



Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité

« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**DOSAGE DES SUCRES ET DETERMINATION DU TAUX DE LA MATIERE SECHE
DANS LA MELASSE AU COURS DE SON TRAITEMENT**

Présenté par :

◆ **BENAZZA Rania**

Encadré par :

◆ **Mr A. BENNANI (LESAFFRE)**

◆ **Pr A. BOUKIR (FST Fès)**

Soutenu Le 7 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr **A. BOUKIR**

- Pr **S. CHAKROUN**

- Pr **C. H. AMEZIANE**

Stage effectué à LESAFFRE MAROC

Année Universitaire 2016 / 2017



Dédicaces

A mes chers parents,

*pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et
leurs prières tout au long de mes études,*

A mes chères sœurs,

pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A toute ma famille et mes amis,

pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le
fruit de votre soutien infaillible,*

Merci d'être toujours là pour moi.



Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon professeur, **Mr BOUKIR Abdellatif** pour son encadrement, son suivi et ses conseils.

Mes remerciements les plus chers s'adressent aux membres de jury **Mr CHAKROUNE Said** et **Mr AMEZIANE HASSANI Chakib** qui m'ont honoré en acceptant de juger ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **BENNANI Ali**, responsable du service de la qualité et Monsieur **BOUQUADIDA Abdelali** responsable de laboratoire physico-chimique pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien.

Je remercie également toute l'équipe de la société **LESAFFRE** pour leur accueil, ainsi que mes camarades de stage pour leur esprit d'équipe.

Mes remerciements s'adressent également au corps professoral et administratif de la « **Faculté des Sciences et techniques Fès** » qui nous a été dispensé, ont su nous apprendre et nous transmettre certaines de leurs valeurs.

Liste des abréviations

B : Betterave

C : Canne

DB : Débourbage

MD : Mélasse Diluée

MDC : Mélasse Diluée clarifiée

MDCS : Mélasse Diluée clarifiée stérilisée

MS : Matière sèche

SPH: Sphérule de Panification Hydratée

SPI : Sphérule de Panification Instantanés

Liste des figures

Figure 1 : Schéma d'une cellule de levure boulangère.....	2
Figure 2 : Procédé de fabrication de la levure boulangère.....	5
Figure3 : Mélasse brute.....	6
Figure 4 : Betterave sucrière.....	6
Figure 5 : Canne à sucre.....	6
Figure 6 : Schéma d'un clarificateur.....	9
Figure 7 : Station de clarification de la mélasse.....	10
Figure 8 : Schéma général de traitement de la mélasse.....	11
Figure 9 : Polarimètre numérique.....	12
Figure 10 : Structure de la molécule de saccharose.....	13
Figure 11 : Histogramme du taux de saccharose dans différents échantillons de mélasse.....	15
Figure 12 : Virage de la couleur de la solution au cours du dosage.....	17
Figure 13 : Histogramme du taux du sucre réducteur dans différents échantillons de mélasse.....	19
Figure 14 : Histogramme du taux de la matière sèche dans la mélasse.....	21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique de la levure.....	3
Tableau 2 : Composition pondérale des matières sèches totales de la mélasse.....	7
Tableau 3 : Taux du saccharose dans de différents échantillons de la mélasse.....	15
Tableau 4 : Taux des sucres réducteurs dans différents échantillons de la mélasse.....	19
Tableau 5 : Taux de la matière sèche au cours du traitement de la mélasse.....	21

Présentation de la société LESAFFRE

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 santé humaine et animale. Symbole de proximité et de fidélité, l'hirondelle est l'emblème fédérateur du groupe Lesaffre à travers le monde.

1. Historique du groupe

La société SODERS (créée en 1975) a été détenue par le groupe Français LESAFFRE en 1993, et renommée « LESAFFRE-Maroc ». Elle représente 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 BANKING 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.

2. Produits et marques de référence

LESAFFRE-MAROC est spécialisée dans la fabrication de levure fraîche "levure pressée" conditionnée en pain de 500g et dans la production de levure sèche conditionnée en sachet de 50g, 125g et 500g. Ce dernier type se subdivise en deux produits :

- **La SPI:** levure sèche instantanée.
- **La SPH:** levure sèche à réhydrater.

Il fabrique et commercialise la levure pour la sèche sous la marque Jaouda, Rafiaa et Nevada. Les améliorants de panification sont quant à eux commercialisés sous les marques Ibis bleu et Magimix. Tout ceci est produit, conditionné, stocké, contrôlé et distribué par une organisation d'entreprise bien ficelée.

3. Description et activités de laboratoire d'analyse

Le laboratoire d'analyses de Lesaffre Maroc, dans sa nouvelle conception, joue un rôle très important dans la démarche qualité qui constitue l'une des priorités de la société. Il est composé de deux laboratoires : Le laboratoire de microbiologie et le laboratoire des analyses physico-chimiques.

➤ Laboratoire de microbiologie :

La validité des contrôles microbiologiques, nécessite notamment l'obtention de résultats d'analyse fiables. La fiabilité des résultats implique l'utilisation de méthodes validées, mises en œuvre par un laboratoire compétent. C'est pour cela que l'usine de LESAFFRE exige un système d'épuration d'air, un personnel hautement qualifié et expérimenté, un climat professionnel encourageant et la vaillance d'un chef de laboratoire dont le plus grand souci est la qualité des analyses et la sensibilisation permanente des techniciens aux principes et règlements relatifs à l'hygiène.

Ce laboratoire se compose de 4 salles:

- Salle des pathogènes où s'effectue les analyses des germes pathogènes.
- Salle des préparations où la préparation des milieux de culture, la stérilisation et d'autres activités ont lieu.
- Salle de stockage des matières premières.
- Salle d'analyses bactériologiques.

➤ Laboratoire des analyses physico-chimiques :

Le laboratoire des analyses physico-chimiques est équipé de matériels sophistiqués et embauche des analyses qualifiés effectuant quotidiennement des analyses physico-chimiques et veillant toujours à bien respecter les consignes du responsable de laboratoire qui lui-même participe à l'application du plan de contrôle

Le laboratoire se compose de 3 salles :

- Salle de panification où s'évalue la force panaire.
- Salle de stockage où se trouvent tous les matériels et les produits initiaux.
- Salle d'analyse physico-chimique répartie elle-même en trois sections :

4. Organigramme de l'entreprise



Figure 1 : schéma d'organigramme de la société

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre 1 : Généralités sur la levure et son processus de fabrication

I. Généralités.....	2
1. Définition.....	2
2. Composition chimique de la levure.....	3
3. Métabolisme	4
II. Processus de fabrication.....	5
1. Préparation de la mélasse.....	6
1.1. Dilution.....	8
1.2. Clarification (Clarificateurs et débouillage).....	9
1.3. Stérilisation.....	10
1.4. Refroidissement.....	10
2. Principe de la polarimétrie.....	11

Chapitre 2 : Analyses physico-chimiques effectuées sur la mélasse

I. Polarimétrie : Taux de saccharose.....	13
1. Matériels et méthodes.....	13
2. Résultats et discussion.....	14
II. Taux du sucre réducteur.....	16
1. Matériels et méthodes.....	16

2. Equation de réaction chimique.....	17
3. Résultats et discussion.....	18
III. Matière sèche.....	20
1. Matériels et méthodes	20
2. Résultats et discussion.....	20
Conclusion	22
Bibliographie et webographie.....	23

Introduction

Afin de compléter la formation reçue au cours des années universitaires et de développer mes connaissances dans le domaine industriel et sur le plan professionnel, j'ai effectué mon stage de fin d'études au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques de la société LESAFFRE Maroc, et ce stage a été très bénéfique.

