

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

TACCQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

**EVALUATION DES PERTES EN SUCRES LORS DE LA
CLARIFICATION DE LA MELASSE**

Présenté par :

- ◆ ABCHIR Ahmed Houssni

Encadré par :

- ◆ Pr MISBAHI Khalid
- ◆ Mr BENNANI Ali (LESAFFRE MAROC)

Soutenu Le 13 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr MISBAHI Khalid
- Pr KANDRI RODI Youssef
- Pr MOUGHAMIR Khadija

Stage effectué à La LESAFRE MAROC

Année Universitaire 2010 / 2011

Résumé

Ce projet de fin d'études a été réalisé au sein de la société LESAFFRE MAROC, dont l'activité principale est la production de levures pour la panification ainsi que des améliorants.

Ce rapport est composé de trois chapitres : le premier a pour but de présenter la société, ces différents produits ainsi que l'élément de base de cette industrie à savoir la levure **SACCHAROMYCES CEREVISIAE**, le deuxième chapitre repose sur une description du procédé de la fabrication en partant des matières premières jusqu'aux produits finis, cette matière première dont la mélasse occupe une place considérable, se voit subir un traitement très important.

Lors de ce traitement, la mélasse passe par une étape de clarification pendant laquelle il était important d'évaluer les pertes en sucres totaux. Ce qui constitue l'objectif de ce projet et par la même occasion le thème du troisième chapitre.

Les résultats de cette évaluation, la proposition d'une solution ainsi qu'une conclusion générale viennent clore, à la fin, ce rapport.

Mots clé :

- ✓ Levure
- ✓ Fermentation
- ✓ Saccharose
- ✓ Analyses
- ✓ Clarification

INTRODUCTION GENERALE

L'ouverture de l'université sur son environnement économique et industrielle s'avère extrêmement important sur plusieurs plans, il permet particulièrement :

- ✓ De mettre à l'épreuve le domaine théorique.
- ✓ De faire une confirmation entre la théorie et la pratique afin de se familiariser avec le monde du travail au sein de l'entreprise.
- ✓ D'acquérir des connaissances professionnelles.

Donc une meilleure recherche scientifique pour un bon développement économique et industriel.

C'est dans ce contexte que j'ai effectué mon stage d'application comme projet de fin d'étude (LST Techniques d'Analyses Chimiques et Contrôle de Qualité) au sein de la société Lesaffre Maroc.

L'objectif de ce stage est double : d'une part, avoir une idée approfondie sur l'application de l'étude théorique à l'échelle industrielle ce qui permet de comprendre et de maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure et d'autre part, acquérir un esprit d'initiative et d'analyse qui permet de trouver les solutions adéquates aux problèmes rencontrés.

Donc, s'initier à l'esprit de recherche et de développement.

Sommaire

CHAPITRE I

<i>I. Présentation générale de la société Lesaffre Maroc</i>	1
<i>II. Historique du groupe</i>	1
1-Organigramme	2
<i>III. La levure saccharomyces cerevisiae une cellule vivante et naturelle:</i>	2
1- Introduction	2
2- Définition :.....	3
3- Description de la levure :	3

4- Reproduction :	5
5- Les différentes formes de la levure :	6
CHAPITRE II	
<i>I. Description du procédé de fabrication</i>	8
1- Etape laboratoire :	8
2- Fermenteur pilote :	9
3- Fermentation :	9
4- Séparation :	10
5- Stockage « crème commerciale » :	10
6- Filtration et emballage de la levure fraîche :	11
7- Stockage :	11
8- Séchage et conditionnement de la levure sèche :	11
10- Schéma général de production de la levure :	11
<i>II. Laboratoire Contrôle de Qualité</i>	12
CHAPITRE III	
<i>I. Présentation de la mélasse</i>	14
1. Définition :	14
2. Constituants de la mélasse :	14
3. La différence entre la composition chimique de la mélasse de canne et de betterave :	16
<i>II. Traitement de la mélasse</i>	17
1. Dilution de la mélasse :	17
2. Clarification :	18
3. Stérilisation :	18
PARTIE PRATIQUE : Matériels et Méthodes	20
Introduction :	20
<i>III. Saccharose</i>	20
1. Présentation	20
2. Rôle du saccharose dans la levure	20
3. Analyse : Dosage du saccharose dans la mélasse	21
4. Résultats et interprétations	21
<i>IV. Sucres Réducteurs</i>	22
1. Présentation	22
2. Analyses Dosage des Sucres Réducteurs (glucose et fructose)	23
3. Mécanisme :	23
4. Résultats et Interprétations	23

