

Sommaire

Introduction 01

CHAPITRE I

I. Historique de LESAFFRE Maroc 02

II. LEVURE 04

 1. Historique 04

 2. Définition..... 05

 3. Composition cellulaire 05

 4. Mode de multiplication 06

 5. Métabolisme 07

 6. Composition en vitamine 08

 7. Fermentation 08

CHAPITRE II

III. Les étapes de culture de levure à LESAFFRE Maroc..... 09

 1. Ensemencement..... 09

2. Pré-fermentation.....	09
3. Fermentation	10
4. Séparation	11
5. Stockage	12
6. Filtration	12
7. Séchage	13
8. Emballage et conditionnement.....	14
9. Conservation	15
IV. Les étapes de purification de la mélasse	17
1. Purification de la mélasse	17
a). Dilution	19
b). Clarification	20
c). Stérilisation	20
d). Refroidissement	20
e). Nettoyage de la station de mélasse	21

CHAPITRE III

V. Les tests effectués sur la mélasse	22
1. Paramètres étudiés.....	23
a). Taux de saccharose	23
b). Taux du sucres réducteurs	24
c). Mesure de la matière sèche.....	26

d).	Mesure de la couleur.....	27
VI.	Résultats	28
1.	Méthode polarimétrique.....	28
a).	Taux de saccharose	28
2.	Méthode chimique	31
a).	taux des sucres réducteurs	31
b).	la matière sèche	32
c).	la coloration	34
V.	Conclusion	36

Liste de figures

<u>Figure 1</u> : logo de LESAFFRE.....	02
<u>Figure 2</u> : observation microscopique d'une levure	05
<u>Figure 3</u> : mode de multiplication d'une levure	07
<u>Figure 4</u> : processus de la fermentation des levures.....	11
<u>Figure 5</u> : Levure-crème	12
<u>Figure 6</u> : filtre rotatif	13
<u>Figure 7</u> : procédé de conditionnement	15
<u>Figure 8</u> : procédé de culture de levures.....	16

Figure 9 : la mélasse brute 17

Figure 10 : dilution de la mélasse..... 19

Figure 11 : refroidissement de la MDCS 21

Figure 12 : procédé de purification de la mélasse 22

Figure 13 : formule chimique de saccharose 23

Figure 14 : réaction de formation d'un sucre réducteur à partir d'une molécule de saccharose 24

Figure 15 : histogramme représente la variation de taux de saccharose au cours de la chaîne de purification de la mélasse 29

Figure 16 : histogramme représente le taux des sucres réducteurs..... 32

Figure 17 : présentation graphique de la matière sèche 33

Figure 18 : histogramme représente la variation de la coloration..... 35



Liste des tableaux

<u>Tableau 1</u> : composition en vitamine de la levure	08
<u>Tableau 2</u> : la composition chimique de la mélasse	18
<u>Tableau 3</u> : taux de saccharose	28
<u>Tableau 4</u> : le taux de saccharose dans la mélasse fabriquée par LES AFFRE Maroc (20% de la canne et 80% de la betterave	30
<u>Tableau 5</u> : taux des sucres réducteurs au cours de la purification	31
<u>Tableau 6</u> : pourcentage de la matière sèche	33
<u>Tableau 7</u> : coloration de la mélasse	34

Abréviation

- ***Abs*** : *absorbance*
- ***Bettrave*** : mélasse brute de la bettrave à sucre
- ***Canne*** : mélasse brute de la canne à sucre
- ***CCP*** : *critical control point*
- ***MD*** : mélasse diluée
- ***MDC*** : mélasse diluée clarifiée
- ***MDCS*** : mélasse diluée clarifiée stérilisée
- ***MS*** : *matière sèche*
- ***Sacch%*** : le taux de saccharose.
- ***ST*** : *sucres totaux*
- ***Sucre réd %*** : le taux de sucre réducteur.
- ***SPH*** : levure sèche active.
- ***SPI*** : levure sèche instantan.
- ***PE*** : prise d'essai.

Introduction

Le stage dans une industrie représente un élément primordial dans la formation de chaque étudiant, afin de mieux connaître le milieu professionnel, d'améliorer ses connaissances dans le domaine industriel et de renforcer ses acquis théoriques.

Ce stage a été effectué au sein du laboratoire d'analyses physico-chimique de l'industrie LESAFFRE Maroc, qui s'intéresse à la culture des levures. Ce laboratoire effectue chaque jour, plusieurs analyses physico-chimiques et bactériologiques qui visent à évaluer la qualité de ces levures.

La mélasse représente un élément essentiel utilisé dans l'étape de la fermentation lors du processus de fabrication des levures. En effet, la mélasse est un sirop constituant le résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre et de la betterave à sucre, utilisé pour l'alimentation des levures, elle permet ainsi la formation l'alcool éthylique après fermentation alcoolique.

Ce travail vise à évaluer la qualité de la mélasse au cours de sa production en effectuant des analyses physico-chimiques portant sur:

- ✓ **Le taux de saccharose.**
- ✓ **Dosage des sucres libres (sucres réducteurs).**
- ✓ **La matière sèche.**
- ✓ **La couleur de la mélasse.**

I. Historique de LESAFFRE

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France, Louis LESAFFRE distillateur et Louis BONDUELLE cultivateur et fabricant d'huile, s'associent pour construire une fabrique d'alcool de grain et de genièvre « LESAFFRE et BONDUELLE, Alcools de l'Abbaye » à Marquette –Lez –Lille. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools de grains.

En 1901, faute d'accord entre les descendants des fondateurs décédés, l'entreprise et ses sept usines sont partagées en trois entreprises familiales: BONDUELLE, LEMAITRE et LESAFFRE qui hérite de la distillerie-levurerie de Marcq-en-Barœul et de Marquette, le groupe LESAFFRE étant aujourd'hui leader mondial de la levure.

A la fin du 19^{ème} siècle affiche déjà une volonté exportatrice, Angleterre, Belgique, Suisse, Italie, Espagne. Ce qui semble tout naturel aujourd'hui représente un tour de force pour l'époque, en raison de conditions de transport et de distribution

Une marque fait son apparition, l'hirondelle, qui traversera le temps et l'espace puisque la silhouette de l'oiseau migrateur a été adoptée par la Société Industrielle LESAFFRE. Un logo qui, 100 ans plus tard, identifie ses produits dans plus de 180 pays.



Figure 1: logo de LESAFFRE

Pendant la première partie du 20^{ème} siècle, LESAFFRE doit faire face au nombre de difficultés, surmontées avec opiniâtreté, crises économiques, inondations, incendies, Bombardements ... l'usine est reconstruite quatre fois en 35 ans !

Dans cette période tourmentée, l'entreprise a su non seulement se maintenir à flot, mais également préparer ses futurs développements qui ne se démentiront plus. Passé maître dans le domaine des bio-industries, le groupe LESAFFRE de structure autour de ses principaux métiers:

la levure, le malt, les bioconversions. Pour être plus proche de ses clients et leur apporter un service optimal, LESAFFRE s'implantera sur les cinq continents.

LESAFFRE Maroc été créé en 1975, la **SODERS** est depuis 1993 majoritairement détendue par le groupe Français LESAFFRE. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification. Basée à Fès quartier industrielle Sidi Ibrahim, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares qui bénéficie d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe. La SODERS fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification:

- **Jaouda** en levure fraîche.
- **Rafiaa** en levure sèche.
- les améliorants de panification **ibis Bleu** et **Magimix**.
- les arômes.

La SODERS possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi évaluée afin d'optimiser les performances: **Activité fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique.**

La société a reçu 2 trophées :

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

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

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

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

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

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

II. Généralités sur *Saccharomyces cerevisiae*

1. Historique

L'homme a toujours utilisé la levure au cours de l'histoire, et ce bien avant de savoir écrire. Les Égyptiens l'utilisaient déjà pour fabriquer leur pain, il y a **cinq mille ans**. Cependant, ils ignoraient le processus de fermentation de la levure, et pour eux cette réaction chimique relevait du miracle.

Auparavant, l'homme se contentait de préparations de céréales, bouillies ou galettes, comme éléments de base de sa nourriture quotidienne.

Le pain est né le jour où l'homme s'est rendu compte qu'avec de la pâte fermentée naturellement, il arrivait à faire lever les galettes et à leur donner une saveur ainsi qu'une texture nouvelles.

Au premier siècle de notre ère, on raconte que les premiers pains gaulois et ibériques étaient réalisés en incorporant de l'écume de bière, c'est-à-dire la levure remontée à la surface du liquide pendant la fermentation de la bière. Cette méthode permettait non seulement d'accélérer la fermentation mais aussi d'améliorer le goût du pain et sa levée.

Si les Égyptiens utilisaient déjà la levure pour faire lever leur pain, il a fallu attendre 1857 pour que **Louis Pasteur** prouve et explique dans "*Mémoire sur la fermentation alcoolique*" que les levures étaient des organismes vivants.

