



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)
TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE
(TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

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

Présenté par :

◆ HAJAR OUSTA

Encadré par :

◆ Mr A.BENNANI (Société)

◆ Pr N.IDRISSI KANDRI (FST – Fès)

◆ **Soutenu Le 08 Juin 2016 devant le jury composé de:**

◆ Pr K.MOUGHAMIR

◆ Pr A.ZEROUALE

◆ Pr N.IDRISSI KANDRI

◆ **Stage effectué à LESAFFRE-MAROC**

Année Universitaire 2015 / 2016

Remerciement

Avant tout, je tiens à rendre grâce à Dieu pour la vie, la Santé et la Force qu'il m'a accordé pour pouvoir parfaire ce travail.

Je remercie la Direction de la société **LESAFFRE-MAROC** de m'avoir offert cette opportunité d'apprendre aux côtés de leur personnel qualitatifs et industriels ; messieurs, dames, ce fut pour moi un honneur de vous avoir côtoyé.

Je voudrais adresser toute ma reconnaissance à Monsieur **BENNANI**, Responsable du service Qualité pour son accueil, son encadrement, sa compréhension, ses conseils et remarques pertinents.

Aussi, je voudrais témoigner toute ma profonde gratitude au personnel du laboratoire nominativement **Messieurs BOUQADDIDA, EL HAJJAMI, BOUKHATEM et RACHID** pour leur aide et leur soutien et de m'avoir accordé de leur temps et veillé à ce que mon stage soit déroulé dans les meilleures conditions.

Daignons remercier vivement Monsieur **NOUREDDINE IDRISSE KANDRI** pour son encadrement, son suivi et ses conseils avisés. Je vous remercie Monsieur pour votre esprit ouvert et pour votre temps.

Aux Professeur **A.ZEROUALE** et **K.MOUGHAMIR**, je voudrais vous dire ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de porter un jugement sur ce travail.

A tous ceux qui liront un jour ce rapport, j'espère qu'il vous sera d'une utilité dans la connaissance de ce sujet.

Sommaire

Introduction	1
Présentation de l'entreprise	
1- LESAFFRE Maroc.....	2
2- Description et activités des laboratoires d'analyses	2
3- Organigramme de L'entreprise.....	2
Partie 1 : La levure et sa chaîne de production	
I-Généralités sur la levure.....	4
I-1- Caractéristiques générales.....	4
I-2- Métabolisme.....	5
II- La chaîne de production de la levure.....	5
Partie 2 : La Mélasse : Circuit général et Clarification	
I-La Mélasse	9
I-1-Définition	9
I-2- Les types de mélasses.....	9
I-3- Composition chimique de la mélasse.....	10
I-4-Traitement de la mélasse	11
a-Dilution	11
b-Clarification	11
c -Stérilisation	11
d- Refroidissement	12
Partie 3 : Matériels, Méthodes et Résultats	
INTRODUCTION.....	14
I- Aperçu sur le matériel utilisé.....	14
I-1- Le filtre a panier	15
I-2- Les clarificateurs	15

II- Calcul du rendement de chaque clarificateur	17
II-1- Durée de centrifugation	17
II-2- Durée d'étuvage	19
II-3- Calcul des rendements	20
II-4- Interprétation des résultats.....	24
II-5- Conclusion	24
III- Détermination du taux de saccharose dans les boues de débouage	24
II-1- Mode opératoire.....	25
II-2- Résultats	25
Conclusion générale.....	28

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise LESAFFRE-MAROC.....	3
Figure 2: Schéma d'une cellule de levure de boulangerie.....	4
Figure 3 : La chaîne de production de la levure à LESAFFRE-MAROC.....	8
Figure 4 : La canne à sucre.....	9
Figure 5 : La betterave sucrière.....	9
Figure 6: clarification et stérilisation de la mélasse.....	12
Figure 7: Station du traitement de la mélasse.....	13
Figure 8: la station de clarification de la mélasse.....	15
Figure 9: Schéma du clarificateur.....	17
Figure 10 : Représentation graphique du rendement du clarificateur ALPHA LAVAL en fonction du temps de fonctionnement.....	21
Figure 11: Représentation graphique du rendement du clarificateur SB 80 en fonction du temps de fonctionnement.....	22
Figure 12: Représentation graphique du rendement de clarificateur SB 60 en fonction du temps du fonctionnement.....	23

Liste des tableaux

Tableau 1 : composition pondérale des matières sèches totales de la mélasse.....	10
Tableau 2: caractéristiques des clarificateurs utilisés dans la société.....	16
Tableau 3: Variation du pourcentage des boues en fonction de la durée de centrifugation	18
Tableau 4: Variation du pourcentage des boues en fonction de la durée d'étuvage.....	19
Tableau 5: Rendement du clarificateur « ALPHA LAVAL »	21
Tableau 6: Rendement du clarificateur SB 80.....	22
Tableau 7: Rendement du clarificateur SB 60.....	23
Tableau 8: Calcul du poids du saccharose de débourbage.....	26
Tableau 9: Calcul de perte en saccharose pour chaque clarificateur.....	27

Liste des abréviations

MD : mélasse diluée

MDC: Mélasse diluée clarifiée

MDCS: Mélasse Diluée Clarifiée stérilisée

DB : Débourbage

MS: Matière sèche

Introduction

La boulangerie est parmi les secteurs industriels agroalimentaires qui ont connu une grande évolution au cours du 20ème siècle. Regardez un pain : c'est l'histoire de l'humanité que vous contemplez. A la base de notre alimentation depuis des millénaires, il est le témoin privilégié de l'histoire des civilisations.

Pour fabriquer du pain, il faut de la farine, de l'eau, du sel et de la *levure* de boulanger ou du levain. Ce dernier ingrédient, la levure, est l'un des plus anciens produits issus de la fermentation industrielle. Encore est-elle un des plus importants produits de la biotechnologie en termes de quantité (plus de 2,5 millions de tonnes annuelles) et par sa fonction (les qualités des pains levés à la levure sont reconnues à travers le monde, dépassant les frontières nationales et culturelles).

Toutefois cette importance ne saurait éclipser celle de la mélasse, principale source de carbone de la levure et dont l'une de ses étapes déterminantes lors de sa production industrielle reste et demeure la clarification. Fort de cette importance et dans ce contexte assez exigeant, Ce travail vise à déterminer la quantité de boues (colloïdes toxiques à la multiplication de la levure) contenue dans la mélasse à l'entrée et à la sortie du clarificateur, confirmer ou infirmer si le rendement du clarificateur est inférieur à 50% et enfin déterminer la quantité du saccharose perdue au cours de la clarification.

Ce rapport est élaboré selon le plan suivant:

- La première partie est réservée à la définition de la levure et de sa chaîne de production.
- Dans la deuxième partie nous donnons un rappel sur le processus de traitement de la mélasse.
- Dans la troisième partie nous présentons les résultats des analyses effectués et leurs interprétations.

Présentation de l'entreprise

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire LESAFFRE est le leader mondial dans le domaine de la levure de panification. LESAFFRE intervient également dans les domaines de la nutrition, de la santé humaine et animale. Son aptitude à anticiper les besoins, à comprendre les attentes de ses clients et à fournir des produits de qualité, ont imposé le Groupe comme fournisseur incontournable des industriels, et du grand public.

1- LESAFFRE Maroc :

En 1993, la société SODERS a été majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE et portant aujourd'hui comme nouvelle appellation « **LESAFFRE MAROC** ». Elle présente la première entreprise privatisée du Maroc bénéficiant de l'expérience et de l'expertise du leader mondial dans la fabrication de la levure de panification. Située à Fès, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares. LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise de la levure : les marques, Jaouda comme levure fraîche, Rafiaa et Nevada comme levure sèche, ainsi que des améliorants de panification : les marques Ibis bleu et Magimix.

2-Description et activités des laboratoires d'analyses de LESAFFRE Maroc :

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 :

Laboratoire d'analyses microbiologiques : Ce laboratoire est divisé en quatre parties :

- Salle des pathogènes où s'effectue les analyses des germes pathogènes.
- Salle des préparations des milieux de culture.
- Salle de stockage des matières premières.
- Salle d'analyses bactériologiques.

Laboratoire d'analyses physico-chimique : Ce laboratoire est divisé en trois parties :

- Salle de panification où s'évalue la force panaire.
- Salle de stockage des matériels et les produits initiaux.

- Salle d'analyses physico-chimiques qui s'occupe des analyses d'azote, du phosphore, de la mélasse et de l'eau.