L'objectif de ce stage était d'une part de maîtriser les procédés industriels de fabrication de levure et d'autre part de contrôler la quantité des sucres reçues par différentes sucreries, et enfin de quantifier le taux de sucres avant, durant et après traitement.

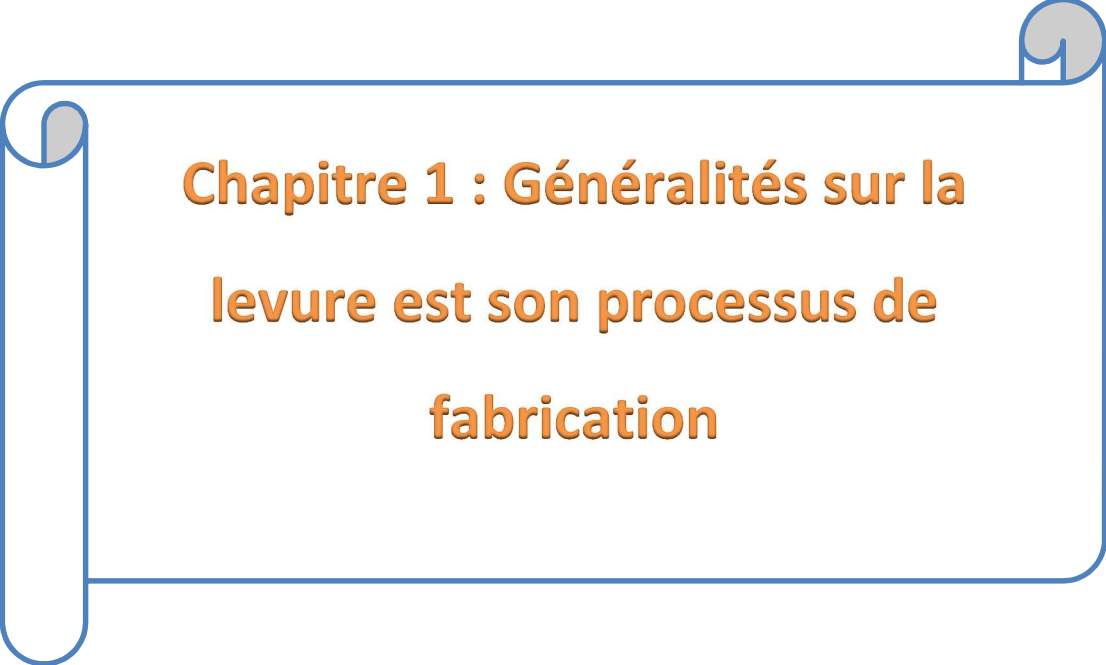
La mélasse est l'une des matières premières essentielles pour la fabrication de la levure, le suivi de dosage des sucres de cette matière est nécessaire pour permettre l'évaluation des méthodes et la comparaison des résultats. Donc, pour contrôler la levure, il faut tout d'abord passer par les différentes étapes de traitement de la mélasse.

Les contrôles sont effectués par plusieurs analyses physico-chimiques:

- l'analyse du taux du saccharose,
- le dosage des sucres réducteurs libre,
- détermination du taux de la matière sèche dans la mélasse.

Le présent rapport est élaboré selon le plan suivant:

- Le premier chapitre est réservé pour l'étude de quelques généralités de la levure et son processus de fabrication
- Dans le 2^{ème} chapitre nous présentons les résultats d'analyses physico-chimiques et leurs interprétations.



**Chapitre 1 : Généralités sur la
levure est son processus de
fabrication**

I. Généralités :

1. Définition :

La levure boulangère ou levure de bière (*Saccharomyces Cerevisiae*) est un champignon unicellulaire et eucaryote qui possède la faculté de transformer le sucre en alcool et de faire monter la pâte en transformant le glucose en éthanol et dioxyde de carbone (CO₂). Sa taille ne dépasse pas les 6 à 8 µm. Ces micro-organismes se multiplient par bourgeonnement ou par division.

La levure est capable de :

- Dégrader les aliments qui se trouvent dans leur 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 elles ont besoin pour leurs croissances.

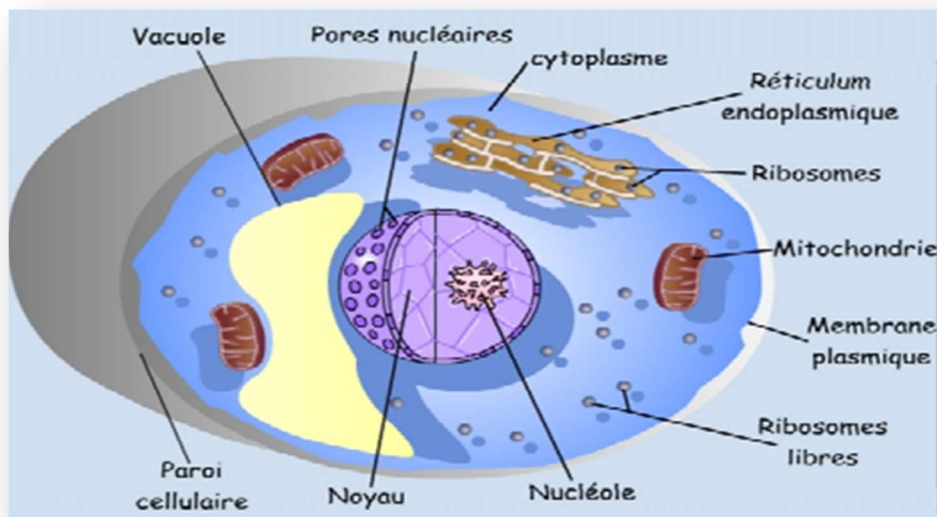


Figure 1: Schéma d'une cellule de levure boulangère

2. Composition chimique de la levure :

La composition de la levure dépend de ses caractéristiques et de ses conditions de conservation. Les protéines, avec une forte proportion d'enzymes, sont l'image d'une activité métabolique potentiellement importante et d'un pouvoir fermentatif élevé. La paroi cellulaire, d'une épaisseur de 70 +/- 10 nm, représente 15 à 18 % des matières sèches cellulaires. Les glucides sont principalement des glycanes et des mannanes constitutifs de la paroi, du glycogène (macromolécule de réserve utilisée en cas de longue carence en éléments nutritifs) et du tréhalose (disaccharide mobilisé préférentiellement en cas de carence courte). Les lipides tels que les lipoprotéines et les phospholipides qui constituent la membrane cytoplasmique sont d'une importance capitale dans le maintien de ses propriétés au cours des différents procédés de séchage pour les levures sèches actives. Le phosphore, un des nombreux minéraux, est impliqué dans la constitution des acides nucléiques, des membranes et des molécules à fort potentiel énergétique.