2. Définition

Saccharomyces cerevisiae se présente sous forme de cellules isolées, ovoïdes à arrondies, longues de 6 à 12 μm et larges de 6 à 8 μm (Fig. 2).



Figure 2: observation microscopique de *saccharomyces cerevisiae*

3. La composition d'une cellule de levure

a) Une paroi cellulaire

La paroi cellulaire, rigide et très résistante, comporte trois couches dont la composition chimique est différente de celle des végétaux supérieurs et des bactéries.

- **La couche externe** est formée de mannanes phosphorylés et de glycoprotéines.
- **les couches moyenne et interne** sont formées de glucanes.

On trouve également dans la paroi des lipides et de la chitine.

b) Une membrane cytoplasmique

Composée principalement :

- de phospholipides double couche (hydrophile à l'extérieur et lipophile à l'intérieure).

- de nombreux complexes protéiques intrinsèques et extrinsèques.

c) Un noyau

Le noyau, généralement en position centrale, avec un diamètre d'environ 2 μm chez les cellules haploïdes. Le nombre haploïde de chromosomes est égal à seize.

d) Mitochondries

Ils jouent un rôle important dans la respiration aérobie de la levure et la production d'ATP.

e) Vacuole

Organites à l'aspect homogène, qui servent d'espaces de stockage pour diverses substances.

f) Chromosomes

Un noyau avec des chromosomes linéaires.

g) Cytoplasme

Le cytoplasme contient des vacuoles en nombre variable qui fusionnent le plus souvent chez les cellules âgées. On trouve également dans le cytoplasme des inclusions de glycogène et des microvésicules, les peroxysomes, contenant notamment de la catalase.

4. Mode de multiplication

Saccharomyces cerevisiae est capable de se multiplier sous deux formes (Fig. 3) :

- ✓ une forme diploïde
- ✓ une forme haploïde

Les cellules haploïdes se multiplient en bourgeonnant : la cellule mère bourgeonne une cellule fille plus petite (mitose), mais possédant la même information génétique.

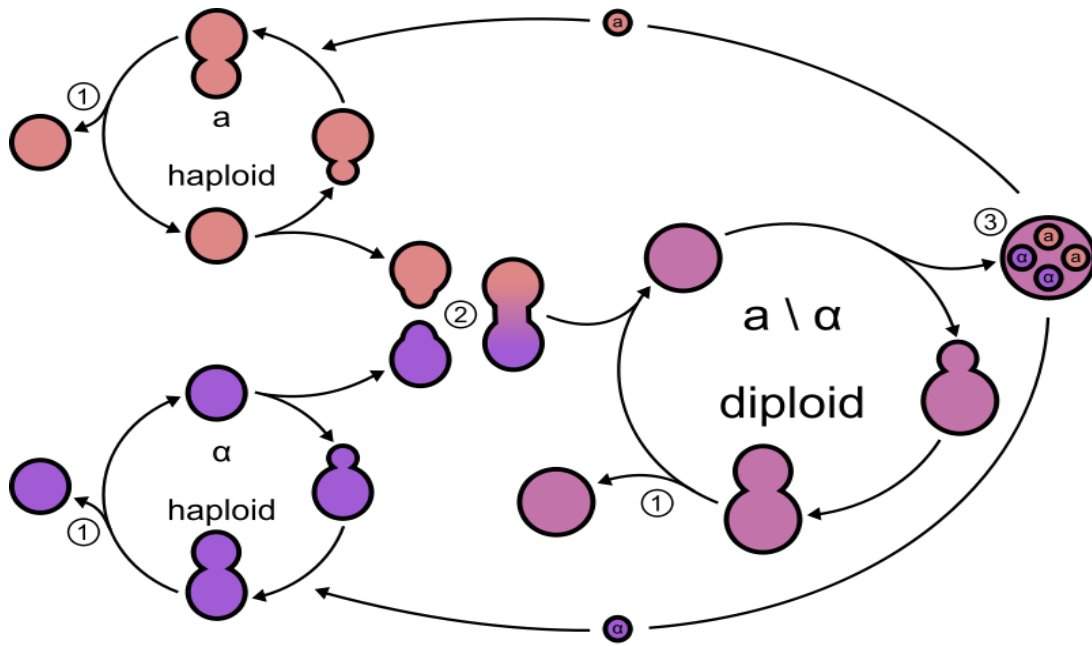


Figure 3: schéma de mode de multiplication de *saccharomyces cerevisiae*.

5. Métabolisme

- ✓ **la voie aérobie** : respiration, transformation du glucose en dioxyde de carbone et ATP à l'aide de l'oxygène ou utilisation de l'éthanol avec consommation d'O₂ (transition diauxique) sous une température optimale de 32°C.
- ✓ **la voie anaérobie** : la fermentation alcoolique du glucose.

6. Composition en vitamine

Tableau 1: composition en vitamine de levure.

Composition pour 1 gélule marine :	
Levure saccharomyces Cerevisiae	37,5 mg
dont sélénium organique	75 µg
Vitamine C	60 mg
Vitamine A	1000 UI
Vitamine E	10 UI
Huile de poisson	75 mg
dont EPA (oméga 3)	10,5 mg
DHA (oméga 3)	7,2 mg
Huile de bourrache	14,8 mg
dont GLA (oméga 6)	2,6 mg
Huile d'onagre	10 mg
dont GLA (oméga 6)	0,9 mg

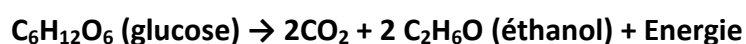
7. Fermentation

La fermentation est un processus métabolique convertissant généralement des glucides (matière organique) en acides, en gaz ou en alcools pour en extraire une partie de l'énergie chimique tout en réoxydant les coenzymes réduites par ces réactions, c'est une réaction sous l'action des microorganismes. Cette réaction ne fait pas intervenir d'oxygène, elle se déroule donc en absence d'air (anaérobiose).

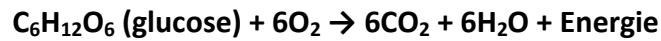
Il existe plusieurs types de fermentation, par exemple :

➤ **La fermentation alcoolique** : réalisée par les levures de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*). Cette fermentation est à la base de la production de vin, de la bière et du pain.

La réaction mise en jeu dans cette fermentation :



La respiration conduit à une oxydation complète des sucres en gaz carbonique et eau. Les levures ne peuvent dégrader que les monosaccharides, les disaccharides comme le saccharose sont d'abord transformé en monosaccharides par les enzymes hydrolytiques la cellule :



- **La fermentation acétique:** transformation de vin en vinaigre sous la réaction:



- **La fermentation lactique:** elle est réalisée par Streptocoques, Lactobacilles et certains Bacillus.

C'est une fermentation du lait qui conduit à la formation des fromages et des yaourts, ainsi que le levain sous la réaction chimique :



III. Les étapes de production de levure à LESAFFRE Maroc

1. Ensemencement

La base de tous les produits dérivés de la levure LESAFFRE Maroc est la culture d'une souche pure de *Saccharomyces cerevisiae* non génétiquement modifiée. La souche initiale est ensemencée dans des tubes contenant une gélose nutritive spécifique à la croissance des levures, ceci dans des conditions aseptiques pour éviter tout risque de contamination, ensuite le tube est mis dans deux « Vanlaere » avec un milieu nutritif (30°C) puis dans deux autres ballons plus grands (récolte) « Carlsberg (30°C) ».

On prend ces derniers et on les met dans une cuve de 800L dans des conditions stériles (on utilise la mélasse comme source de carbone).

2. Pré-fermentation

Après incubation dans 800L, le mout obtenu passe à la cuve de la pré-fermentation où on ajoute de la mélasse et les autres éléments comme l'urée qui contient l'azote, le phosphate, le

sulfate, le chlorure de magnésium, les vitamines que la levure nécessite pour sa multiplication, plus l'acide sulfurique pour acidifier le milieu car les levures vivent dans les milieux acides.

On contrôle le pH qui doit être entre 3.4 et 4.5 (avec agitation) et les levures sont aérées grâce à l'oxygène de l'air.

3. Fermentation

La fermentation se fait dans de grandes cuves, elle nécessite l'alimentation continue en mélasse et en d'autres éléments nutritifs et se termine après 17 heures, permettant d'obtenir une grande quantité de levure liquide qu'on appelle le moût.

On ajoute une anti-mousse pour éviter les mousses qui se produisent lors de la fermentation. La fermentation se fait en présence de l'oxygène pour minimiser la formation d'alcool.