3-Organigramme de l'entreprise :

L'organigramme ci-dessous résume la voie hiérarchique de la société:

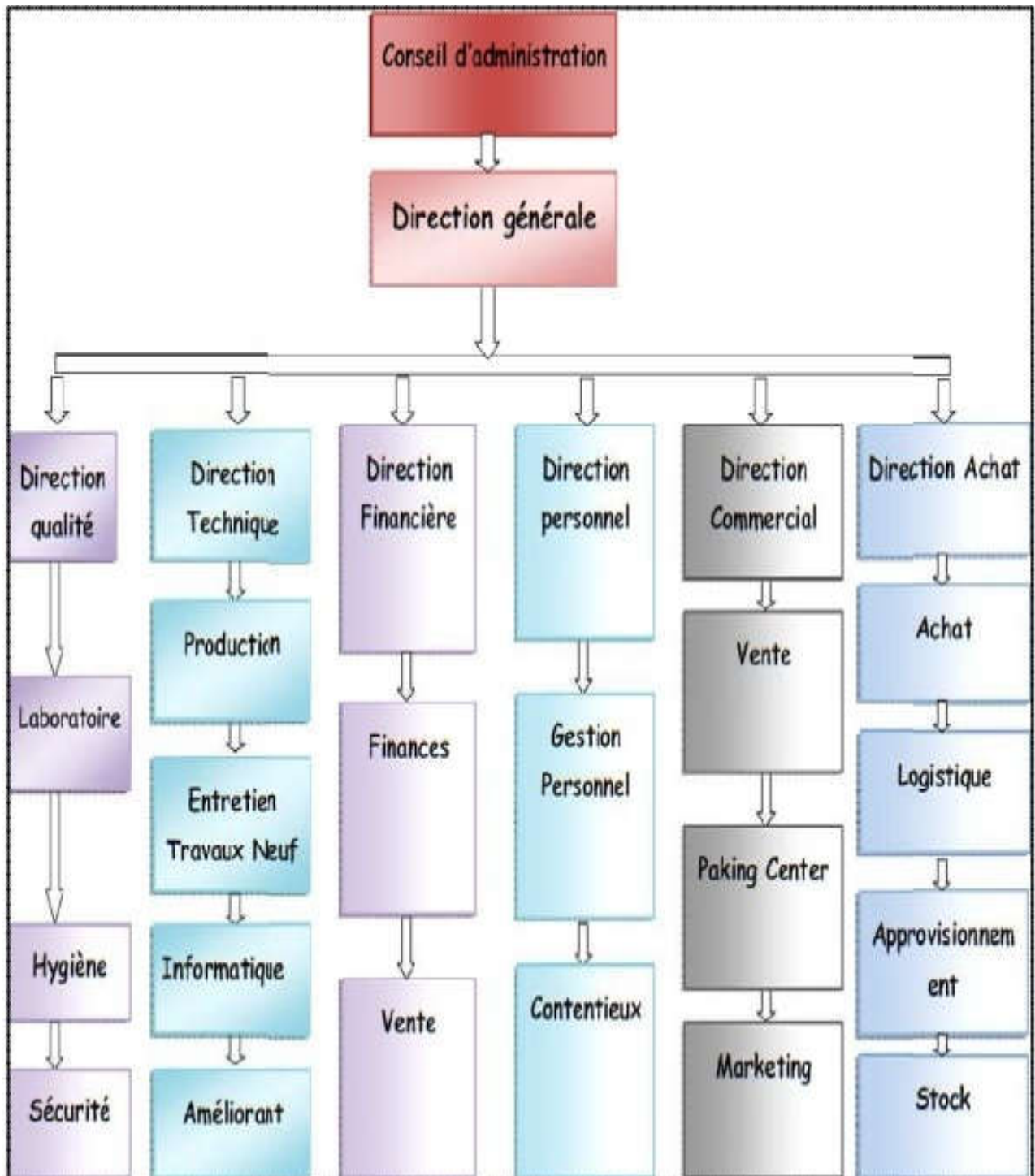
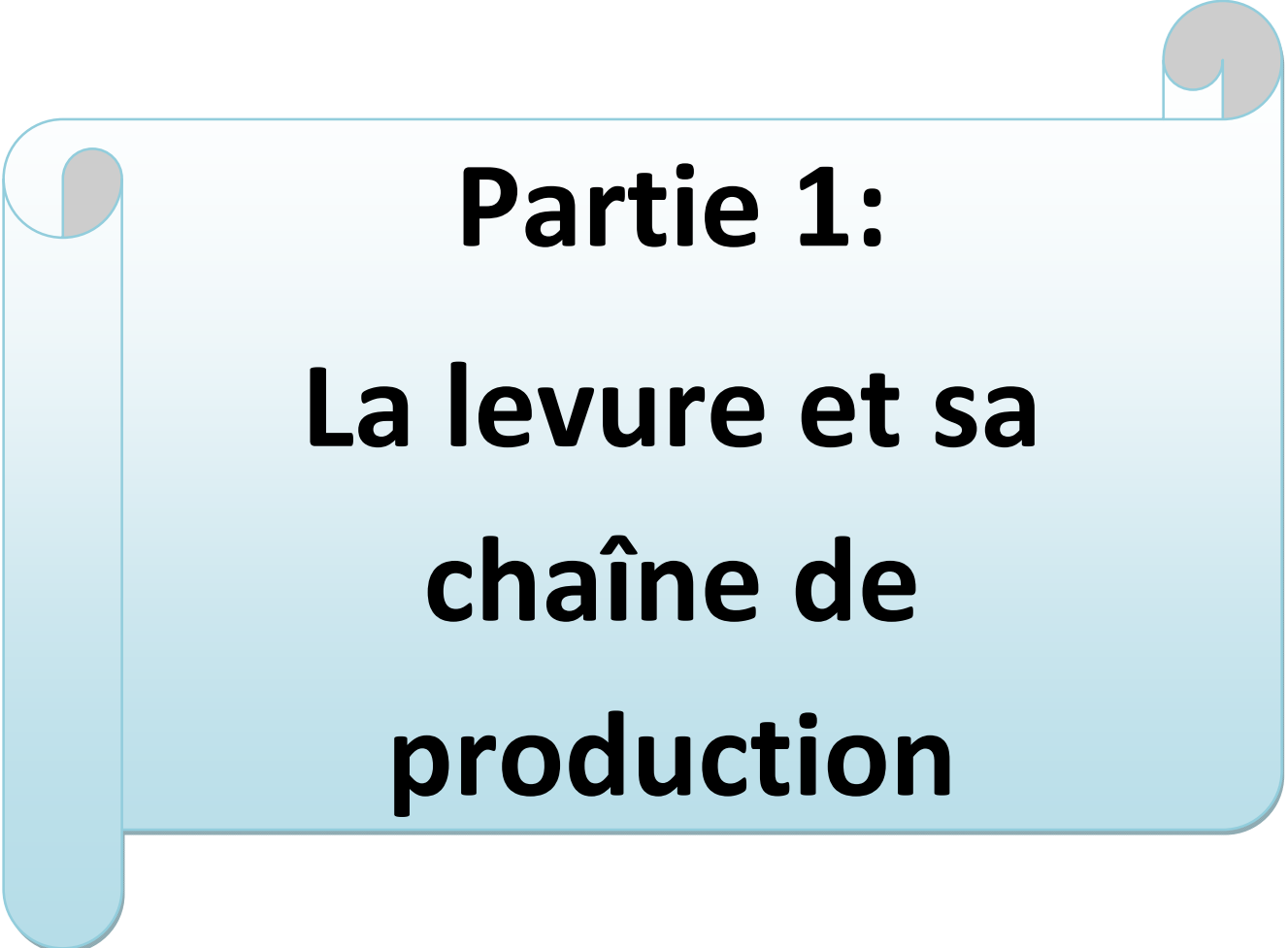


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise LESAFFRE-MAROC



Partie 1:
La levure et sa
chaîne de
production

I-Généralités sur la levure :

I-1- Caractéristiques générales :

La levure de boulanger (*Saccharomyces Cerevisiae*) est un champignon unicellulaire microscopique. Ce champignon se présente sous forme sèche, en paillettes ou en gélules. Les levures sont des micro-organismes eucaryotes, ainsi possèdent-elles les caractéristiques structurelles propres à ce type cellulaire (*figure 2*) et d'autres plus spécifiques aux levures elles-mêmes. Ces micro-organismes, de forme variable selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire ou apicule, c'est-à-dire renflée à chaque bout comme un citron) mais généralement ovales, d'environ 6 à 10 μm et jusqu'à 50 μm , se multiplient par bourgeonnement ou par division.

Les levures mettent tout en œuvre pour transformer les composés organiques et en créer de nouveaux. Leur rôle est bien connu dans la fabrication du pain. Petites reines de chimie, les bactéries nous apparaissent comme des organismes complexes car elles jouent avec les éléments pour les métamorphoser. Si on ne se tient qu'aux alcools et pains, on se rend compte que, finalement, elles ne savent faire qu'une seule chose : **transformer le glucose en éthanol et dioxyde de carbone** (CO_2). Mais c'est déjà bien le principal pour faire gonfler les pâtes de farine.

