glucose est incomplète :



La fermentation panaria correspond à ce processus.

Etapes de fabrication de la

I. Préparation de la mélasse:

Comme tout être vivant, la levure a besoin d'une source de carbone (**mélasse**), d'azote (urée et sulfate d'ammoniac) et de phosphate (mono ammonium de phosphate) et des minéraux et vitamines.

I. 1. Utilité de la mélasse :



Image 1 : la mélasse

La mélasse constitue une source de carbone pour la levure, c'est un sirop très épais et très visqueux qui contient environ la moitié de son poids en saccharose, celui-ci étant toutefois non cristallisable en raison des impuretés qu'il contient.

La mélasse de canne a une forte saveur due à l'odeur et contient généralement (53 à 54 %) de sucre, tandis que la mélasse de betterave est légèrement moins riche en sucre (48 %).



Image 2 : canne à sucre



Image 3 : betterave

Les 77 à 82 % des matières sèches de la mélasse apportent pour l'essentiel du **saccharose** comme **source de carbone**, des **minéraux**, des **oligoéléments** et des **vitamines**.

La levure a besoin de **biotine** pour sa croissance. Les mélasses de canne en sont riches. Dans le cas de fermentation sur mélasses de betterave ou d'autres substrats carbonés comme des hydrolysats d'amidon, cette vitamine doit être ajoutée à raison de 60 à 100 µg pour 100 g de matières sèches de levure produite.

Les autres vitamines comme les vitamines B1 et B6 sont habituellement présentes en quantités suffisantes dans les mélasses. La composition azotée dépend de la qualité souhaitée : une levure riche en azote est plus active mais moins stable.

L'apport d'azote dans le milieu se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou de sels d'ammonium (sulfate ou phosphate), ou d'urée.

La mélasse manque de **phosphore**. En règle générale, la composition en phosphore de la levure, exprimée en P_2O_5 , représente un tiers de celle de l'azote.

La mélasse contient suffisamment de **potassium**, de **calcium** et de **soufre**. Cependant du **magnésium** (et parfois du **zinc**) doit être ajouté.

Cette matière première est fournie à Lesaffre Maroc par la société de sucreries COSUMAR.

I. 2. Etapes de préparation de la mélasse :

Avant d'arriver à la station de traitement, la mélasse est stockée dans 3 tanks (2 pour la mélasse issue de betterave et le 3^{ème} pour celle de la canne). Une homogénéisation assurée par des pompes.

La mélasse passe par plusieurs processus pour quelle devienne propice à l'utilisation dans la fermentation de la levure.

-Dilution de mélasse :

La mélasse brute est diluée avec de l'eau chaude à $\sim 65^\circ C$.

-Clarification :

La mélasse diluée passe dans un clarificateur où elle est centrifugée.



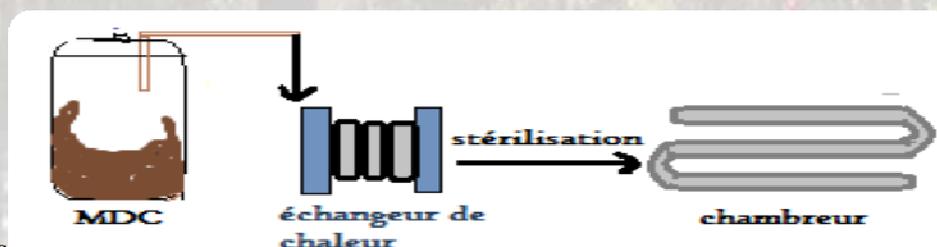
-Stérilisation :

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par une injection de vapeur, l'action conjuguée de la vapeur d'eau et de la température provoque la dénaturation des protéines, des germes (micro-organismes) et la mort de ces derniers.

Cette technique consiste à un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser (la mélasse) pendant un moment déterminé et une pression convenable.