FERMENTATION DE LA LEVURE-MERE

30/10/2012

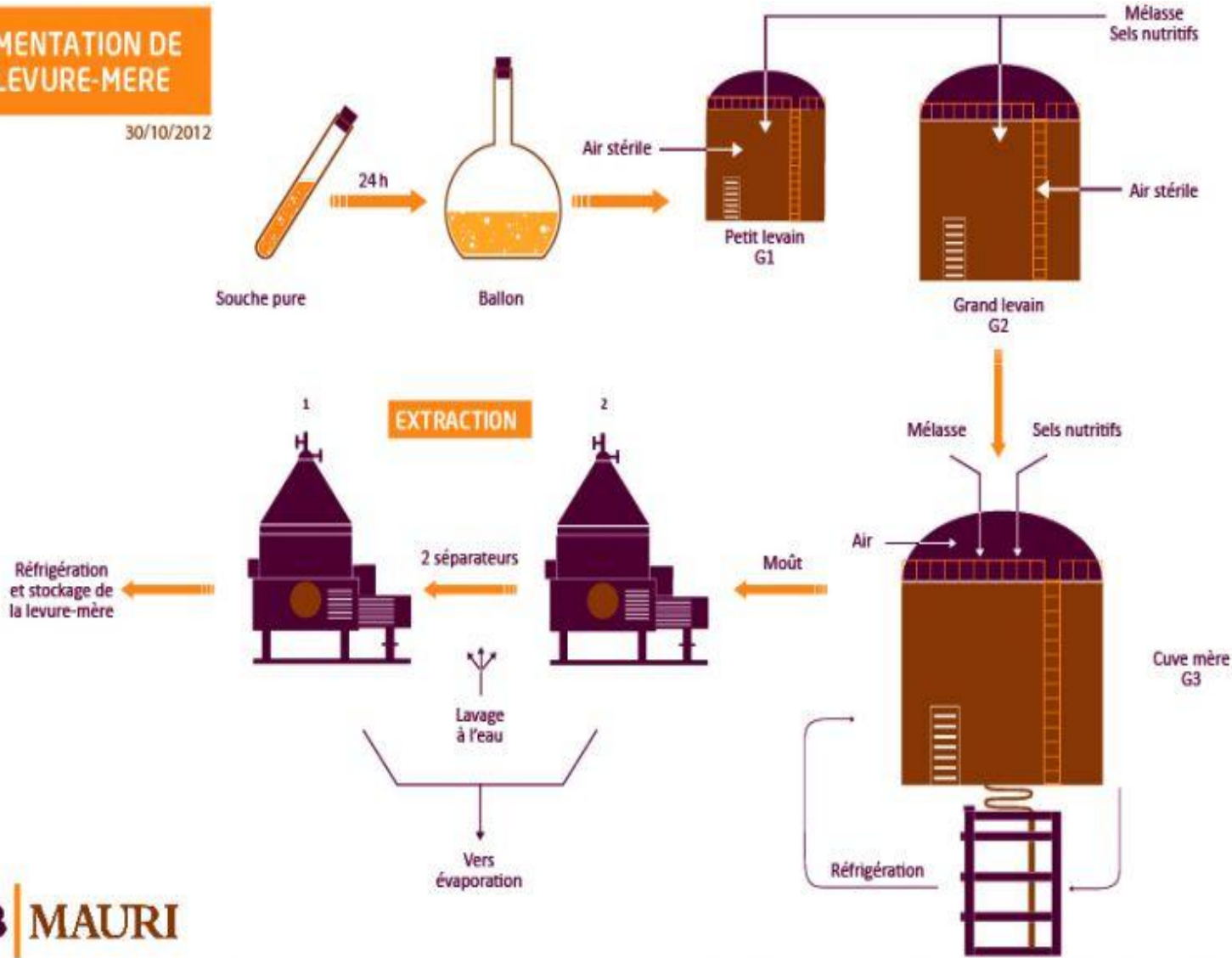


Figure 4: fermentation de la levure mère.

4. Séparation

Après la fermentation, le moût, qui est un mélange de levure, d'eau et du reste de la mélasse, subit une séparation afin d'extraire la levure pure sous forme d'une crème (Fig.5).

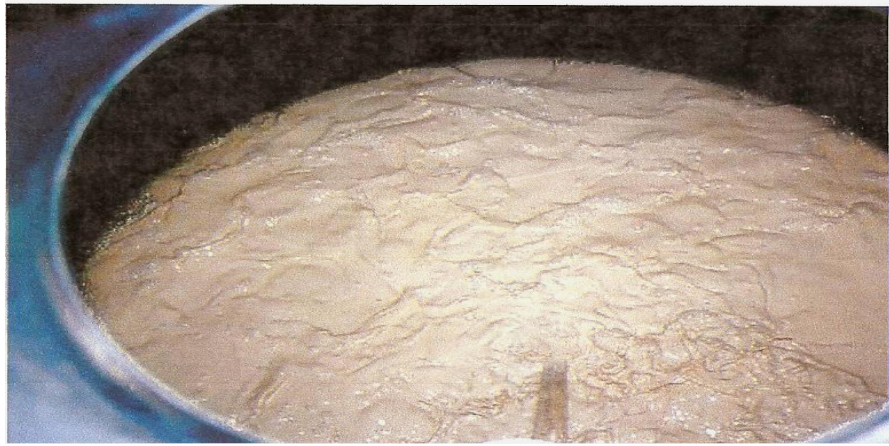


Figure 5: Levure-crème.

Cette séparation se fait par deux séparateurs qui fonctionnent par centrifugation.

La séparation a pour objectif :

- ✓ De réduire le volume de la suspension de la levure.
- ✓ D'effectuée le lavage de la crème de la levure.

L'optimisation de cette étape repose sur deux paramètres :

- ✓ le débit de lavage.
- ✓ la durée de séparation.

5. Stockage

Acidification par l'acide sulfurique ($\text{pH} = 2$) de la crème obtenue après séparation pour éviter la contamination, puis stockage à 4°C pour ralentir le métabolisme cellulaire. Le refroidissement se fait par échange entre la crème et le liquide de refroidissement « l'eau glucosée ».

6. Filtration

Cette étape a pour but d'éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination. La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche

filtrante d'amidon qui permet le passage de l'eau et piège la levure grâce à plusieurs pores de très petit diamètre.

Il y a une création continue et uniforme du vide à la surface de cylindre du filtre pour assurer l'aspiration de l'eau à travers la couche d'amidon en traversant la couche filtrante de l'extérieur vers l'intérieur. La levure est fixée à la surface de la couche et récupérée sous forme de levure râpée, l'eau filtrée est injectée vers l'extérieur par une pompe d'évacuation.



Figure 6: filtre rotatif

7. Séchage

Selon la durée de séchage et le pourcentage de la matière sèche, on peut distinguer deux types de levure sèche:

✓ **SPI** (levure sèche instantanée): sous forme de granulés bâtonnet, le temps de séchage de 20min pour 1000 kg, ce type de levure ne nécessite aucune réhydratation avant son utilisation, elle est emballée sous vide ou sous azote.

✓ **SPH** (levure sèche active): sous forme de granulés sphérique, la durée de séchage est de 4h pour 400 kg à 500 kg, la température de séchage est de 45°C. elle est emballée sous air.

La levure sort du filtre à l'état pâteux et passe dans un mélangeur puis dans une grille percée de trous pour avoir une granulométrie bien déterminée. La levure granulée est récupérée dans des bols pour passer dans des séchoirs qui fonctionnent par l'envoi d'un courant d'air sec et chaud auparavant filtré sur la levure granulée.

8. Emballage et conditionnement

Selon le type de levure fabriquée, il existe deux types d'emballages :

- **Levure fraîche** : la levure fraîche est emballée par une automate programmable « découpeuse enveloppeuse boudineuse » qui s'occupe de toutes les étapes de l'emballage. Dès que la levure sort du malaxeur bien homogénéisée et bien pressée, elle passe à travers une moule qui lui donne sa forme appropriée jusqu'à une balance qui vérifie le poids (500 g) de chaque unité, posée dans les cartons par les ouvriers.

Après les paquets passent par un détecteur de métal (pour s'assurer qu'il n'y a que la levure dans ces cartons) et sont pesés.

Les cartons sont envoyés au frigo pour être conservés à 4°C.

- **Levure sèche**: le gâteau provenant de la filtration sous vide est mélangé avec une quantité d'émulsifiant (sert à conserver le produit plus de temps et donne la couleur blanche aussi).

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille de porosité connue, ensuite elle est transférée au sécheur par une conduite vibratoire et donc élimination d'un maximum d'eau sans endommager la cellule tout en augmentant le taux de la matière sèche jusqu'à 94% pour le SPH et 95.5% pour SPI.

SPI: emballées sous vide dans les sachets de 125g, 13g (**Rafiaa**) ou 500g, 25g (**Nevada**).

SPH: emballées sous air dans des sachets de 50g, 100g, 500g (**Jaouda**).