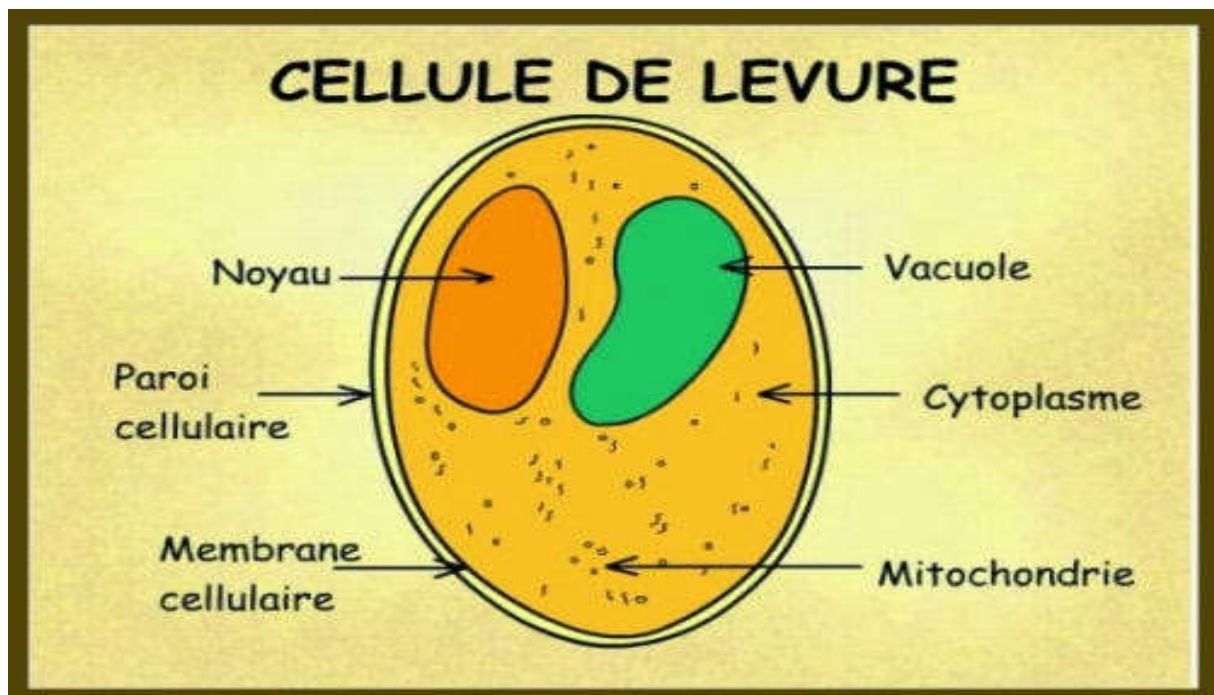


Figure 2: Schéma d'une cellule de levure de boulangerie

I-2- Métabolisme :

La levure de boulangerie appartient à un groupe relativement mineur de levures : 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 : $C_6H_{12}O_6$ (glucose) + $6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{énergie (688 kcal)}$

En présence d'oxygène *Saccharomyces Cerevisiae* produit son énergie par respiration. Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules de subir une multiplication avec un rendement cellulaire élevé.

Fermentation anaérobie : $C_6H_{12}O_6$ (glucose) $\rightarrow 2CO_2 + 2CH_3CH_2OH + \text{énergie (56 kcal)}$.

En absence d'oxygène (anaérobiose), le champignon produit l'énergie par fermentation alcoolique en faisant intervenir plusieurs sortes d'enzymes.

Comme en anaérobie, le glucose suit la voie de la glycolyse jusqu'au pyruvate ; mais, en présence d'oxygène, celui-ci ne sera pas transformé en éthanol mais en acétyl-CoA qui permettra l'entrée dans **le cycle de Krebs** (*Le cycle de Krebs est un ensemble de réactions chimiques au sein de la cellule qui a pour but de fabriquer de l'énergie à partir des glucides et accessoirement à partir des lipides et des protéines*). En raison de son meilleur rendement énergétique, la voie respiratoire est utilisée préférentiellement par la levure. Cependant, si la concentration en sucre du milieu dépasse 100 mg/L, il y a inhibition de la respiration par la fermentation et production d'alcool malgré la disponibilité d'oxygène. C'est **l'effet Crabtree**, appelé aussi effet glucose (*L'effet Crabtree est l'inhibition du métabolisme respiratoire dans un milieu riche en glucose même en présence d'oxygène*).

II- La chaîne de production de la levure :

Etape 1: Ensemencement : La base de tous les produits dérivés de la levure **LESAFFRE** est la culture d'une souche pure de *Saccharomyces Cerevisiae* effectué dans des conditions stériles. Chaque mois **LESAFFRE** reçoit 2 souches de *Saccharomyces Cerevisiae* conservés dans des tubes à 4°C dans un milieu gélosé, un destiné à la levure fraîche L20 et un à la levure sèche L13 qui sont régénérés dans 4 tubes, deux pour chacun. Ils sont incubés dans des fioles

stériles de 250 ml (*Van Lear*) contenant une solution nutritive à base de sucre à une température constante de 30 °C, avec agitation pendant 8h. Elle est transférée dans un *Carlsberg* (7L) dans les mêmes conditions mais dans un temps de 16h puis dans une cuve de 800L mais cette fois dans un milieu nutritif à base de mélasse. Enfin elle est destinée au pré fermentation.

Etape 2: pré fermentation : Après la récolte, la levure (la culture) est transférée dans de grandes cuves de pré fermentation en acier inoxydable où elle sera mise en culture dans les conditions optimales de pH (par l'ajout l'acide sulfurique qui maintient le pH entre 3,4 et 4,5), d'oxygène, de température et de milieu nutritif (la mélasse stérile, l'eau et d'autre aliments comme l'urée, phosphate, sulfate, chlorure de magnésium et les élément de traces (les vitamines)) et qui servira après à l'ensemencement de la cuve de première génération industrielle (G1) ou levure-mère.

Etape3: Fermentation : Le moût issu de la pré fermentation sera transféré vers d'immenses cuves en acier dites fermenteurs (le quatrième fermenteur) avec un milieu nutritif bien spécifique (un mélange de mélasse, de l'azote, des sels préparés et des éléments de traces), on peut aussi ajouté une anti-mousse pour éviter les mousses se produisant lors de la fermentation .Après 18 à 20 heures de fermentation, on obtient la levure mère, qui va subir une séparation puis un stockage. La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, par un ensemencement pour donner naissance à une levure commerciale.

La fermentation se fait en présence d'oxygène pour minimiser la production de l'alcool. Les fermenteurs sont équipés avec des soufflantes qui les alimentent en air filtré. La température dans les fermenteurs est contrôlée à l'aide d'un régulateur lié à un échangeur de chaleur servant à refroidir le mout.

Etape 4: Séparation : Pour éliminer les déchets (reste du milieu nutritif) des mouts issus des fermenteurs on utilise un séparateur fonctionnant par centrifugation (*figure 3*) ; Il y a des séparateurs pour les phases solide/solide et pour liquide/solide. Pour la levure on utilise un séparateur de deux phases liquides. A la fin de la séparation on obtient une crème dense et liquide c'est le mout qui sera rejeté vers les égouts. La séparation se fait dans deux phases : La première permet de faire passer à séparation, la levure mère et une deuxième concerne les levures commerciales, qui sont après séparation refroidies, stockées à 4°C. La crème obtenue a une faible teneur en matières sèches (18 à 20%) d'où la nécessité d'aspirer son eau sur filtre afin d'atteindre 30 à 33% de matières sèches.

Etape 5 : Stockage de la crème : La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à pH = 2 pour éviter la contamination, et stockée à 5 °C pour ralentir le métabolisme cellulaire. Le système de refroidissement se fait par un échange thermique entre la crème et le liquide de refroidissement: l'eau glycolée (par des échangeurs de froid).

Etape 6 : La filtration : Dans le filtre tournant par le vide revêtu d'une pré-couche d'amidon (toile filtrante) qui ne laisse passer que l'eau sans la suspension solide, de l'eau est extraite de la levure liquide. Il en naît une masse pâteuse, qui peut être pressée à la forme souhaitée (barres, cubes). Pendant la rotation les cellules sont immergées à tour de rôle dans l'auge contenant la crème et le sel. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau. Un lavage est fait sur le gâteau obtenu par un liquide approprié toujours sous vide afin d'éliminer le sel. La pâte est obtenue grâce au couteau racleur, le gâteau est malaxé, boudiné et extrudé, l'eau filtrée est refoulée vers l'extérieur par une pompe d'évacuation.

Etape 7 : Séchage : On distingue deux types de levure sèche :

- **La levure sèche active :** Sous forme de petits grains sphériques, sa durée de séchage est d'environ quatre heures pour une quantité de 400kg à 500kg, et s'effectue à 45°C.
- **La levure sèche instantanée :** Sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20min environ pour une quantité de 1000 Kg. Elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la levure sèche active.