Dans cette étape il y a deux paramètres à contrôler : la température dans le stérilisateur et le temps de contact.

On vise à élever la mélasse à une température supérieure à $100^\circ C$ tout en préservant la qualité nutritionnelle de la mélasse, d'où la nécessité d'adopter un barème (temps, température) convenable. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque « MDC » - « MDCS » afin d'être refroidie.



C'est un échangeur à plaque qui permet de refroidir la mélasse à l'aide d'un fluide froid à travers une paroi sans contact direct entre les deux fluides, Le transfert de

chaleur du fluide chaud au fluide froid s'effectue à travers la paroi que constitue le tube intérieur .

-Stockage de la MDCS

La mélasse diluée clarifiée et stérilisée est stockée à 90°C, puis elle est refroidie avant d'être utilisée dans la fermentation.

I. 3. Différentes analyses réalisées sur la mélasse :

La qualité d'un aliment ne se mesure pas seulement par une bonne pratique dans toutes les étapes de fabrication mais surtout par un contrôle rigoureux.

Il y a des tests quotidiens effectués sur la mélasse brute au sein du laboratoire (Brix et pH pour le contrôle de qualité physicochimique de la mélasse), et d'autres hebdomadaires (Clerget, sucres réducteurs, sucres totaux, et analyses microbiologiques..).

Dans ce projet je me suis intéressée aux analyses, physicochimiques et microbiologiques, suivantes:

- ✓ évaluation du brix et du pH.
- ✓ Détermination du taux de saccharose.
- ✓ Détermination du Clerget (sucre inverti).
- ✓ Dénombrement de bactéries totales.

II. Fermentation de la levure:

III.I. Echelle laboratoire :

La souche sous forme lyophilisée importée de l'étranger estensemencée dans un milieu favorable qui permet sa multiplication.

II .2. Echelle industrielle :

a. Fermenteur pilote :

La souche précédemment préparée, est mise dans un fermenteur pilote de 800l. Ensuite on ajoute la mélasse diluée clarifiée et stérilisée et, les éléments nutritifs et les vitamines.

b. Fermentation :

Le mélange est envoyé dans des préfermenteurs et fermenteurs plus grands pour une bonne multiplication de la levure.

c. Séparation :

Les cellules de levure sont séparées du moût par une centrifugeuse, alors le mout délevuré passe dans les égouts et la crème repart vers les fermenteurs.

C'est la levure mère, qui subit ensuite une autre séparation pour donner la crème de la levure commerciale.

d. Stockage « crème commerciale» :

La crème est refroidie à 4°C et stockée dans de grands bacs, avant son utilisation, il faut lui ajouter du sel, qui joue un rôle très important dans le nettoyage des cellules de saccharomyces cerevisiae et la régulation de la matière sèche.

II.3. Filtration et emballage de la levure fraîche :

La filtration se fait à l'aide de 3 déshydrateurs rotatoires, munis de racleurs, la levure sous forme de pâte tombe dans des **trémies** (des grands entonnoirs destinés à stocker puis à verser la levure) où elle est mélangée avec une huile végétale qui rend sa couleur plus claire, ensuite la levure est coupée sous forme de parallélépipèdes selon un poids entré en consigne.



Image 5 : trémie

Enfin la levure obtenue à une couleur aussi claire que possible, une bonne odeur, un bon goût et une consistance qui n'est pas sèche. La levure est stockée à 4°C, pendant 36 heures avant la livraison.

