



Cycle sciences et Techniques

« Génie Chimique »



Projet de fin d'études

Evaluation du rendement de la clarification de la mélasse et détermination des pertes en saccharose

Réalisé par:

Omaïma Benachach

Encadré par:

- P^r. Ameziane Hasani Chakib, (FST Fès)
- M^r. A Bennani, (LESAFFRE)

Présenté le 07 Juin 2016 devant le jury composé de:

- P^r. Ameziane Hasani Chakib : FST Fès
- P^r. Hazm Jamal Eddine : FST Fès
- P^r. Zaitan Hicham : FST Fès

Stage effectué à:

- Société Lesaffre, FES

Année Universitaire 2015 / 2016

Remerciements

Je remercie très chaleureusement mon encadrent et mon professeur **AMEZIANE Hasani Chakib**, qui, malgré ses nombreuses occupations, a accepté de prendre la direction de ce travail, transformant ainsi les difficultés rencontrées en une expérience. Je lui suis également reconnaissante de m'avoir assuré un encadrement rigoureux tout au long de ces mois de travail.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à Monsieur **BENNANI**, responsable du service Qualité pour l'honneur de m'accueillir dans le département de qualité, pour son encadrement professionnel et surtout pour ses conseils pertinents.

Je voudrais adresser toute ma reconnaissance à **BOUKADIDA ABDLALI**, responsable des analyses physico-chimique qu'il m'a fait d'évaluer mes travaux et pour son accompagnement tout au long de la période de stage.

Je remercie aussi, tout le personnel de **LESAFFRE Maroc** pour leur accueil, et pour tout ce qu'ils m'ont apporté ainsi qu'à mon projet de fin d'études.

Je remercie également le corps professoral de FST de FES pour la qualité de la formation, et les administrateurs de la faculté.

Mes remerciements s'adresse aux membres du Jury **HAZM Jamal Eddine, ZAITAN Hicham**, qui me font l'honneur de participer à la soutenance, .

Liste des abréviations

MD : mélasse diluée

MDC : mélasse diluée clarifiée

MDCS : mélasse diluée clarifiée stérilisée

Liste des figures

Figure 1 : l'organigramme de la société LESAFFRE Maroc	4
Figure 2 : Vue microscopique d'un champignon.....	6
Figure 3 : Etapes de production de la levure.....	8
Figure 4 : la betterave.....	11
Figure 5: La canne.....	11
Figure 6: Circuit de la mélasse de Lesaffre-Maroc.....	13
Figure 7: La Clarificateur	15
Figure 8: courbe de résultats de rendement du clarificateur ALPHA LAVAL	23
Figure 9: courbe de résultats de rendement du clarificateur SB 80.....	24
Figure 10 : courbe de résultats de rendement du clarificateur SB 60.....	25
Figure 11 : l'analyse des sucres.....	27
Figure 12: Polarimètre.....	27

Liste des Schémas

Schéma1 : Schéma représentant la dilution de la mélasse	14
Schéma 2 : clarification et stérilisation de la mélasse	16
Schéma 3 : la station de clarification de la mélasse	19

Liste des tableaux

Le tableau 1: la composition chimique en % massique des types de la mélasse (Canne et de betterave).....	12
Le tableau 2 : Caractéristique des clarificateurs dans LESAFFRE MAROC	19
Le tableau 3: Taux des boues sédimentées en fonction de la durée de centrifugation	21
Le tableau 4: taux de séchage des boues dans l'étuve en fonction du temps.....	22
Le tableau 5 : Résultats de rendement du clarificateur ALPHA LAVAL et paramètres statistiques.....	23
Le tableau 6: Résultats de rendement du clarificateur SB80 et paramètres statistiques.....	24
Le tableau 7 : Résultats de rendement du clarificateur SB60 et paramètres statistiques.....	25
Le tableau 8 : Résultats de saccharose perdu dans les trois clarificateur	28

Table des matières

Introduction	Erreur ! Signet non défini.
1) Présentation de lieu de stage.....	Erreur ! Signet non défini.
1.1) Lieu de l'étude : la société industrielle « LESAFFRE Maroc », Fès	Erreur ! Signet non défini.
1.2) Description et activités du laboratoire d'analyse :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.1- Laboratoire de microbiologie :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2.2- Laboratoire physico-chimique :	Erreur ! Signet non défini.
1.3) Organigramme :.....	4
Partie 1 : <i>Bibliographie</i>.....	5
<i>Chapitre 1 : La levure saccharomyces cerevisiae et sa chaîne de production.....</i>	<i>6</i>
1.1) Généralités sur la Levure :.....	6
2.1) La levure de boulangerie (Saccharomyces cerevisiae) :.....	6
1.2.1) Définition :	6
1.2.2) Mode de vie de la levure :	7
1.3) La chaîne de production :	7
1.3.1) Ensemencement :.....	8
1.3.2) Pré-fermentation :.....	8
1.3.3) Fermentation :	9
1.3.4) Séparation par centrifugation :	9
1.3.5) Stockage « crème commerciale » :	9
1.3.6) Filtration sous vide :	9
1.3.7) Emballage :.....	9
1.3.8) Stockage :	10
<i>Chapitre 2 : La mélasse : Circuit de traitement.....</i>	<i>11</i>
2.1) La mélasse :	11
2.1.1) Définition :	11
2.1.2) Les Constituants des types de la mélasse :	11
2.1.3) La différence entre la composition chimique de la mélasse de canne et de betterave :.	12
2.2) Circuit de traitement de la mélasse :	13
2.2.1) Stockage :	14

2.2.2)	Dilution :.....	14
2.2.3)	Clarification :.....	14
2.2.4)	La Stérilisation :	15
2.2.5)	Refroidissement :.....	16
<i>Partie 2: La clarification et la centrifugation de la mélasse Cas Lesaffre Maroc</i>		<i>17</i>
Introduction :.....		18
<i>Chapitre 3:Résultat et calcul de perte au niveau du clarificateur.....</i>		<i>19</i>
3.1)	Aperçu sur le matériel utilisé :	19
3.1.1)	Le filtre a panier :	19
3.1.2)	Les clarificateurs :	19
3.1.3)	La centrifugeuse :	20
3.2)	Méthode d'évaluation statistique des rendements des Clarificateurs :.....	20
3.2.1)	Mode opératoire :	20
3.2.2)	Optimisation des paramètres de centrifugation :	21
3.2.3)	Résultat finale des clarificateurs :	22
<i>Chapitre 4 :Calcul des pertes en sucre dans les boues.....</i>		<i>27</i>
4.1)	Analyse du taux du saccharose :	27
4.1.1)	Mode opératoire :	27
4.1.2)	Résultats et interprétations :	28
4.2)	Estimation des pertes de sucre dans Lesaffre :.....	29
Conclusion générale		30



Introduction

Dans un contexte économique en perpétuel évolution, l'entreprise industrielle se trouve confrontée à plusieurs contraintes et difficultés (mondialisation, concurrence acharnée, les besoins des clients...), ce qui limite ses possibilités de développement et l'oblige à améliorer la qualité de ses produits et ses services afin de satisfaire les exigences des clients et du marché.

L'enjeu principal de toutes entreprises industrielles c'est de fabriquer des produits de bonne qualité afin d'assurer sa compétitivité sur le marché national et international.

Face à ce constat le groupe LESAFFRE, avait comme stratégie d'améliorer la qualité de la levure de boulangerie, le produit de base de cette dernière, afin de la commercialiser sur le marché. Le groupe a choisi comme produit naturel « LA LEVURE : *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* qui est composé de la mélasse et d'autres matières.

La levure de boulangerie peut, à juste titre, être considérée comme un des plus anciens produits issus de la fermentation industrielle. Aujourd'hui encore, elle est l'une des plus importants produits de la biotechnologie. Tout en sachant que la mélasse constitue la matière première et la plus cruciale pour la fabrication de la levure.