Etape 8 : Conditionnement :

Levure fraîche : Le gâteau obtenu est envoyé à la boudineuse où il est malaxé après l'ajout de l'huile de vaseline, puis il est pressé pour obtenir un pain de levure. Ce dernier est découpé en portions de 500g. Ces portions sont à leur tour enveloppées par du papier paraffiné.

Levure sèche active: elle est emballée sous air dans des sachets. Elle a une durée de conservation d'un an.

Levure sèche instantanée: elle est emballée soit sous vide ou sous azote.

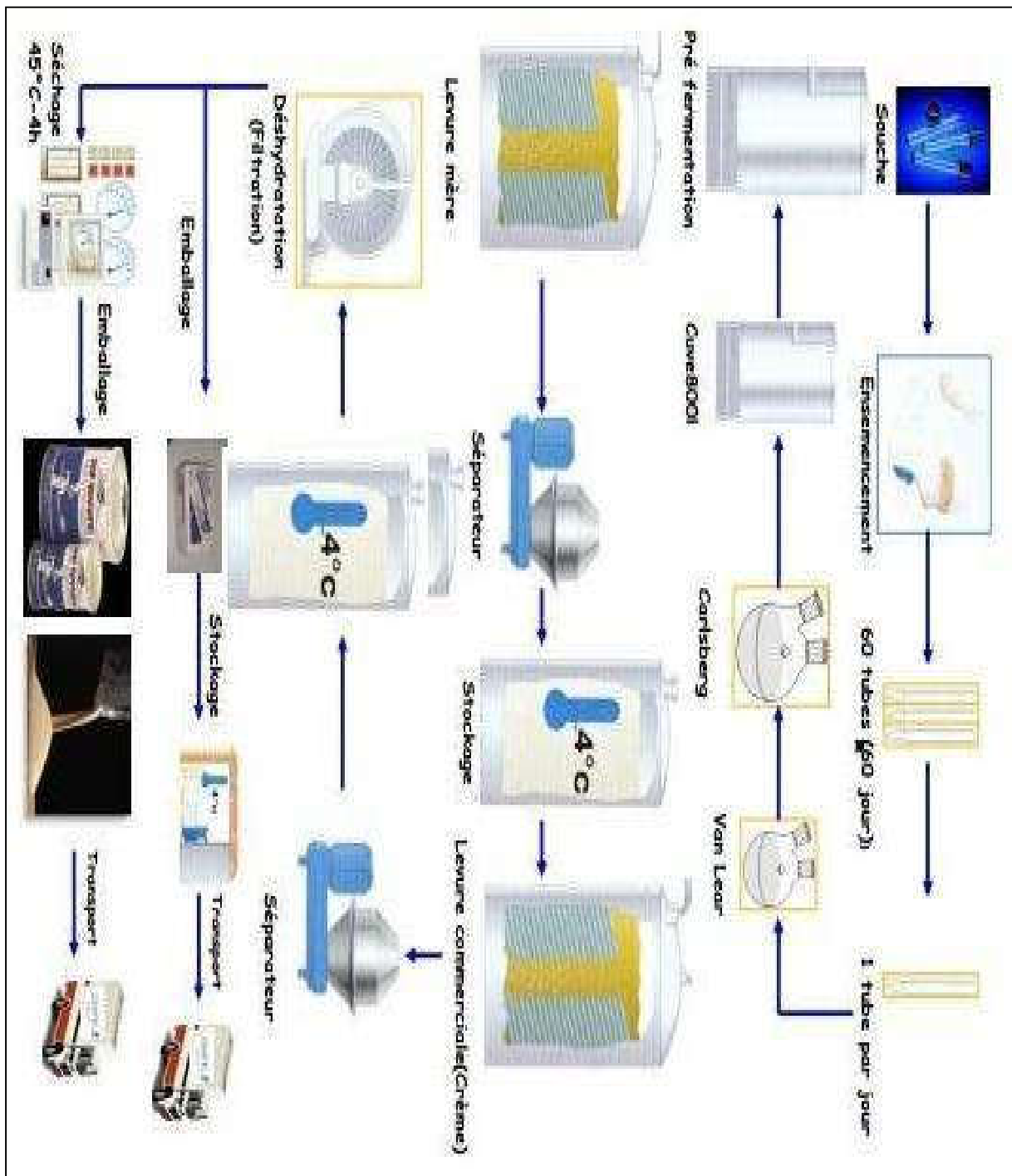


Figure 3 : La chaine de production de la levure à LESAFFRE-MAROC

Partie 2 :
La Mélasse : Circuit
général et
Clarification

I- La Mélasse :

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.

Il faut une tonne de mélasse pour produire environ une tonne de levure !

I-1-Définition :

La *mélasse*, est un résidu du raffinage du sucre extrait de la canne à sucre (ou parfois 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.

I-2- Les types de Mélasse :

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 (source de carbone) de la levure.

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 (*figure 4*). 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 (*figure 5*). Elle est légèrement moins riche en sucre (48%), elle est moins appétence que celle de la canne à sucre.



Figure 5: La betterave sucrière



Figure 4: La canne à sucre

I-3- Composition chimique de la mélasse :

Matière première	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
Sucre 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
Autres formes d'Azote	0	3,1
Acides organiques	5,5	7
Pectine, etc...	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, FeO₃	0,1	0
SiO₂	0,1	0
Cl	1,7	1,1

Tableau 1 : Composition pondérale des matières sèches totales de la mélasse

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). 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.

I-4-Traitement de la mélasse :

L'approvisionnement en *mélasse* du site de production se fait par camion. La mélasse est ensuite pompée vers les différents tanks de stockage (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. Afin qu'elle convienne à une bonne fermentation, elle doit subir un prétraitement comprenant plusieurs phases :

a-Dilution : La mélasse est diluée avec de l'eau pour diminuer sa viscosité et éviter des engorgements lors de sa circulation dans les conduites de la fabrication de la levure. La mélasse brute contient environ 80% de la betterave et 20% de la canne quant à la dilution elle est environ 48%. La température dans la cuve de mélasse diluée est de 70°C grâce à l'eau chaude ajoutée (66°C) et de la vapeur injectée (3,5 bar) ce qui favorise de la diminution de la viscosité de la mélasse.

b-Clarification : La clarification de la *mélasse diluée (MD)* est l'opération qui permet de séparer la mélasse diluée de toutes impuretés comme les colloïdes et les boues afin d'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 on utilise la centrifugation, qui est une opération mécanique qui permet d'augmenter la vitesse de séparation des deux phases hétérogènes (solide liquide) grâce à la force centrifugeuse due à la rotation de la centrifugeuse (figure 6).

c - 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 et le 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 stérilisateur. L'action conjuguée de la vapeur et de la température ($T > 120^{\circ}\text{C}$) provoque la dénaturation des protéines des micros -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 de mélasse. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque « MDC »-« MDSC » afin d'être refroidie. Le stockage de la **MDSC**

(**mélasse diluée clarifiée stérilisée**) se fait à une température de 90°C, puis elle est refroidie avant d'être utilisée dans la fermentation (figure 6).