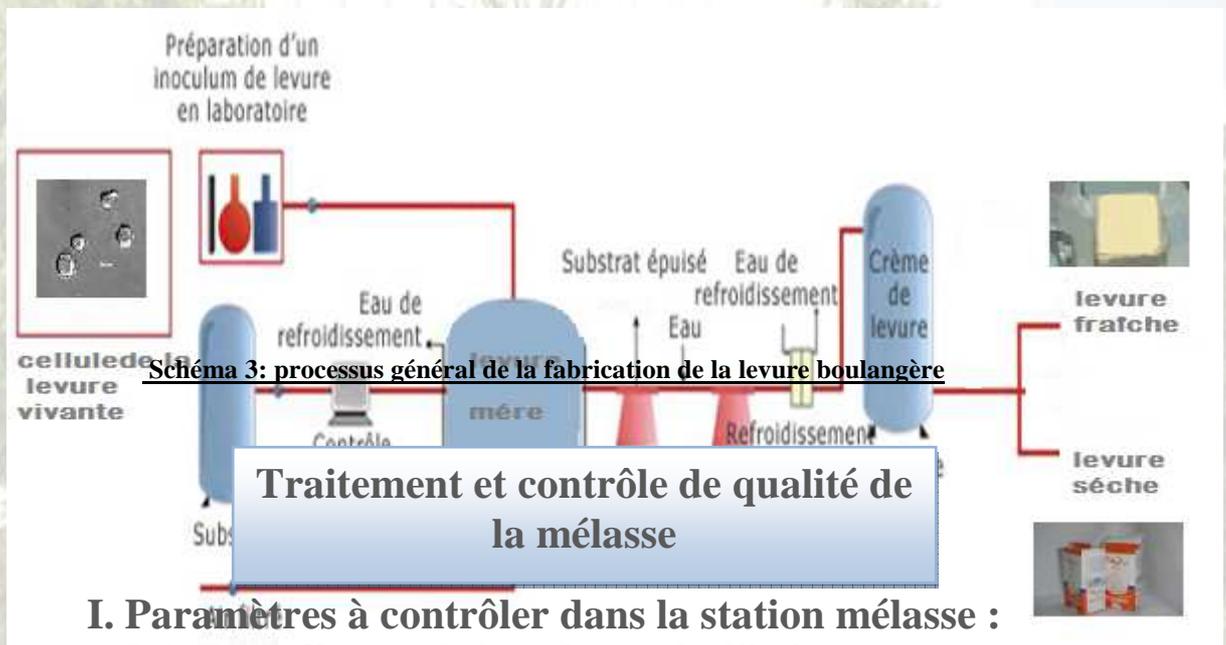
II.4. Séchage et conditionnement de la levure sèche :

Après déshydratation de la crème, le gâteau obtenu passe dans la boudineuse où il est mélangé avec un émulsifiant qui fait blanchir la levure et rend ses cellules plus résistantes.

Il y a 2 types de levures sèches :

- La SPI (particule sèche instantanée) un temps de séchage de 20min .Enfin elle est emballée sous vide ou sous azote.
- La SPH (particule sèche à hydratée ou active), de granules sphériques, et une durée de séchage de 3h. Elle est emballée sous air.

Donc la fabrication de la levure se réalise selon le schéma suivant :



I. Paramètres à contrôler dans la station mélasse :

I. 1. Echauffement de la mélasse à la dilution :

Un apport de vapeur d'eau est injecté au cours de la dilution de la mélasse afin d'élever la température du mélange Mélasse-Eau à une température égale à $\approx 70^{\circ}\text{C}$.

I. 2. Elimination des impuretés :

Les clarificateurs consiste à éliminer les colloïdes et les boues présentes dans la mélasse diluée, ainsi d'éviter le colmatage des échangeurs utilisés pendant la stérilisation au moyen d'une centrifugation.

La société LESAFFRE MAROC dispose de deux clarificateurs (SB60 et SB60) qui filtrent la mélasse diluée pour en ôter les impuretés à l'aide d'un débouillage.

Le débouillage est une évacuation des boues dans les égouts par une éjection d'eau propre, cette étape s'effectue après chaque 8min de clarification, et la prise des échantillons se fait à chaque 2min, ensuite taux des impuretés se fait à l'aide d'une centrifugeuse.

