



Licence Sciences et Techniques (LST)
**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET CONTROLE
DE QUALITE**

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

**Suivi de la variation des sucres au cours du traitement de
la mélasse dans l'étape de clarification**

Présenté par :

- ◆ **BOUKRIA Issame**

Encadré par :

- ◆ **Mr A.BENNANI (Société)**
- ◆ **Pr LAMCHARFI EI HADI**

Soutenu Le 16 Juin 2011 devant le jury composé de:

- ◆ **Pr LAMCHARFI EI HADI**
- ◆ **Pr BOUKIR ABDLATIF**
- ◆ **Pr AMEZIANE HASANI CHAKIB**

Stage effectué à "LESAFFRE MAROC"

Année Universitaire 2010 / 2011



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents

Source d'amour et d'agrément inépuisable

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand amour,
mon estime, ma vive gratitude,
mon intime attachement et ma profonde affection.*

*Je ne saurai et je ne pourrai vous remercier
pour tout que vous avez fait pour moi et ce que vous faites jusqu'à présent.*

Qu'ALLAH vous bénisse et vous protège.

A mes chers grands pères.

Pour vos prières.

A mon cher frère et ma chère sœur.

Pour leurs sourires, leur amour et leur respect.

*Qu'ALLAH vous assiste et vous réserve une vie pleine de succès
et de bonheur.*

*A mes amis : Yassine, Ayoub, Mustapha,
Toufik, Mbarek, Mohammed, Karim, Omar...*

A tous les membres du club Espoir.

Pour leurs aides et leurs encouragements.

A tous mes collègues TACCAistes.



REMERCIEMENT

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu et encadré durant mon stage

Je souhaite en premier lieu remercier tout le personnel de la société LESAFFRE Maroc pour leur accueil afin d'accomplir mon stage de fin d'étude avec en tête Mr. D.LESAFFRE le Directeur Général ainsi que son adjoint Mr. EL KHAMLICHI.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrant Mr. LAMCHARFI EL HADI, professeur à la FST de Fès pour son orientation ainsi que son aide.

Mes très sincères remerciements vont aussi à tous les membres de jury qui composé de : Pr. LAMCHARFI EL HADI, PR. BOUKIR ABDLATIF et Pr. AMEZIANE HASANI CHAKIB qui m'ont éclairé la voie par ces orientations, ces expériences et ces connaissances dans le domaine.

Je tiens à dire un immense merci à Mr A.BENNANI chef de laboratoire de m'avoir accueilli dans le laboratoire et pour la liberté et la confiance qu'il a su m'accorder tout au long de mon stage, je voudrais aussi le remercier de m'avoir laissé développer tous les aspects passionnants de ce travail.

Je tiens aussi à dire un immense merci à Mr. BOUKADIDA ABDLALI responsable des analyses physico-chimique pour sa disponibilité, et pour la confiance qu'il nous a accordé.

Aussi j'aimerais bien remercier mes collègues HOSNY et SOFIANE, binôme de promotion et qui ont fait aussi un stage de fin d'étude à LESAFFRE Maroc, pour les discussions, l'aide et les exposés au laboratoire, ce qui m'a permis de m'instruire dans leur domaine d'étude.

Finalement, J'aimerais tout de même dire un grand merci en particulier à toute l'équipe du laboratoire qui m'a aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail pour leurs conseils et leurs aides dans les analyses.



Liste des tableaux

Tableau n°1 : Principales levures et leurs applications dans le secteur de l'alimentation.....	15
Tableau n°2 : La composition type des levures de boulangerie.....	18
Tableau n°3 : Analyse pour 100 g de mélasse de sucre.....	19
Le tableau n°4 : la composition chimique type de la mélasse de canne et de betterave.....	20
Tableau n°5 : Analyse du saccharose dans la mélasse.....	35
Tableau n°6 : Analyse des sucres réducteurs dans la mélasse.....	36
Tableau n°7 : Analyse du Clerget dans la mélasse.....	37
Tableau n°8 : Analyse de la matière sèche dans la mélasse.....	38
Histogramme n°1 : Pourcentage du saccharose dans la mélasse.....	36
Histogramme n°2 : Pourcentage des sucres réducteurs dans la mélasse.....	37
Histogramme n°3 : Pourcentage du Clerget dans la mélasse.....	38
Histogramme n°4 : Taux de la matière sèche dans la mélasse.....	39

Liste de figures

Organigramme n°1 : l'organisation générale de LESAFFRE Maroc.....	09
Schéma n°1 : Cellule de levure de boulangerie (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).....	13
Figure n°1 : Fermenteurs.....	16
Figure n°2: Filtres à vide rotatif.....	17
Figure n°3: La canne.....	19
Figure n°4: la betterave.....	19
Figure n°5 : Mélasse brute.....	19
Schéma n°2 : le Clarificateur.....	21
Schéma n°3 : clarification et stérilisation de la mélasse.....	21
Figure n°6: Echangeur de chaleur.....	22
Schéma n°4 : Station de traitement de la mélasse.....	23
Figure n°7 : Pré-fermenteur.....	24
Schéma n°5 : utilisation de l'eau à LESAFFRE Maroc.....	27
Schéma n°6 : production de la levure de panification.....	28
Schéma n°7 : la station de clarification de la mélasse.....	29
Figure n°8 : Filtre à panier.....	31
Figure n°9 : centrifugeuse.....	32
Figure n°10 : Polarimètre.....	32
Figure n°11 : Clerget.....	33
Figure n°12 : Sucres réducteur.....	34
Figure n°25 : dessiccateur.....	35



Sommaire

REMERCIEMENT	3
Liste des tableaux	4
Liste de figures	5
INTRDUCTION GENERALE.....	1
I-Présentation de la société LESAFFRE Maroc	2
II-Organigramme.....	3
III -Description et activités du laboratoire d'analyses LESSAFRE Maroc	4
1 ^{ère} Partie : Production de la fabrication de la levure	5
I- Généralités et historique	6
I-1- Définition	6
I-2-Description de la levure.....	6
I-3-conditions de croissances	8
I-4-Modes de multiplication.....	8
I-5-Principales levures et leurs applications dans le secteur de l'alimentation	8
I-6-La levure de panification	9
I-7-Différentes types de levures de boulangerie et leurs compositions.....	11
II-La préparation du milieu de culture.....	12
II-1-Définition	12
II-2-Préparation de la mélasse.....	14
IV- Fermentation	18
IV -1- Définition.....	18
IV -2- La fermentation au sein de la société.....	19
V- Séparation.....	19
VI-Filtration	19
VII-Séchage.....	19
VIII-Conditionnement	20
2 ^{ème} Partie : Etude de la variation des sucres au cours du traitement de la mélasse	22
INTRODUCTION.....	23
I- Aperçu sur le matériel utilisé.....	23
II-2- Détermination du Clerget.....	25
II-3- Dosage des Sucres réducteurs	26
II-4- Contrôle des paramètres organoleptiques de la levure fraîche.....	27



II-5- La conductivité.....	28
II-6- Détermination de la matière sèche	28
III- Résultats et interprétation.....	29
CONCLUSION	35
Références bibliographiques	23

INTRDUCTION GENERALE

Dans le cadre de renforcer la familiarisation des étudiants en licence avec le domaine industriel, la faculté des sciences et techniques (FST de FES-SAIS) permet à ses étudiants, en troisième année option : Techniques d'analyses chimiques et contrôle de qualité, de passer des périodes de stages d'application au sein d'une entreprise comme un module de programme de leur formation.

Ces stages sont très bénéfiques et indispensables pour compléter la formation théorique reçue au cours des années estudiantines et mise en pratique de cette théorique ainsi qu'acquérir des connaissances nouvelles tant sur le plan professionnel qu'humain.

C'est dans ce contexte que j'ai effectué mon stage d'application au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques comme projet de fin d'étude (LST : TACCQ) au sein de la société LESAFFRE Maroc.

Sachant que l'une des matières premières essentielles pour la fabrication de la levure est la mélasse, au cours de stage, j'ai suivi la variation des sucres lors de leur traitement à l'entrée, à la sortie et au débourage.

L'objectif de ce sujet est d'une part, maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure, d'autre part, contrôler la qualité de la mélasse reçu par différentes sucrerie et de quantifier le taux des sucres avant et après traitement.

Ces contrôles sont effectués par plusieurs analyses physicochimiques telles que :

- Le dosage des sucres réducteurs
- L'analyse du taux du saccharose
- La détermination du taux de Clerget
- L'analyse de la matière sèche

Le contrôle qualité de la mélasse, par ces quartes analyses, doit répondre aux exigences du cahier de charge de la société.

I-Présentation de la société LESAFFRE Maroc

Son ancienne appellation est SODERS.

Créée en 1975, la SODERS est depuis 1993 majoritairement détenue par le groupe Français LESAFFRE. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée au Maroc. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification.

Basée à Fès, elle emploie plus de 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, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

LESAFFRE Maroc fabrique et commercialise de la levure et des améliorants de panification :

Jaouda pour la levure fraîche.

Rafiaa 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 **Magimix** pour les améliorants de panification.

Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

LESAFFRE MAROC possède un laboratoire d'analyse où on effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et Microbiologiques pour contrôler et assurer la qualité de la levure.

Le succès de LESAFFRE GROUP repose essentiellement sur le respect des valeurs humaines. Quatre mille collaborateurs partagent ensemble cette passion, qu'ils mettent au service des clients sur l'ensemble du marché mondial : *Haute technologie ; *Adaptation aux besoins et anticipation ; *Respect des valeurs fondamentales de la vie.

La souplesse de son organisation lui permet d'être proche des faits, des métiers et des hommes :

Engagement dans la durée ; *Proximité sur le terrain ; *Stabilité et dynamisme.

Le groupe LESAFFRE a également pour le respect des valeurs environnementales.

Innové, progresser, évoluer... telle pourrait être la devise du département Recherche et Développement du groupe.