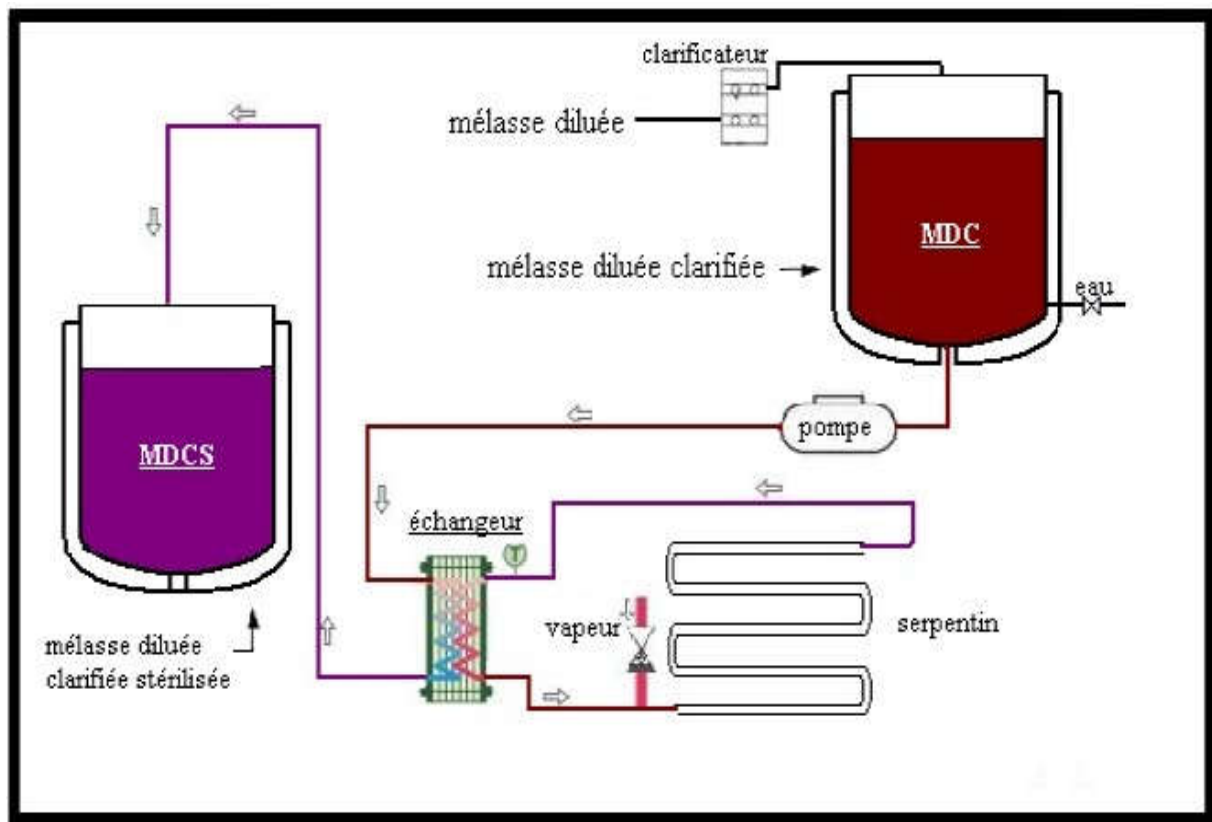


Figure 6: clarification et stérilisation de la mélasse

d- 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.

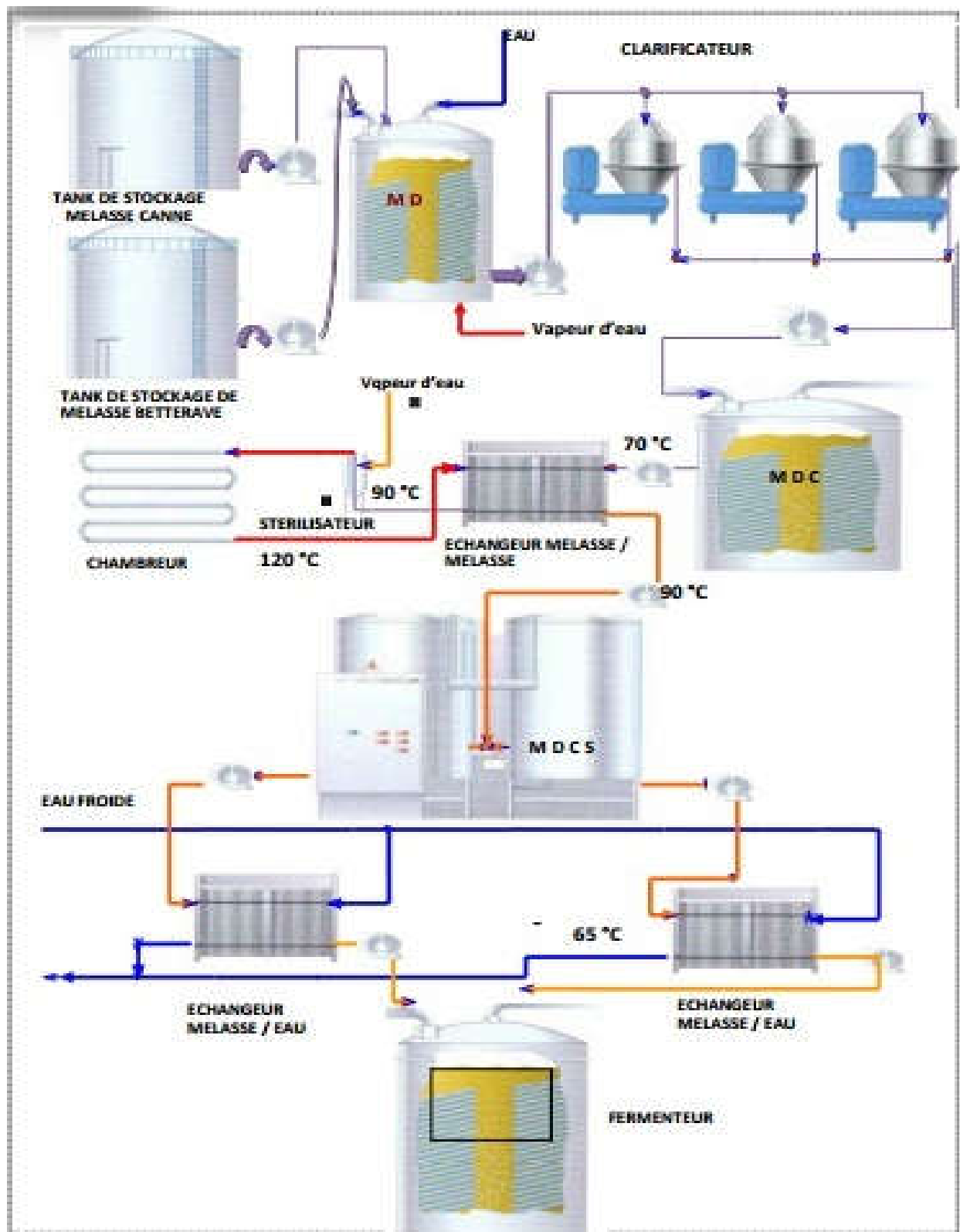



Figure 7: Station du traitement de la mélasse



Partie 3:

Matériels, Méthodes

et

Résultats

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 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 qui suit qu'est la stérilisation.

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

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 centrifuge est une décantation améliorée ou 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 leur différence de densité, en exploitant l'accélération terrestre ou centrifuge : les composants de plus grande densité se déposent au fond du bassin ou en périphérique du bol de rotation.

I- Aperçu sur le matériel utilisé :

En général le traitement de la station de clarification se fait en moyen de méthodes physicochimiques permettant d'éliminer toutes les impuretés trouvées dans la mélasse ; ce traitement passe par différentes étapes comme suit (*figure 8*) :

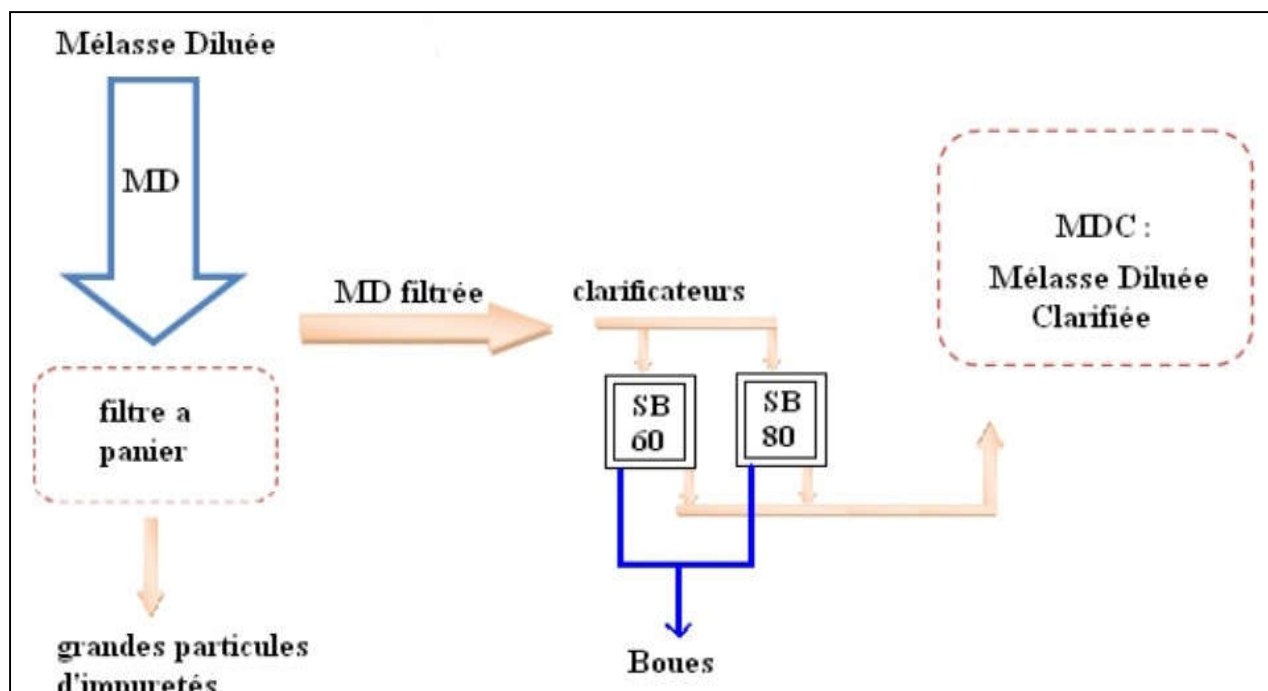


Figure 8: La station de clarification de la mélasse

I-1- Le filtre a panier :

Après dilution, la mélasse passe par un filtre, utilisé pour retenir les grandes particules, contenues dans la mélasse diluée, et pour faciliter l'étape de clarification. Un filtre à panier est un cylindre hermétiquement clos contenant un panier en tôle perforée, le panier peut être aisément retiré pour le nettoyage. Chaque filtre à panier est muni d'une bride de connexion pour l'alimentation et d'une ou deux brides de connexion pour la sortie. Disposés sur la tuyauterie d'aspiration de la pompe d'alimentation, ils permettent d'éviter le bouchage des buses de sous verse des hydro –cyclones de petit diamètre par des corps étrangers.