La mélasse est désormais l'élément responsable permettant l'amélioration de la qualité de la levure de boulangerie. Si cette dernière n'est pas bien traitée la performance de la levure produit ne sera pas satisfaisante.

Dans cet ordre d'idée, notre principale finalité c'est de dégager les causes de pertes des boues de la mélasse et la variation des sucres lors de leur traitement au débouillage.

Nous pouvons résumer les objectifs de ce rapport en deux grands axes :

- premièrement c'est avoir une idée approfondie sur l'application de l'approche théorique dans le milieu professionnel ce qui nous permettra de comprendre et de maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure.

- Deuxièmement de concrétiser nos connaissances théoriques et d'améliorer et de perfectionner notre esprit d'analyse en vue de trouver les solutions adéquates aux problèmes rencontrés.



Evaluation du rendement de la clarification de la mélasse et Détermination des pertes en saccharose



Le plan de ce rapport de stage est divisé en deux grandes parties, chacune d'entre elle, est divisée en deux chapitres.

La première partie est consacrée à la bibliographie dont je vais présenter la levure *Saccharomyces cerevisiae* et sa chaîne de production en premier lieu . Et en deuxième lieu je vais présenter la mélasse et son circuit de traitement.

La deuxième partie est aussi constituée de deux chapitres dont je vais présenter dans le premier les résultats et les calculs de rendement en boues au niveau du clarificateur, et dans le deuxième les calculs concernant la perte du sucre de la mélasse dans ces boues.

1) Présentation de lieu de stage

1.1- Lieu de l'étude : la société industrielle « LESAFFRE Maroc », Fès

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.

Son siège est situé au quartier industriel sidi Brahim Fès, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares qui appliquent une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise les produits suivants :

- ✓ Jaouda pour la levure fraîche.
- ✓ Rafia et Nevada pour la levure sèche, ainsi qu'un type spécial destiné pour saturer les besoins des forces armées royales (FAR) en levure.
- ✓ Ibis bleu et Maximin pour les améliorants, ces derniers apportent aux consommateurs le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume, de texture et couleur de mie, d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr de goût.

La diversification de ses produits et la multiplication de ses marques favorisent le positionnement stratégique de l'entreprise sur le marché mondial.

Soucieux de la qualité de ses produits, le groupe possède d'un laboratoire d'analyse où il effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : force fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique.

1.2- Description et activités du 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 :

1.2.1- Laboratoire de microbiologie :

Ce laboratoire est divisé en quatre parties :

- 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.
- Et enfin une salle d'analyses bactériologiques.

1.2.2- Laboratoire physico-chimique :

Il est divisé en trois parties :

- 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 :
 - ❖ Section des analyses d'azote et de phosphate.
 - ❖ Section des analyses de la mélasse.
 - ❖ Section des analyses de l'eau.

Les deux laboratoires communiquent entre eux par une laverie où se fait le nettoyage du matériel ainsi que la destruction des produits contaminés.

1.3- Organigramme :

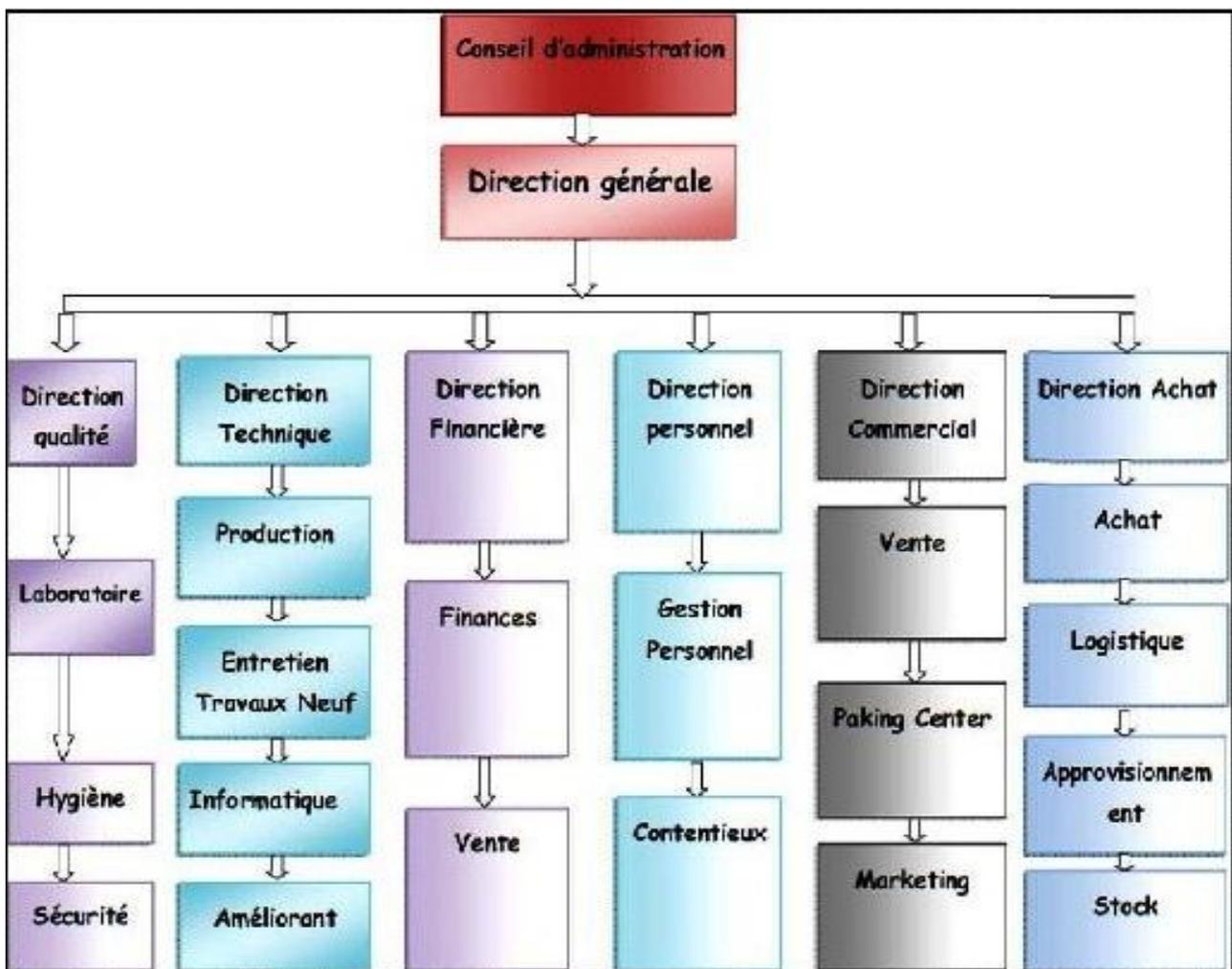


Figure 1 : l'organigramme de la société LESAFFRE Maroc.



Partie 1

Bibliographie

Chapitre 1 : La levure *Saccharomyces cerevisiae* et sa chaîne de production

1.1- Généralités sur la Levure :

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

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

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



Figure 2 : Vue microscopique d'un champignon

1.2- La levure de boulangerie (*Saccharomyces cerevisiae*) :

1.2.1- Définition :

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

Cette levure sert depuis des millénaires à la fabrication du pain et plusieurs de ses souches sont également utilisées pour la fermentation du vin ainsi que celle de la bière.

Les levures, micro-organismes non pathogènes, créent un milieu riche en protéines et en vitamines, principalement celles du groupe B qui sont utilisées en pharmacie et en chimie. De plus, grâce au génie génétique, certains médicaments sont désormais produits par des levures manipulées.