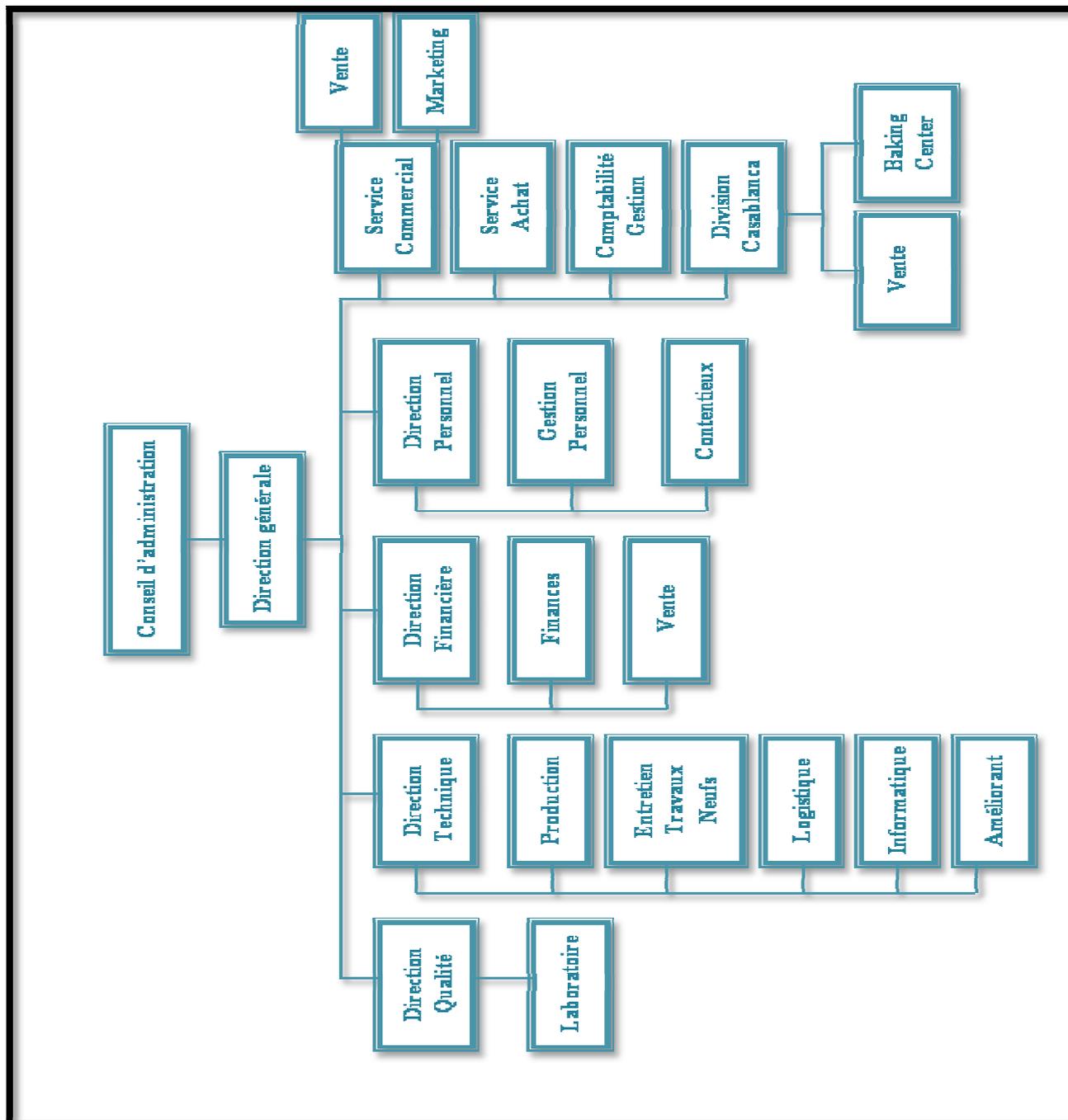
Regroupant des ingénieurs de grandes écoles et des chercheurs d'universités, LESAFFRE illustre bien la volonté du groupe de mener une politique de recherche appliquée active afin d'exploiter au mieux les découvertes et connaissances de la recherche fondamentale.

Les travaux de recherche et de développement ont profondément transformé les activités du groupe, notamment les techniques et les procédés de fermentation. La maîtrise des processus fermentaires, l'adaptation des outils de production aux matières premières locales telles que la mélasse à canne ou les hydrolysats de sucre ou de maïs, ont permis une grande souplesse de production au niveau mondial.

Les capacités d'innovation et de dynamisme de son centre de recherches figurent parmi les éléments moteurs de la réussite du Groupe.

II-Organigramme

Organigramme n°1 : l'organisation générale de LESAFFRE Maroc



III -Description et activités du laboratoire d'analyses LESSAFRE Maroc

Le laboratoire d'analyses de LESAFFRE Maroc, dans ses nouvelles conceptions, joue un rôle très important dans la démarche qualité qui constitue l'une des priorités de la société.

Il est composé de deux salles :

➡ Salle de microbiologie

La validité des contrôles microbiologiques, nécessite notamment l'obtention de résultats d'analyses fiables. La fiabilité des résultats implique l'utilisation des méthodes validées, mises en œuvre par un laboratoire compétent « Toute méthode doit être validée avant être utilisée ».

C'est pour cela que l'usine exige un système d'épuration d'air, un personnel hautement qualifié et expérimenté, un climat professionnel encourageant, et la vaillance d'un chef de laboratoire, dont le plus grand souci est la qualité des analyses et la sensibilisation permanente des techniciens aux principes et règlements relatifs à l'hygiène.

Ce laboratoire est divisé en quatre parties :

- Partie des pathogènes pour effectuer les analyses des germes pathogènes.
- Partie de la préparation des milieux de culture, la stérilisation et d'autres activités ont lieu.
- partie de stockage des matières premières.
- Et enfin une Partie pour effectuer les analyses bactériologiques.

➡ Salle des mesures physico-chimique

Il est équipée de matériels sophistiqués, alimentée de différents types d'eaux (eau adoucie, eau distillée, eau RADEEF) utilisées selon les besoins, et fait appel à un personnel qualifié effectuant quotidiennement des analyses physico-chimiques (pH, conductivité, dosage de l'azote, dosage des phosphates, dosage des sucres réducteurs, mesure de la quantité des sucres :saccharose, Clerget, Sucres réducteurs...) et veillant toujours à bien respecter les consignes du responsable de laboratoire, qui lui-même participe à l'application du plan de contrôle et assure une efficace démarche qualité par sa surveillance instantanée, tout ça dans un climat de travail favorable.

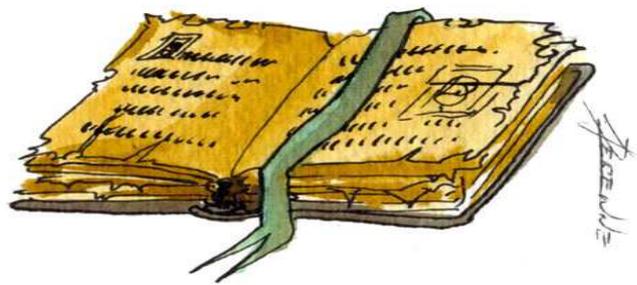
Elle est divisée en trois parties :

- Partie de panification pour évaluer la force panaire.
- Partie de stockage où se trouvent tous les produits initiaux et le matériel nécessaire aux analyses.
- Grande partie 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 salles communiquent entre eux par une laverie où se fait le nettoyage du matériel, ainsi que la destruction des produits contaminés.

Le service qualité de LESAFFRE Maroc assure un suivi des produits, en effectuant des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients. Il valide à chaque étape de la fabrication la conformité des produits à un cahier de charge très strict.

1^{ère} Partie



Procédé de fabrication de la levure

I- Généralités et historique

L'intervention de la biotechnologie dans la production des aliments pour l'Homme est très ancienne.

Les microorganismes jouent un rôle très important dans la conversion de divers produits d'origine végétal ou animal tels que : la préparation du pain, du fromage, du yaourt et des boissons alcoolisées.

Certaines espèces fongiques se révèlent utiles, voire indispensables, dans certains domaines de l'industrie agro-alimentaire. Les levures représentent, certainement, le groupe le plus important de microorganismes exploités par l'homme.

Depuis la plus haute Antiquité, elles ont joué un rôle primordial dans l'alimentation humaine : panification, brasserie, fromagerie. Le tiers, environ des 80 genres et 590 espèces de levures actuellement répertoriés peut être associés à des produits alimentaires. La plupart ne sont que les représentants d'une flore saprophyte de contamination banale, reflétant le caractère très ubiquiste de ces micro-organismes.

La dénomination "levure" découle de l'observation des fermentations et tout particulièrement celle qui a lieu durant la fabrication du pain : on dit communément et depuis longtemps que le pain "lève". Ce n'est pas, à proprement parler une dénomination scientifique actuelle. Mais l'importance des levures dans le domaine des fermentations conduit à conserver ce terme générique qui continue à être correctement perçu.

I-1- Définition

Une levure est un champignon unicellulaire (certaines levures sont cependant capables d'arborer un aspect pseudo pluricellulaires) par la formation, par ex., de *pseudomycélium*, apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales.

Ce sont des cellules eucaryotes appartenant au groupe taxonomique appelé les mycètes, qui contiennent également les moisissures. Les levures sont employées pour la fabrication du vin, de la bière, des spiritueux, des alcools industriels, du pain et d'antibiotiques.

Ces microorganismes 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 microns et jusqu'à 50 micromètres, se multiplient par bourgeonnement ou par fission (scissiparité). Ils sont souvent capables d'accomplir une sporulation soit dans un but de dormance en milieu défavorable, soit dans un but de dispersion.

La levure de panification (ou levure de boulange à laquelle on s'intéresse dans LESAFFRE MAROC est un champignon du genre *saccharomyces cerevisie*, en latin « Saccharo » signifie doux ou sucre et « myces » désigne moisissure.

I-2-Description de la levure

Comme nous l'avons cité précédemment, les levures sont des êtres unicellulaires. Ce sont des cellules rondes ou ovales. Pour les bio-technologistes, les levures sont avant tout des êtres vivants qui combinent des propriétés identiques aux bactéries (vitesse de leurs multiplications, simplicité de leurs exigences nutritionnelles et des propriétés d'organismes supérieurs).

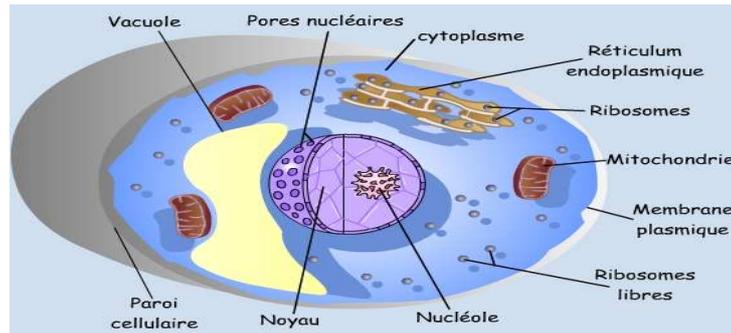


Schéma n°1 : Cellule de levure de boulangerie (*Saccharomyces cerevisiae*)

Une cellule est constituée de:

- + Une membrane cytoplasmique, protégée par la paroi cellulaire, assure les échanges avec l'extérieur. Composée principalement de phospholipides double couche (partie Hydrophile à l'extérieur et partie lipophile à l'intérieur). Elle contient aussi de nombreux complexes protéiques intrinsèques et extrinsèques dont les rôles sont variés.
- + Un cytoplasme, une sorte de gelée, constitue le substrat même de la vie de la cellule. Dans lequel s'effectuent les transformations biochimiques vitales.
- + Un noyau, qui contient les chromosomes (éléments qui portent les caractéristiques génétiques), règle la transmission des caractères héréditaires et l'essentiel des réactions qui se produisent à l'intérieur de la cellule. - Des vacuoles emmagasinent les substances de réserve diverses.
- + Des mitochondries sont les véritables centrales énergétiques de la cellule lorsque celle-ci fonctionne en présence d'oxygène. Leur rôle est d'utiliser les sucres mis à la disposition de la levure pour produire de l'énergie et permettre ainsi à la cellule d'assurer sa croissance.
- + Des ribosomes sont de petites structures (ou organites) présentes dans le cytoplasme des cellules. Ce sont eux qui assemblent les acides aminés pour former les protéines. Ils suivent pour cela le plan de montage contenu dans l'ADN (ARN messager).
- + Vacuoles : organites à l'aspect homogène, qui servent d'espaces de stockage pour diverses substances.