I-2- Les clarificateurs :

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

Dans la société LESAFFRE, il y a trois modèles de clarificateurs :

	ALPHA LAVAL	SB60	SB80
Débit (en m ³ /h)	12	7	10
Volume maximale des boues(en litre)	48	40	40
Cycle de travail(en minutes)	12	7	10

Tableau 2 : Caractéristiques des clarificateurs utilisés dans la société

Principe de fonctionnement :

Dans notre cas c'est un bol à assiettes destiné à la clarification de liquides c'est à dire à la séparation centrifuge de matières solides contenues dans un liquide d'une densité inférieure à celle de matière solide. Le liquide à traiter est introduit dans le bol par la conduite d'alimentation. Après avoir traversé le distributeur, il provient dans la pile d'assiettes où s'effectue la clarification. La pile d'assiettes est constituée par un grand nombre d'assiettes coniques superposées. Grace aux intervalles étroits entre ces assiettes, le liquide à traiter est divisé en couches minces. Le trajet de sédimentation des particules solides est ainsi réduit à un minimum sous la force centrifuge, elles se déposent sur la face inférieure des assiettes, d'où elles glissent vers l'extérieur puis elles sont recueillies dans la chambre à boue. Cette opération est facilitée par l'application d'une pression de 3,2 bars. Le liquide clarifié s'écoule vers l'intérieur et monte à travers les orifices du chapeau de bol, dans la chambre de refoulement d'où il est refoulé sous pression par la turbine. Les boues séparées s'amassent dans la chambre à boue et sont éjectées à intervalles périodiques (10 min pour SB80, 7min pour SB60, 12min pour ALPHA LAVAL ; l'entrée de la mélasse s'arrête et les boues sont éjectées vers les égouts. Cette opération s'appelle débouillage et elle est commandée par un système auto penseur qui injecte ensuite de l'eau dans le bol pour rincer le clarificateur de toutes les boues restantes.

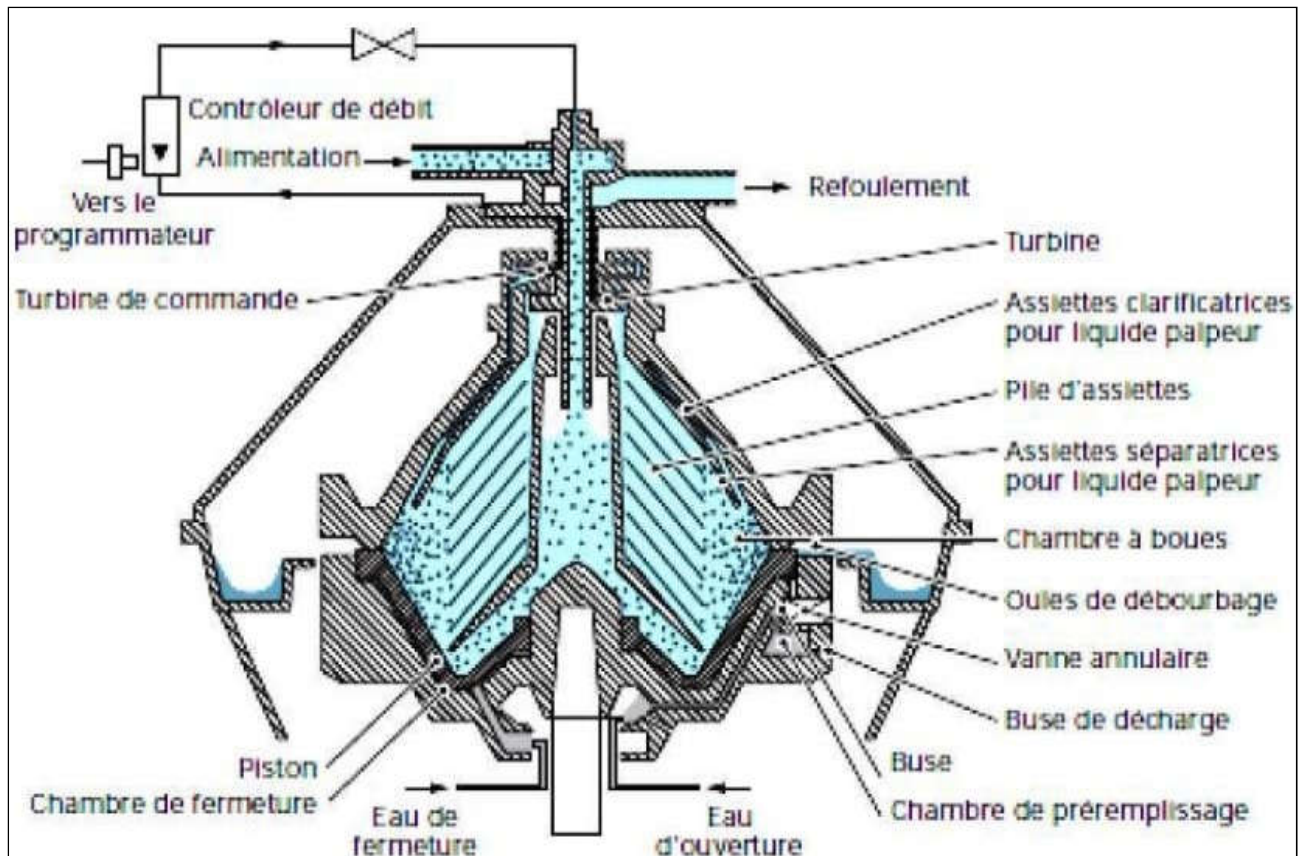


Figure 10: Schéma du clarificateur

II- Calcul du rendement de chaque clarificateur :

II-1- Durée de centrifugation :

Avant de passer à faire les analyses pour calculer le rendement de chaque clarificateur, nous avons commencé par travailler avec un échantillon que nous avons centrifugé pour différentes durées de centrifugation. Cela a été fait pour savoir le temps de centrifugation le plus convenable à utiliser par la suite.

On cherche à avoir une stabilité du pourcentage des boues entre deux durées successives.

On pèse 30g d'échantillon qu'on met dans des tubes notés de poids connus. Les échantillons subissent une centrifugation à 4500 tr/min pendant 10, 20, 30 et 35 min.

Après centrifugation, on élimine le surnageant et on verse les tubes pour se débarrasser des traces de mélasse restantes.

On calcule le pourcentage des boues présentes par la relation suivante :

$$\% \text{ Boues} = (m_1 - m_0) \times 100 / PE$$

PE : Prise d'échantillon

m_0 : masse du tube vide

m_1 : masse du tube plus les boues

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Echantillon	Durée de centrifugation (min)			
	10	20	30	35
1	0,300	0,511	0,731	0,730
2	0,325	0,531	0,749	0,749
3	0,307	0,514	0,736	0,736
4	0,309	0,518	0,740	0,740
5	0,307	0,512	0,734	0,734
6	0,313	0,529	0,741	0,741
7	0,302	0,518	0,734	0,734
8	0,320	0,530	0,744	0,744
9	0,298	0,510	0,730	0,730
10	0,308	0,515	0,739	0,739
Moyenne	0,309	0,519	0,738	0,738
Ecart type	0,009	0,008	0,006	0,006

Tableau 3: Variation du pourcentage des boues en fonction de la durée de centrifugation

Interprétation :

De 10 à 35 min, le pourcentage des boues augmente progressivement, on peut dire que 10 et du même 20 min ne suffisent pas pour que toute la quantité des boues présente dans la mélasse se dépose au fond du tube.

Vu que le pourcentage se stabilise à partir de 30 min, on a fixé le temps de centrifugation à 35min.

II-2- Durée d'étuvage :

Le calcul du pourcentage des boues après élimination du surnageant directement ne garantit pas que les résultats obtenus sont justes, donc nous avons mis les tubes dans l'étuve à 106,5 °C pour les sécher et éliminer les traces d'eau.