Tableau 1 : Composition chimique de la levure

composition	Teneur (%)	Eléments constitutifs	Teneur (%)
Matières sèches	30,0 à 33,0		
Protéines	40,6 à 58,0	Glutathion (1)	0,5 à 1,5
Glucides	35,0 à 45,0	Glycogène	5 à 10
		Tréhalose (2)	8 à 20
Lipides	4,0 à 6,0	Phospholipides	1 à 2
Minéraux	5,0 à 7,5	Potassium	0,8 à 2,0
		Sodium	0,01 à 0,2
		Calcium	0,02 à 0,15
		Magnésium	0,04 à 0,18
		Phosphore	0,8 à 1,3
		Sous forme P ₂ O ₆	2,0 à 3,0
Vitamines	0,002 à 0,06	Thiamine (B1)	0,002 à 0,015
		Riboflavine (B2)	0,002 à 0,008
		Pyridoxine (B6)	0,002 à 0,006
		Niacine (PP)	0,010 à 0,050
<p>(1) Glutathion : tripeptide contenant un groupe sulfhydryle ; c'est un dérivé d'acide aminé (2) Tréhalose : diholoside que l'on rencontre dans de nombreux champignons, levure, algues.</p>			

3. Métabolisme :

La levure de boulangerie appartient à un groupe relativement mineur de levures : les levures aérobies facultatives et fermentaires, capables d'utiliser le glucose en présence ou en absence d'oxygène et de fermenter le glucose même en présence d'air. Pour cela deux modes de fermentation sont possible :

➤ **Fermentation aérobie :**



En présence d'oxygène (aérobiose) *Saccharomyces Cerevisiae* produit son énergie par respiration sans formation d'alcool. Le sucre dont elles se nourrissent est transformé en gaz carbonique et en eau. Cette voie métabolique est très énergétique, permet aux cellules de subir une multiplication avec un rendement cellulaire élevé.

➤ **Fermentation anaérobie :**



En absence d'oxygène (anaérobiose), le champignon produit l'énergie par fermentation alcoolique en faisant intervenir plusieurs sortes d'enzymes. Le sucre fourni par la farine est transformé en alcool (évaporé à la cuisson) et en gaz carbonique, témoins du processus métabolique de la fermentation, ainsi qu'une quantité faible d'énergie pour que la levure puisse vivre mais pas pour se multiplier.

Dans ces conditions l'oxydation du glucose est complète:



II. Processus de fabrication :

La production de la levure dépend fortement de la mélasse, coproduit de la production de sucre, pour assurer la croissance de ce micro-organisme, donc une fermentation rentable, une tonne de levure commerciale ne demande pas moins de 1,5 tonne de mélasse !

Les étapes nécessaires pour produire une levure de boulangerie sont présentées dans la figure suivante :

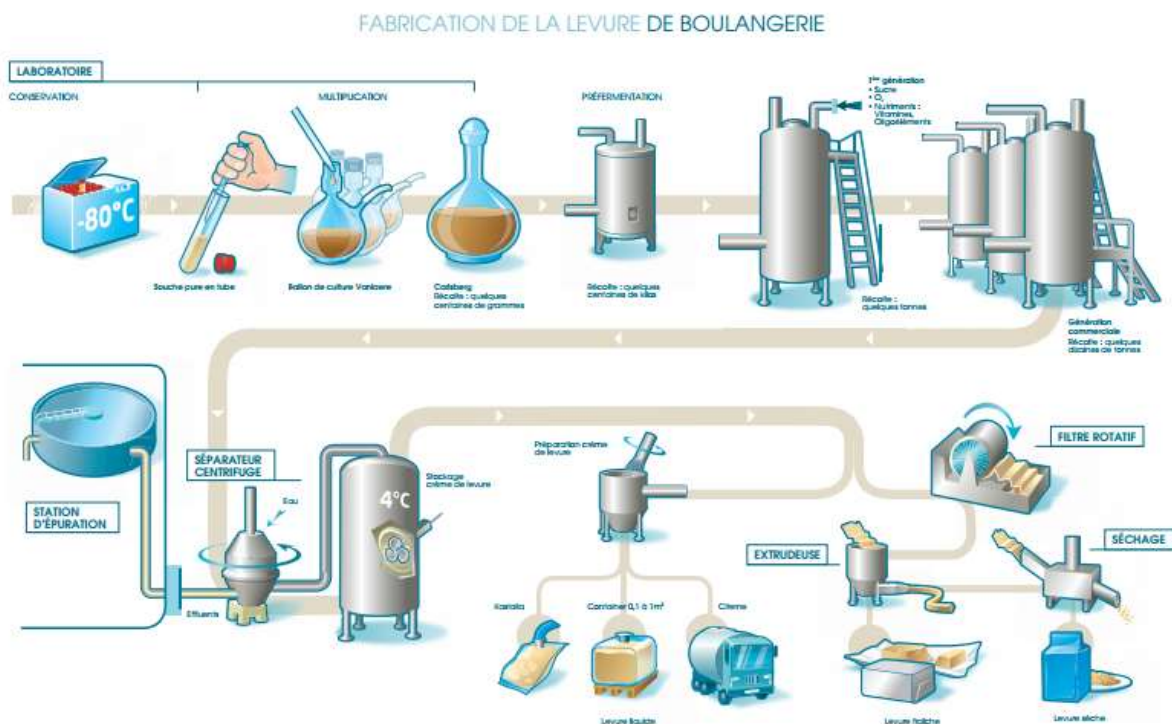


Figure 2 : Procédé de fabrication de la levure boulangère.

1. Préparation de la mélasse :



Figure 3 : Mélasse brute

La mélasse, est un résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre ou de la betterave, que l'on trouve souvent sous forme de poudre marron et visqueux ou d'un sirop très épais et également très visqueux. Elle contient 40 à 50% de sucre, très riche en minéraux « potassium, calcium, magnésium, phosphore » ce qui n'est pas le cas du saccharose.

C'est une substance très nutritive pour les levures et les bactéries dans les fermenteurs. Sa richesse en composés nutritifs pour les levures nécessite son utilisation comme substrat essentiel dans l'industrie de la fermentation contrairement au saccharose qui est très calorifique.

La société LESAFFRE utilise deux types de mélasse (80% de mélasse provenant de la betterave et 20% provenant de la canne à sucre) pour la nutrition de la levure (source de carbone).



Figure 4 : Betterave sucrière



Figure5 : Canne à sucre

- **La mélasse de la canne à sucre:** coproduit constitué par le résidu sirupeux recueilli lors de la fabrication ou du raffinage du sucre provenant des cannes à sucre. Elle a une forte appétence due à l'odeur et contient généralement plus de sucre que la mélasse de betterave (53 à 54%).
- **La mélasse de betterave:** coproduit constitué par le résidu sirupeux recueilli lors de la fabrication ou du raffinage du sucre provenant de betteraves sucrières. Elle est légèrement moins riche en sucre (48%), elle est moins appétente que celle de la canne à sucre.

Tableau 2 : Composition pondérale des matières sèches totales de la mélasse

Matière première	Mélasse de betterave %	Mélasse de canne %
Sucres totaux	66.5	73.1
Saccharose	63.5	45.1
Raffinose	1.5	5.5
Sucre inverti	0	22.1
Autres	1.5	5.5
Composés organiques totaux	23	15.2
Aminoacide	3	0
Acides organiques	5.5	7
Pectine	5	2.7
Composés minéraux totaux	10.5	11.7
K₂O	6	5.3
Na₂O	0.2	0.1
CaO	0.2	0.2
MgO	0.2	1
Al₂O₃, Fe₂O₃	0.1	0
SiO₂	0.1	0
Cl	1.7	1.1

Quel que soit l'origine de la mélasse, betterave ou canne, La teneur en sucres totaux est sensiblement la même (comprise entre 66,5 et 73,1% de MS), mais présente quelques écarts suivant le procédé industriel appliqué aux mélasses. La composition de la matière organique « non sucré » est assez différente suivant l'origine des mélasses. Dans les mélasses de betterave normales, la moitié de cette matière organique correspond à des matières azotées totales solubles (8 à 15% de la MS). Dans les mélasses, les matières azotées sont en quantités plus importantes (de 15 à 20% de la MS). En revanche, dans les mélasses de canne, cette fraction azotée est réduite à environ 5% de la MS.