En aérobiose

Lorsque la levure se trouve en présence d'air, elle produit à partir du sucre et de l'oxygène, du gaz carbonique, de l'eau et une grande quantité d'énergie. C'est le processus métabolique de la respiration.

Dans ces conditions l'oxydation du glucose est complète :



Toute l'énergie contenue dans le glucose est libérée. Grâce à cette énergie, la levure assure son maintien en vie. Mais elle peut aussi l'utiliser pour synthétiser de la manière organique, c'est-à-dire se multiplier.

En anaérobiose

Lorsque la levure ne dispose pas d'oxygène, elle peut néanmoins utiliser des sucres pour produire l'énergie nécessaire à son maintien en vie. Ce processus métabolique a été défini par Pasteur comme étant celui de la fermentation.

On estime que 95% des sucres (glucose) sont transformés en gaz carbonique et en alcool et que 5 aboutit à des produits de fermentations secondaires : glycérol, acides organiques, aldéhydes, esters,...etc.

L'oxydation du glucose est incomplète :

La cellule de la levure + C₆H₁₂O₆ (glucose) → 2CO₂ + 2CH₃CH₂OH + Énergie utilisable (ATP)

L'ensemble de ces réactions est la base de la fermentation panair : le gaz carbonique provoque la levée de la pâte tandis que les métabolites secondaires contribuent à la création du goût et de l'arome du pain.

L'alcool formé contient encore beaucoup d'énergie. Il n'y a donc qu'une partie de l'énergie présente dans le glucose qui a été libérée. Elle assure un minimum vital à la levure, mais ne lui permet pas de se multiplier rapidement.

I-3-conditions de croissances

La température : La température optimale de culture des levures se situe entre 25 et 30°, d'une façon générale, les levures ne sont pas thermorésistantes. La destruction cellulaire commence dès 52°C.

Les levures sont aussi sensibles à la congélation et à la lyophilisation avec une grande variabilité selon les genres et espèces, et selon la phase de croissance (les cellules en phase exponentielle résistent moins que les cellules en phase Stationnaire).

Activité de l'eau : La plupart des souches ne peuvent se développer pour une activité d'eau inférieure à 0,90 ; mais certaines tolèrent des pressions osmotiques plus élevées, correspondant à une activité d'ordre de 0.60.

L'oxygène : toutes les levures sont capables de se développer en présence d'oxygène, il n'y a pas de levure anaérobie stricte.

pH : Les enveloppes cellulaires sont imperméables aux ions H₃O⁺ et OH⁻. Les levures tolèrent donc des gammes de pH très larges, théoriquement de 2,4 à 8,6.

I-4-Modes de multiplication

Ces microorganismes d'environ 6 microns sont généralement ovales, et se multiplient selon deux modes différents : le mode sexué et le mode asexué, ils sont souvent capables d'accomplir une sporulation soit dans un but de dormance en milieu défavorable, soit dans un but de dispersion.

Les ascomycètes qui se reproduisent par un mode sexué dans un asque résultant de la transformation d'une cellule après méiose.

Les basidiomycètes qui réalisent une reproduction sexuée avec formation de basidiospores sur une baside.

Les deutéromycètes regroupent l'ensemble des levures ne présentant pas de mode connu de reproduction sexuée.

Pour la plupart des levures la multiplication asexuée (mitotique) est la forme majeure de multiplication. Il existe 2 types de division mitotique chez les levures : par bourgeonnement (cas des Saccharomyces), ou par scissiparité (cas des Schizosaccharomyces).

I-5-Principales levures et leurs applications dans le secteur de l'alimentation

La levure, la plus ancienne et la plus utilisée, est le genre *Saccharomyces cerevisiae* ; il s'agit de la levure de boulangerie utilisée pour lever la pâte à pain mais aussi de la levure, qui est utilisée pour la fermentation alcoolique, pour la production de bière ou de vin.

Les sociétés spécialisées dans la production des levures et ferments alimentaires produisent des souches spécifiques pour chacune des applications : boulangerie, bière, différents types de vins

Espèces de levures	Produits obtenus et applications
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Pain (la levure de boulangerie joue un rôle clé dans l'hydrolyse des polysaccharides et des protéines contenus dans la farine ; la production de CO ₂ permet de faire « lever » la pâte de pain)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces caslsbergensis</i>	Bière
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces ellipsoïdes</i> <i>Genres Kloeckera, senula,</i> <i>Hanseniospora</i>	Vin (les premières étapes du processus de vinification: production d'alcool à partir du moût de raisin, sont principalement réalisées par <i>S. cerevisiae</i>)
<i>Saccharomyces Saké</i>	Saké
<i>Saccharomyce rouxii</i>	Miso (aliment fermenté à base de soja)
<i>Kluyveromyces fragilis</i> <i>Kluyveromyces lactis</i>	Fromages
<i>Candida utilis</i>	Levure alimentaire

Tableau n°1 : **Principales levures et leurs applications dans le secteur de l'alimentation**

I-6-La levure de panification

I-6-1- Historique et généralités

Décrite et nommée pour la première fois en 1837 par le botaniste Meyen, elle avait pourtant été observée quelque 157 ans auparavant par un “microscopiste” hollandais visionnaire : Van Leeuwenhoek. Il venait d'être élu membre de la Royal Society lorsqu'il décrivit des “ gouttelettes flottant dans une substance parfaitement claire que j'ai prise pour de la bière... bien que je fusse curieux de voir la façon dont ces globules parfaits de levure s'agrégeaient, je ne pus, en dépit de tous mes efforts, observer ce phénomène... ”. Il participa activement au combat contre la doctrine de la “ génération spontanée ” comme le fera, deux siècles plus tard, Pasteur, qui identifie sans ambiguïté le rôle des levures comme agents de la fermentation alcoolique en 1857.

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 un des plus importants produits de la biotechnologie, à la fois par la quantité (plus de 2,5 millions de tonnes annuelles) et par la fonction (les qualités du pain levé à la levure sont reconnues à travers le monde, dépassant les frontières nationales et culturelles).

Pour le biochimiste et le généticien, son importance va plus loin que sa place dans l'industrie agroalimentaire et que son rôle dans la panification.

En effet, *Saccharomyces cerevisiae*, espèce à laquelle appartient la levure de boulangerie, a été et est encore l'un des organismes modèles parmi les plus utilisés dans les laboratoires de recherche universitaires pour des études biochimiques, physiologiques et génétiques : c'est l'eucaryote le plus simple

(eucaryote: cellule différenciée contenant un noyau), sa croissance est rapide avec un doublement toutes les deux heures, sa manipulation en laboratoire est aisée et son utilisation séculaire dans les aliments fermentés est l'assurance de son innocuité.

La levure de boulangerie est un champignon unicellulaire, appartenant à la classe des Ascomycètes, du genre *Saccharomyces* (le nom réfère à son affinité pour le sucre) et de l'espèce *cerevisiae* (le nom réfère à son rôle dans la fabrication de la bière). On peut observer, au microscope optique, des cellules individualisées, de forme ovoïde, de 4 à 10 μm de diamètre.

Un gramme de levure pressée contient 8 à 10 milliards de cellules. Sur une coupe observée en microscopie électronique, on distinguera, de l'extérieur vers l'intérieur, la paroi cellulaire, la membrane cytoplasmique, le noyau, des vacuoles, des ribosomes et des mitochondries.

I-6-2- Production industrielle de la levure de panification

C'est en laboratoire que les types de levure convenant à la production de pain sont sélectionnés sous des conditions rigoureusement contrôlées et multipliés. Après plusieurs phases de multiplication, une quantité de quelques centaines de grammes est transmise à l'usine où elle sera traitée jusqu'à obtention d'une quantité suffisante de levure-mère, base de la levure de panification proprement dit.

La levure-mère est introduite dans des fermenteurs (Figure n°1), Ce sont de grosses cuves de fermentation, lesquelles sont remplies de substances alimentaires et de sucre (sous forme de mélasse) d'une part, et surtout de grandes quantités d'air stérile d'autre part, insufflés par compresseur. Ce processus de fermentation est entièrement géré par ordinateur. La température, le pH, le débit d'air et l'apport de mélasse sont des paramètres suivis continuellement. Pendant la fermentation, la levure est rafraîchie en permanence afin d'en réguler le développement. Après la fermentation, la levure est au terme de sa croissance et se voit centrifugée afin de séparer levure et mélasse résiduaire. La crème de levure est rapidement refroidie à 4°C pour être stockée en citernes réfrigérées.



Figure n°1 : **Fermenteurs**

La crème de levure se transforme en levure fraîche ou levure sèche. Elle est transférée dans un filtre à vide rotatif (Figure n°2) pour être étalée sur l'étamine de ce cylindre tournant. L'eau résiduelle peut ainsi s'écouler jusqu'à obtention de consistance souhaitée de la matière sèche (environ 30%). Ensuite, la levure est enlevée du cylindre au moyen d'un couteau racleur.

Une partie des écailles de levure est pressée en blocs (levure pressée) puis emballée en cartons et stockée en chambres froides (2°C) dans l'attente de la livraison au client.



Figure n°2: **Filtres à vide rotatif**

La levure fraîche contenant environ 70% d'eau, a un temps de conservation limité, ce qui la destine plus logiquement au marché national et aux pays limitrophes. La levure restante est amenée à être séchée et déshydratée selon un procédé très spécifique qui la transforme en granulés. Nous parlons ici de la levure sèche, ou de la levure instantanée. La levure sèche a un taux d'humidité maximal de 5% et redevient viable après un contact avec de l'eau, ce qui la différencie principalement des autres produits instantanés comme le lait en poudre ou le café soluble. Cette levure est ensuite emballée soigneusement sous vide en sachets d'aluminium et stockée en magasin. Le contact avec l'air, l'eau et la lumière doit absolument être évité afin de préserver la meilleure conservation de la levure déshydratée.