I. 3. Stérilisation :

La mélasse est stérilisée grâce à une injection de vapeur sous pression étudiée, la température de stérilisation est fixée de **120 à 130°C** pendant **2 à 3min** selon le débit de mélasse.

La mélasse clarifiée est introduite dans un échangeur à plaques, où un échange de chaleur entre la mélasse stérilisée et celle clarifiée a lieu. Cet échange de chaleur Mélasse-Mélasse permet d'élever la température de la mélasse clarifiée avant qu'elle subisse la stérilisation, ce qui atténue la sévérité de la stérilisation et porte alors plusieurs avantages.

I. 4. Refroidissement de la mélasse :

Le refroidissement de la mélasse préparée avant son acheminement vers les fermenteurs, est réalisé dans des échangeurs à plaques où le fluide de service est l'eau (à température de 20°C°).

II. Analyses physico-chimiques de la mélasse brute et celle diluée clarifiée et stérilisée (MDCS):

I. 1. Mesure du degré Brix :

Le degré Brix est le poids en grammes de matières sèches contenues dans 100 grammes d'une solution dans l'eau distillée.

On prend 250 g de mélasse et on lui ajoute 250g d'eau distillée, puis à l'aide d'un saccharimètre on mesure le degré Brix.

I. 2. Dosage du saccharose :

- Mode opératoire

Peser dans une fiole de 200ml une quantité de mélasse de 32.54g, ajouter un peu d'eau distillée et de l'acétate de plomb basique (25ml pour mélasse à base de canne, 15ml pour celle de betterave et 10ml pour la mélasse diluée clarifiée et stérilisée (MDCS), ensuite compléter à 200ml avec de l'eau distillée.

Bien agiter et filtrer puis à l'aide d'un **polarimètre** (c'est un saccharimètre gradué de telle manière qu'il indique directement la concentration en sucre saccharose de la mélasse on mesure l'angle de rotation du saccharose α_1).



Image 6 : saccharimètre

La méthode polarimétrique est un moyen simple pour la détermination et la recherche dans l'analyse des échantillons coûteux et non-duplicable, permettant de mesurer l'activité optique des composés inorganiques et organiques.

$$\text{Taux de saccharose (\%)} = \frac{\alpha_1}{PE} * 1.1 * 26$$

- 1.1 : facteur de dilution
- 26 : constante d'appareil
- α_1 : l'angle de rotation du saccharose.
- PE : prise d'échantillon.

I. 3. Mesure du Clerget :

Le Clerget représente le taux de conversion du saccharose en glucose et fructose.

- Mode opératoire

Du même filtrat utilisé pour le dosage du saccharose dans la mélasse de betterave, on prend 50ml et on lui ajoute 5ml d'acide chlorhydrique et on le met dans un bain mari à 70°C pendant 10min.

Puis on verse le mélange sur du charbon actif, qui aide à enlever les impuretés solubles dans la solution.

Le Clerget est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Clerget (\%)} = \frac{[\alpha_1 + (1.1 * \alpha_2)]}{144 - \left(\frac{T \text{ } ^\circ\text{C}}{2}\right) * PE} * 1.1 * 26 * 100$$

T°C: température de la solution à la sortie du polarimètre.

α_2 : l'angle de rotation du saccharose inverti.

α_1 : l'angle de rotation du saccharose.

1,1 : facteur de dilution

26 : constante de l'appareil

PE : prise d'essai

I. 5. Dénombrement des bactéries totales dans la mélasse diluée clarifiée et stérilisée (MDCS):

Les bactéries totales ou **Flore Mésophile Aérobie Totale** (FMAT) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'**UFC** (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface. Ce dénombrement se fait à 30 °C.

Comme il s'agit d'un milieu ordinaire, la plupart des micro-organismes peuvent se développer, sauf ceux qui sont exigeants et les micro-organismes anaérobies stricts.