V.	<i>Clerget (Sucres Invertis)</i>	24
1.	Présentation	24
2.	Analyse : Mesure du clerget.....	25
3.	Résultats et Interprétations	25
VI.	<i>Conclusion du chapitre</i>	27
	Conclusion générale.....	
	32

CHAPITRE 1

I. Présentation générale de la société Lesaffre Maroc

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire LESAFFRE est le leader mondial dans le domaine de la levure de panification.

Fort de ses connaissances approfondies de la levure et de ses compétences pointues en biotechnologies, LESAFFRE intervient également dans les domaines de la nutrition santé humaine et animale.

Innovation technique, maîtrise des savoir-faire, capacité à proposer des solutions sur-mesure ont contribué à construire le succès de LESAFFRE.

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 .Cette société se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du groupe.

II. Historique du groupe

1853 : Louis Lesaffre-Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille.

1863 : Acquisition du premier moulin à Marcq-en-Barœul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle Lesaffre qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du Groupe.

1895 : Naissance de la marque de levure l'hirondelle. Une hirondelle dont le dessin va évoluer au fil du temps, jusqu'à devenir l'emblème du Groupe en 2003.

1930 : L'environnement est déjà une préoccupation majeure pour Lesaffre. C'est donc l'une des premières levureries au monde à opter pour la solution d'évaporation en remplacement de l'épuration des rejets (couteuse et imparfaite). Cette technique induit une fermentation en milieu très concentré qui permet d'obtenir une qualité irréprochable.

1973 : Première production de levure sèche instantanée.

1975 : Lesaffre s'est installé au centre nord du Maroc, à Fès dès 1975, d'abord sous le nom de SODERS puis de Lesaffre Maroc en 2006

2001 : Création de Lesaffre International (société de service du groupe Lesaffre) et acquisition de la société américaine Red Star Yeast & Products.

2007 : Construction d'une usine d'extrait de levure en Iowa, Construction d'une unité de production en Chine, Acquisition des activités levure de Gilde (Amérique du Sud, Royaume-Uni, Export).

La Société LESAFFRE MAROC fabrique et commercialise la levure et les améliorants de panification : les marques JAOUDA en levure fraîche et sèche, et RAFIÄÄ en levure sèche, les améliorants de panification IBIS BLEU et MAGIMIX ainsi que des arômes. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

Bénéficiant du savoir-faire du groupe, la LESAFFRE MAROC possède un laboratoire d'analyses qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : forces, fermentatives, pureté, stabilité par rapport au contexte climatique.

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

Vue cette qualité remarquable de ses produits LESAFFRE MAROC a reçue deux trophées de mérite :

- Trophée du prestige Arabe en 1984 à Barcelone.
- Trophée international de qualité en 1985 à Madrid.