Pendant la centrifugation, comme pendant la filtration, plusieurs flux de déchets sont créés. Ceux-ci contiennent encore, entre autres, beaucoup de protéines, ce qui donne à penser à une future utilisation de ces moûts dans d'autres domaines.

I-7-Différentes types de levures de boulangerie et leurs compositions

Il existe six types de levures :

- * La levure fraîche.
- * La levure sèche active a réhydraté.
- * La levure sèche instantanée.
- * La levure sèche active à pouvoir réducteur.
- * La levure sèche désactivée à pouvoir réducteur.
- * La levure liquide.

Parmi ces types de levures LESAFFRE MAROC s'intéresse a la production de :

- *Levure fraîche.
- *levure sèche active à réhydrater.
- *la levure sèche instantanée.

Composé (1)	Quantité	Composé (1)	Quantité
Azote	(g/100 g MS)	Vitamines	(mg/100 g)
Total	6 à 9	Thiamine (B1)	2 à 15
Phosphore en P 205	(g/100 g MS)	Riboflavine (B2)	2 à 8
Total	1,8 à 3	Pyridoxine (B6)	0,5 à 6
Sucres	(g/100 g MS)	Niacine (PP ou B3)	10 à 60
Total	35 à 45	Acide folique (B9)	1 à 6
Dont : glucanes	8 à 12	Acide pantothénique (B5)	5 à 15
mannanes	8 à 12	Minéraux	(g/100 g MS)
tréhalose	10 à 18	Fe	0,005 à 0,100
glycogène	1 à 5	Ca	0,02 à 0,15
Lipides	(g/100 g MS)	Mg	0,05 à 0,25
Total	4 à 7	K	0,8 à 2,5
Dont : phospholipides	1,5 à 3	Métaux lourds	(ppm/MS)
stérols	0,4 à 0,8	Pb	< 0,2
Oligoéléments	(ppm/MS)	Cd	< 0,1
Cu	< 10	As	< 0,5
Zn	< 150	Hg	< 0,05
		Se	< 0,5

(1) MS : matière sèche.

Tableau n°2 : **La composition type des levures de boulangerie**

II-La préparation du milieu de culture

II-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.

Constituants 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 canne à sucre contient :

- 71% d'eau ;
- 14% de saccharose ;
- 13 à 14% de fibres ligneuses ;
- 2 à 3% d'impuretés.

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

La betterave sucrière contient environ :

- 76% d'eau ;
- 15 à 18% de saccharose ;
- 4 à 5% de pulpe ;
- 2 à 3% d'éléments non sucrés.



Figure n°3: **La canne**



Figure n°4: **la betterave**



Figure n°5 : **Mélasses brute**

Tableau n° 3 : **Analyse pour 100 g de mélasses de sucre**

<i>Composés</i>	<i>Masse</i>
Protéines	1,9 g
Glucides	74,7 g
Lipides	0,2 g
Calcium	59,6 mg
Magnésium	197 mg
Fer	21,7 mg
Potassium	2421 mg
Vitamine B	60,3 mg
Autres composés	20 g

Dans le processus de levurerie, la mélasses est filtrée, diluée, clarifiée et stérilisée. Il est relativement facile de clarifier la mélasses de betterave, tandis que la mélasses de canne contient des substances colloïdales qui rendent la clarification plus difficile.

Les utilisations possibles de la mélasses sont multiples. Cette matière première est fournie à LESAFFRE Maroc par plusieurs sociétés de sucreries telles : SUCRAL, SUTA, SUCRAFOR, SUNACAS, SURAC, SUNABEL...

Il y a des tests quotidiens effectués sur la mélasses brute (Brix, pH qui donne une idée sur la qualité de la mélasses), et d'autres hebdomadaires (sucres réducteurs, sucres totaux, et matières sèches, analyses microbiologiques...).

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

Matière première	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
Sucres totaux	66,5	73,1
Saccharose.....	63,5	45,5
Raffinose.....	1,5	0
Sucre inverti.....	0	22,1
Autres.....	1,5	5,5
Composés organiques totaux	23,0	15,2
AG et PY (1).....	4,0	2,4
Aminoacides.....	3,0	0
Bétaïne.....	5,5	0
Autres formes d'azote.....	0	3,1
Acides organiques.....	5,5	7,0
Pectines, etc.....	5	2,7
Composés minéraux totaux	10,5	11,7
K ₂ O.....	6,0	5,3
Na ₂ O.....	1,0	0,1
CaO.....	0,2	0,2
MgO.....	0,2	1,0
Al ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃	0,1	0
SiO ₂	0,1	0
Cl.....	1,7	1,1
SO ₂ + SO ₃	0,5	2,3
P ₂ O ₅	0,1	0,8
N ₂ O ₅	0,4	0
Autres.....	0,2	0,9

(1) Acide glutamique + acide pyrrolidine carboxylique.

Le tableau n°4 : la composition chimique type de la mélasse de canne et de betterave

II-2-Préparation de la mélasse

Dilution

La mélasse brute pose des problèmes d'engorgement lors de sa circulation dans les conduites. Pour faire face à ce problème, la société LESAFFRE débite la préparation de la mélasse par une dilution, afin de diminuer la viscosité de la mélasse brute ; ainsi que pour avoir un bon mélange avec les autres ingrédients (sels nutritifs,...).

Pour effectuer cette tâche, on introduit dans une cuve de capacité de 15 m³ la mélasse brute (20% mélasse de la canne à sucre, 80% mélasse de la betterave) qui provient de deux grandes cuves de stockage avec un pourcentage de 52% ; ainsi que l'eau chaude avec un pourcentage de 48%. Et par le bas de la cuve, on injecte de la vapeur dans le but de réussir l'opération.

- Pour la température de la mélasse diluée : 70°C.
- Pour la température de l'eau chaude de dilution : 62°C.

Clarification

Puis on passe 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 on utilise 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.

- 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-Refoulement hydro-hermétique
- 13-Centrât

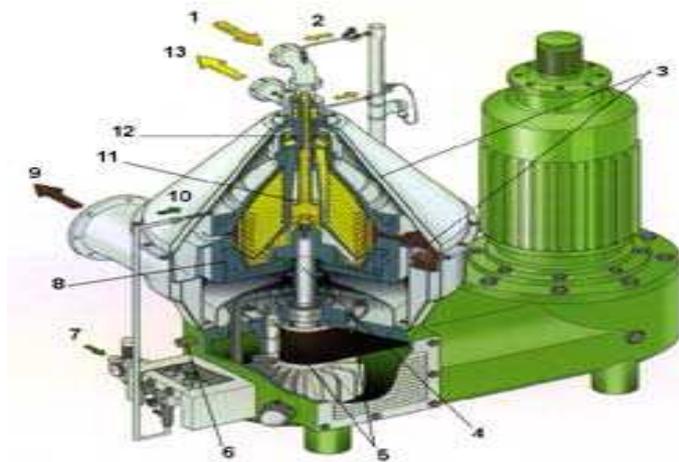


Schéma n°2 : le Clarificateur

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 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 de mélasse. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque « MDC »-« MDCS » afin d'être refroidie.

- Température de la stérilisation 120°C pour un débit de $8 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Température de la stérilisation 130°C pour un débit de $16 \text{ m}^3/\text{h}$
- Consigne de densité MDCS: 1, 19/2.
- Consigne de niveau BAC MDCS $3/10 \text{ m}^3$.

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

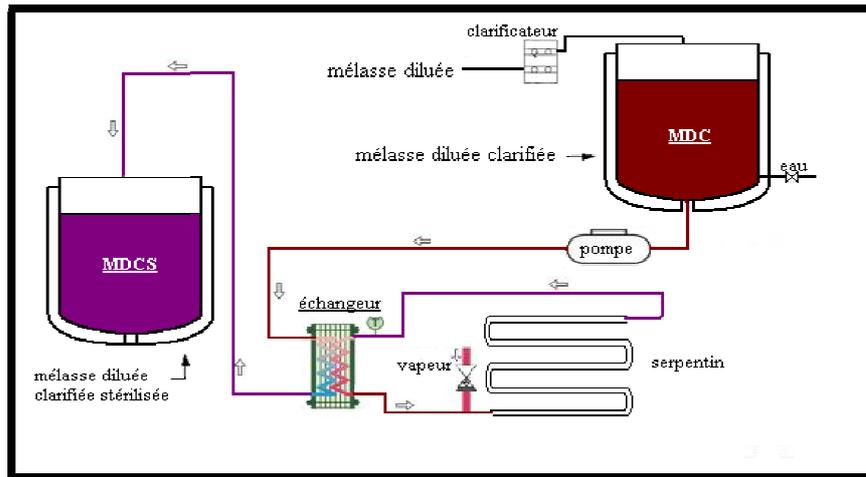


Schéma n°3 : **clarification et stérilisation de la mélasse**

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 polyphosphate à pour but d'empêcher le dépôt du calcaire, donc la décalcification.