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Echantillon	Durée d'étuvage (min)			
	0	30	60	90
1	0,730	0,400	0,394	0,394
2	0,749	0,419	0,412	0,411
3	0,736	0,406	0,400	0,400
4	0,740	0,410	0,403	0,403
5	0,734	0,404	0,397	0,397
6	0,741	0,411	0,405	0,405
7	0,734	0,404	0,398	0,398
8	0,744	0,414	0,408	0,408
Moyenne	0,739	0,409	0,402	0,402
Ecart type	0,0061	0,0061	0,0061	0,0059

Tableau 4: Variation du pourcentage des boues en fonction de la durée d'étuvage

Interprétation :

On remarque que la stabilité des pourcentages est obtenue entre 60min et 90min, et l'écart type diminue avec l'augmentation du temps d'étuvage ce qui explique le choix de 90min d'étuvage dans les analyses ultérieure.

II-3- Calcul des rendements :

Après avoir fixé le temps de centrifugation et le temps d'étuvage, nous avons commencé à travailler sur des échantillons prévenants des trois clarificateurs, et pour cela, nous avons procéder comme suit :

On prend des échantillons à:

- L'entrée (MD)
- La sortie après 4, 6, 8 et 10 min pour ALPHA LAVAL
- La sortie après 2, 6 et 9 min pour SB 80
- La sortie après 2, 4 et 6 min pour SB 60

On met 30g de chaque échantillon dans les tubes pour centrifugation. Les échantillons subissent une centrifugation à 4500 tr/min pendant 35min. Après centrifugation, on élimine le surnageant et on met les tubes dans l'étuve pendant 90min.

Après 90 min dans l'étuve, on fait sortir les tubes et on les met dans le dessiccateur, puis on les pèse et on calcul le pourcentage de la même manière qu'on II.1 et avec ces valeurs on calcule le rendement par la relation suivante :

$$\text{Rendement} = (E - S) \times 100 / E$$

E: % des boues dans la mélasse d'entrée

S: % des boues dans la mélasse de la sortie

Les résultats sont les suivants :

ALPHA LAVAL					
Essai	Entrée	4 min	6 min	8 min	10 min
1	0,696	0,200	0,208	0,219	0,222
2	0,699	0,201	0,204	0,205	0,201
3	0,702	0,208	0,217	0,201	0,222
4	0,695	0,210	0,205	0,203	0,207
5	0,694	0,210	0,201	0,202	0,212
6	0,700	0,200	0,204	0,208	0,201
7	0,702	0,202	0,211	0,212	0,201
8	0,699	0,200	0,202	0,209	0,203
Moyenne	0,698	0,204	0,207	0,207	0,209
Rendement		70,77	70,34	70,34	70,05
Moyenne		70,38			

Tableau 5: Rendement du clarificateur « ALPHA LAVAL »

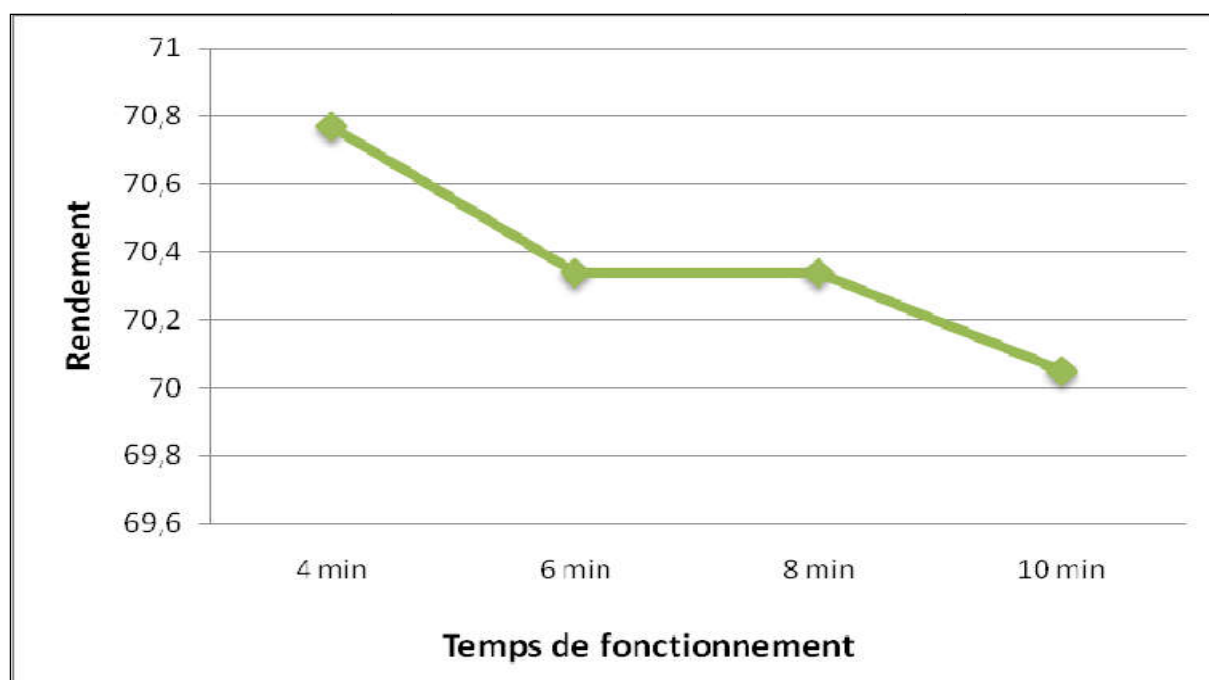


Figure 10 : Représentation graphique du rendement du clarificateur ALPHA LAVAL en fonction du temps de fonctionnement

SB 80				
Essai	Entrée	2min	6min	9min
1	0,696	0,274	0,274	0,272
2	0,699	0,273	0,272	0,280
3	0,702	0,274	0,275	0,269
4	0,695	0,267	0,271	0,278
5	0,694	0,271	0,270	0,280
6	0,700	0,273	0,273	0,274
7	0,702	0,273	0,274	0,260
8	0,699	0,273	0,270	0,274
Moyenne	0,698	0,272	0,272	0,273
Rendement		61,03	61,03	60,88
Moyenne		60,89		

Figure 11: Représentation graphique du rendement du clarificateur SB 80 en fonction de la durée de fonctionnement

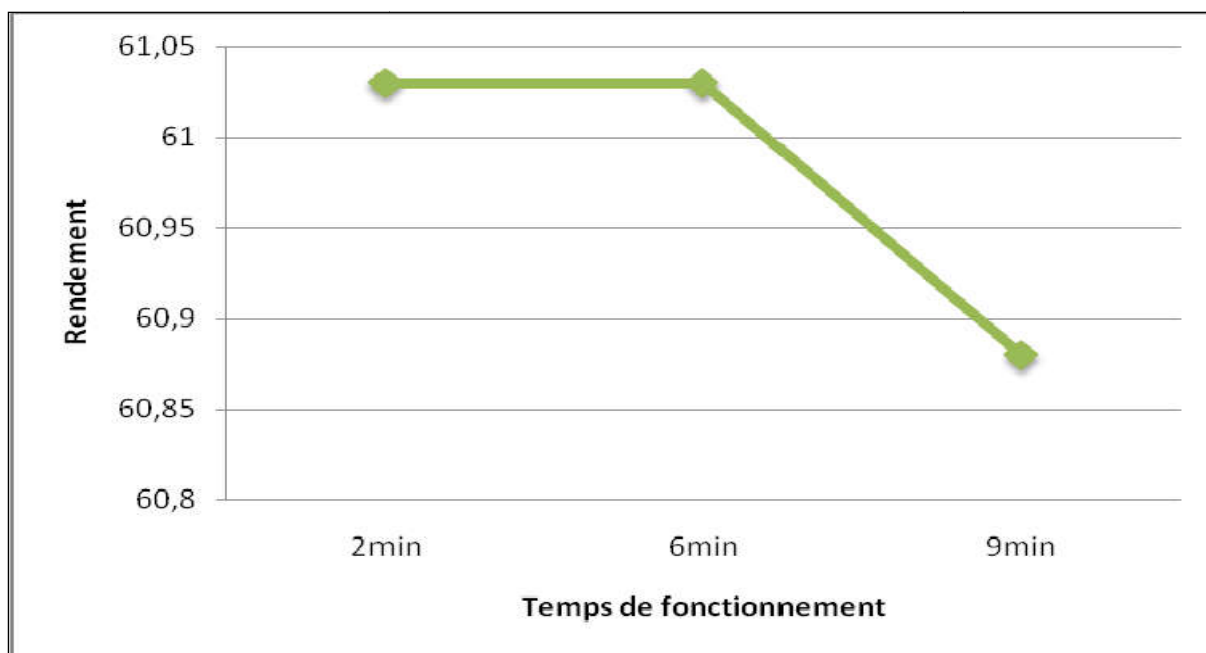


Tableau 6: Rendement du clarificateur SB 80

SB 60				
Essai	Entrée	2min	4min	6min
1	0,696	0,349	0,357	0,355
2	0,699	0,341	0,351	0,355
3	0,702	0,345	0,346	0,351
4	0,695	0,340	0,340	0,345
5	0,694	0,350	0,354	0,360
6	0,700	0,348	0,342	0,357
7	0,702	0,348	0,349	0,348
8	0,699	0,349	0,346	0,358
Moyenne	0,698	0,346	0,348	0,353
Rendement		50,42	50,14	49,42
Moyenne		49,99		