1-Organigramme

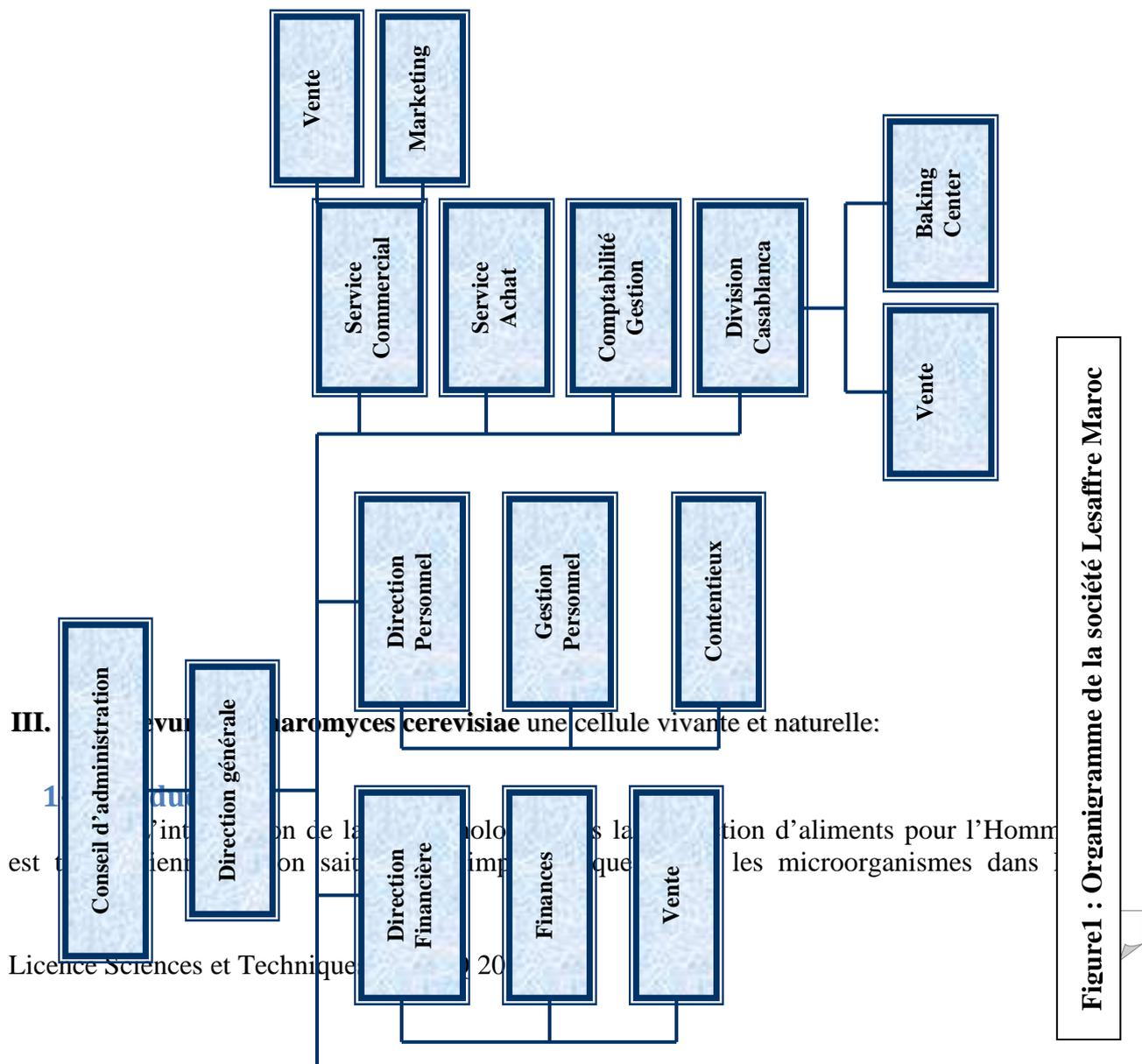


Figure1 : Organigramme de la société Lesaffre Maroc

conversion de divers produits d'origine végétale ou agricole dans la préparation du pain, du fromage, du yaourt et des boissons alcoolisées.

L'industrie de la levure est la plus ancienne dans le domaine des biotechnologies. C'est néanmoins une industrie de pointe qui a bénéficié de tous les progrès scientifiques. Ses produits résultent d'un travail de recherche et de développement permanent. Les techniques de la génétique classique ont permis une adaptation des souches aux besoins des panifications européennes et aussi du monde entier.

2- Définition :

Les levures sont des cellules microscopiques unicellulaires et eucaryotes appartenant au groupe taxonomique appelé les mycètes, qui contiennent également des moisissures. Elles sont utilisées dans la fabrication du vin, du pain, de la bière et sont souvent utilisées comme aliment pour le bétail en raison de leur richesse en protéines et en vitamines B.