Figure n°6: **Echangeur de chaleur**

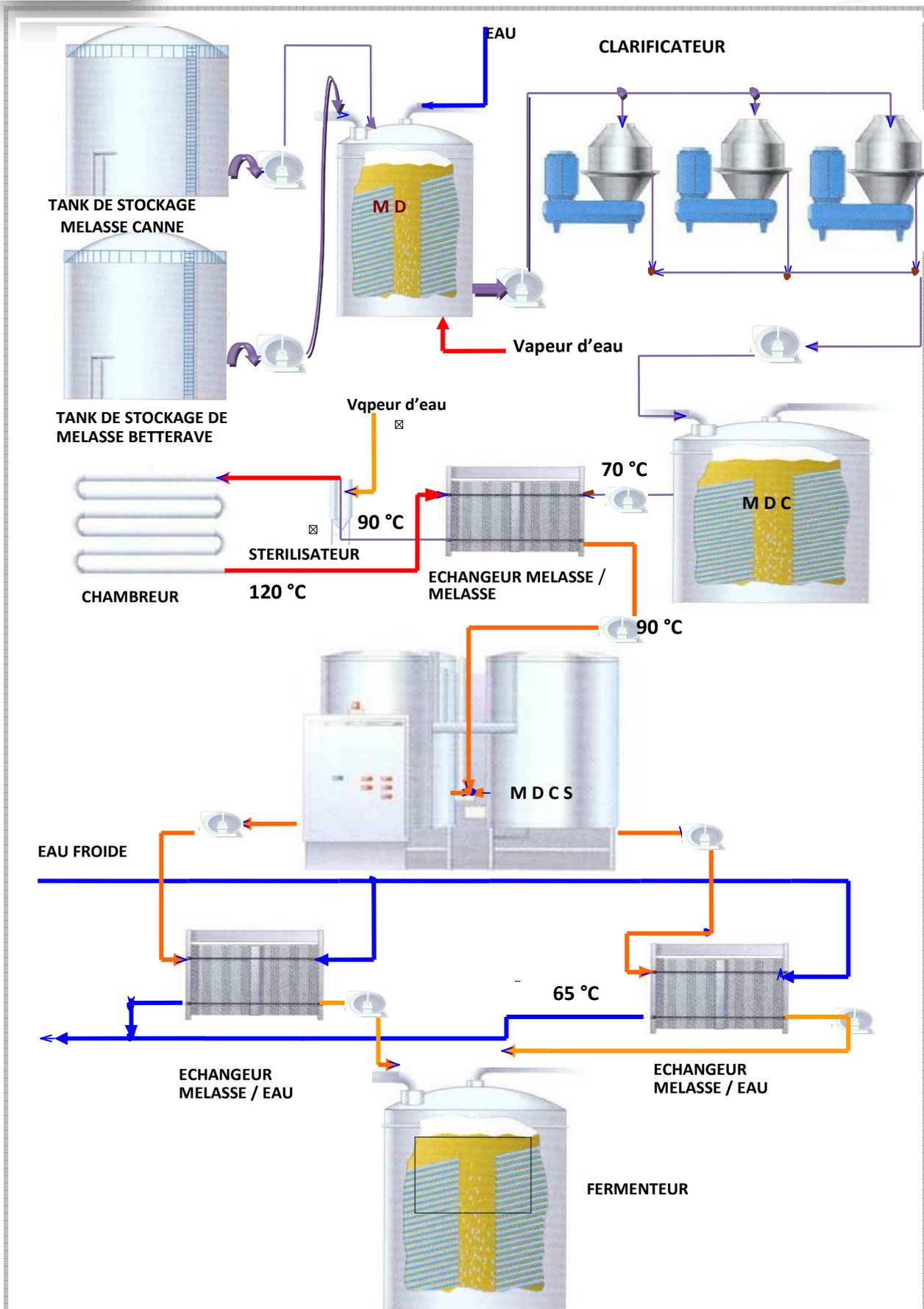


Schéma n°4 : Station du traitement de la mélasse

III- Ensemencement

↳ Préparation de la souche

Chaque mois la société LESAFFRE Maroc reçoit 2 souches de *Saccharomyces cerevisiae*. La première est destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche.

Ces souches sont ensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois (30 tubes pour chaque souche), cette étape exige un travail dans des conditions aseptiques pour éviter le risque de contamination, puis on transvase le contenu des tubes dans un petit icône appelé « van Lear » dont le milieu nutritif très riche rendra possible une première multiplication et donc la production de nombreuses cellules exactement identiques, puis, on les déplace dans le plus grand icône appelé « Gamsberg » où elles se multiplient à nouveau, puis on fait passer le contenu dans une cuve de 800 L. Pour cette fois on donne la mélasse comme produit nutritif

↳ Fermenteur pilote

La souche précédemment préparée est mise dans un fermenteur pilote de 800l, dans lequel est ajoutée la mélasse diluée clarifiée et stérilisée, ainsi les éléments nutritifs (urée, phosphate, sulfate, chlorure, magnésium,...) et les vitamines (vitamines : B1, B2, H...). Cette phase est appelée phase d'adaptation à un pH=4, et une température comprise entre 30 et 35 °C en présence d'oxygène.

A l'aide des conduites on passe à l'étape des pré-fermenteurs. Il existe deux pré-fermenteurs de volumes plus élevés et dans un milieu encore plus favorable.



Figure n°7 : Pré-fermenteur

IV- Fermentation

IV -1- Définition

La fermentation est une réaction biochimique qui consiste à libérer de l'énergie à partir d'un substrat organique sous l'action d'enzymes microbiennes et à rejeter des produits. Cette réaction ne fait pas intervenir d'oxygène (O₂), elle se déroule donc en absence d'air (anaérobiose).

Elle se distingue de la respiration qui nécessite de l'oxygène et se réalise en présence d'air (aérobiose) notamment par son faible rendement énergétique et la diversité des produits synthétisés.

Le terme «fermentation» dérive du latin *fervere* qui signifie bouillir : un liquide en cours de fermentation, alcoolique par exemple, présente un important dégagement gazeux et montre l'aspect d'un liquide en ébullition.

IV -2- La fermentation au sein de la société

Le mélange préparé dans les pré-fermenteurs est envoyé dans les fermenteurs qui sont des grosses cuves de fermentations, lesquelles sont remplies de substances alimentaires et de sucre (sous forme de mélasse) d'une part, et surtout de grandes quantités d'air stérile d'autre part, insufflés par compresseur.

Ce processus de fermentation est entièrement géré par ordinateur. La température, le pH, le débit d'air et l'apport de mélasse sont des paramètres suivis continuellement. Pendant la fermentation, la levure est rafraîchie en permanence afin d'en réguler le développement.

V- Séparation

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

Pour éliminer ces déchets on utilise un séparateur qui utilise comme principes la centrifugation, on obtient un liquide dense (crème) et un liquide léger, c'est le mout déluveré qui est rejeté vers les égouts.

REMARQUE

La crème qui sort de chaque ligne de séparation est refroidit dans un échangeur de chaleur avant son stockage dans les cuves de garde.



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.

VI-Filtration

Consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des micro-organismes.

La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon, dont le but de ne laisser pénétrer que l'eau. La crème étant étalée sur la surface de filtre et récupérée.

VII-Séchage

On distingue deux types de la levure sèche :

- La levure sèche active ou SPH

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 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.

- La levure sèche instantanée ou SPI

Sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20min pour une quantité de 1000 Kg, elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH.

VIII-Conditionnement

↳ Levure fraîche

Le conditionnement débute par la filtration de la crème sur des filtres rotatifs sous vide. Cette phase essentielle permet de passer d'une crème de levure à 22% de matière sèche à un gâteau de levure à 32% de matière sèche, donnant après boudinage la levure bien friable que le boulanger recherche.

Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné. Après mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée à cœur avant son expédition.

↳ Levure sèche

Pour la levure sèche, le gâteau provenant de la filtration sous vide est mélangé avec une quantité d'émulsifiant qui sert à conserver le produit plus longtemps et donne aussi la couleur blanche caractéristique de la levure.

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 afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche jusqu'à 94% pour la SPH et 95.5% pour la SPI.

- SPI : levure sèche instantanée sous forme de petits bâtons fissurés emballées sous vide dans des sachets de 450g, ainsi que dans des cartons de 25kg destinés à l'export.
- SPH : levure sèche active ou à réhydratation sous forme de granules ou de sphérules, emballées sous air dans des sachets de 50g, 100g et 500g.

Utilisation de l'eau à LESAFFRE Maroc

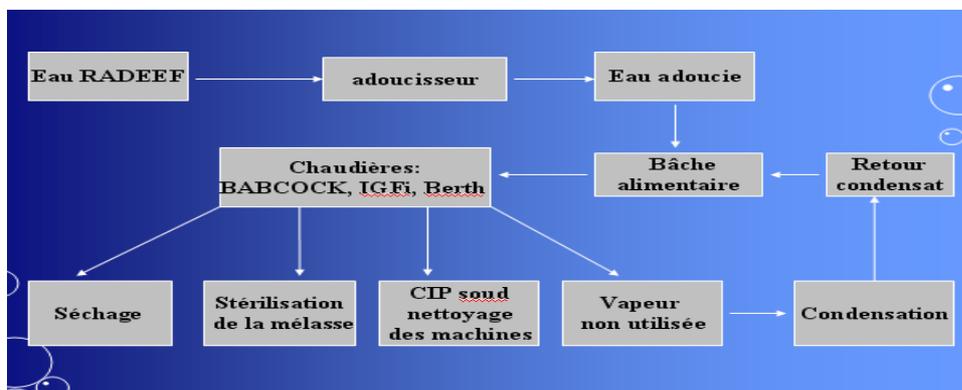
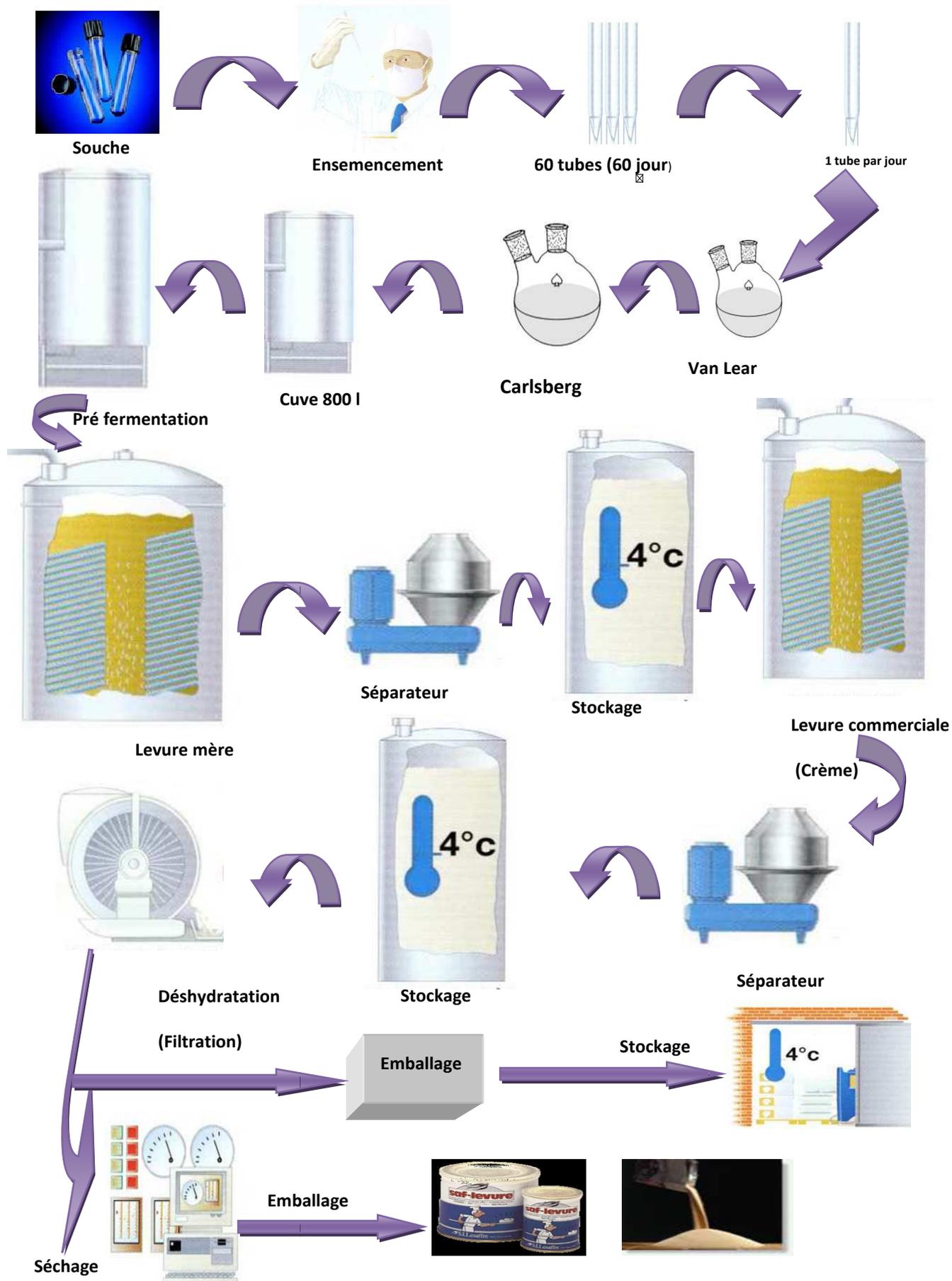