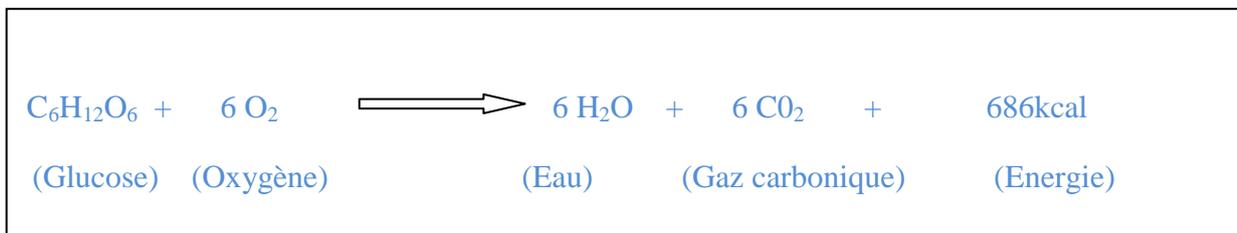
1.2.2- Mode de vie de la levure :

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

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

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

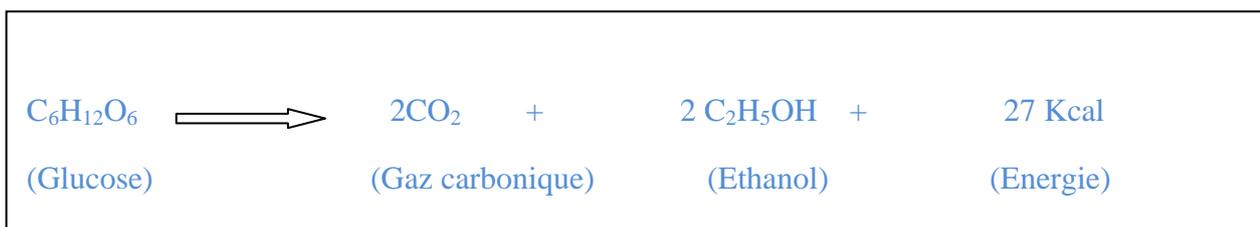
En aérobiose:



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

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

En anaérobiose:



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

1.3- La chaîne de production :

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

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

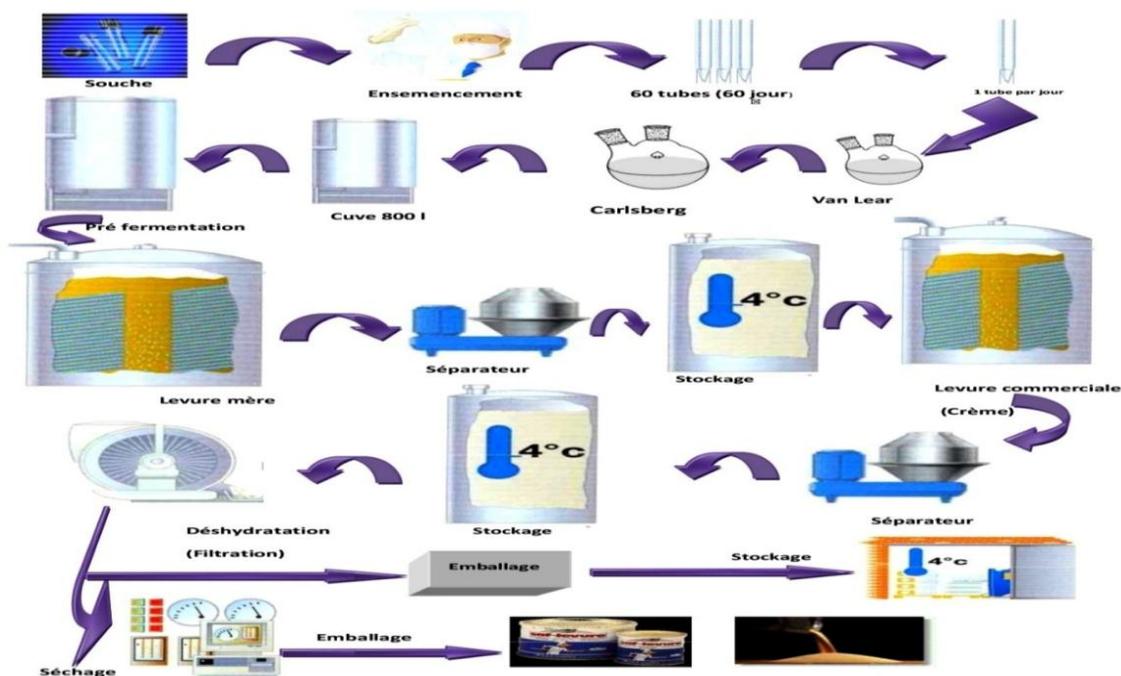


Figure 3 : Etapes de production de la levure

1.3.1-Ensemencement :

LESAFFRE-Maroc reçoit mensuellement deux souches de *Saccharomyces cerevisiae*, une pour la levure fraîche et l'autre pour la sèche. Les souches initiales sont ensemencées dans des tubes contenant un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures selon le besoin de l'entreprise. Cette opération est réalisée dans des conditions aseptiques pour écarter tout risque de contamination. Le contenu du tube est ensuite transféré dans un premier ballon de 250 ml avec un milieu nutritif <<Van Lear>>, puis dans un second ballon plus grand de 7 L <<Carlsberg>>.

Après incubation à une température de 35°C avec agitation, le contenu de ce dernier est transvasé dans une cuve de 800 L contenant à l'avance l'eau, la mélasse, les sels minéraux et les éléments de trace (oligo-éléments et vitamines) en présence d'oxygène.

1.3.2-Pré-fermentation :

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

1.3.3-Fermentation :

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

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

1.3.4- Séparation par centrifugation :

La séparation se fait dans les deux étapes de la fermentation, après l'obtention de la levure mère et la levure commerciale : le mout obtenu à la sortie des fermenteurs contient les cellules de levures et une solution liquide qui présente le reste du milieu nutritif.

Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui a comme principe la centrifugation, nous obtenons un liquide dense (crème) qui va être stocké et un liquide léger (le mout éleveur) qui va être transféré aux égouts.

1.3.5- Stockage « crème commerciale » :

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

1.3.6- Filtration sous vide :

La filtration se fait à l'aide de 3 filtres à vide rotatifs, ensuite la levure est enlevée du cylindre au moyen d'un couteau racleur, la levure sous forme de pâte tombe dans des trémies où elle est mélangée avec une huile végétale qui rend sa couleur plus claire. La levure est coupée sous forme de parallélogrammes selon un poids entré en consigne (500g).

1.3.7- Emballage :

1.3.7.1- Emballage de la levure fraîche :

S'effectue grâce à une machine spéciale, constituée d'une boudineuse, découpeuse et enveloppeuse. Quand le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine, on aura à la fin un produit fini sous forme de paquets de poids net de **500 g**, qu'on met en cartons disposés sur des palettes de manière à avoir un vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

1.3.7.2- Emballage de la sèche :

Après le séchage la levure passe dans un appareil d'emballage spécifique qui aspire l'air des paquets pour une conservation à longue durée.



1.3.8- Stockage :

1.3.8.1- Levure fraîche :

Les palettes sont envoyées vers une chambre froide à une température de 2°C. La distribution de la levure est assurée par des camions frigorifiques

1.3.8.2- Levure sèche :

Elle est stockée à la température ambiante.

Chapitre 2 : La mélasse : Circuit de traitement

2.1- La mélasse :

2.1.1- Définition :

La mélasse est un sirop très épais et très visqueux constituant le résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre et la betterave (80% betterave + 20% canne). La mélasse contient de la vitamine B et quelques minéraux (calcium, potassium, fer, cuivre,...), ce qui n'est pas le cas du sucre blanc cristallisé.

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

2.1.1.1- Les types de la mélasse :

Il ya deux types de la mélasse :

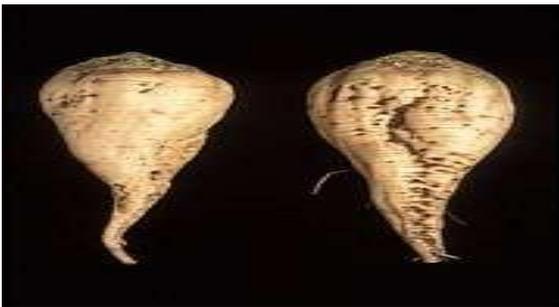


Figure4 : la betterave



Figure 5: La canne

2.1.2- Les Constituants des types de la mélasse :

La mélasse de canne : 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 : est légèrement moins riche en sucre (48 %), elle a une faible appétence que la mélasse de canne.