Tableau 7: Rendement du clarificateur SB 60

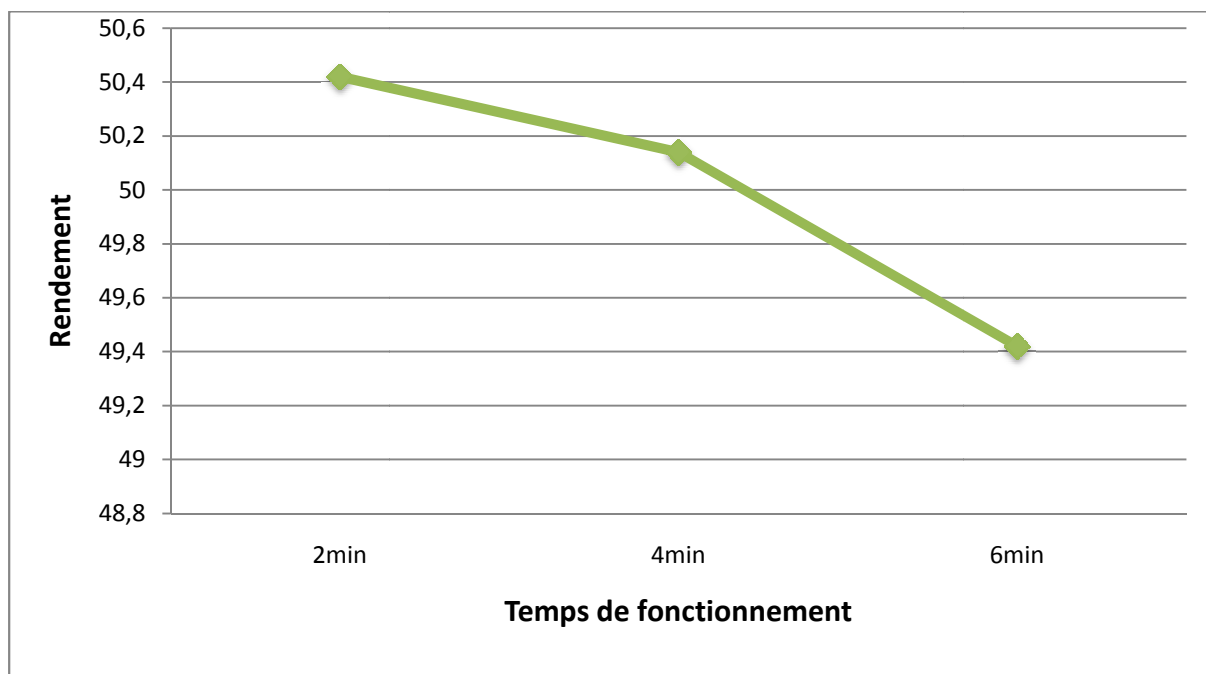


Figure 12: Représentation graphique du rendement de clarificateur SB 60 en fonction du temps du fonctionnement

II-4- Interprétation des résultats :

Selon les graphes qui représentent le rendement de chaque clarificateur en fonction du temps de fonctionnement, on voit que :

-Le rendement d'ALPHA LAVAL diminue dans les premières minutes puis il se stabilise et continue par diminuer d'une manière progressive dans les dernières minutes. La valeur moyenne du rendement est 70,38%.

-Dans les premières minutes, le rendement de SB 80 est stable puis il chute à la fin. Sa valeur moyenne est 60,89%.

-Pour SB 60, le rendement diminue progressivement dans les premières minutes puis chute rapidement à la fin. Sa valeur moyenne est 49,99%.

II-5- Conclusion :

On remarque que le point en commun entre les trois clarificateurs est la chute du rendement dans les dernières minutes du cycle de travail. La chute du rendement s'explique par le passage des boues dans la mélasse qui sort du clarificateur.

Sachant que le clarificateur élimine les boues avec une partie du saccharose aussi, donc une mélasse bien clarifiée sera moins riche en sucre donc moins bénéfique pour la levure.

Si au contraire le rendement se stabilise ou augmente à la fin, les boues seront éliminées et une partie des sucres aussi, dans ce cas nous serons obligés d'augmenter le temps du cycle de fonctionnement du clarificateur pour arriver à la chute du rendement. Ce n'est pas le cas ici.

Parmi les méthodes utilisés pour minimiser la perte en sucre et celle mentionnée ci-dessus qui consiste à diminuer le rendement du clarificateur à la fin, ce qui veut dire, d'une part, laisser passer les boues dans la mélasse, et d'autre part gagner au niveau du sucre.

En ce qui suit, on va calculer la quantité du saccharose qui passe dans les égouts avec les boues.

III- Détermination du taux de saccharose dans les boues de débouillage :

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

II-1- Mode opératoire :

-Dans une fiole jaugée de 200ml, on met 20g d'échantillon de débouillage, on ajoute 15ml d'acétate de plomb basique et on complète avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
-On laisse reposer pendant quelques minutes puis on agite et on filtre la solution obtenue à l'aide d'un papier filtre puis on récupère le filtrat.

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

II-2- Résultats :

A l'aide d'un Polarimètre on mesure la polarisation c'est-à-dire l'angle de rotation α .
Le taux du saccharose est calculé par la relation suivante :

$$\text{Taux de saccharose} = \alpha \times 0,75 \times 10$$

Avec :

α : l'angle de rotation du saccharose

0,75 : constante de l'appareil

Le polarimètre :

La polarisation rotatoire est la propriété qu'ont certaines substances (fluides ou solides) de faire tourner le plan de polarisation d'une onde polarisée rectiligne qui les traverse.

On l'appelle aussi biréfringence circulaire ou **activité optique**. Elle a été découverte en 1811 par D'Arago sur le quartz (SiO_2) et par J. B. Biot sur l'essence de térébenthine ($C_{10}H_{16}$).

Elle présente un intérêt à la fois théorique et pratique. En effet, elle prouve expérimentalement la nature vectorielle de la variable lumineuse.

En outre, elle est à la base du dosage des substances chimiques constituées de stéréo-isomères telles que certains sucres.

Les résultats sont les suivants :

Paramètres	Débourbage		
	ALPHA LAVAL V=48 L Cycle : 12 min	SB80 V=40 L Cycle : 10 min	SB60 V=40 L Cycle : 7 min
Angle α	2,8	2,8	2,45
% du saccharose (g/100g)	21	21	18,38
% du Saccharose (g/100ml)	17,7	16,8	14,82
Saccharose (kg/cycle)	11,33	6,72	5,928
Densité	1,186	1,25	1,24

Tableau 8: Calcul du poids du saccharose de débouillage

Le tableau ci-dessus donne le poids du saccharose qui passe avec les boues pour chaque clarificateur, pour ALPHA LAVAL par exemple, 8,496 kg du saccharose est perdu durant chaque cycle, cela veut dire chaque 12 min et ainsi de suite pour les autres clarificateurs.

Chaque clarificateur fonctionne 8 heures par jours, donc on va maintenant calculer le poids du saccharose perdu par heure, par jours et par mois.

Clarificateur	Poids du saccharose gaspillé (Kg)		
	Par heure	Par jours	Par mois
ALPHA LAVAL	56,65	453,2	13596
SB 80	40,32	322,56	9676,8
SB 60	50,81	406,5	12195

Tableau 9: Calcul de perte en saccharose pour chaque clarificateur

Conclusion générale

Le pain est à la base de la nourriture de plusieurs pays. L'accroissement démographique et la concurrence commerciale oblige les industries de boulangerie de développer leurs méthodes et d'améliorer la qualité du pain offert au consommateur ce qui est lié directement à la qualité de la levure utilisée.

Egalement, plusieurs facteurs influence la qualité de la levure dont la mélasse, principal source de carbone et l'une des éléments les plus importants dans le procédé de fabrication de la levure. Une mélasse bien traitée et évidemment bien clarifiée garanti la production d'une levure sans impuretés.

Les analyses effectuées aussi bien à l'entrée qu' à la sortie du clarificateur ont permis de déterminer le rendement en boues de chaque clarificateur et cela dans le but de savoir le clarificateur le plus fiable et le plus puissant. On peut résoudre le problème de passage des boues dans la mélasse de la sortie par diminuer le cycle du fonctionnement du clarificateur pour éviter la chute du rendement à la fin.

Ainsi, les analyses effectuées sur le débouillage ont permis de mettre en évidence une importante perte en saccharose lors du passage de la mélasse par le clarificateur. Ce saccharose qui passe avec les boues peut être récupérer par un traitement de ces boues avant de les jeter.

Pour finir, je peux dire que ce stage m'a permis de me familiariser avec le milieu industriel, d'avoir l'esprit du groupe et d'approfondir mes connaissances acquises au cours de mon cursus universitaire.