Schéma n°5 : utilisation de l'eau à LESAFFRE Maroc

LESAFFRE Maroc utilise de grandes quantités d'eau, cela peut être expliqué par les divers procédés industriels que la société effectue (stérilisation de la mélasse, séchage, refroidissement des fermenteurs, nettoyage des installations...), l'eau arrivant de la RADEEF subit un premier traitement avant d'être utilisée dans les procédés industriels, c'est l'adoucissement : technique se basant sur l'abaissement de la dureté de l'eau pour éviter l'entartrage et le dépôt du calcaire, qui provoquent un colmatage des canalisations, ensuite on en alimente les chaudières pour produire de la vapeur et aussi les réfrigérants atmosphériques pour refroidir les installations.

Schéma n°6 : production de la levure de panification



2^{ème} Partie



Etudes de la variation des sucres au cours du traitement de la melasse

2^{ème} Partie - Etude de la variation des sucres au cours du traitement de la melasse

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.

Dans cette deuxième partie, Ce sujet nous avons suivie la variation des sucres au cours de l'étape de clarification, et dans laquelle, je vais décrire et commenter les analyses physicochimiques effectuées sur les échantillons qui sont appris au niveau de clarificateur.

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 :

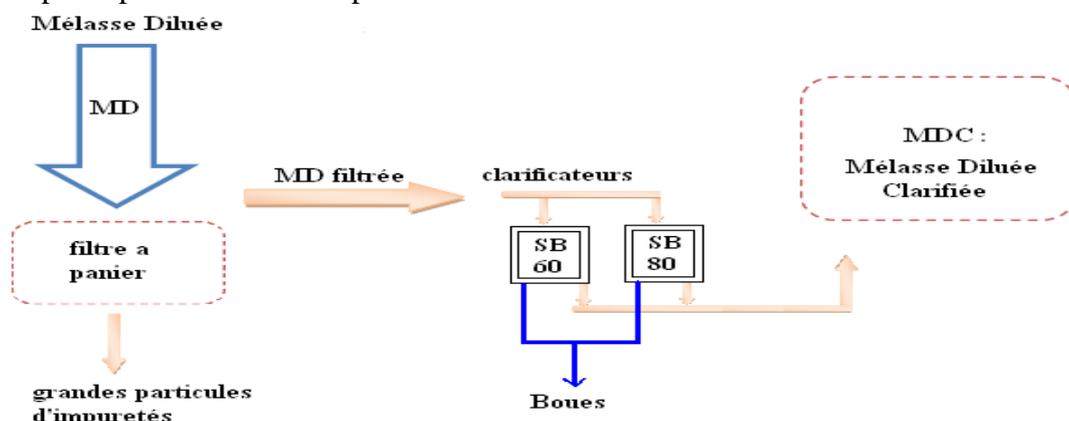


Schéma n°7 : la station de clarification de la mélasse

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.

Description

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.



Figure n°8 : **Filtre à panier**

Les clarificateurs

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 centrifuge est appliquée au contenu. Le corps dense est séparé du corps 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 débouillage de clarificateur.

Pendant la clarification, le clarificateur se charge des impuretés qui seront rejetés chaque 8 min sous forme de boues, cette action s'appelle le débouillage. Il se fait par une injection d'eau pour vider le clarificateur de toutes les boues.

Le temps de débouillage : est réglé selon la capacité et l'efficacité du clarificateur.

Principe de fonctionnement

Les applications typiques des clarificateurs consistent à séparer des matières solides avec très 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 différences de masse volumique.

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

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 de parties ayant une densité différente.

II- Mesures effectuée sur la mélasse

II-1- Détermination du taux du saccharose

↪ Mode opératoire

Dans une fiole de 220ml on pèse environ 32,54g de mélasse, qu'on dilue dans 50ml de l'eau distillée, puis on ajoute 15 ml d'acétate de plomb basique sous agitation, ensuite on complète à 220 ml avec l'eau distillée. Après 20 minutes, on filtre notre solution à l'aide d'un papier filtre et on récupère le filtrat.



Figure n°9 : Polarimètre

↪ Calcul du taux du saccharose

A l'aide d'un saccharimètre (polarimètre) on mesure la polarisation c'est-à-dire l'angle de rotation β_1 .

Le taux du saccharose est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Taux du saccharose en \%} = \beta_1 \cdot 1,1 \cdot 1,26 / \text{PE}$$

Avec : * β_1 : l'angle de rotation *1,1 : facteur de dilution *26 : constante de l'appareil
*PE : prise d'essai

II-2- Détermination du Clerget

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

↪ Mode opératoire

Dans une fiole de 220ml on pèse environ 33g de mélasse, après une dilution de la mélasse avec environ 50ml de l'eau distillée on ajoute quelques ml d'acétate de plomb basique en agitant, puis on complète à 220 ml avec l'eau distillée.

Après 20 minutes on filtre notre solution à l'aide d'un papier filtre et on récupère le filtrat.

On prend environ 50ml du filtrat et on y ajoute 5ml d'acide chlorhydrique (37 %) en agitant ensuite on chauffe notre solution au bain marie à 70°C pendant 10 minute, après refroidissement (20°C) on ajoute à notre solution une petite quantité du charbon actif (0,5g) en agitant, et après quelques minutes on filtre le mélange à l'aide d'un papier filtre et on récupère le filtrat.

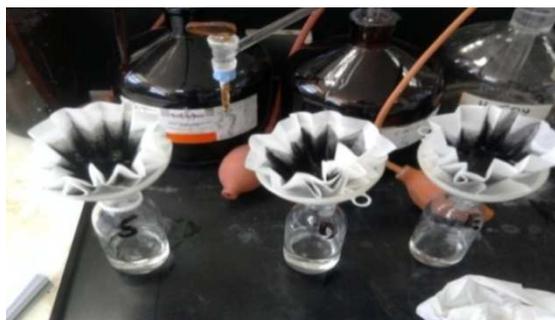


Figure n°10 : **Clerget**

Calcul du Clerget

A l'aide d'un saccharimètre (Polarimètre) on mesure la polarisation du filtrat c'est-à-dire l'angle de rotation β_2 , le Clerget est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Clerget} = \frac{[\beta_1 + (1,1 * \beta_2)] * 1,1 * 26 * 100}{[144 - (T^\circ / 2)] * PE}$$

Avec : β_1 : l'angle de rotation du saccharose

β_2 : l'angle de rotation du saccharose inversé

1,1 : facteur de dilution

26 : constante de l'appareil

PE : prise d'essai

T° = température du filtrat en ($^\circ\text{C}$).

II-3- Dosage des Sucres réducteurs

Mode opératoire

Dans une fiole de 100ml on pèse environ 20g de mélasse et on complète à 100ml avec l'eau distillée, après agitation on prend 50ml de mélasse diluée dans une fiole de 100ml et on y ajoute 10ml d'acétate de plomb basique en agitant.

Après 20 min on filtre notre mélange à l'aide d'un papier filtre et on récupère le filtrat, on prélève une petite quantité du filtrat et on y ajoute environ 50ml d'eau distillée, 10ml de double tartrate et 10ml de Sulfate du cuivre en agitant puis on complète à 100ml avec l'eau distillée et on porte le mélange à ébullition pendant 10 minutes à 100°C .

Après 10 minutes un refroidissement de la solution est nécessaire, on ajoute 5ml d'acide acétique (5N) et 20ml d'une solution d'Iode (N/30) en agitant ensuite, en titre notre solution par les thiosulfates de sodium (N/30) en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré.

Le virage est indiqué par le changement de coloration de verre en bleu.

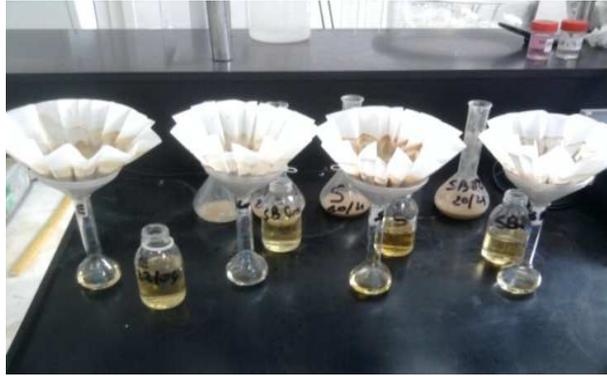


Figure n°11 : Sucres réducteur

Remarque

- on effectue aussi un dosage du blanc.
- la prise d'essai du filtrat est en fonction de la concentration des sucres réducteurs dans la mélasse.

Calcul du taux des sucres réducteurs :

Le taux des sucres réducteurs est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux des sucres réducteurs en \%} = \frac{V(\text{blanc}) - V(\text{échantillon}) \cdot 0.1}{\text{Prise d'essai (g)}}$$

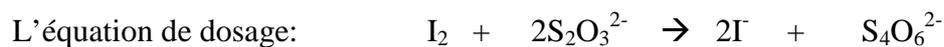
Avec :

V (blanc) : volume des thiosulfates de sodium versé lors du dosage du blanc.

V (échantillon) : volume des thiosulfates de sodium versé lors du dosage de l'échantillon.

Mécanisme

Les ions Cu^{2+} présents dans la liqueur de Fehling (double tartrate+sulfate de cuivre) sont réduits par les sucres réducteurs en ions Cu^+ , puis on a formation de Cu_2O , ensuite les ions Cu^+ est oxydés par l'iode en Cu^{2+} , enfin l'excès d'iode est dosé par les thiosulfates de sodium.