Le service de préparation de la mélasse respecte des étapes nécessaires pour réussir un bon traitement de la mélasse à savoir :

- Réduire la viscosité de la mélasse par dilution et chauffage.
- Eliminer les fibres et les colloïdes par clarification.
- Eliminer les formes végétatives des contaminants microbiens par stérilisation.
- Produire de l'eau chaude par refroidissement de la mélasse clarifiée et stérilisée à travers des échangeurs.

La préparation de la mélasse se fait selon les étapes suivantes :

1.1. Dilution :

Après la filtration de la mélasse réalisée à température ambiante, la mélasse passe à la dilution afin d'obtenir une mélasse de concentration bien déterminée, en ajoutant de l'eau et de la vapeur d'eau. La mélasse brute à diluer contient environ 80% de betterave et 20% de la canne, ce mélange est ensuite deux fois dilué par l'intermédiaire d'une eau chaude à 66°C et une vapeur d'eau à une pression de 3,5 bars.

1.2. Clarification :

La mélasse diluée passe ensuite dans un clarificateur centrifugé. Cette étape consiste à éliminer les colloïdes et les boues par la centrifugation qui sépare les éléments de densités différentes par une rotation très rapide. A la fin, la mélasse diluée et clarifiée est stockée dans des cuves MDC à une température de 70°C.

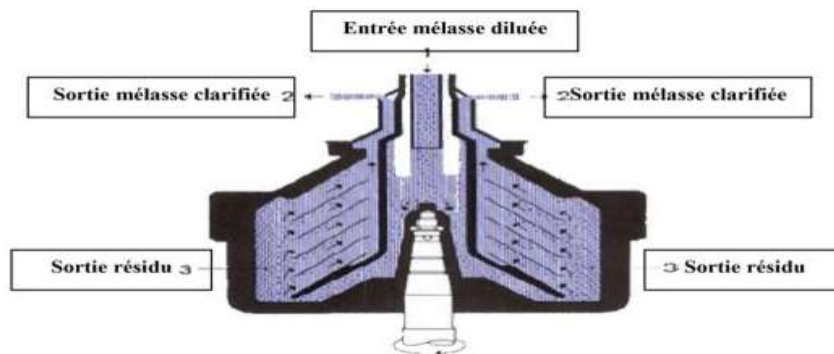


Figure 6 : Schéma d'un clarificateur

- **Clarificateur Alpha Laval** : Le clarificateur Alpha Laval est un clarificateur à assiette avec évacuation périodique des boues, son volume de bol 48 L. Son débit est 12 m³ / h. Son cycle de clarification dure 11 min à 4000tr/min.
- **Clarificateur SB 80** : Le clarificateur SB 80 est un clarificateur à assiette avec évacuation périodique des boues, son volume de bol 30 L. Son débit d'entraînement de mélasse est de 9 m³ / h.
- **Clarificateur SB 60** : Le clarificateur SB 60 est un clarificateur à assiette avec évacuation périodique des boues, son volume de bol 30 L. Son débit d'entraînement de mélasse est entre 7-10 m³ / h.
- **Clarificateur SPHX 157** : Le clarificateur Alpha Laval est un clarificateur à assiette avec évacuation périodique des boues, son volume de bol 60 L. Son débit varie entre 9,9 et 11 m³ / h selon les besoins de fermentations. Son cycle de clarification dure 10 min à 4000tr/min.

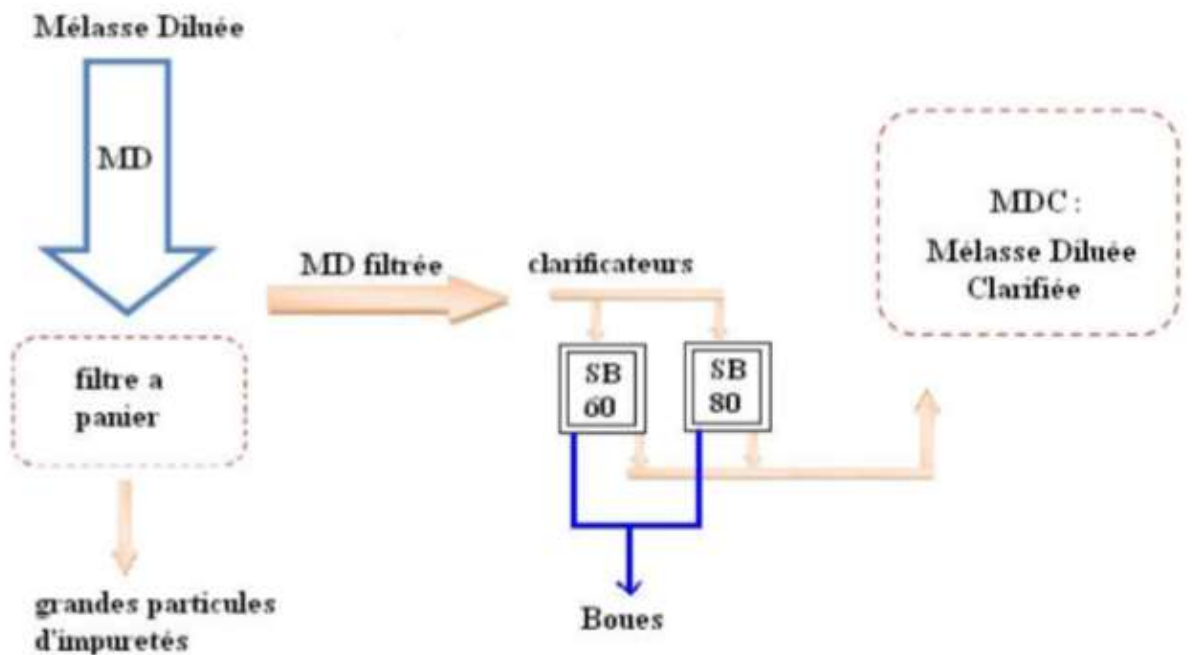


Figure 7 : Station de clarification de la mélasse

1.3. Stérilisation :

La mélasse diluée clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de vapeur sous pression de 3.5 bars. Le contact de la vapeur avec la mélasse MDC permet l'augmentation de la température de ce dernier de 90°C à 120°C. La température de 120 °C pendant 2 minutes permet de détruire toute la flore microbienne sous barème de stérilisation : est un couple temps-température qui doit être appliqué pour atteindre la stérilité commerciale. On obtient finalement, une mélasse diluée clarifiée stérilisée (MDCS). Cette dernière est refroidie par un échangeur à plaques mélasse-eau afin d'abaisser sa température à 36C adéquate pour la fermentation.

1.4. Refroidissement :

Avant d'être utilisée dans la fermentation, la MDCS passe dans des refroidisseurs, qui sont des échangeurs à plaques mélasse / eau froide, la mélasse se refroidit ainsi que l'eau se réchauffe qui sera utilisée dans la dilution par la suite.