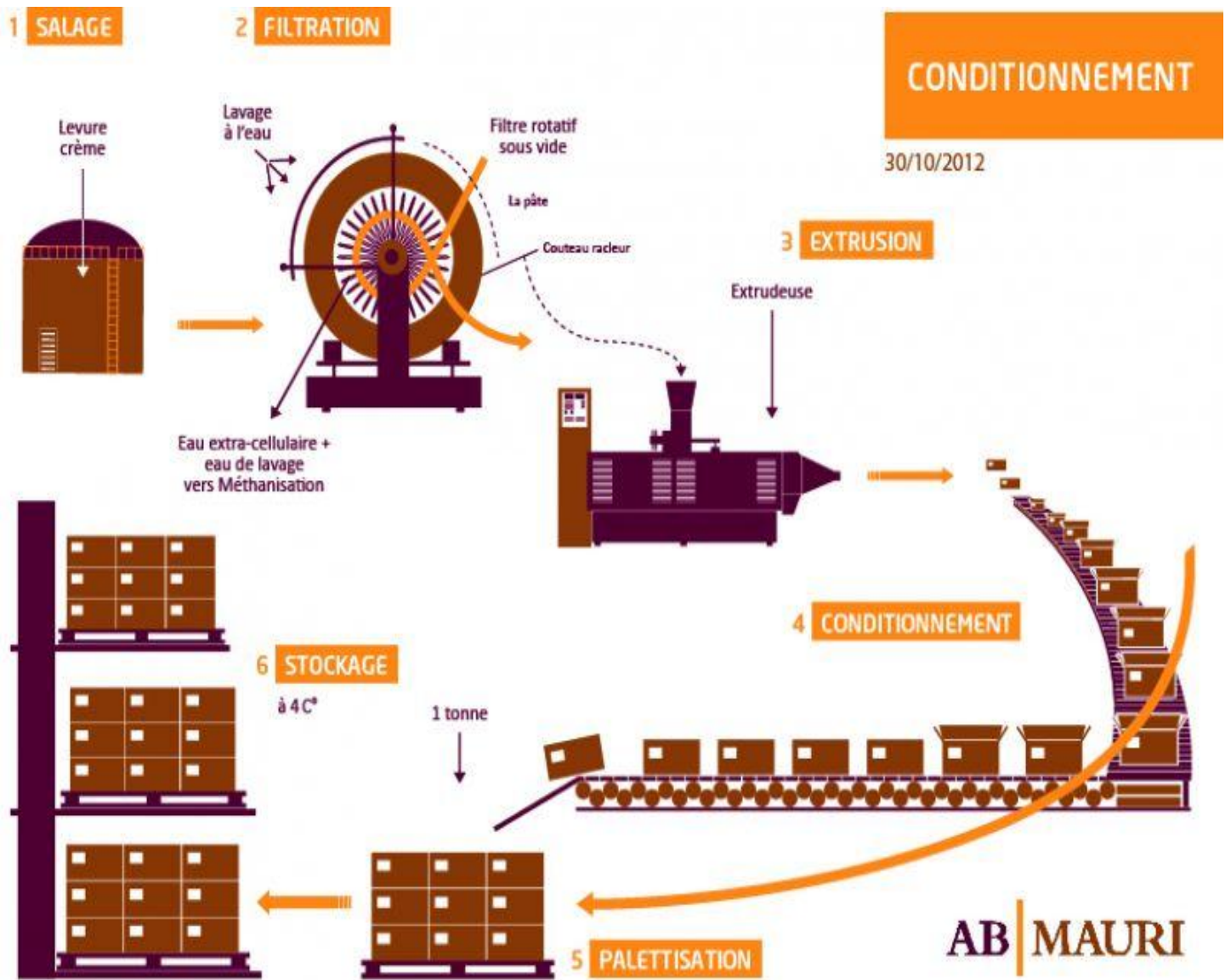


Figure 7: procédé de conditionnement.

9. Conservation

- **Levure sèche** : conservée à température ambiante.
- **Levure fraîche** : conservée à 4°C.



Figure 8: procédé de culture de levure.

IV. Les étapes de purification de la mélasse

1. Préparation de la mélasse

La mélasse est fabriquée à partir de la sève extraite de la canne à sucre ou de la betterave . Elle est d'abord clarifiée et raffinée jusqu'à ce qu'il reste un sirop épais et foncé au goût sucré-amer. La mélasse est ensuite micro-filtrée et pasteurisée pour donner un produit pur et sucré.

Elle est moins calorique que le saccharose (280kcal /100g). Elle contient de la **vitamine B** en plus de quelques minéraux tels que le **Calcium, Potassium, Fer, Cuivre ...**

Elle s'agit d'une matière qui contient environ la moitié de son poids en saccharose (celui-ci étant non cristallisable en raison des impuretés qu'il contient).

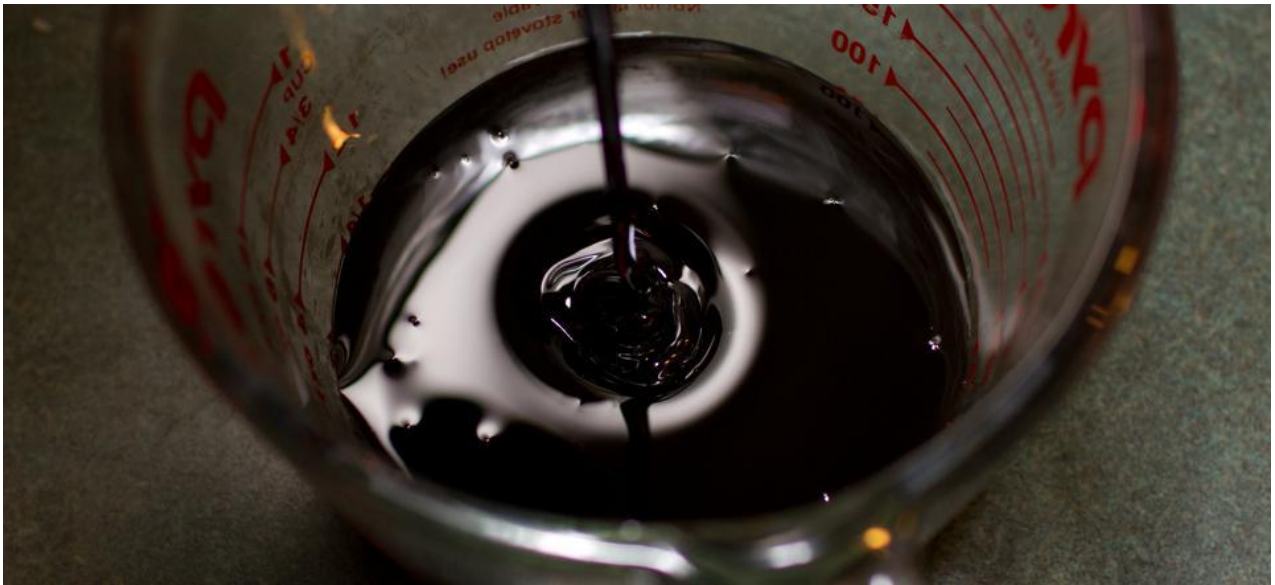


Figure 9: mélasse brute

Tableau 2 : la composition chimique de la mélasse.

Matière première	Mélasse de betterave (%massique)	Mélasse de canne à sucre (% massique)
<u>Sucres totaux</u>	66.5	73.1
Saccharose	63.5	45.5
Raffinose	1.5	5.5
Sucre inverti	0	22.1
Autres	1.5	5.5
<u>Composés organiques totaux</u>	23	15.2
Aminoacides	3	0
Bêtime	5.5	0
Autres formes d'azote	0	3.1
Acides organiques	5.5	7
Pectines, etc	5	2.7
<u>Composés minéraux totaux</u>	10.5	11.7
K ₂ O	6	5.3
Na ₂ O	0.2	0.1
CaO	0.2	0.2
MgO	0.2	1
Al ₂ O ₃ , FeO ₃	0.1	0
SiO ₂	0.1	0
Cl	1.7	1.1

Les étapes nécessaires à suivre pour réussir un bon traitement de la mélasse à savoir :

- Dilution et chauffage : réduire la viscosité de la mélasse.
- Clarification : élimination des fibres et des colloïdes.
- Stérilisation : élimination des contaminants microbiens.
- Refroidissement de la mélasse clarifiée stérilisée (par des échangeurs) : produire de l'eau chaude.

a) Dilution

Au niveau de la société LESAFFRE Maroc, la préparation de la mélasse commence par une dilution afin de faciliter sa circulation dans les conduits et de diminuer la viscosité de la mélasse brute.

On introduit dans une cuve, avec un débit de $15\text{m}^3/\text{h}$, 51 % de la mélasse brute (20% de la mélasse de canne et 80% de la mélasse de betterave), qui provient de deux grands tanks de stockage, 49% de l'eau chaude et de la vapeur, tout en agitant à l'aide d'un agitateur.