L'ensemencement à partir de la mélasse stérile (MDCS), se fait dans des boîtes de pétri contenant de **la gélose nutritive** (c'est un milieu non sélectif, essentiellement utilisé pour vérifier la pureté des souches) déjà stérilisé. L'incubation se fait à 30°C pendant 72h.

Les constituants de la gélose nutritive sont :

Extrait de viande (1g)	source de carbone, d'azote et de sels minéraux et de facteurs de croissance
Extrait de levure (2g)	source d'azote, de carbone, d'énergie et facteurs de croissance
Peptones (5g)	source d'azote, carbone et d'énergie
NaCl (5g)	source de minéraux
Agar	solidifiant / gélifiant
Eau	solvant

Bilans thermiques de la station de traitement de la mélasse

I. Calcul des bilans thermiques:

La station de traitement de la mélasse, constitue le vif du sujet car j'essayerai dans cette partie de faire un calcul des bilans thermiques pour les différentes étapes de préparation de la mélasse (dilution, stérilisation et refroidissement). Et ce pour voir le gain apporté par l'utilisation des échangeurs de chaleur et l'efficacité de la température utilisée en fonction du temps et du débit. Cette étude aidera par la suite de prévoir une modification ou amélioration de cette station.

En plus, j'essayerai de donner un aperçu sur les différentes analyses effectuées (analyses organoleptiques et physicochimiques) avant de donner les différents résultats obtenus.

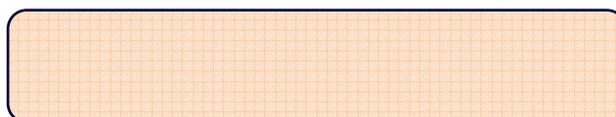
I.I. Quantité de chaleur consommée dans les différentes étapes :

Dans le traitement de la mélasse, un Bilan thermique est réalisé en utilisant une eau de dilution préalablement chauffée et un échange de chaleur Mélasse-Mélasse avant stérilisation

a. Dilution :

L'eau de dilution entre avec une température $T_e = 65^\circ\text{C}$; et la mélasse brute à 52% à $T_m = 25^\circ\text{C}$.

Sachant que la chaleur massique de la mélasse diluée étant $C_p = 0.85 \text{ kcal.kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, et celle de l'eau $C_{p \text{ eau}} = 1 \text{ kcal.kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, la température finale du mélange (eau-mélasse) est obtenue d'après la relation suivante :



$$T_F = \frac{m_1 C_1 T_1 + m_2 C_2 T_2}{m_1 C_1 + m_2 C_2}$$

$$T_F = 46^\circ\text{C}$$

m1 : La masse de la mélasse.

m2 : La masse de l'eau.

C1 : Chaleur massique de mélasse.

C2 : Chaleur massique de l'eau.

La vapeur d'eau injectée porte la température du mélange Mélasse brute-Eau qui est $T_e = 46^\circ\text{C}$ à une température $T_S = 70^\circ\text{C}$. Le débit d'introduction de la mélasse diluée (MD) étant $D_{MD} = 15.50$ t/h On néglige les pertes thermiques.

La chaleur reçue par le mélange Eau-Mélasse pendant la dilution est donnée par :

$$\Phi_D = D_{MD} C_p \Delta T$$

$$\Phi_D = 316\,200,00 \text{ kcal/h}$$

b. Stérilisation :

La mélasse diluée clarifiée (MDC) est entraînée dans le stérilisateur avec un débit $D_{MDC} = 14.50$ m³/h, grâce à la vapeur d'eau injectée sa température passe de $T_e = 88^\circ\text{C}$ à une T_S (température de sortie).