2.1.3- La différence entre la composition chimique de la mélasse de canne et de betterave :

Après avoir présenté les deux types de la mélasse (la mélasse de canne et betterave), dans cet axe nous allons exposer la composition chimique de chacune d'entre elles.

Le tableau 1: la composition chimique en % massique des types de la mélasse (canne et de betterave)

Matière première	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
Sucre totaux	66,5	73,1
Saccharose	63,5	45,5
Raffinose	1,5	5,5
Sucre inverti	0	22,1
Autres	1,5	5,5
Composés organiques totaux	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
Composés minéraux totaux	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

Quelque 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) dont la majeure partie se trouve sous forme de bêtaïne (5 à 7% 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.

2.2- Circuit de traitement de la mélasse :

La mélasse présente pour la levure une source de carbone sa préparation (80% de betterave + 20% de canne) consiste à une : dilution, clarification, stérilisation et refroidissement. Le circuit de traitement de la mélasse est schématisé par la figure ci-dessous.

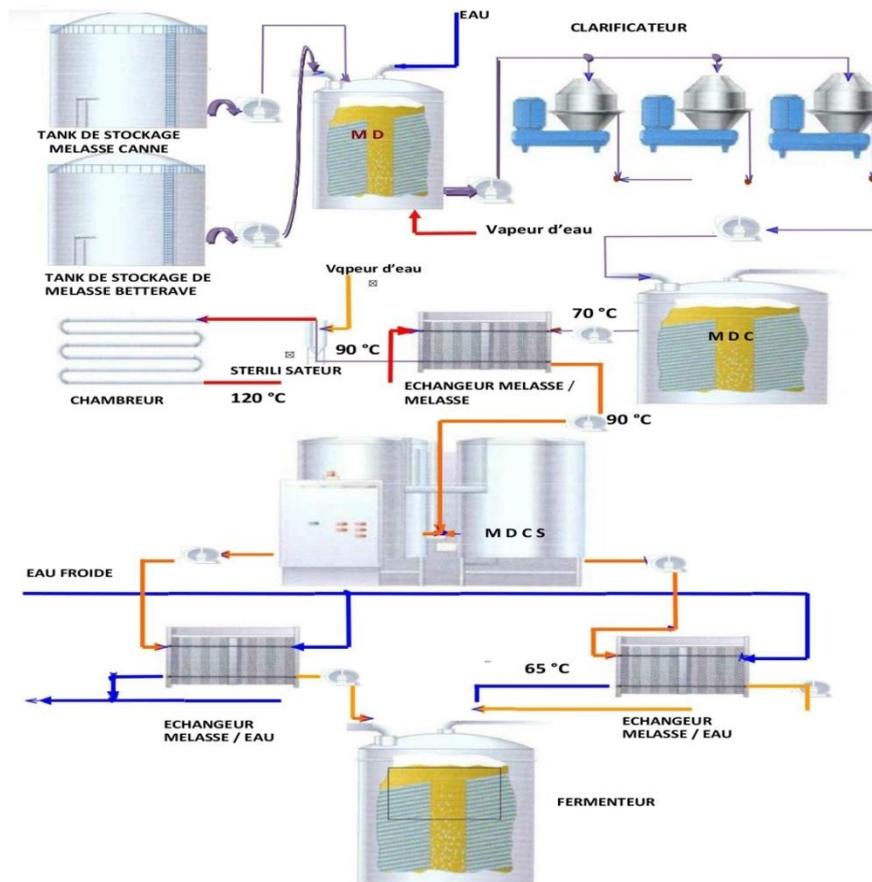


Figure6: Circuit de la mélasse de LESAFFRE-Maroc

2.2.1- Stockage :

La mélasse est fournie à **LESAFFRE Maroc** par plusieurs sociétés de sucreries telles que: SUCRAL, SUTA, SUCRAFOR, SUNACAS, SURAC, SUNABEL...

Il y a des tests quotidiens effectués sur la mélasse brute (prix et PH qui donnent une idée sur la qualité de la mélasse), et d'autres hebdomadaires (Clerget, sucres réducteurs, sucres totaux, et matière sèche, analyses microbiologiques..).

Avant d'arriver à la station de traitement, la mélasse est stockée dans 7 tanks (quatre pour la mélasse issue de betterave et les trois autres pour celle de la canne), une homogénéisation assurée par des pompes est très nécessaire.

2.2.2- Dilution :

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

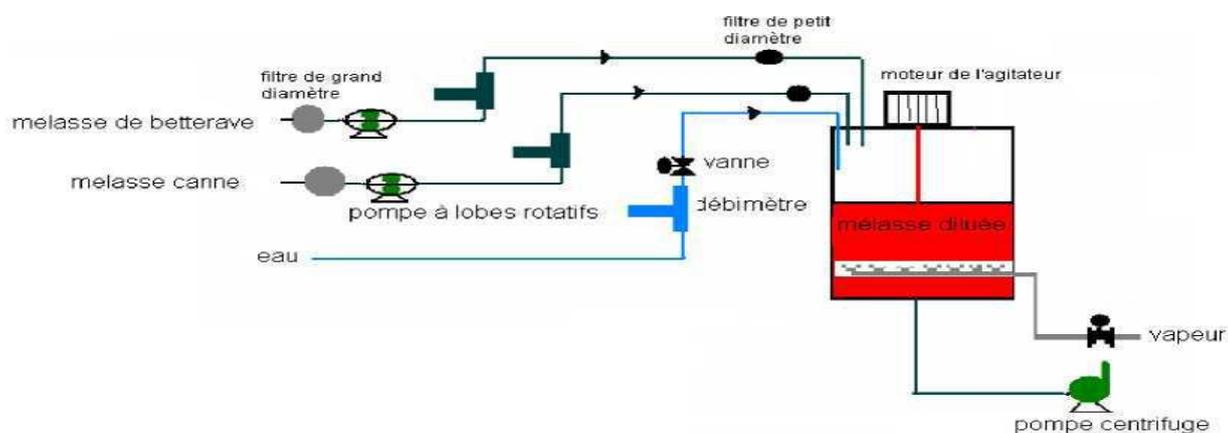


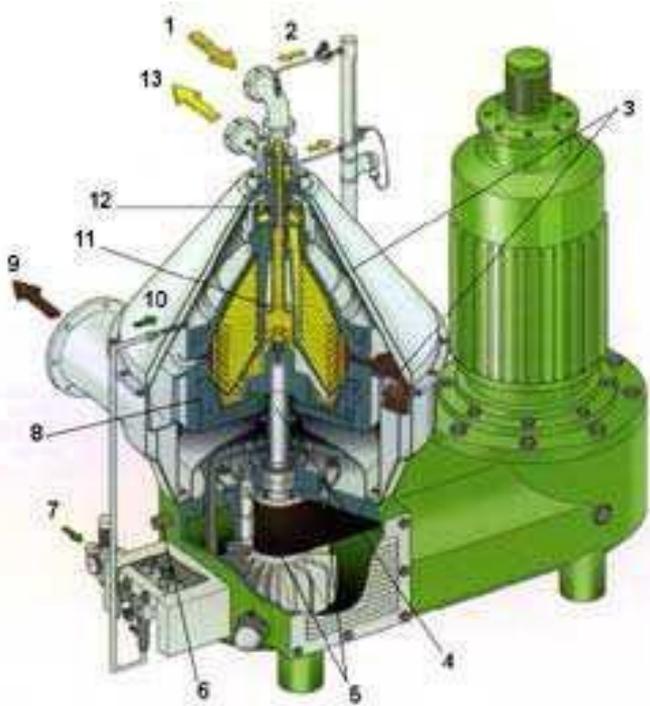
Schéma 1 : Schéma représentant la dilution de la mélasse

2.2.3- Clarification :

Puis nous passons à la clarification de la mélasse diluée (MD) qui est l'opération qui permet de séparer la mélasse diluée de toutes impuretés comme les colloïdes et les boues, ainsi éviter le colmatage de l'échangeur utilisé pendant la stérilisation. Cette clarification se fait à l'aide d'un clarificateur qui élimine tous les dépôts non désirés.