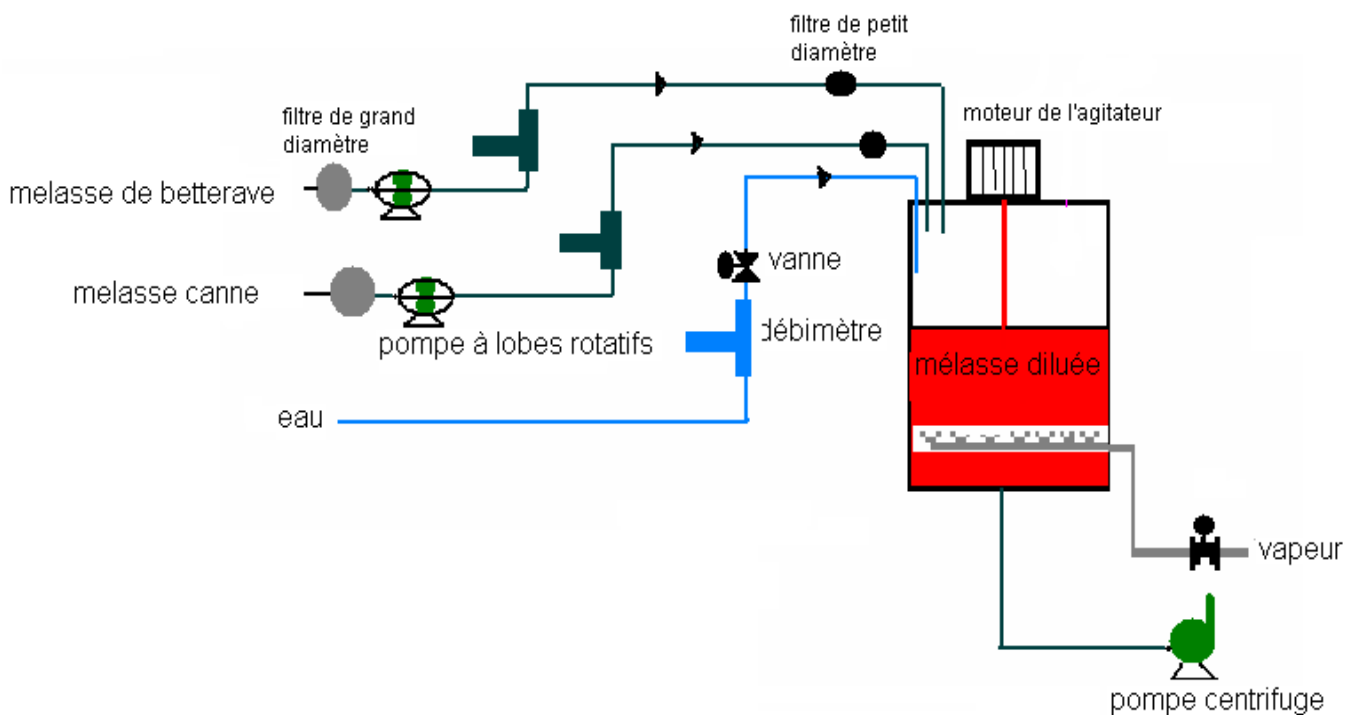


Figure 10: dilution de la mélasse.

b) Clarification

Après la dilution, la mélasse passe dans des clarificateurs où elle est centrifugée, afin de séparer la mélasse diluée du reste qui contient des impuretés comme les boues et les colloïdes. La clarification nécessite l'ajout d'un acide à la mélasse diluée.

Cette étape est précédée par une étape de filtration en utilisant un filtre à panier qui élimine les grandes particules pour faciliter la clarification.

La mélasse qui sort des clarificateurs est appelée mélasse diluée clarifiée (MDC).

c) Stérilisation

La mélasse diluée clarifiée est ensuite stérilisée en injectant de la vapeur. La stérilisation a pour but de détruire les germes présents dans la mélasse. Le CCP à contrôler dans la stérilisation est le couple température /temps.

L'action conjuguée de la vapeur et de la température ($T > 120^{\circ}\text{C}$) provoque la dénaturation des protéines des micro-organismes et par conséquent la mort de ces derniers. Cette technique consiste à un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser pendant un moment bien déterminé et une pression convenable. La température de stérilisation est de 120 à 130°C pendant 2 à 3 min selon le débit de mélasse.

d) Refroidissement

Avant d'être utilisée dans la fermentation de levure, la MDCS passe par des refroidisseurs sous forme d'échangeurs à plaques (mélasse/eau froide), la mélasse se refroidit et l'eau se réchauffe.

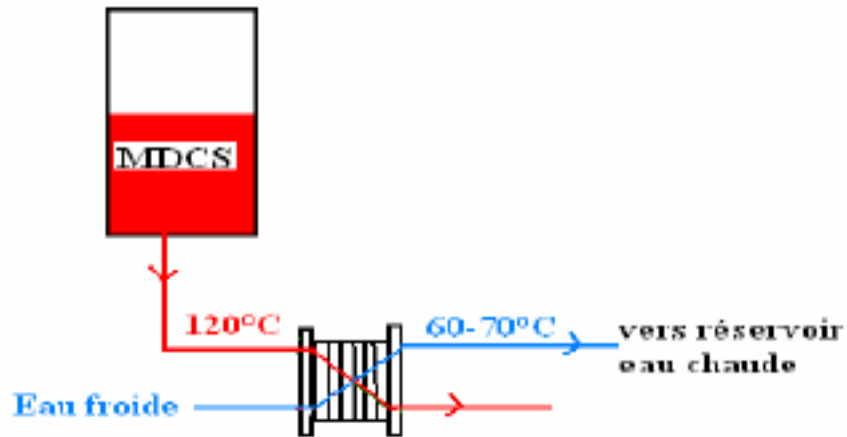


Figure 11: refroidissement de la MDCS

e) Nettoyage de la station de mélasse

- ❖ Rinçage préliminaire ou demélassage : élimination de tout dépôt de la mélasse en utilisant l'eau chaude à 65°C.
- ❖ Ajout du poly-phosphate (dans les refroidisseurs) : pour éliminer le dépôt du calcaire.
- ❖ Nettoyage par la soude : élimination de toutes les matières grasses.
- ❖ Rinçage avec l'eau.
- ❖ Vidange.

V. Les tests effectués sur la mélasse

1. Paramètres étudiés

Pour atteindre l'objectif de notre stage, nous avons effectués plusieurs mesures sur la mélasse brute de la canne, la mélasse brute de la betterave, la mélasse diluée (MD), la mélasse diluée clarifiée (MDC) et la mélasse diluée clarifiée stérilisée (MDCS), ainsi que le premier et le deuxième débouillage.

a) Taux de saccharose

Le saccharose est une chaîne composée de deux sucres, le glucose et le fructose. c'est le sucre extrait de la betterave et de la canne à sucre.

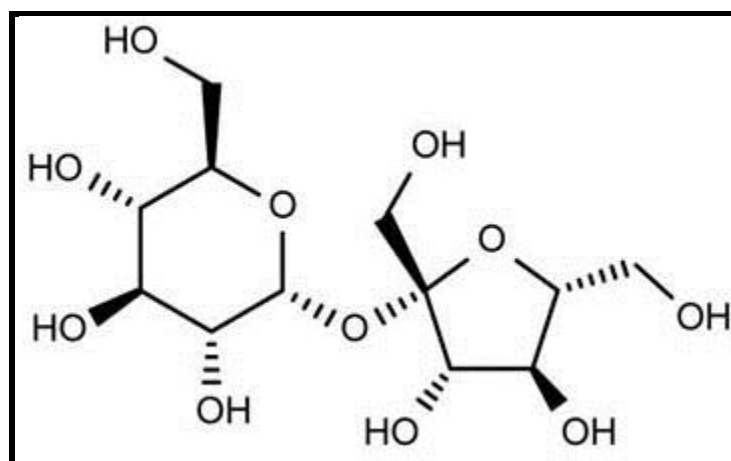


Figure 13: formule chimique développé du saccharose

Mode opératoire :

Dans 7 fioles de 200 ml, on ajoute séparément 16g de la mélasse brute de la betterave, 16g de la mélasse brute de la canne, 20 g de la MD, 20 g de la MDC, 20g de MDCS, 20 g du premier débouillage et 20 g du deuxième débouillage, puis on ajoute l'acétate de plomb, 25ml pour la 1^{ère} fiole et 15 ml pour 6 fioles restantes et on ajuste avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge tout en agitant.

On laisse les solutions reposer (13-15 min) puis on filtre les solutions à l'aide d'un entonnoir et papier filtre, on récupère le filtrat.

Calcul du taux de saccharose :

A l'aide d'un saccharimètre (polarimètre), on peut calculer l'angle de rotation de saccharose α dans les sept filtrats précédents, et donc avec la relation suivante, on peut calculer le taux de saccharose :

Taux de saccharose = $\alpha * 0.75 * 100 / PE$

Avec :

- * α : angle de rotation.
- * 0.75: constant de l'appareil.
- * PE : prise d'essai.

b) Taux des sucres réducteurs

Principe :

Comme c'est déjà marqué, la mélasse est composé de deux types de sucre, le saccharose (chaîne de glucose – fructose) et les sucres réducteurs (glucose et fructose libres).