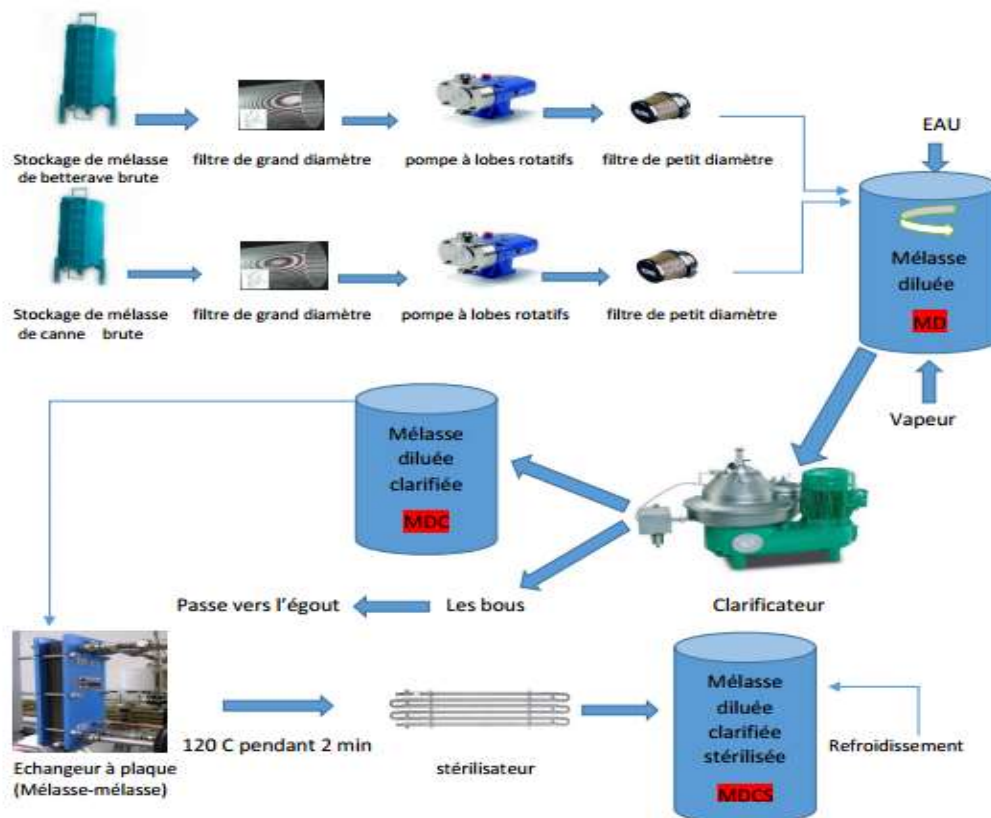


Figure 8 : Schéma général de traitement de la mélasse

2. Principe de la polarimétrie :

Le polarimètre est un appareil qui permet la mesure de l'angle de rotation du plan de polarisation d'un faisceau lumineux traversant une substance optiquement active. Il est ainsi possible de déterminer le pouvoir rotatoire spécifique d'une substance ou la concentration d'une solution.

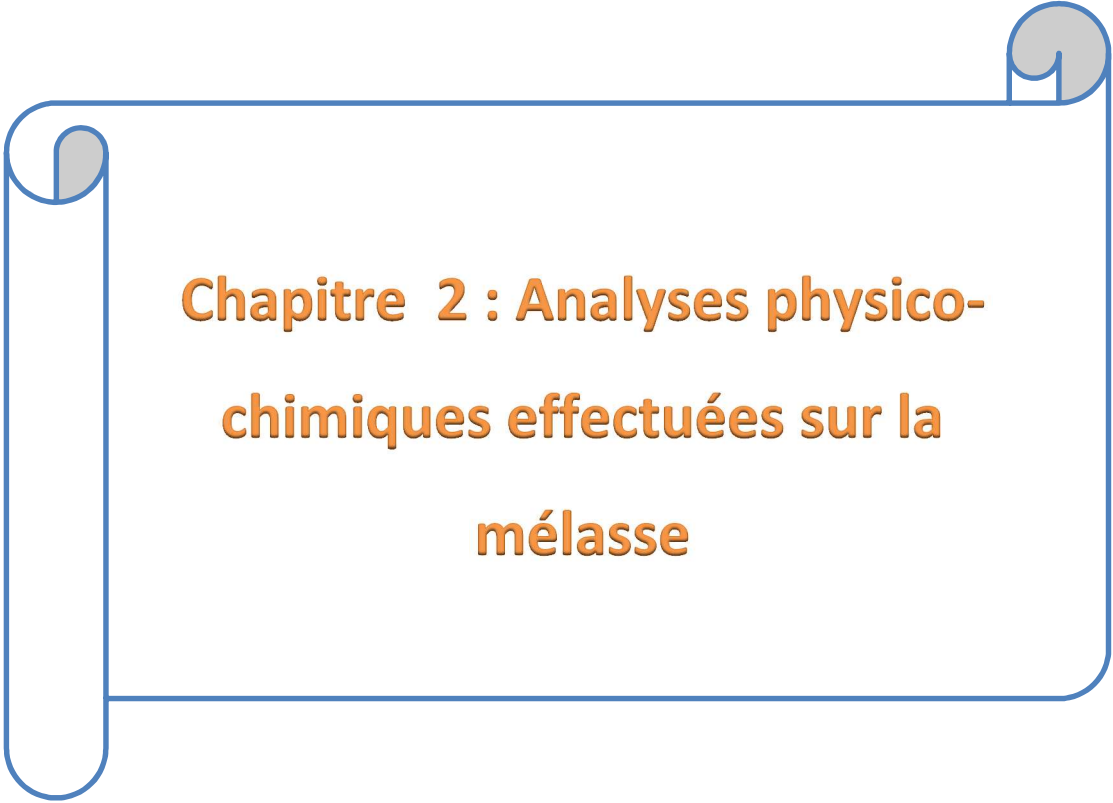
La réalisation la plus simple du polarimètre consiste à placer la substance à analyser entre deux polariseurs, le polariseur proprement dit et l'analyseur.



Figure 9 : Polarimètre numérique

Les polarimètres numériques et automatiques fonctionnent rapidement avec une haute résolution et une plus grande précision que les polarimètres classiques.

Ils sont simples à utiliser et efficace du point de vue du temps passé. Ils réduisent la durée de mesure à 1 seconde indépendamment de l'angle de l'échantillon si la régulation de température n'est pas prise en compte, cependant, la température de l'échantillon ayant une influence non négligeable sur le pouvoir rotatoire, il est indispensable de thermostat avec précision la cellule de mesure.



**Chapitre 2 : Analyses physico-
chimiques effectuées sur la
mélasse**

Au cours de traitement de mélasse par la clarification, il y a des pertes en sucres dans la mélasse dans ce cas, nous avons été amenés à effectuer les analyses suivantes à la fois sur le saccharose, les sucres réducteurs (glucose, fructose), et la matière sèche.

I. Polarimétrie : Taux de saccharose

1. Matériels et méthodes :

Le saccharose (sucrose sucre de table ou sucre blanc) est un diholoside non réducteur, c'est notre sucre alimentaire.

On le trouve dans de nombreuses plantes et il est particulièrement abondant dans la betterave et la canne à sucre. Ce glucide de la catégorie des diholosides est formé par la condensation de deux oses par une liaison osidique:

Une molécule de **glucose** et une molécule de **fructose**. Son nom normalisé est le **β -Dfructofuranosyl-(2 \leftrightarrow 1)- α -D-glucoypyranoside**.