La loi reliant la température de stérilisation de la mélasse et le débit de son entraînement dans le stérilisateur est une loi linéaire, elle est représentée par l'équation suivante s : $Y = a X + b$ (sachant que Y est le débit et X est la température et qu'à 16.00 m³/h on a 132°C et à 8.00 m³/h on a 120°C).

$$\left\{ \begin{array}{l} 16 = a \times 132 + b \\ 8 = a \times 120 + b \end{array} \right.$$

→ a = 0.66 et b = -72

$$T_S = (14.50 + 72) \div 0.66$$

$$T_S = 130^\circ\text{C}$$

→ À un débit de 14.50 m³ la température de sortie du stérilisateur est $T_S = 130^\circ\text{C}$.

La chaleur reçue par la MDC est donc :

$$\Phi_S = D_{MDC} C_p (T_S - T_e)$$

$$\Phi_S = 626\,356,50 \text{ kcal/h}$$

- Bilan sur la partie échange thermique Mélasse-Mélasse :

$$\Phi_{M-M} = D_{MDC} C_p (88 - 70)$$

$$\Phi_{M-M} = 279\,990,00 \text{ kcal/h}$$

c. Refroidissement :

La mélasse diluée clarifiée et stérilisée (MDCS) est stockée dans deux bacs de stockage dans lesquels règne une température $T_S = 90^\circ\text{C}$.

A l'aide d'un échangeur de chaleur Une eau froide (fluide de service) baisse sa température à $T_e = 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Le débit d'entraînement de la MDC dans l'échangeur est égal à 15.00 m³/h.

$$\Phi_R = D_{MDCS} C_p (T_S - T_e)$$

$$\Phi_R = 107\,992\,5,00 \text{ kcal/h}$$

I.2. Consommation en Fioul :

L'échange thermique Mélasse-Mélasse ainsi que le refroidissement de la MDCS sont des échanges thermiques gratuits, qui ne nécessitent pas d'apport énergétique pour leur déroulement. En revanche le chauffage de la MD et sa stérilisation en demandent.

L'injection de vapeur lors de la dilution de la mélasse brute, et lors de la stérilisation de la mélasse diluée clarifiée fournit la quantité de chaleur suivante :

$$\Phi_{MD} + \Phi_S = 942\,556,50 \text{ kcal/h}$$

La société LESAFFRE MAROC utilise pour la production de la vapeur, à partir de ses chaudières, le fioul lourd qui a un pouvoir calorifique inférieur (PCI) d'environ 9 550,00 kcal/kg.

C'est à dire qu'un kilogramme de fioul apporte environ 9 550,00 kcal d'énergie en brûlant, compte tenu des pertes dues à la vaporisation de l'eau dans les fumées.

Le rendement de la chaudière utilisée au sein de LESAFFRE MAROC est 80%, l'énergie produite est :

$$\text{le rendement} = \frac{\text{Energie produite}}{\text{PCI}}$$

Donc ce rendement nous ramène à 7 640,00 kcal/kg.

Le besoin en vapeur dans la station de traitement de la mélasse étant 942 556,50 kcal, la consommation en fioul pour les 15,50 tonnes de mélasse brute traitée est alors de l'ordre de $X = 123,37 \text{ kg}$.

1 kg de fioul	→	7 640,00 Kcal
X	→	942 556,50 K cal

Sachant que 1kg de fioul coûte presque 2.50 Dh. On peut déduire alors que, en termes de capital, la quantité de mélasse traitée par Heure vaut à la société : **308.42 D**.

II. Gain apporté par l'utilisation des échangeurs de chaleurs:

II.1.calcul du Bilan thermique sans étape d'élévation de température intermédiaire issue des échangeurs de chaleur :

a. Dilution :

L'eau de dilution étant froide, le mélange Eau-Mélasse entre dans le bac à 25°C et atteint une température égale à 70°C avec un débit égal à $D_{MD} = 15,50 \text{ t/h}$.