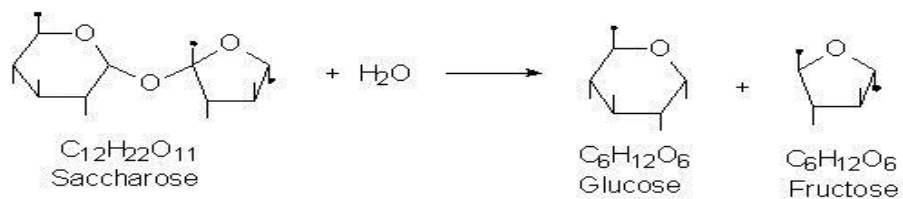


Figure 14: réaction de formation d'un sucre réducteur à partir d'une molécule de saccharose

Mode opératoire :

Dans unerlenmeyer on prend 10 ml de filtrat obtenu après filtration dans les tests de saccharose, on ajoute 10 ml de sulfate de cuivre (CuSO₄) et 10 ml de double tartrate de sodium et de potassium (KNaC₄H₄O₆, 4H₂O).

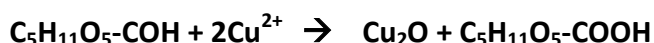
On met le mélangé à 95°C dans un bain marie pendant 8min, puis on le refroidie dans une eau glacée (choc thermique) pour arrêter la réaction. On ajoute ensuite 5ml de l'acide acétique (CH₃COOH), 20ml de l'iode (I₂)et quelques gouttes d'empois d'amidon (indicateur coloré caractérise les réactions iodiques) dont la zone de virage de bleu foncé – bleu-vert claire. Ensuite, on effectue un dosage avec le thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃.

Remarque :

- * CuSO₄:est un oxydant, oxyde la fonction aldéhydes de sucre en fonction acide.
- * KNaC₄H₄O₆, 4H₂O : joue le rôle d'un complexant, il complexe le Cu pour ne pas se précipité en Cu(OH)₂.
- * CH₃COOH : pour acidifier le milieu.
- * I₂ : pour oxyder le Cu₂O qui est déjà sous sa forme réduite.

Les réactions mis en jeu :

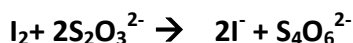
Réaction d'oxydation de sucre réducteur :



Réaction d'oxydation de Cu₂O :



Réaction de dosage :



Calcul de taux de sucres réducteurs :

$$\% \text{sucre réducteur} = (V_B - V_{\text{versé}}) * 100 * 10^{-3} / PE$$

Avec :

- * V_B : volume versé de thiosulfate pour neutraliser le blanc (même mode opératoire sans 10 ml du filtrat contenant les sucres réducteurs)
- * $V_{\text{versé}}$: volume versé de thiosulfate pour neutraliser l'échantillon à analysé
- * 10^{-3} : pour transmettre la valeur en g (1ml de $I_2 \rightarrow$ 1mg sucre réducteur)
- * PE : prise d'essai

c) Mesure de la matière sèche

Principe :

C'est un test qui nous permet de connaître le pourcentage de toute la matière sèche contenue dans la mélasse à analyser et déduire le pourcentage des impuretés.

Mode opératoire :

- On pèse à l'aide d'une balance analytique une fiole de 100 ml vide. On pèse à nouveau la fiole après l'ajout de 20 ml de la mélasse et l'ajustement avec l'eau distillé jusqu'au trait de jauge.
- On pèse une capsule vide puis on pèse à nouveau la capsule avec 5 ml de la mélasse diluée (fiole). On met la capsule à l'étuve pendant 24h à la température 110°C

Puis on pèse le poids final après séchage de chaque capsule.

Calcul du taux de la matière sèche :

$$(F_p - F_v) * (C_f - C_v) / P(5ml) *$$

Avec :

- * F_p : fiole pleine.
- * F_v : fiole vide.
- * C_F : capsule après séchage.
- * C_V : Capsule vide
- * P (5ml) : le poids correspond à 5 ml de la solution
- * PE : prise d'essai

d) Test de couleur :

Principe :

C'est un test qui permet de déterminer la couleur de la mélasse toute en mesurant l'absorbance des éléments non-sucre contenus dans la mélasse.

Mode opératoire :

A partir de la solution déjà préparé pour le test de la matière sèche, on prend 5 ml dans une fiole de 100 ml et on complète avec l'eau distillée.

On mesure l'absorbance en utilisant un spectrophotomètre UV-visible ($\lambda = 420 \text{ nm}$)

Détermination de la couleur :

$$\text{Abs} * 100 / \text{MS} * \text{ST} * \text{PE}$$

Avec :

- * Abs : absorbance.
- * 100: pour déterminer les résultats en %.
- * MS : matière sèche.
- * ST : sucre totaux (saccharose + sucre réducteur).
- * PE : prise d'essai (5ml → 1g)

VI. Résultats

1. Méthode polarimétrique

a) Taux de saccharose

Le tableau suivant (Tab. 3) présente les résultats du taux de saccharose calculé à partir de l'angle de rotation selon la relation précédemment indiquée.

La MD est un mélange de 20% de la mélasse brute de la canne et 80% de la mélasse brute de la betterave.

Tableau 3: taux de saccharose

	MD		MDC		MDCS		Canne		betterave		Débourbage	
	α	Sacc	α	Sacc	α	Sacc	α	Sacc	α	Sacc	α	Sacc
	en°	en %	en°	en %	en °	en %	en °	en %	en °	en %	en °	en %
10 avr	3.6	27.0	3.53	26.0	3.46	25.9	2.59	24.2	4.77	44.7	2.28	17.1
21 avr	3.6	27.0	3.48	26.1	3.20	24.0	2.90	27.2	4.77	44.7	2.28	17.1
25 avr	3.73	27.9	3.56	26.7	3.46	25.9	2.90	27.2	4.88	45.7	2.40	18.0
27 avr	3.65	27.3	3.45	25.8	3.44	25.8	2.90	27.2	5.19	48.6	2.48	18.6
02 mai	3.65	27.3	3.54	26.5	3.49	26.1	3.20	30.0	4.79	44.9	2.24	16.8
03 mai	3.71	27.8	3.56	26.7	3.49	26.0	2.90	27.2	4.88	45.7	2.60	19.0
05 mai	3.61	27.0	3.52	26.4	3.40	25.5	2.87	26.9	5.32	49.8	2.44	18.3
08 mai	3.64	27.3	3.62	27.1	3.35	25.1	3.34	31.3	4.67	43.7	2.44	18.3
10 mai	3.62	27.1	3.49	26.2	3.38	25.3	3.28	30.7	5.10	47.8	2.47	18.5
12 mai	3.70	27.7	3.57	26.7	3.38	25.3	3.28	30.7	5.10	47.8	2.42	18.1
15 mai	3.63	27.2	3.49	26.2	3.30	24.7	3.15	29.5	4.81	45.0	2.44	18.3
17 mai	3.71	27.8	3.57	26.7	3.36	25.2	3.27	30.6	4.87	45.0	2.44	18.3
19 mai	3.65	26.7	3.54	26.5	3.47	26.0	3.19	29.9	4.97	46.6	2.50	18.7

22 mai	3.56	26.7	3.50	26.2	3.39	25.4	3.00	28.1	4.75	44.5	2.64	19.8
Max	3.73	27.9	3.62	27.1	3.49	26.1	3.34	31.3	5.32	49.8	2.64	19.8
Min	3.56	26.7	3.45	25.8	3.30	24.7	2.87	26.9	4.67	43.7	2.24	16.8
E.type	0.17	1.3	0.17	1.3	0.19	1.4	0.47	4.4	0.65	6.0	0.2	3.0
moy		27.3		26.3		25.4		28.6		46.0		18.2

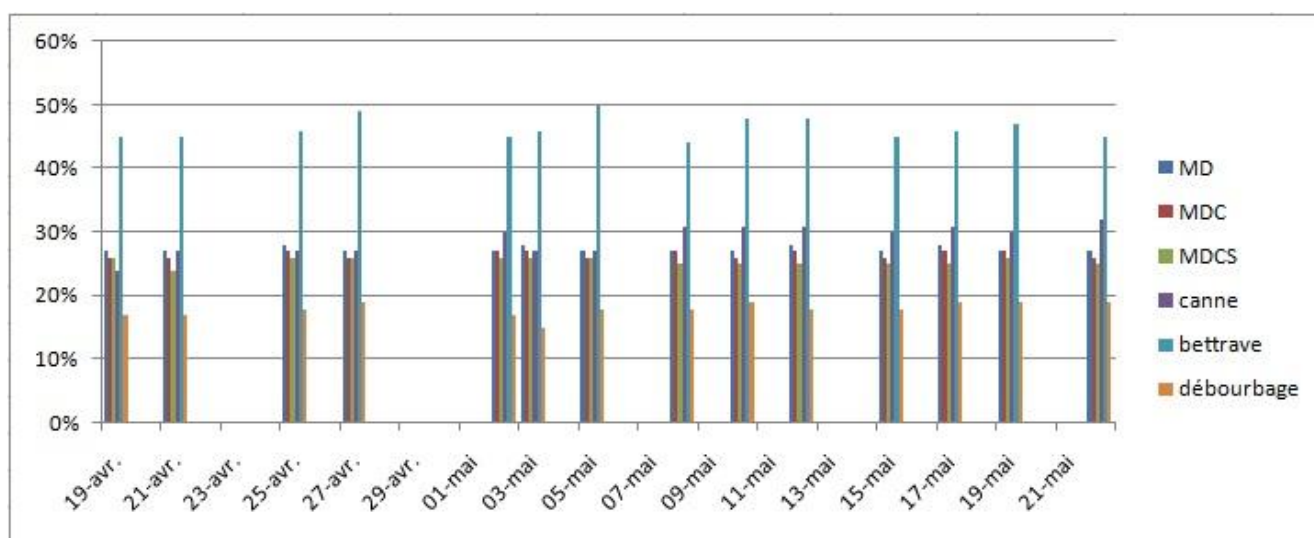


Figure 15: histogramme représente la variation de taux de saccharose au cours de la chaîne de purification de la mélasse.