Notons ici que le fructose est sous forme **furanose** alors que la forme **pyranose** est prédominante pour le fructose libre.

Sa formule chimique brute est **C₁₂H₂₂O₁₁** et sa masse molaire est de **342,3 g/mol**.

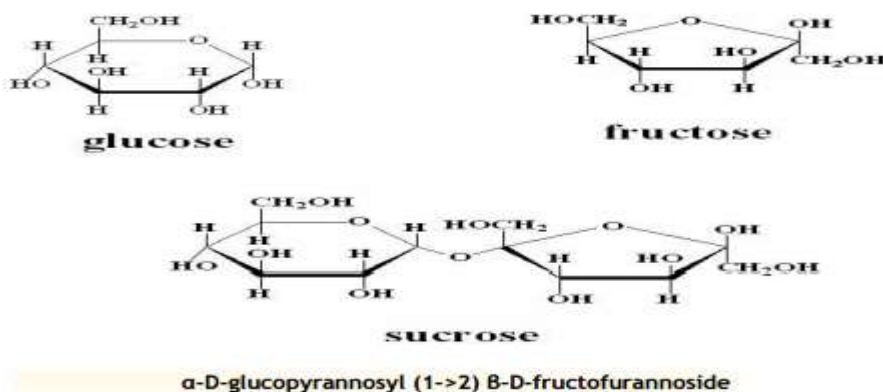


Figure 10 : Structure chimique de la molécule du saccharose

- **Mode opératoire :**

Dans trois fioles jaugées de 200 ml, on introduit respectivement environ 20g de la mélasse diluée, 20g de la mélasse diluée clarifiée et 20g de la mélasse diluée clarifiée stérilisée. On ajoute dans chaque fiole 15ml d'acétate de plomb basique avec l'agitation, puis on complète à 200 ml avec l'eau distillée. On agite et on filtre le mélange à l'aide d'un papier filtre puis on récupère les filtrats.

NB : L'acétate de plomb basique $C_4H_6O_4Pb$ est utilisé pour éliminer les éléments non sucrés qui donnent la coloration à la mélasse

A l'aide d'un polarimètre numérique, on mesure l'angle de rotation du saccharose α .

2. Résultats et discussion :

La relation suivante donne le taux de saccharose dans la mélasse :

$$\text{Taux de saccharose (\%)} = \frac{\alpha * 0.75 * 100}{PE}$$

avec ;

α : l'angle du pouvoir rotatoire du saccharose.

PE: prise d'échantillon

L'analyse du taux de saccharose a été effectuée sur des échantillons de la mélasse diluée, de la mélasse diluée clarifiée, la mélasse diluée clarifiée stérilisée, du débourbage, de la canne et de la betterave.

Ces échantillons ont été prélevés dans différents jours. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Taux du saccharose dans de différents échantillons de la mélasse

		B		C		MD		MDC		MDCS		DB	
		α	%	α	%	α	%	α	%	α	%	α	%
1	27-avr	5,19	48,65	3,61	33,84	3,69	27,67	3,59	26,92	3,44	25,80	0,48	3,60
2	03-mai	4,79	44,90	3,40	31,87	3,71	27,82	3,65	27,37	3,49	26,17	0,64	4,80
3	09-mai	4,77	44,71	3,34	31,31	3,71	27,82	3,67	27,52	3,47	26,02	0,67	5,02
4	10-mai	5,41	50,70	3,60	33,75	3,69	27,67	3,66	27,45	3,46	25,95	0,13	0,97
5	11-mai	5,32	49,87	2,87	29,90	3,70	27,75	3,63	27,22	3,43	25,72	0,47	3,52
6	16-mai	5,10	47,81	3,30	30,93	3,70	27,75	3,57	26,77	3,38	25,35	0,63	4,72
7	17-mai	4,81	45,09	3,15	29,53	3,68	27,60	3,60	27,00	3,32	24,90	0,53	3,97
8	18-mai	4,87	45,65	3,29	30,84	3,71	27,82	3,64	27,30	2,47	26,02	0,53	3,97
9	22-mai	4,75	44,53	3,51	32,90	3,67	27,52	3,50	26,25	3,39	25,42	0,86	6,45
10	23-mai	4,76	44,62	3,52	33,00	3,70	27,75	3,64	27,30	3,44	25,80	0,11	0,82
11	25-mai	4,77	44,71	2,92	29,37	3,73	27,77	3,60	27,00	3,46	25,95	0,50	3,75
	Moyenne	4,96	46,48	3,32	31,57	3,70	27,72	3,61	27,10	3,34	25,74	0,50	3,78
	Max	5,41	50,70	3,61	33,84	3,73	27,82	3,67	27,52	3,49	26,17	0,86	6,45
	Min	4,75	44,53	2,87	29,37	3,67	27,52	3,50	26,25	2,47	24,90	0,11	0,82

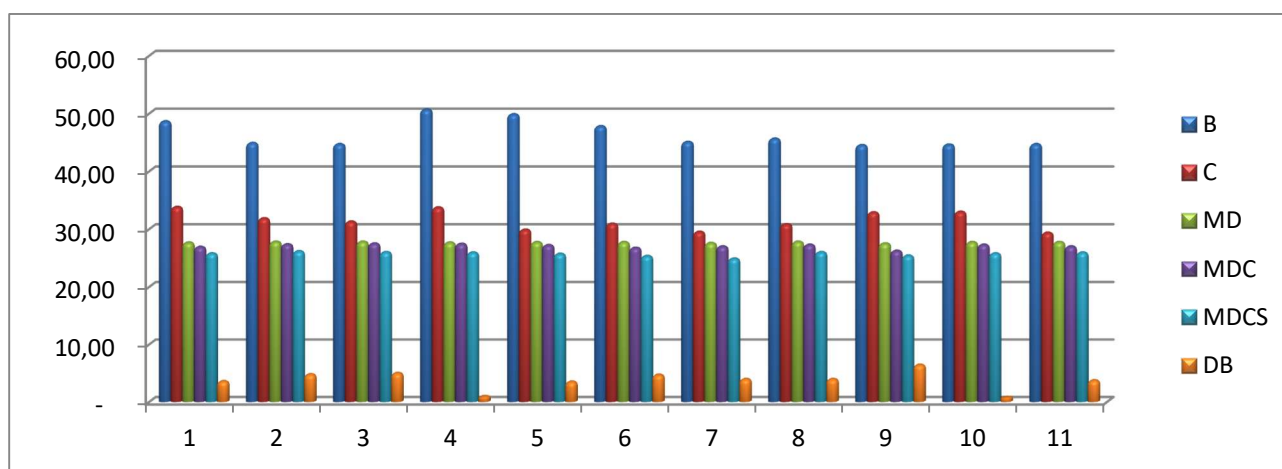


Figure 11 : Histogramme du taux du saccharose dans différents échantillons de la mélasse

- D'après l'historgramme on observe une variation de 0.62% de sucre réducteur entre la MD et MDC. Donc ce sucre est perdu dans les boues au cours de la procédure de clarification .
- D'après le tableau on observe que le taux de saccharose est très élevé dans la betterave que dans la canne (contrairement aux autres sucres).

- On observe aussi que le pourcentage du saccharose lors du débouillage est très faible, voire nul, cela nous rassure de la qualité de la chaîne de traitement.