La quantité de chaleur reçue dans ce cas est :

$$\Phi_D' = D_{MD} C_p \Delta T$$

$$\Phi_D' = 592\,875,00 \text{ kcal/h}$$

b. Stérilisation :

La température de la mélasse diluée clarifiée passe de 70°C à 130°C circulant avec un débit égal à 14,50m³/h.

$$\Phi_D' = D_{MD} C_p \Delta T$$

$$\Phi_D' = 894\,795,00 \text{ kcal/h}$$

II.2. Consommation en Fioul :

Cette fois-ci le Calcul de la consommation en fioul lors des injections de vapeur d'eau dans le bac de la mélasse diluée (MD) et dans le stérilisateur est :

$$\Phi_{MD}' + \Phi_S' = 1\,487\,670,00 \text{ kcal/h}$$

Le besoin étant 1 487 670,00 kcals, la consommation en fioul pour les 15,50 tonnes de mélasse brute traitée est alors de l'ordre de 194.72 kg.

On en déduit donc que, en termes de capital, ce traitement de mélasse vaut à la société 486,80 Dh.

Donc l'utilisation de l'échangeur de chaleur à ce niveau donne un gain approximative à : **178,37 Dh** par heure.

II.3. Coût de l'économie mensuelle réalisée :

La quantité de chaleur économisée est :

$$(\Phi_{MD}' + \phi S') - (\Phi_{MD} + \phi S) = 545\,113,50 \text{ kcal/h}$$

Cet apport énergétique économisé, suite à chaque 15,50 tonnes par heure de mélasse traitée, est fourni par 71,35 kg de fioul lourd .On obtient une économie de **128. 430,00 Dh** par mois ; une somme assez importante.

III. Résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques:

- Paramètres physico-chimiques :

Analyses effectuées	pH	% Brix	% Clerget	% saccharose
Mélasse brute de canne	5,23	78,80	---	24,60
mélasse brute de betterave	6,86	81,00	47,22	46,54
Mélasse diluée clarifiée et stérilisée	---	---	12,55	21,44

Tableau

1: résultats des paramètres physicochimiques des différents types de mélasse

- interprétations :

D'après les valeurs approximatives du pH et du Brix, de la mélasse brute de canne et de betterave, on constate qu'elles sont légèrement différentes à cause de leur origine qui n'est pas la même mais elles répondent aux normes.

NB : L'homogénéisation de la mélasse brute de canne et de betterave dans les bacs de stockage permet la stabilisation de ces deux paramètres.

Pour ce qui concerne la mélasse après stérilisation, celle diluée clarifiée et stérilisée, sa chute remarquable en taux de sucre (Clerget et saccharose) peut être justifiée par :

- la dilution de la mélasse brute à moitié (environ 53%).
- la température élevée de la stérilisation de la mélasse qui peut atteindre les 130°C.
- La dilution de la mélasse par condensation de la vapeur d'eau injectée lors de la stérilisation de mélasse.
- une fuite dans le circuit du traitement de la mélasse.

- Résultats du dénombrement des bactéries totales :

L'ensemencement à partir de la mélasse stérile (MDCS) se fait dans des boites de Pétri sur gélose nutritive déjà stérilisée. L'incubation se fait à 30°C pendant 72h.

	18 Mai	19 Mai	23 Mai	24 Mai	25 Mai	26 Mai
Nombre de colonies des bactéries totales	<10	<10	<10	0	0	0

Tableau 2: Nombre de colonies des bactéries totales en fonction du temps

- interprétation :

L'absence de contamination par les bactéries totales indique que la stérilisation de la mélasse diluée et clarifiée est efficace.

IV. Optimisation du barème de stérilisation :

a .Proposition :

Le barème de stérilisation est efficace, il n'y a donc pas besoin d'augmenter la température de stérilisation ni le temps de séjour de la mélasse dans le stérilisateur.

Cependant, on peut tout de même proposer un nouveau barème de stérilisation en essayant de réaliser une économie sur le plan de l'énergie thermique nécessaire à la stérilisation.

b .Etablissement d'un nouveau barème de stérilisation de la mélasse :

A partir de l'équation linéaire précédente (pages 17) on peut adopter un nouveau barème de stérilisation en changeant la température de stérilisation.