La quantité d'iode qui a oxydé les ions Cu^+ en Cu^{2+} représente la quantité des sucres réducteurs présente dans la prise d'essai de la mélasse.

Remarques

** l'acétate de plomb est utilisé pour éliminer tout ce qui est non sucres comme les protéines les vitamines.

** l'acide chlorhydrique précipite le PbCl_2 .

** l'acide acétique est utilisé dans le but de neutraliser la solution.

II-4- Contrôle des paramètres organoleptiques de la levure fraîche

Dans le but de contrôler la qualité de la levure, on réalise les tests suivants :

** Mesure de la couleur

** Evaluation de l'odeur et l'aspect.

II-5- La conductivité

↳ Définition

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, l'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre.

La conductivité électrique de l'eau varie en fonction de la température.

Elle est donnée à 20°C.

↳ Mesure

La mesure de la conductivité permet de déceler immédiatement une variation de la composition de l'eau,

Par exemple :

- Baisse de la conductivité de l'eau d'un réseau de chauffage due à l'entartrage
- Réglage de la purge d'une chaudière ou d'un circuit de refroidissement pour limiter la concentration des sels dissous.
- Contrôle de la production d'une chaîne de déminéralisation.

La mesure de la conductivité de l'eau s'effectue en immergeant dans la solution une cellule de mesure comportant l'électrode, le conductimètre affiche directement sur l'écran électronique la valeur correspondante de la conductivité.

II-6- Détermination de la matière sèche

Réalisé par la méthode gravimétrique basée sur la détermination de la perte de l'échantillon après évaporation des matières volatiles à une température appropriée dans un dessiccateur.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'une balance à haute précision.

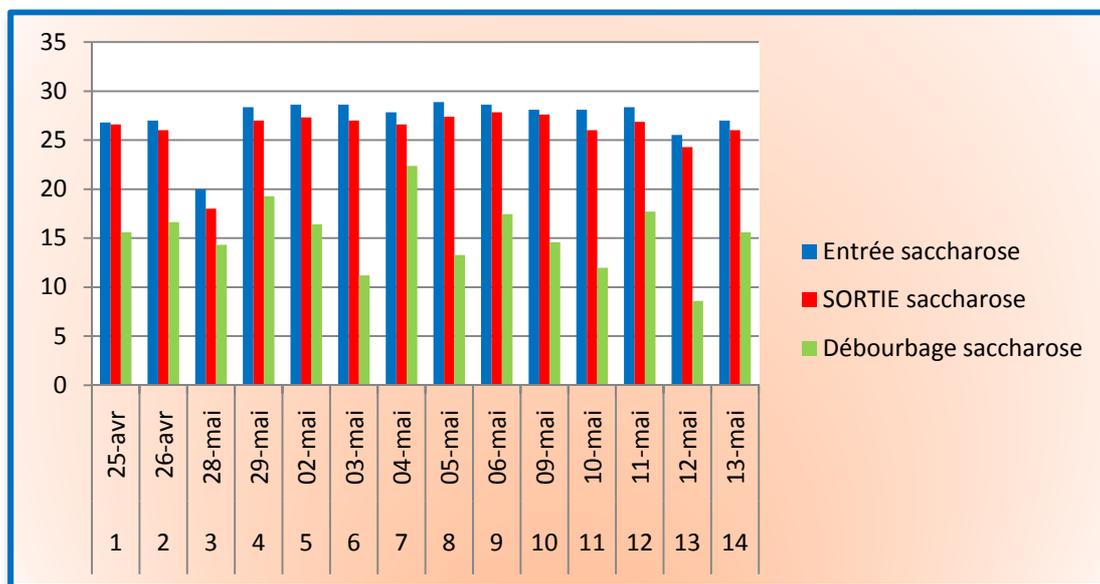


Figure n°12 : dessiccateur

III- Résultats et interprétation

Tableau n°5 : **Analyse du saccharose dans la mélasse**

Date Mélasse	25 Av	26 Av	28 Av	29 Av	02 Mai	03 Mai	04 Mai	05 Ma	06 Mai	09 Mai	10 Mai	11 Mai	12 Mai	13 Mai
Entrée	26.81	27	27	28.37	28.63	28.63	27.85	28.8	24.63	28.11	28.11	28.67	27	27.56
Sortie	26.59	26	24.7	27	27.33	27	27.6	28.3	23.85	27.6	27	27.85	25.77	26
Débourbage	21.11	16.65	14.31	19.26	16.4	11.2	17.44	13.2	22.38	14.57	11.97	17.7	8.59	15.61



Histogramme n°1 : **Pourcentage du saccharose dans la mélasse**

- **Pour la mélasse d'entrée**

L'analyse du saccharose dans la mélasse effectuée sur les 14 échantillons, montre que la % du saccharose varie très peu.

Notons que le % est faible pour l'échantillon N°3, Cette diminution peut être expliquée par une forte dilution suite à l'ajout d'une grande quantité d'eau pendant l'étape de dilution de la mélasse.

- **Pour la mélasse de la sortie**

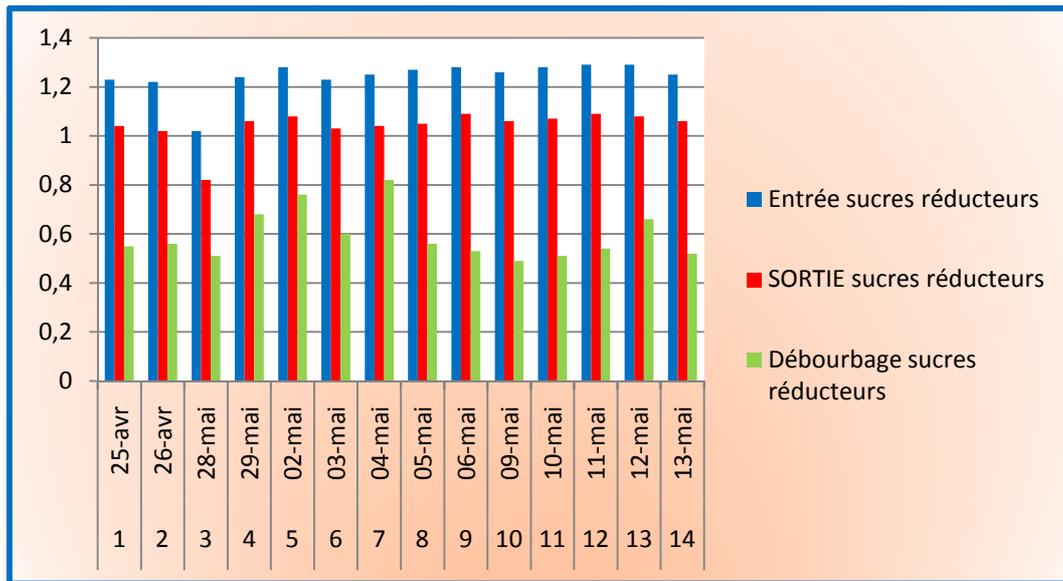
Il est important de signaler que la variation du % du saccharose à l'entrée et à la sortie suit la même allure, cela peut être expliqué par le bon fonctionnement de clarificateur pendant la clarification de la mélasse pour éliminer les bouts et les impuretés.

- **Pour la mélasse du débouillage**

On a remarqué qu'il y a une grande variation entre les résultats trouvés, ce qui est en désaccord avec les mesures trouvées à l'entrée et à la sortie. On constate que la prise des échantillons lors du débouillage au différent temps, rend les échantillons non représentative du mélange évacuée. Pour cette raison, elle existe cette grande variation.

Tableau n°6 : **Analyse des sucres réducteurs dans la mélasse**

Date	25 Av	26 Av	28 Av	29 Av	02 Mai	03 Mai	04 Mai	05 Mai	06 Mai	09 Mai	10 Mai	11 Mai	12 Mai	13 Mai
Entrée	1.23	1.22	1.02	1.24	1.28	1.23	1.25	1.27	1.28	1.26	1.28	1.29	1.29	1.25
Sortie	1.04	1.02	0.82	1.06	1.08	1.03	1.04	1.05	1.09	1.06	1.07	1.09	1.08	1.06
Débourbage	0.55	0.51	0.6	0.68	0.76	0.6	0.82	0.56	0.53	0.49	0.51	0.54	0.66	0.52



Histogramme n°2 : **Pourcentage des sucres réducteurs dans la mélasse**

• **Pour la mélasse d'entrée**

Les analyses des sucres réducteurs effectuées sur la mélasse montrent une faible variation des résultats trouvés.

Signalons que le pourcentage des sucres réducteurs est faible pour l'échantillon n°3, ce qui confirme les résultats d'analyse du saccharose à l'entrée.

Cette faiblesse peut être aussi due à une grande dilution de la mélasse brute.

• **Pour la mélasse de la sortie**

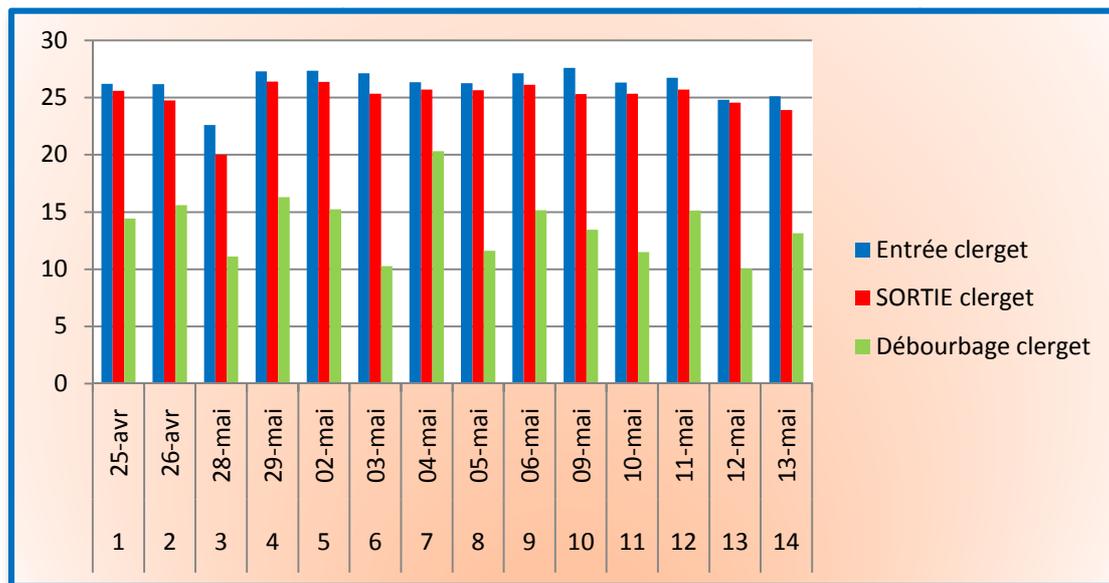
On a remarqué que l'allure de la sortie suit celle de l'entrée, ce qui confirme le bon fonctionnement du clarificateur.