Elles sont capables de :

- dégrader les aliments qui se trouvent dans leur milieu de culture grâce à une gamme très étendue d'enzymes d'hydrolyse telles que des lipases, protéases, et lactases.
- Effectuer toutes ou presque les synthèses dont elles ont besoins pour leurs croissances.

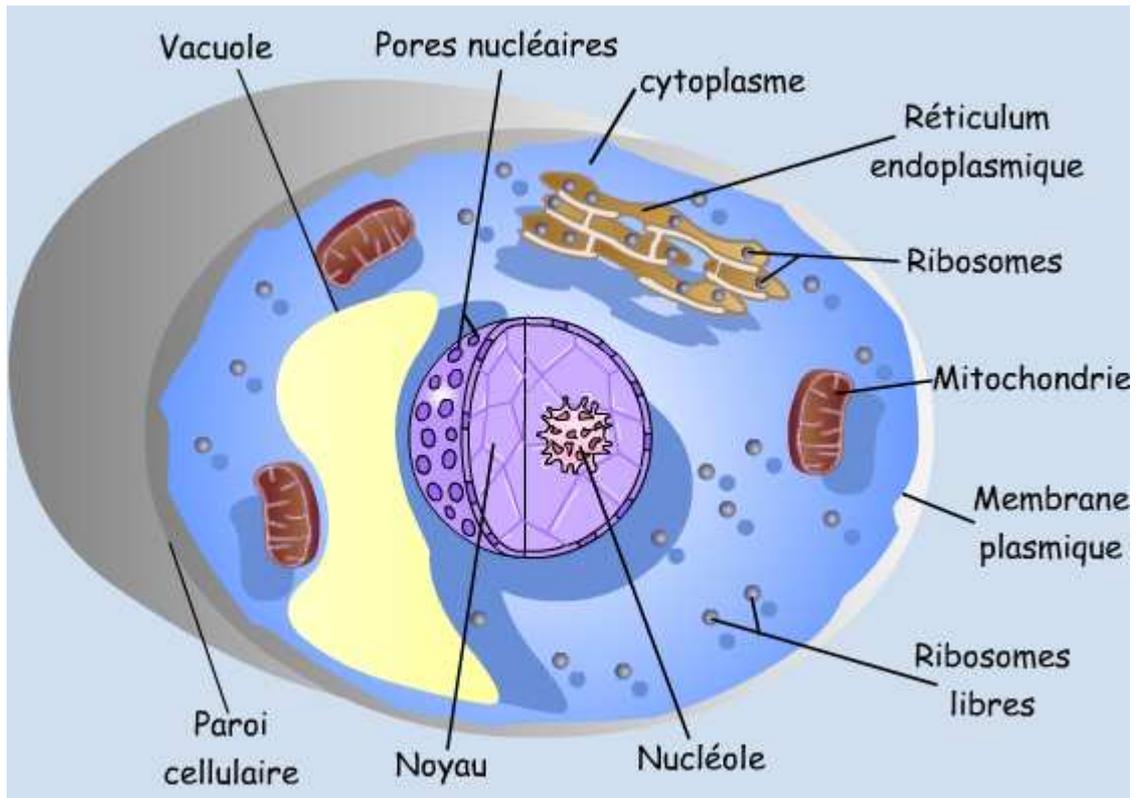
Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale. La levure la plus connue est *Saccharomyces cerevisiae* employée dans le secteur de panification et de la brasserie.

Les levures ont besoins de sucres pour se développer. Elles produisent de l'alcool et de dioxyde de carbone à partir de sucre. Cette réaction rend donc la levure très importante pour l'industrie alimentaire. Les levures produisent également d'agréables composants arômes. Ces composés aromatiques jouent un rôle important pour la saveur du produit final. Dans l'industrie de pain, l'alcool et le dioxyde de carbone sont formés et l'alcool s'évapore lors du traitement au four.