Dans ce cas nous utilisons la centrifugation, qui est une opération mécanique qui permet d'augmenter la vitesse de séparation des deux phases hétérogènes (solide-liquide ou liquide-liquide) grâce à la force centrifugeuse due à la rotation de la centrifugeuse. (Voir Figure 7).

- Consigne température : 70 °C.



- 1-Alimentation produit
- 2-Système auto- penseur
- 3-Ferblanterie double enveloppe
- 4-Arbre court
- 5-Amortisseur de vibration
- 6-Contrôleur de vibration
- 7-Alimentation fluide de commande
- 8-Système Hydrostop
- 9-Sortie des solides
- 10-Rinçage ferblanterie
- 11-Alimentation hydro-hermétique
- 12-Refolement hydro-hermétique

Figure 7: La Clarificateur

2.2.4- La Stérilisation :

La stérilisation est la destruction des germes (micro-organismes) présents dans un milieu. Dans la stérilisation il y a deux paramètres à contrôler : la température dans le stérilisateur étale temps de contact.

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de la vapeur. La stérilisation est effectuée au moyen d'appareils à pression de vapeur d'eau appelé le stérilisateur.

L'action conjuguée de la vapeur et de la température ($T > 120^{\circ}\text{C}$) provoque la dénaturation des protéines des micro-organismes et la mort de ses derniers. Cette technique consiste à un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser pendant un moment déterminé et une pression convenable.

La température de stérilisation est de 120 à 130°C pendant 2 à 3 min selon le débit demélasse. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque «MDC »-« MDCS » afin d'être refroidie.

- Température de la stérilisation 120°C pour un débit de 8 m³/h.
- Température de la stérilisation 130°C pour un débit de 16m³/h
- Consigne de densité MDCS: 1, 19/2.

Le stockage de la MDCS se fait à une température de 90°C, puis elle est refroidie avant d'être utilisée dans la fermentation.

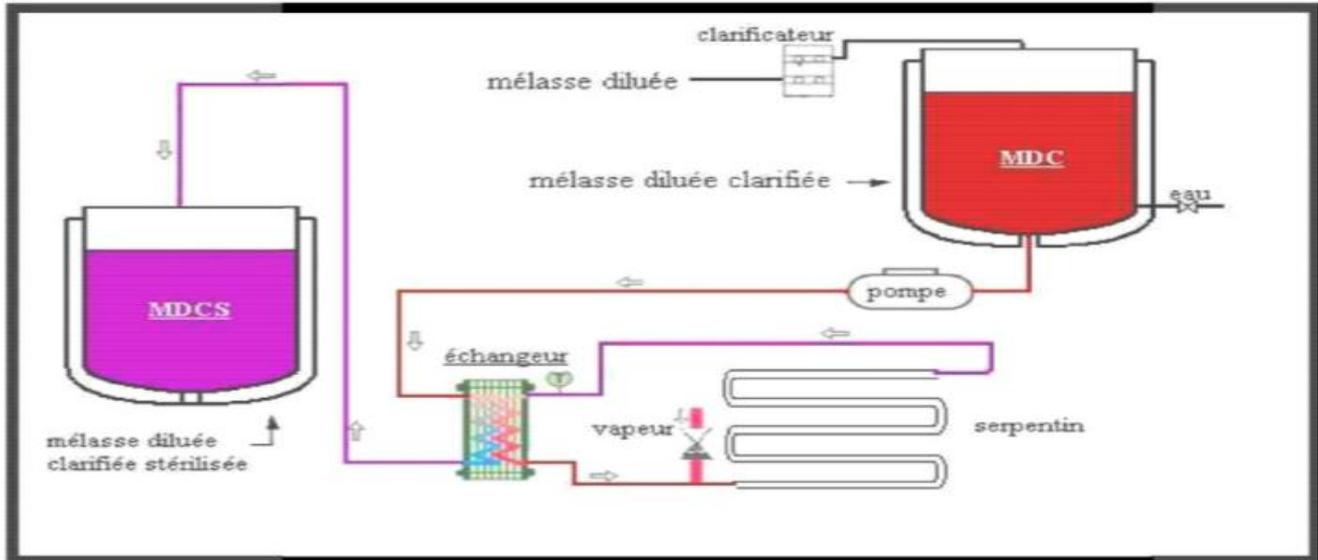


Schéma 2 : clarification et stérilisation de la mélasse

2.2.5- 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.

Le chauffage de l'eau de refroidissement provoque la sédimentation du calcaire et risque un colmatage des plaques de l'échangeur, l'utilisation du poly phosphate a pour but d'empêcher le dépôt du calcaire, donc la décalcification.



Partie 2

La clarification et la centrifugation de la mélasse

Cas LESAFFRE Maroc

Introduction

L'étape de la clarification est très importante dans le procédé de fabrication de la levure, puisqu'elle permet d'éliminer toutes les impuretés susceptibles d'affecter les cellules de la levure, qui peuvent avoir des effets négatifs sur quelques étapes de production et surtout sur la qualité du produit fini. Elle permet aussi d'éviter le colmatage de l'échangeur utilisé dans l'étape de la stérilisation.

Pour cette raison, la qualité de la levure est étroitement liée à celle de la mélasse qui conditionne l'étape de la clarification.

Dans cette deuxième partie, nous allons traiter le phénomène de la variation du sucre au cours la phase de la clarification. Et pour ce faire nous allons décrire et interpréter les résultats des analyses physicochimiques obtenus.

Un grand nombre d'opération de clarification peuvent être effectuées par centrifugation, chacune relevant d'un ou plusieurs modèles de centrifugeuses.

Parmi les plus courantes, on retrouve :

- La séparation de deux phases liquide de densités différentes.
- La clarification qui consiste à enlever une phase solide d'une phase liquide.

La clarification centrifugée est une décantation améliorée où la force centrifugeuse remplace l'action de la gravité.

L'efficacité de la décantation est alors considérablement accrue. Dans le processus de fabrication, la clarification permet de concentrer la suspension de la mélasse obtenue en fin de la fermentation. Cette concentration permet de faciliter les traitements ultérieurs : lavage, refroidissement, et filtration.

La clarification de la mélasse est basée sur la différence de densité, en exploitant l'accélération terrestre ou centrifugée : les composants de plus grande densité se déposent au fond du bassin ou en périphérique du bol de rotation.

Chapitre 3: Résultat et calcul de perte au niveau du clarificateur

3.1- Aperçu sur le matériel utilisé :

En général le traitement de la station de clarification se fait en moyen de méthodes physico-chimiques permettant d'éliminer toutes les impuretés trouvées dans la mélasse ; ce traitement passe par différentes étapes comme suit :

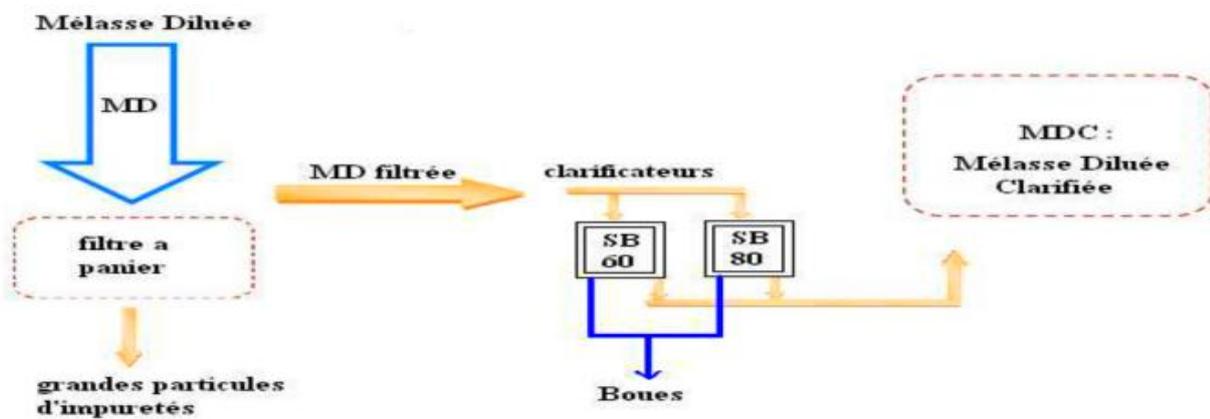


Schéma 3 : la station de clarification de la mélasse

3.1.1- Le filtre a panier :

Après dilution, la mélasse passe par un filtre utilisé pour retenir les grandes particularités contenues dans la mélasse diluée, et pour faciliter l'étape de clarification.