• **Pour la mélasse du débouillage**

La prise des échantillons non représentative a influencé sur les résultats d'analyse, ce qui est en accord avec la grande variation du pourcentage des sucres réducteurs présents dans la mélasse du débouillage.

Tableau n°7 : **Analyse du Clerget dans la mélasse**

Date	25 Av	26 Av	28 Av	29 Av	02 Mai	03 Mai	04 Mai	05 Mai	06 Mai	09 Mai	10 Mai	11 Mai	12 Mai	13 Mai
Entrée	26.2	26.18	22.61	27.3	27.35	27.13	26.34	26.26	27.3	27.6	26.32	26.73	24.8	25.11
Sortie	25.58	24.76	20	26.40	26.38	25.33	25.71	25.66	26.12	25.3	25.33	25.70	24.57	23.91
Débouillage	14.43	15.60	11.10	16.30	15.23	10.27	20.33	11.61	15.15	13.44	11.50	15.13	10.04	13.15



Histogramme n°3 : **Pourcentage du Clerget dans la mélasse**

- **Pour la mélasse d'entrée**

Il est important de signaler que même le taux du Clerget varie très peu à l'entrée.
La faible quantité du Clerget pour l'échantillon n°3 confirme la constatation précédente.

- **Pour la mélasse de la sortie**

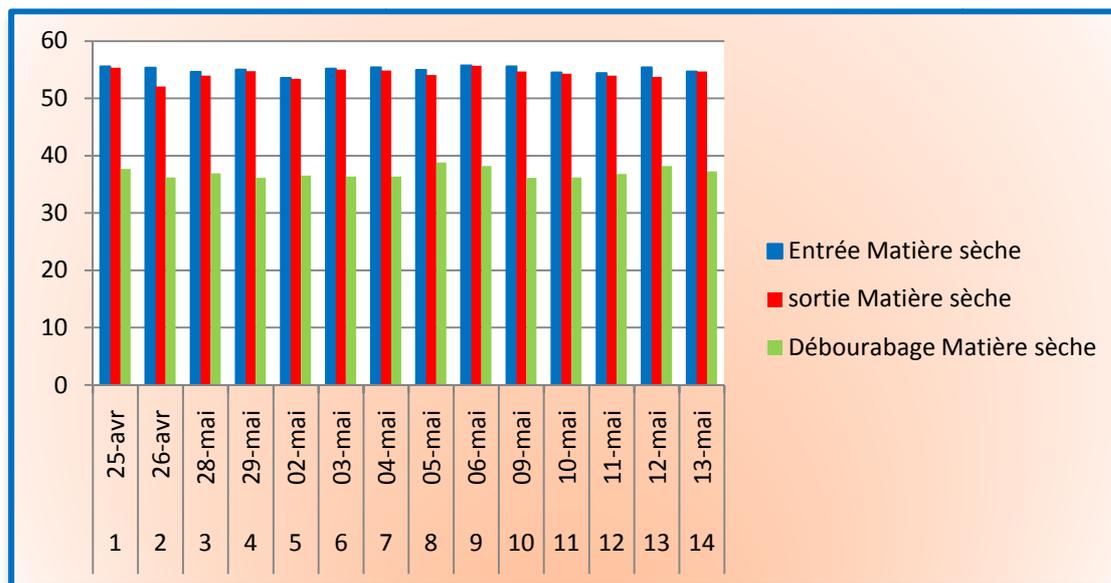
Après le traitement de la mélasse la variation de l'allure du Clerget à l'entrée suit celle du Clerget à la sortie, ce qui garantit le l'efficacité du clarificateur.

- **Pour la mélasse du débouillage**

La quantité du Clerget dans la mélasse du débouillage est variable pour les 14 échantillons, ce qui maintiens la constatation du fait que les échantillons pris ne sont pas représentatives du mélange du débouillage.

Tableau n°8 : **Analyse de la matière sèche dans la mélasse**

Date	25 Av	26 Av	28 Av	29 Av	02 Mai	03 Mai	04 Mai	05 Mai	06 Mai	09 Mai	10 Mai	11 Mai	12 Mai	13 Mai
Entrée	55,60	55,41	54,66	55,05	53,58	55,22	55,43	54,97	55,79	55,58	54,56	54,43	55,41	54,69
Sortie	55,39	52,08	54	54,74	53,42	55,05	54,86	54,1	55,72	54,72	54,3	53,98	53,78	54,7
Débourbage	37,72	36,2	36,94	36,16	36,52	36,39	36,39	38,84	38,2	36,13	36,2	36,8	38,2	37,29



Histogramme n°4 : **Taux de la matière sèche dans la mélasse**

On a un pourcentage de 54% de matière sèche dans la mélasse avant et après clarification, mais entre la première et la deuxième on remarque une très légère diminution, et cette dernière est traduite en pertes dans le débouillage où on a 36% de matière sèche

Enfin, on peut considérer que les analyses effectuées sur les 14 échantillons pendant la période de stage, ne sont pas généralement suffisantes pour contrôler l'étape de clarification, pour que les résultats restent satisfaisants et répondent aux besoins exigés.

Evaluation des pertes en sucres dans les boues de débouillage

Sachant que la consommation mensuelle moyenne, de la société LESAFFRE, en mélasse est de 3900 tonnes et que le dosage des sucres dans les boues de débouillage de la mélasse clarifiée est égal à 3.39 %, nous pouvons évaluer les pertes mensuelles en sucres présents dans la mélasse qui passe dans les boues de débouillage.

Pour cela on procède à calculer d'abord :

- 1- Le volume de boues rejetées après chaque débouillage,
- 2- Le nombre de fois où le débouillage a lieu durant un mois.
- 3- Le volume total des boues rejetées durant tout le mois.

Résultats

1- La mesure du volume des boues après chaque débouillage donne $V = 30$ litres.

2- Sachant que le clarificateur utilisé se débarrasse des boues toutes les 8 minutes et que le débit d'entraînement de la mélasse dans ce même clarificateur est égal à 9 m³/h, on en déduit que toutes les 8 minutes, 1.2 m³ de mélasse est clarifiée.

Donc le nombre de fois de débouillage (N) nécessaire pour clarifier les 3900 tonnes de mélasse (consommation mensuelle) peut être donné par la formule suivante :

$$N = \frac{\text{Consommation mensuelle (Kg)}}{\text{Masse de MC après un seul débouillage (Kg)}}$$

Un volume égal à 1.2 m³ de mélasse est équivalent à une masse égale à 1452 kg de mélasse :

$$\text{La densité de la mélasse est : } 1,21 \quad 1,2 \times 1,21 \times 1000 = 1452 \text{ Kg}$$

Donc $N = 3900000 / 1452 = 2686$: c'est le nombre de fois de débouillage nécessaire pour clarifier les 3900 tonnes de mélasse (charge mensuelle).

3- Ce qui implique que le volume total de boues rejetées au cours d'un mois est égal à 30 litres (volume des boues après chaque débouillage) multiplié par 2686 ce qui donne 80580 litres de boues rejetées au cours d'un mois :

$$(30 \text{ l} \times 2686 = 80580 \text{ l})$$

(Converti en masse, ce volume est équivalent à 97501 kg environ).

Sachant que le taux de sucres dans les boues de clarification de la mélasse est 3.39%, donc la quantité de sucres présents dans les 97501 kg de boues rejetées est presque égale à 3305 kg.

✓ Pour le clarificateur SB60 :

La mesure du volume des boues après chaque débouillage donne $V = 24$ litres.

2- le clarificateur utilisé se débarrasse des boues toutes les 8 minutes et le débit d'entraînement de la mélasse dans ce clarificateur est égal à 7 m³/h, on en déduit que toutes les 8 minutes 0.93 m³ de mélasse est clarifiée.

Donc le nombre de fois de débouillage (N) nécessaire pour clarifier les 3900 tonnes de mélasse (consommation mensuelle) est 1125,3 Kg

Le nombre de fois de débouillage nécessaire pour clarifier les 3900 tonnes de mélasse est 3466 (charge mensuelle).

Ce qui implique que le volume total de boues rejetées au cours d'un mois est égal à 24 litres (volume des boues après chaque débouillage) multiplié par 3466 ce qui donne 83184 litres de boues rejetées au cours d'un mois :

$$(24 \text{ l} \times 3466 = 83184 \text{ l})$$

Converti en masse, ce volume est équivalent à 100652 kg environ.

La quantité de sucres présents dans les 100652 kg de boues rejetées est presque égale à 3412 kg.

Conclusion

On trouve 6717 kg de sucres perdu, qui passe dans les boues après la clarification, est qu'est rejeté ce qu'est énorme !

Sachant que la mélasse brute contient 46% de sucre, donc 6717 kg correspond à une quantité de 14602 kg de mélasse qu'est rejeté chaque mois dans les égouts.

Commentaire :

14602 kg de mélasse perdus chaque mois est une quantité qui n'est pas à négliger et un traitement de ces boues sera très apprécié. Il permettra de minimiser les pertes et donc d'assurer le maintien de la qualité nutritionnelle de la mélasse essence d'une production optimale de la biomasse.

CONCLUSION

Cette période de stage au sein de LESAFFRE m'a donnée l'occasion de frôler de près un monde actif et complexe et de réfléchir à toutes les embûches qu'un stagiaire peut rencontrer et comment il pourrait les surmonter.

Ce rapport est le fruit de 1 mois et demi de stage avec un personnel qualifié au sein du laboratoire des analyses physico-chimiques de la société.

LESAFFRE Maroc produit et commercialise la levure boulangère. La fabrication est effectuée par plusieurs étapes en passant par l'ensemencement des souches et par la purification de la mélasse brute.

Notre travail est porté sur le suivi du contrôle qualité de la purification de la mélasse brute, par des méthodes physico-chimiques qui répondent à un cahier de charge de la société.

L'analyse du saccharose montre que le pourcentage du saccharose varie très peu à l'entrée et la sortie des clarificateurs. Cette faible variation est observée par le dosage des sucres réducteurs.

Le taux du Clerget a permis de déterminer la faible variation du pourcentage des sucres convertis.

Ces faibles variations n'empêchent pas la perte de la mélasse dans le débouillage qui est justifié par l'analyse de la matière sèche.

En général, Ces analyses respectent les normes et le cahier de charge de la société.



Références bibliographiques

www.labetterave.com

www.lesaffre.com

www.levure.com

www.google.co.ma