La variation du taux de sucre au niveau de la MD à l'entrée du clarificateur est justifiée par le fait que :

- L'origine de la raffinerie ne soit pas la même
- La mélasse subit une dilution avant clarification alors le taux de dilution n'est pas constant ce qui provoque des changements de la teneur en sucre.
- La mélasse stockée dans le tank connaît une décantation, un dépôt des boues chargé en sucre vers le fond, ce qui provoque la non homogénéation de la mélasse brute.

II. Taux du sucre réducteur :

1. Matériels et méthodes

Les sucres (oses) sont des composés qui présentent outre un certain nombre de fonctions alcools (primaires et secondaires), une fonction carboxyle (fonction réductrice) qui est soit cétone (cétose, ex. Fructose), soit aldéhyde (aldose, ex. Glucose). Ces fonctions réductrices peuvent être mises en évidence en faisant réagir les sels de métaux tels que le cuivre en milieu alcalin.

- **Mode opératoire :**

Dans un erlenmeyer de 250ml on met 10 ml de filtrat précédent et on ajoute 10ml de sulfate de cuivre, et 10 ml de double tartrate de sodium et de potassium, puis on met le mélange dans un bain thermostaté à 95°C pendant 8min. (Pour la canne on met 2 ml du filtrat et on complète avec 8 ml de l'ED)

Ensuite, on ajoute 5ml d'acide acétique qui neutralise la solution + 20ml d'iode N/30 à l'aide d'une Dispensette. Et on titre 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.

On effectue aussi un dosage blanc : il contient toutes les solutions utilisées dans le dosage réel sauf l'échantillon.

NB : Le sulfate de cuivre CuSO_4 est considéré comme un oxydant de la réaction, il oxyde les sucres réducteurs dans la mélasse. Alors que le double tartrate de sodium et de potassium $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6$ a comme rôle d'empêcher les ions Cu^{2+} de précipiter.

2. Equation de réaction chimique

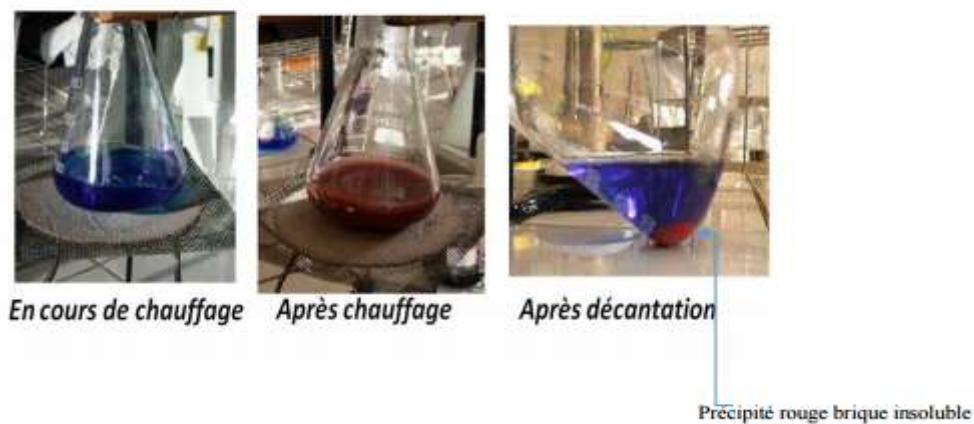


Figure 12 : Virage de la couleur de la solution au cours du dosage

Explication de réaction de Fehling :

La liqueur de Fehling est une solution alcaline de sulfate de cuivre (CuSO_4) qui est un agent oxydant :



L'hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_2$ en présence tartrate double de sodium forme un complexe stable.

A chaud, les sucres réducteurs en présence de la liqueur de Fehling réduisent l'oxyde cuivrique bleu soluble en oxyde cuivreux insoluble de teinte rouge.



Ensuite Les ions Cu^+ sont oxydés par l'iode en Cu^{2+} :



Enfin l'excès d'iode est dosé par les thiosulfates de sodium



3. Résultats et discussion

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

$$\text{Taux des sucres réducteurs\%} = \frac{V(\text{blanc}) - V(\text{échantillon})}{PI} * 10^{-1}$$

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.

L'analyse du taux du sucre réducteur a été effectuée sur des échantillons de la mélasse diluée, de la mélasse diluée clarifiée, la mélasse diluée clarifiée stérilisée, du débourbage, de la canne et de la betterave.

Ces échantillons ont été prélevés dans différents jours. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Taux des sucres réducteurs dans différents échantillons de la mélasse

		C		MD		MDC		MDCS		DB	
		Véch	%	Véch	%	Véch	%	Véch	%	Véch	%
1	27-avr	7,50	7,81	8,00	1,20	11,00	0,90	13,00	0,70	19,10	0,09
2	03-mai	7,00	8,12	8,50	1,15	9,00	1,10	10,70	0,93	19,50	0,05
3	09-mai	6,50	8,43	8,50	1,15	9,50	1,05	11,60	0,84	18,00	0,20
4	10-mai	6,90	8,18	7,90	1,21	9,40	1,06	11,20	0,88	18,80	0,12
5	15-mai	8,00	7,50	8,60	1,14	8,90	1,11	11,00	0,90	19,80	0,02
6	16-mai	7,10	8,06	8,50	1,15	9,70	1,03	12,50	0,75	18,70	0,13
7	17-mai	7,50	7,81	8,80	1,12	10,00	1,00	12,00	0,80	18,00	0,20
8	18-mai	7,20	8,00	7,80	1,22	10,50	0,95	11,80	0,82	19,00	0,10
9	22-mai	8,00	7,50	7,50	1,25	11,00	0,90	12,70	0,73	19,10	0,09
10	23-mai	7,70	7,68	8,00	1,20	9,40	1,06	11,80	0,82	19,40	0,06
Moyenne		7,34	7,91	8,21	1,18	9,84	1,02	11,83	0,82	18,94	0,11
Max		8,00	8,43	8,80	1,25	11,00	1,11	13,00	0,93	19,80	0,20
Min		6,50	7,50	7,50	1,12	8,90	0,90	10,70	0,70	18,00	0,02

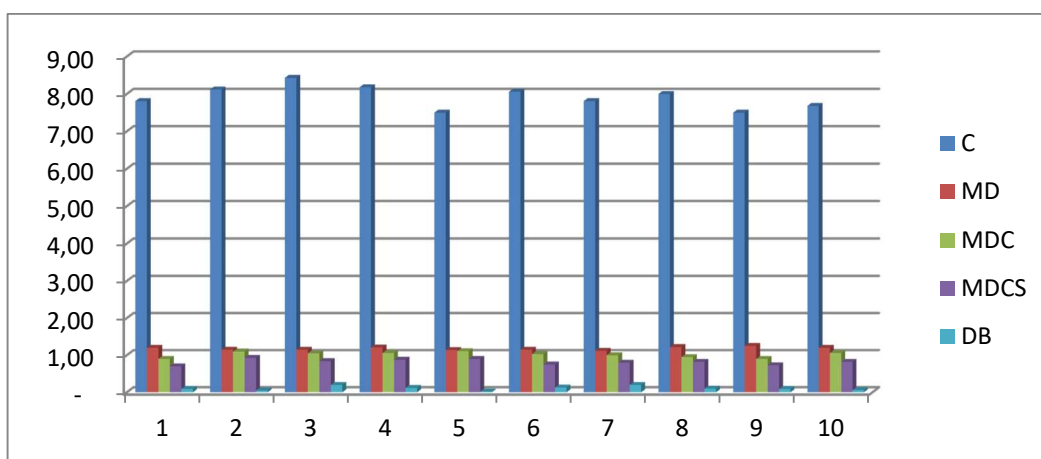


Figure 13 : Histogramme du taux des sucres réducteurs dans différents échantillons de la mélasse

- On peut constater qu'il y a des pertes en sucre réducteur avec une moyenne de 0,04 % au cours de ces analyses lors du débouillage.
- Ce test est spécifique pour la canne, car elle est plus riche en sucres réducteur qu'en saccharose.
- La betterave est plutôt riche en saccharose que les autres sucres réducteurs, c'est pour cela qu'il n'est pas nécessaire de faire son dosage.