3.1.2- Les clarificateurs :

Dans l'industrie LESSAFRE MAROC (notre terrain d'étude) il y a trois clarificateurs « **Alfa Laval, SB60, SB80** » traitent la mélasse brute diluée afin de permettre la récupération d'une mélasse brute clarifiée et obtenir des rendements plus élevés.

Pour bien montrer la différence entre les trois clarificateurs centraux de l'entreprise LESSAFRE, nous allons schématisés les caractéristiques de chacun d'entre eux.

Tableau2 : Caractéristique des clarificateurs dans LESSAFRE MAROC

Types de clarificateurs	Débit « m ³ /h »	Durée total de cycle « min »	Volume de chambre de boue « L »
Alpha Laval	12	12	48

SB80	10	10	40
SB60	7	7	40

Après filtration la mélasse est pompée vers les deux clarificateurs (SB60 et SB80) qui fonctionnent en même temps, le rôle de chacun est d'éliminer les impuretés restantes dans la mélasse.

La mélasse est clarifiée par une opération de séparation mécanique, qui se fait par centrifugation. Sous l'effet de la rotation, une accélération due à une force centrifugée est appliquée au contenu, Le corps dense de la matière traité se sépare de celui moins dense.

La centrifugation peut être utilisée pour clarifier rapidement la mélasse après filtration. Elle permet d'éliminer rapidement une grande partie des particules et des micro-organismes en suspension, qui seront rejetés par le débouage de clarificateur.

Pendant l'opération de la clarification, le clarificateur se charge des impuretés qui seront rejetés chaque 8 minute sous forme de boues, cette action s'appelle le débouage.

Elle se fait par une injection d'eau pour vider le clarificateur de toutes les boues. Le temps de débouage: est réglé selon la capacité et l'efficacité de clarificateur.

3.1.2.1-Principe de fonctionnement :

Les applications typiques des clarificateurs consistent à séparer des matières solides avec une faible différence de masse volumique ainsi que des mélanges de liquides provenant de procédés de lavage ou d'extraction et représentant également de très faibles différence de masse volumique.

Les phases liquides sont séparées en continu, les matières solides sont éjectées soit en continu (buses), soit séquentiellement (auto-débouageur), soit restent dans un réceptacle prévu à cet effet (bol à chambres).

3.1.3- La centrifugeuse :

La centrifugeuse est un appareil destiné à imprimer une accélération, grâce à un mouvement de rotation. Ce type d'appareil peut servir à séparer les mélanges constitués des parties ayant une densité différente.

3.2- Méthode d'évaluation statistique des rendements des Clarificateurs :

3.2.1- Mode opératoire :

- On prend des échantillons à l'entrée (MD), à la sortie après 3min, 6 min puis après 9 min de fonctionnement du clarificateur.
- On pèse 30g de chaque échantillon qu'on met dans des tubes pour les centrifuger. Les échantillons subissent une centrifugation à 4000 tr/min pendant 10 min.
- Après centrifugation on élimine le surnageant, on sèche les tubes et on pèse la quantité des boues qui s'est déposée au fond de chaque tube.

3.2.2- Optimisation des paramètres de centrifugation :

L'objectif essentiel étant la détermination de conditions adéquates à la quantification optimale des taux des boues présents dans la « Mélasse diluée » MD avant et après clarification, qui doivent être rigoureusement respectées.

Donc avant de procéder au calcul des rendements des clarificateurs, il est nécessaire de fixer les paramètres « Temps de centrifugation, la durée de séchage et la prise d'échantillon » de la méthode adoptée.

On calcule le pourcentage des boues par la relation suivante :

$$\% \text{boues} = (\text{tube plein} - \text{tube vide}) * 100 / 30$$

3.2.2.1- Détermination de taux de centrifugation :

Afin d'obtenir la durée de centrifugation optimale « le temps nécessaire d'avoir le maximum de boues sédimentés ou bien précipité, une étude effectuée sur le taux de boues sédimentés en fonction de la durée de centrifugation sur 10 échantillons prélevés de la même MD.

Tableau 3:Taux des boues sédimentées en fonction de la durée de centrifugation

Essai	Temps de centrifugation				
	10 min	20min	30min	35min	40min
1	0,3%	0,5108%	0,7305%	0,7304%	0,7304%
2	0,3251%	0,5312%	0,7486%	0,7486%	0,7486%
3	0,3074%	0,5143%	0,7363%	0,7363%	0,7363%
4	0,3092%	0,5179%	0,7396%	0,7397%	0,7397%
5	0,3067%	0,5122%	0,7336%	0,7337%	0,7337%
6	0,3131%	0,5289%	0,7412%	0,7412%	0,7412%
7	0,3016%	0,518%	0,7342%	0,7342%	0,7342%
8	0,32%	0,53%	0,7444%	0,7444%	0,7444%
9	0,2982%	0,5103%	0,7299%	0,7299%	0,7299%
10	0,3079%	0,5149%	0,7385%	0,7385%	0,7385%
Moyenne	0,30892%	0,51885%	0,73769%	0,73769%	0,73769%

Ecart type	0,0085	0,0081	0,006	0,006	0,006
-------------------	--------	--------	-------	-------	-------

Après avoir calculé le taux des boues sédimentés, nous avons remarqué que la stabilisation de la sédimentation des boues « Impuretés » présents dans la MD se fait à partir de 30 min de centrifugation. Donc ,35 min est la durée largement suffisante pour pouvoir sédimenter la totalité de boues présentes dans la MD.

3.2.2.2-Détermination de temps d'étuvage :

C'est le temps nécessaire au culot dans l'étuve (106°C) pour la stabilisation de son poids.C'est-à-dire pour ce débarrassé de toutes traces d'eau, donc la masse obtenue serait une masse par matière sèche, masse nette des boues sans inclusion d'autre élément.

Tableau 4:taux de séchage des boues dans l'étuve en fonction du temps

Essai	Précipité	Temps d'étuvage			
		30min	60min	90min	120min
1	0,7304%	0,5264%	0,4526%	0,4372%	0,4372%
2	0,7486%	0,5467%	0,448%	0,4478%	0,4478%
3	0,7363%	0,5289%	0,4387%	0,4387%	0,4387%
4	0,7397%	0,5431%	0,4477%	0,4473%	0,4473%
5	0,7337%	0,5201%	0,4335%	0,4333%	0,4333%
6	0,7412%	0,5238%	0,4354%	0,4354%	0,4354%
7	0,7342%	0,5373%	0,4464%	0,4462%	0,4462%
8	0,7444%	0,5398%	0,4466%	0,4465%	0,4465%
Moyenne	0,7386%	0,5302%	0,4436%	0,4416%	0,4416%
Ecart type	0,0061	0,0097	0,007	0,0060	0,0060

Le tableau ci-dessus apporte des indications sur l'état d'avancement du séchage des boues. D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la stabilisation de la masse ce fait à partir de 90 min de séchage.

3.2.3- Résultat finale des clarificateurs :

Dans le clarificateur (ALVA LAVAL) nous avons dégagés les résultats de rendement de celui –ci. Dans le tableau suivant, nous allons les affichés ainsi que les paramètres statistiques déployés.