Commentaire

- ✓ Les résultats obtenus (fig. 16 et tab. 3) montrent qu'il n'y a pas une grande variation du taux de saccharose pendant la période du stage (à peu près 40 jours). On a constaté aussi une différence du taux de saccharose entre l'entrée (MD) et la sortie (MDC) de clarificateur. celle-ci peut être expliquée par la perte de saccharose dans les boues (débourbage).
- ✓ On remarque aussi que le pourcentage de saccharose dans la betterave est supérieur à celui de la canne à sucre.

Les résultats dans le tableau ci-dessus (tableau 3) pour 100g de la mélasse brute de canne à sucre et 100 g de la mélasse de betterave.

La mélasse préparée par l'industrie LESAFFRE Maroc est un mélange de 20% de mélasse de canne et 80% de la mélasse de betteraves.

Le tableau suivant (Tab. 4) représente les résultats du taux de saccharose obtenus sur la mélasse préparée par l'industrie LESAFFRE Maroc en mélangeant 20% de mélasse de canne et 80% de la mélasse de betterave.

Tableau 4: le taux de saccharose dans la mélasse fabriquée par LESAFFRE Maroc (20% de la canne et 80% de la betterave)

	Sacc % canne	Sacc% canne	Sacc % Betterave	Sacc % Betterave
	100%	20%	100%	80%
10 avr	24.2	4.8	44.7	35.7
21 avr	27.2	5.4	44.7	35.7
25 avr	27.2	5.4	45.7	36.6
27 avr	27.2	5.4	48.6	38.9
02 mai	30.0	6.0	44.9	35.9
03 mai	27.2	5.4	45.7	36.6
05 mai	26.9	5.3	49.8	39.8
08 mai	31.3	6.2	43.7	35.0
10 mai	30.7	6.1	47.8	38.2
12 mai	30.7	6.1	47.8	38.2
15 mai	29.5	5.9	45.0	36.0
17 mai	30.6	6.1	45.3	36.0
19 mai	29.9	5.9	46.6	37.3
22 mai	28.1	5.6	44.5	35.6

On remarque comme précédemment que le pourcentage de saccharose dans la betterave est supérieur à celui de la canne à sucre.

2. Méthode chimique

a) Le taux des sucres réducteurs

La mélasse est une solution très riche en sucre tel que le saccharose et les sucres réducteurs. Le tableau 5 regroupe les résultats obtenus du taux des sucres réducteurs

Tableau 5: taux des sucres réducteurs au cours de la purification

	MD		MDC		MDCS		Canne		Débourbage	
	Véch ml	Sucre réd %	Véch ml	Sucre réd%	V éch ml	Sucre réd %	V éch ml	Sucre réd%	V éch ml	Sucre réd %
19 avr	7.6	1.2	8.0	1.2	11.0	0.9	7.0	8.1	13.5	0.6
21 avr	8.3	1.1	10.0	1.0	13.0	0.7	7.9	7.5	12.0	0.8
25 avr	7.6	1.2	8.9	1.1	13.0	0.7	7.7	7.6	11.5	0.8
27 avr	9.0	1.1	10.0	1.0	13.5	0.6	7.7	7.6	10.5	0.9
02 mai	7.5	1.2	8.0	1.2	10.7	0.9	9.5	6.5	12.0	0.8
03 mai	8.5	1.1	9.0	1.1	11.6	0.8	9.0	6.8	11.5	0.8
05 mai	9.0	1.1	9.7	1.0	11.0	0.9	7.7	7.6	11.8	0.8
08 mai	7.5	1.2	8.5	1.1	11.0	0.9	7.7	7.6	11.5	0.8
10 mai	8.3	1.1	10.0	1.0	11.3	0.8	7.7	7.6	11.5	0.8
12 mai	8.3	1.1	10.0	1.0	11.3	0.8	7.0	8.1	13.5	0.6
15 mai	8.0	1.2	9.5	1.0	12.0	0.8	7.5	7.8	11.5	0.8
17 mai	8.5	1.1	10.0	1.0	11.8	0.8	7.2	8.0	12.2	0.7
19 mai	9.0	1.1	10.0	1.0	12.0	0.8	7.5	7.8	11.5	0.8
22 mai	9.5	1.0	10.5	0.9	12.9	0.7	7.9	7.5	13.5	0.6
Max	9.5	1.2	10.5	1.2	13.5	0.93	9.5	8.1	13.5	0.9
Min	7.5	1.0	8.0	0.9	10.7	0.65	7.0	6.5	10.5	0.6
E-type	2.0	0.2	2.5	0.2	2.8	0.37	2.5	1.5	2.0	0.3
moy		1.1		0.9		0.8		7.9		0.8

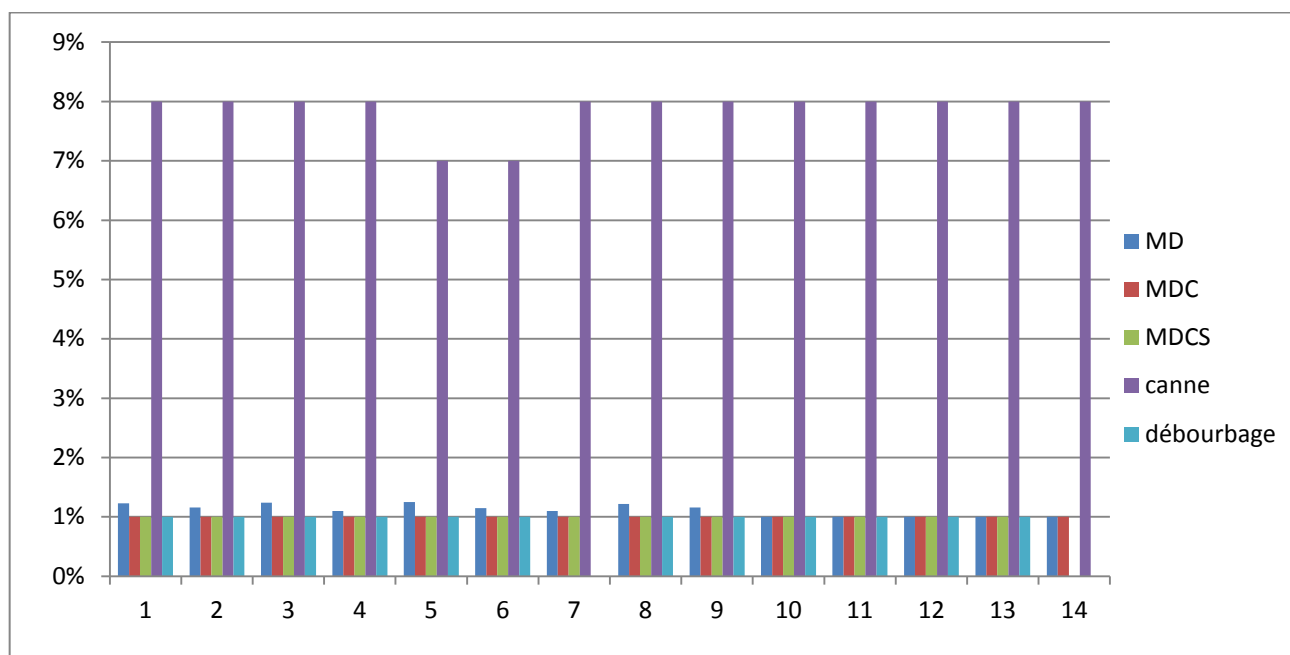


Figure 16: histogramme représente le taux des sucres réducteurs

Commentaire

- ✓ D’après la figure 17, on constate que le taux des sucres réducteurs décroît durant les étapes de production de la mélasse (de MD vers MDCS), ce qui explique la présence des sucres réducteurs dans le débouillage.
- ✓ On remarque aussi que le taux de sucres réducteurs dans la canne à sucre est très élevé par rapport à celui de la betterave.

b) La matière sèche

Chaque solution contient une partie sèche et un solvant. La matière sèche de la mélasse composée principalement des sucres et des impuretés (boues), des non sucres (protéines).