III. Taux de la matière sèche :

1. Matériels et méthode :

Dans une fiole de 100ml, on met 20g de mélasse, en agitant, enfin on complète avec de l'eau distillée. On prépare les capsules auxquelles on fait la pesée de la mélasse diluée, puis on pose la capsule vide avec son couvercle pour l'obtention du poids en gramme P1, ensuite, on tare la balance et on pose entre 5ml de la mélasse. Puis on pose les capsules ouvertes avec leur couvercle dans une étuve à 105°C et on laisse à l'étuve pendant 16h. A leur sortie de l'étuve on ferme les capsules et on laisse refroidir au moins 1h au dessiccateur. Après on pèse les capsules contenant les résidus avec leurs couvercle poids exacts P1 en gramme.

2. Résultats et discussion :

La formule utilisée dans l'usine pour évaluer la quantité de la matière sèche et la suivante :

$$\text{Matière sèche} = \frac{(F2-F0) (P1-P0)}{20 \times X}$$

avec :

F1 : fiole vide

F2 : fiole remplie

P0 : capsule vide

P1 : capsule remplie

X : poids de 5 ml de l'échantillon

L'analyse de la matière sèche a été effectuée sur plusieurs échantillons : la betterave, la canne, la mélasse diluée, la mélasse diluée clarifiée, la mélasse diluée clarifiée stérilisée et le débourage.

Le tableau suivant contient les résultats de ces analyses :

Tableau 5 : Taux de la matière sèche au cours du traitement de la mélasse

N°	Date	B	C	MD	MDC	MDCS	DB
1	27-avr	74,97	67,74	47,75	46,70	40,70	50,11
2	03-mai	75,95	67,45	47,52	46,22	39,16	47,25
3	09-mai	75,60	67,56	47,80	46,87	41,72	50,45
4	10-mai	74,90	67,88	47,50	46,10	40,51	44,21
5	11-mai	76,56	67,50	47,19	45,87	41,73	49,45
6	16-mai	75,70	67,88	46,78	46,32	40,51	47,58
7	18-mai	75,23	67,33	46,90	46,55	39,69	54,64
8	22-mai	75,30	67,62	47,63	46,58	40,46	48,88
9	23-mai	75,69	67,78	46,93	46,16	41,73	50,11
10	25-mai	76,74	67,88	47,50	45,87	39,89	51,33
	Moyenne	75,66	67,66	47,35	46,32	40,61	49,40
	Max	76,74	67,88	47,80	46,87	41,73	54,64
	Min	74,90	67,33	46,78	45,87	39,16	44,21

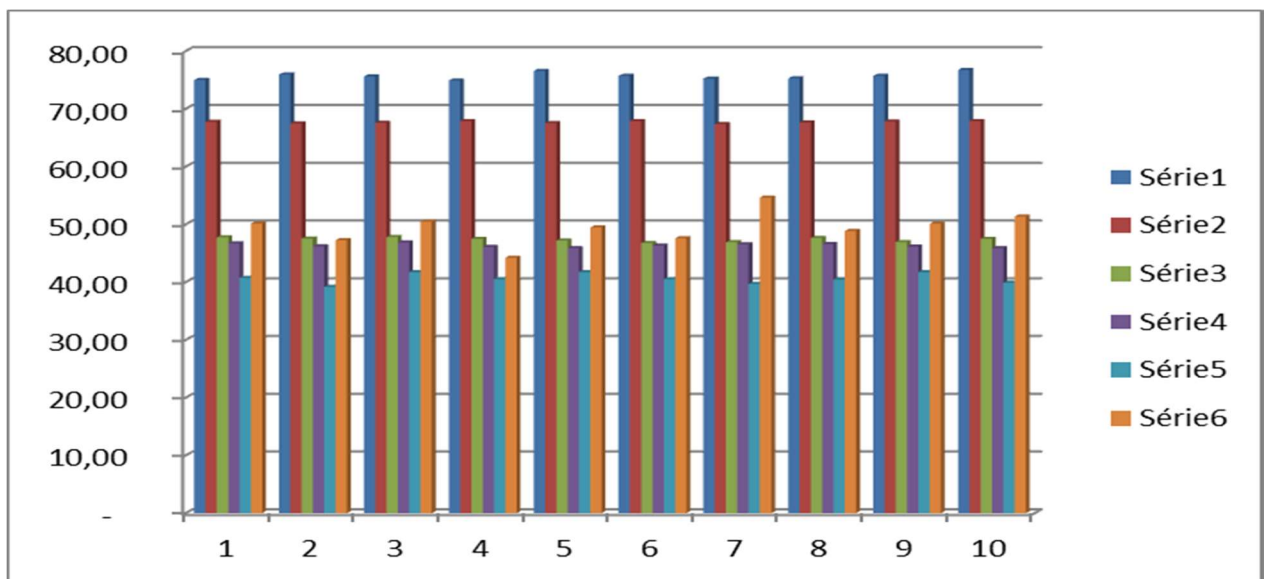


Figure 14 : Histogramme du taux de la matière sèche dans la mélasse

- On peut constater que la teneur en matière sèche des échantillons de la mélasse lors du traitement varie peut et se situe couramment entre 40 et 50%. Alors qu’au début de la chaîne du traitement, la mélasse brute (cane et betterave) est bien plus riche en matière sèche que les autres échantillons, elle varie entre 68 et 76%.

Conclusion

Après avoir effectué plusieurs analyses sur la mélasse au cours de sa chaîne de traitement, je peux assurer la bonne qualité de cette dernière et l'efficacité des différentes étapes de production depuis la dilution jusqu'à la stérilisation. Et pour maintenir la qualité de cette mélasse et encore plus la développer il est recommandé de :

- Récupération de surnagent pour la dilution de mélasse pour minimiser les pertes.
- Ne pas utiliser un débit de clarification plus grand que le débit maximal.
- Changer le clarificateur utilisé périodiquement

Mon stage au sein du laboratoire physico-chimique 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'apprendre le travail en équipe.

Bibliographie

- [1] Evaluation du rendement de la clarification de mélasse et détermination des pertes en saccharose Master CAC 2011 El OUILANI.S
- [2] Evaluation des pertes de sucre et de matière sèche lors de clarification de mélasse A. AFI 2015 Licence TACQ
- [3] La canne aux multiples ressources. CIRAD. 2008
- [4] Du soleil au sucre. CEDUS. 2011

Webographie

<http://www.toutsurlalevure.fr/article/la-levure-quest-ce-que-cest>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9lasse>

http://lamainalapate.asso-web.com/uploaded/Cours3_La%20fermentation.pdf

<https://pca.ujf-grenoble.fr/techniques-d-analyses/polarimetrie>

<http://www2.csdm.qc.ca/fseguin/classe/fseguin.3aj/0405/terre/levures/index.htm>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Polarim%C3%A8tre>