Tableau5 : Résultats de rendement du clarificateur ALPHA LAVAL et paramètres statistiques

ALPHA LAVAL					
Essai	Entrée	4min	6min	8min	10min
1	0,6956%	0,2001%	0,2005%	0,2003%	0,2121%
2	0,6989%	0,2005%	0,2001%	0,2045%	0,2052%
3	0,7023%	0,2081%	0,2091%	0,2032%	0,2005%
4	0,6945%	0,2099%	0,2081%	0,2118%	0,2001%
5	0,6936%	0,2101%	0,2009%	0,2023%	0,2017%
6	0,7001%	0,2004%	0,2104%	0,2068%	0,2032%
7	0,7018%	0,2023%	0,2013%	0,2009%	0,2041%
8	0,6986%	0,2001%	0,2011%	0,2011%	0,2054%
Moyenne	0,6982%	0,2039%	0,2039%	0,2039%	0,2040%
Rendement		70,79%	70,79%	70,79%	70,75%

Le rendement du clarificateur est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement} = (1 - [\text{sortie}(MDC) / \text{entré}(MD)]) \times 100$$

Les résultats de rendement du tableau (alpha Laval) sont représentés par le graphique suivant :

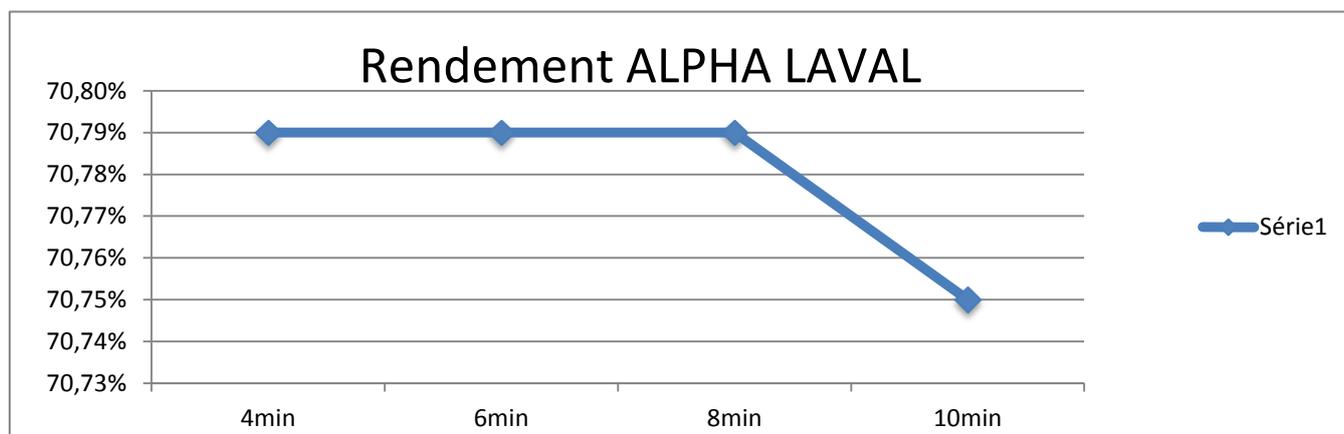


Figure8: courbe de résultats de rendement du clarificateur ALPHA LAVA

D'après la courbe de rendement de clarificateur « ALPHA LAVAL », on observe une stabilité de rendement 70,79 du début jusqu'à 10min après il y a une chute à 70,75. Cette chute est une indication que le clarificateur est saturé en boue et qu'il faut procéder à son débouage.

Dans le tableau 6 on présente les résultats de rendement pour le deuxième clarificateur SB80 :

Tableau 6:Résultats de rendement du clarificateur SB80 et paramètres statistiques

Essai	Entrée	2min	6min	9min
1	0,6956%	0,2735%	0,2736%	0,2723%
2	0,6989%	0,2729%	0,2723%	0,2799%
3	0,7023%	0,2737%	0,2745%	0,2689%
4	0,6945%	0,2667%	0,2712%	0,2776%
5	0,6936%	0,2712%	0,2698%	0,2798%
6	0,7001%	0,2733%	0,2727%	0,2739%
7	0,7018%	0,2728%	0,2743%	0,2599%
8	0,6986%	0,2731%	0,2695%	0,2744%
Moyenne	0,6982%	0,2722%	0,2722%	0,2733%
Rendement		61,01%	61,01%	60,85%

La variation de rendement en fonction du temps pour le (SB80) est présentée à la figure 9 :

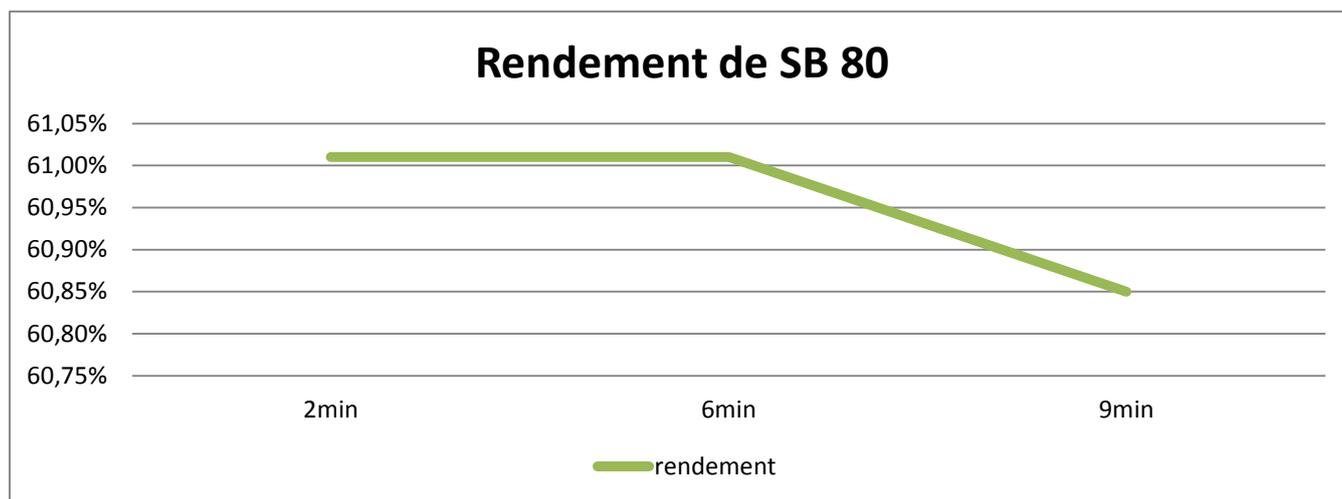


Figure9: courbe de résultats de rendement du clarificateur SB 80

D'après cette courbe, nous remarquons qu'au-delà de 6 min le rendement du clarificateur SB80 chute indiquant qu'une procédure de débouage doit être effectuée. Et dans le cas échéant, nous obtenons une mélasse clarifiée mais contenant des impuretés (boues).