Le tableau 7 ci-dessous présente les valeurs trouvées de la matière sèche dans plusieurs essais :

Tableau 6: Pourcentage de la matière sèche

	MD		MDC		MDCS		Canne		Bettrave		Débourbage	
	Poid en g	MS en %	Poid en g	MS en %	Poid en g	MS en %	Poid en g	MS en %	Poid en g	MS en %	Poid en g	MS en %
1	52.1	47.0	52.3	47.0	52.2	41.0	49.2	69.0	53.3	74.1	47.1	50.0
2	42.2	45.0	52.5	48.0	51.4	39.0	48.5	68.0	52.3	76.0	48.9	49.0
3	52.5	44.8	48.4	46.0	47.5	40.0	52.7	67.0	53.1	75.0	52.1	51.0
4	47.5	44.0	48.3	49.0	43.1	40.5	51.6	69.0	48.5	77.2	51.4	46.3

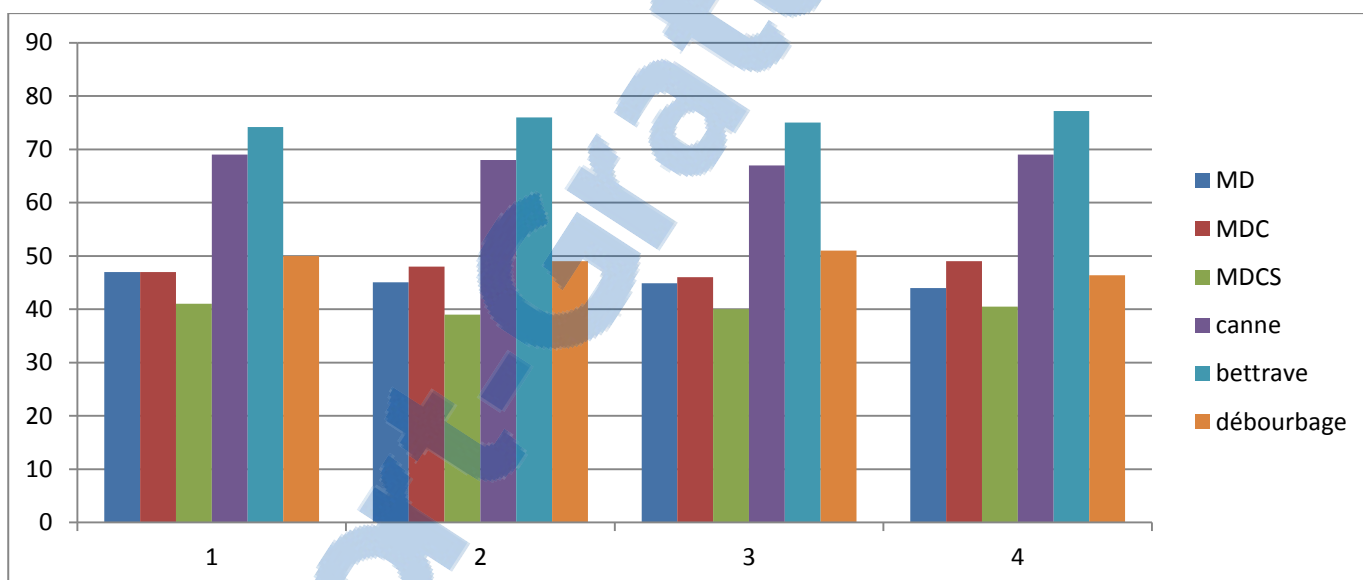


Figure 17: présentation graphique de la matière sèche.

Commentaire

On remarque que :

- ✓ le pourcentage de la matière sèche obtenu pendant 4 jours est presque le même dans les différentes étapes de production.

- ✓ Le pourcentage de la matière sèche est élevé dans la mélasse brute de la betterave et de la canne à sucre.

c) Coloration

La coloration de la mélasse est un caractère dû aux protéines.

Après plusieurs essais, le tableau suivant représente les valeurs de la coloration :

Tableau 7: coloration de la mélasse.

	MD		MDC		MDCS		Canne		Betterave		Débourbage	
	Abs (A)	Coul %	Abs (A)	Coul %	Abs (A)	Coul %	Abs (A)	Coul %	Abs (A)	Coul %	Abs (A)	Coul %
1	0.55	2.99	0.43	2.34	0.37	2.52	0.96	2.91	0.49	1.64	0.98	3.17
2	0.50	2.99	0.52	2.52	0.34	2.68	1.33	3.97	0.44	2.30	1.11	3.77
3	0.47	3.12	0.54	2.97	0.34	2.47	1.18	4.19	0.55	2.10	0.98	3.04
4	0.50	3.20	0.48	2.23	0.33	2.14	0.91	3.07	0.45	1.99	1.04	3.75

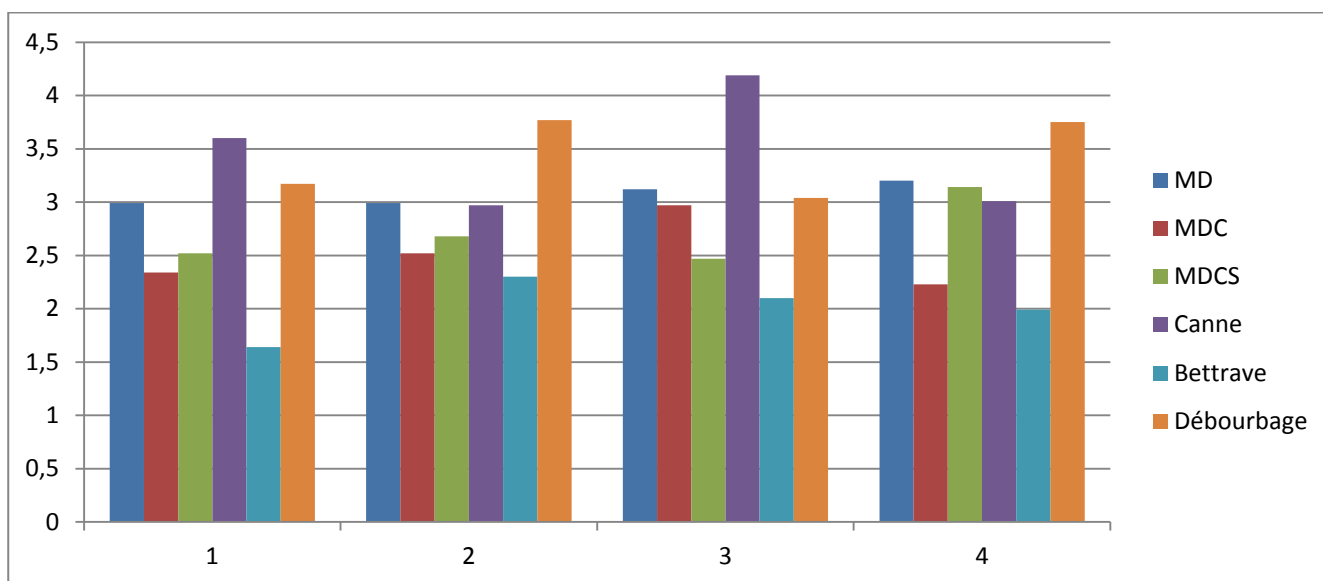


Figure 18: histogramme représente la variation de la coloration.

Commentaire

La coloration de la mélasse est due aux éléments non-sucre (protéinés), le tableau 7 montre que :

- ✓ la coloration est importante dans le débouillage.
- ✓ la coloration est faible pour la mélasse brute de betterave par contre elle est importante pour la mélasse brute de canne à sucre.

Conclusion

Les analyses réalisées dans le cadre de mon stage de fin d'étude ont permis de maîtriser les techniques de production de levure, ainsi que les analyses physico-chimiques effectuées au sein du laboratoire physico-chimiques dans l'industrie LESAFFRE Maroc.

Au terme de ce travail réalisé au sein de l'entreprise LESAFFRE, J'ai pu conclure que la cellule de levure est un être vivant et sa production relève du domaine de l'industrie alimentaire qui se base sur la qualité de la mélasse et la maîtrise des analyses physico-chimiques.

Les tests physico-chimiques sur la mélasse donnent des bons résultats, ce qui montre que la mélasse traitée par l'industrie LESAFFRE Marocet que les méthodes et les matériels utilisés, depuis la dilution jusqu'à la stérilisation sont efficaces pour produire de la mélasse de bonne qualité.

Par la suite, il faut faire une étude plus adaptée pour minimiser les pertes de sucres dans le débouillage et en même temps améliorer le rendement du clarificateur.