Avec un nouveau degré de température qui est 126°C on trouve le débit suivant :

$$D = 14,00 \text{ m}^3 / \text{h}$$

c .détermination du temps de séjour:

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est entraînée dans un stérilisateur de longueur $x=116.36\text{m}$ et de diamètre effectif $d=0.06\text{m}$, à cette fois si avec le nouveau débit

14,00m³/h. Les simples relations liant le débit, la vitesse et le temps du parcours permettront de déterminer le temps t de stérilisation de la MDC.

- Méthode de calcul:

On a : $V = D / S = x / t$

Avec : V : la vitesse de circulation de la MDC en m/h

D : le débit de la MDC en m³/h

S : la surface en m², $S = \pi d^2/4$

x : la distance parcourue en m

t : le temps de stérilisation de la MDC.

⇒ Ce qui mène à : $t = x \cdot S / D$

⇒ temps de stérilisation de la MDC est donc **1min 41s**.

- Interprétation :

Le nouveau couple de stérilisation (126°C, 1min41s) permettra une économie beaucoup plus importante au niveau de l'énergie thermique nécessaire pour la stérilisation de la mélasse. En rétablissant l'équation du bilan thermique au niveau du stérilisateur nous obtenons une quantité de chaleur, ΦS , nécessaire à l'opération égale à 452200 kcal/h. Donc un gain énergétique de l'ordre de 174156.2 kcal/h.

V. Évolution du rendement des clarificateurs au cours du temps :

- Résultats du rendement des clarificateurs :

Le tableau ci-dessous montre clairement l'évolution du rendement des deux clarificateurs au cours d'un seul débouillage.

Clarificateur SB80 :

Temps	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
Quantité des impuretés en (g)	0,86	0,51	0,49	0,49	0,49	0,50
Rendement en (%)	58,15	56,00	56,00	56,00	58,00

Tableau 3: Evolution du rendement du clarificateur SB80

Clarificateur SB60 :

Temps	0 min	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
Quantité des impuretés en (g)	0,75	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46
Rendement (%)	63,70	63,70	63,70	63,70	63,60

Tableau 4: Evolution du rendement du clarificateur SB60

- Interprétation :

Le rendement des deux clarificateurs étudiés varie légèrement dans le temps ça peut être justifié par :

- Le Manque de précision du matériel utilisé (la balance)
- Les pertes de la mélasse lors de la centrifugation

Mais généralement les résultats obtenus reflètent l'efficacité de la clarification de la mélasse.

Conclusion générale

Dans ce rapport j'ai essayé de faire un suivi de la station traitement mélasse au niveau qualité et bilan thermique.

Parallèlement, s'assurer de l'efficacité de la stérilisation de la mélasse (voir si le degré de température est performant) en effectuant des analyses microbiologiques sur la mélasse diluée clarifiée et stérilisée (MDCS), et des analyses physico-chimiques sur le taux des sucres existant dans la mélasse avant et après stérilisation, et faire une évolution du rendement du clarificateur afin de se rendre compte de plusieurs défis (handicaps) qui augmentent le coût de production et diminuent, par conséquent, la rentabilité.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de la mélasse ont montré l'efficacité de la station de traitement de la mélasse, car il y a absence de contamination ainsi de caramélisation et même on arrive à garder la concentration des sucres plus ou moins constante, et par conséquent on assure un milieu nutritif sain et stable pour une bonne et meilleur croissance de la levure.

J'ai compris au quel point l'organisation entre la conduite et la régulation des différents paramètres, est importante pour un bon fonctionnement de l'usine.

Ce travail m'a donné l'occasion de découvrir le monde industriel du proche et de me familiariser avec les différents appareils et leur fonctionnement. Ainsi d'apprendre à assumer une grande responsabilité et de travailler en groupe.