Pour le troisième clarificateur (SB60) nous avons dégagés les résultats indiqués ci dessous:

Tableau 7:Résultats de rendement du clarificateur SB60 et paramètres statistiques

SB60				
Essai	Entrée	2min	4min	6min
1	0,6956%	0,349%	0,3567%	0,3545%
2	0,6989%	0,3412%	0,3512%	0,3549%
3	0,7023%	0,345%	0,3456%	0,3512%
4	0,6945%	0,3398%	0,3499%	0,3452%
5	0,6936%	0,3501%	0,3643%	0,3598%
6	0,7001%	0,3477%	0,3474%	0,3566%
7	0,7018%	0,3476%	0,3189%	0,3478%
8	0,6986%	0,3489%	0,3356%	0,3578%
Moyenne	0,6982%	0,3462%	0,3462%	0,3535%
Rendement		50,41%	50,41%	49,37%

La variation de rendement en fonction du temps pour le (SB60) est présentée à figure 10 :

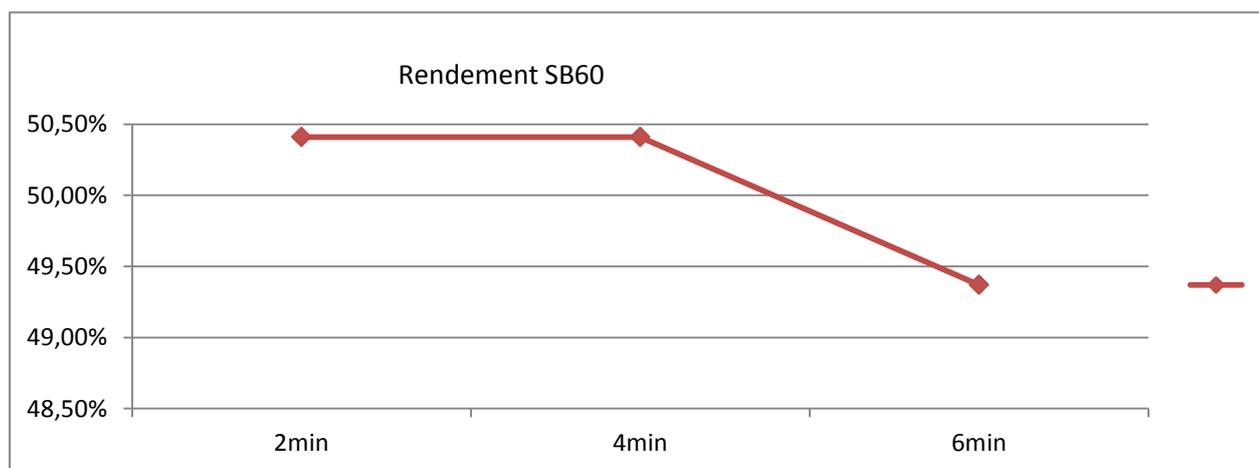


Figure 10: courbe de résultats de rendement du clarificateur SB 60

D'après cette courbe, nous notons que le rendement du clarificateur « SB 60 » reste constant à 50,4 % et après 4min il chute à 49,4%. Par cette chute nous recevons une indication que la chambre des boues dans le clarificateur est saturée, et qu'il faut par conséquent procéder à un débouillage pour ne pas avoir à la sortie une MDC impure.

Conclusion :

- Pour le clarificateur ALPHA LAVAL le temps pour disposer d'une mélasse diluée clarifiée est 10min, avec un rendement de 70%
- Pour le clarificateur SB 80 se temps est de 6min alors que le rendement est uniquement 60%.
- Pour le dernier clarificateur SB 60 le temps est de 4min et le rendement est 40%.

Nous concluons que le point en commun entre les trois clarificateurs est la chute du rendement dans les dernières minutes du cycle de travail. Cette chute qui s'explique par le passage des boues dans la MDC car la chambre des boues dans le clarificateur devient saturée en boue nécessitant un débouillage, sinon nous aurons une mélasse défectueuse ce qui va impacté négativement la qualité de la levure produite.

D'après les valeurs des rendements calculés nous pouvons déterminer que le clarificateur ALPHA LAVAL est le meilleur par rapport aux autres, car il élimine une quantité maximale des impuretés (boues).

Chapitre 4 : Calcul des pertes en sucre dans les boues

Pour calculer la quantité du sucre perdu lors de la procédure de la clarification, il faut analyser la mélasse à l'entrée et à la sortie de ce dernier.

4.1- Analyse du taux du saccharose :

L'analyse des sucres a été effectuée par polarimétrie en suivant le mode opératoire suivant :

4.1.1- Mode opératoire :

Nous pesons dans une fiole de 220ml une quantité de mélasse de 20g, nous ajoutons un peu d'eau distillée et de l'acétate de plomb (25ml dans le cas où la mélasse à clarifiée est une mélasse de canne et 15ml pour la mélasse de betterave), ensuite nous complétons les 200ml avec de l'eau distillée.



Figure 11 : l'analyse des sucres

Après une agitation et une filtration sur papier filtre nous mesurons l'angle de déviation de la lumière polarisée par un **polarimètre**.



Figure 12: Polarimètre

La méthode planimétrique est une méthode instrumentale simple et précise pour déterminer le taux des molécules optiquement active dans un produit, ces molécules ont la propriété de dévier la lumière polarisée d'un certain angle.

Pour les sucres la relation reliant le taux du sucre dans la mélasse à l'angle de déviation est donné par la relation suivante :

$$\text{Taux du saccharose en \%} = \alpha_1 * 0,75 * 10$$

α_1 : l'angle de déviation.

4.1.2- Résultats et interprétations :

Le tableau 9 présente les résultats permettant d'évaluer le taux de perte en sucre par m³ de mélasse traitée et ce pour les trois clarificateur (ALPHA LAVAL, SB60 et SB80) :

Pour chaque clarificateur nous présentons l'angle α de la déviation de la lumière polarisée par la mélasse à l'entrée et à la sortie, le pourcentage de saccharose par 100g de mélasse, le pourcentage de saccharose par 100ml (en utilisant les densités), les débits de la mélasse traitée par heure et les pertes en sucre par m³ de mélasse traitée.

Tableau 8: Résultats de saccharose perdu dans les trois clarificateur

paramètres	ALPHA LAVAL		SB 60		SB 80	
	V=48L		V=40L		V=40L	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Angle α	3,7	3,62	3,72	3,64	3,7	3,62
Densité	1,248	1,243	1,248	1,247	1,248	1,247
% du saccharose (g/100g)	27,75	27,15	27,9	27,3	27,75	27,15
% du Saccharose (g/100ml)	22,23	21,84	22,35	21,89	22,23	21,77
Débit en m³/h	12		7		10	
Saccharose perdu par m³ de mélasse traitée	3,9		4,602		4,596	



Evaluation du rendement de la clarification de la mélasse et Détermination des pertes en saccharose



D'après les résultats présentés dans ce tableau nous notons que le clarificateur ALPHA LAVAL est le meilleur en entraînant une perte de $3,9 \text{ kg/m}^3$ alors que le SB60 et le SB80 sont presque pareils entraînant respectivement des pertes de $4,602$ et $4,596 \text{ kg/m}^3$.

4.1.3- Estimation des pertes de sucre dans LESAFFRE :

Après avoir calculé le taux de sucre perdu par m^3 traité pour chaque clarificateur et connaissant le volume traité par chaque clarificateur par jour nous estimons les pertes en sucre par **LESAFFRE** est : $3,6 * 96 + 4,602 * 56 + 4,596 * 80$ soit **970,99 kg/jour**.

Et par mois : **$970,99 * 30 = 29129.7 \text{ kg/mois}$**



Conclusion général

Ce rapport est le fruit d'un mois et demi de stage avec un personnel qualifié au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques de la société de production de levure LESAFFRE.

Notre travail est porté sur le suivi du contrôle qualité de la clarification de la mélasse brute (betterave et canne à sucre).

Dans le premier axe de la partie pratique nous avons calculé les rendements des trois clarificateurs (ALPHA LAVAL, SB60 et SB80). Ce calcul nous a permis de montrer que le clarificateur ALPHA LAVAL est le meilleur avec un rendement de 70%, alors que de SB80 et le SB60 ont respectivement des rendements 60% et 40%.

Dans le second et après une détermination des taux de sucre dans la mélasse à l'entrée et à la sortie des clarificateurs par polarimétrie nous avons procédé au calcul des pertes en sucre dans les boues par chaque clarificateur. Ce calcul nous a permis de conclure que le meilleur est l'ALPHA LAVAL entraînant uniquement 3,9 kg/m³ de mélasse traitée alors que le SB60 et le SB80 entraînent presque une même perte de 4,6 kg/m³.

Avant de terminer nous avons évalué les pertes en sucre dans LESAFFRE cette perte qui s'élève à 970,99 kg/j et de 29129,7 kg/mois.