3- Description de la levure :

Comme nous l'avons dit précédemment, les levures sont des êtres unicellulaires. Ce sont des cellules rondes ou ovales. Pour les biotechnologistes, 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 d'une levure

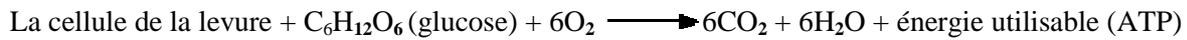


Une cellule *saccharomyces cerevisiae* est constituée de:

- Une membrane cytoplasmique, protégée par la paroi cellulaire, assurant les échanges avec l'extérieur.
- Un cytoplasme, une sorte de gelée, constituant le substrat même de la vie de la cellule.
 - Un noyau, qui contient les chromosomes (éléments qui portent les caractéristiques génétiques), réglant la transmission des caractères héréditaires et l'essentiel des réactions qui se produisent à l'intérieur de la cellule.
- Des vacuoles emmagasinant les substances de réserve diverses.
- Des mitochondries qui 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 qui 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).

**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 :

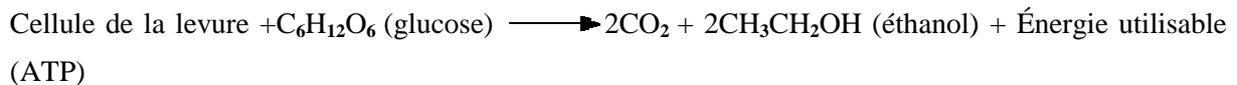


Toute l'énergie contenue dans le glucose est libérée. Grâce à cette énergie, la levure assure son maintien en vie. Mais elle peut aussi l'utiliser pour synthétiser de la matière organique, c'est-à-dire se multiplier.

**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 les 5% restant conduisent à des produits de fermentations secondaires : glycérol, acides organiques, aldéhydes, esters,...etc.

L'oxydation du glucose est incomplète :

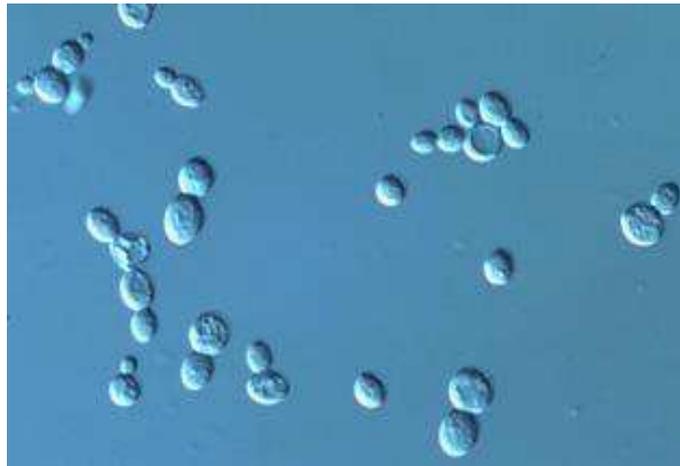


L'ensemble de ces réactions constitue la base de la fermentation panair : le gaz carbonique provoque la levée de la pâte tandis que les métabolites secondaires contribuent à la création du goût et de l'arome du pain.

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.

4- Reproduction :

Les modes de reproduction varient en fonction des espèces de levures. La plupart des levures se reproduisent par bourgeonnement : une petite hernie apparaît en un point de la surface d'une cellule mère, grossit et s'étrangle. Le bourgeon (cellule fille) se détache alors, grossit encore et bourgeonne à son tour.



Levures en bourgeonnement :

Le génome haploïde (nombre de chromosomes) de la levure contient 16 chromosomes. Les cellules haploïdes peuvent se diviser par mitose et générer des clones.

La division s'effectue par bourgeonnement donnant deux cellules de tailles différentes : la cellule mère et la cellule fille. La cellule diploïde résultant de la fusion peut aussi se diviser par mitose.

Lorsqu'une carence en nutriment se produit, la cellule effectue une méiose : Elle produit 4 spores haploïdes empaquetées dans un asque (les spores sont appelées des ascospores) que l'on appelle une tétrade.

5-Les différentes formes de la levure :

La levure liquide :

Jusqu'en 1825, date de l'introduction de la levure pressée, la levure était commercialisée à l'état liquide. Le retour à cette forme correspond à une demande de la boulangerie industrielle.



La levure pressée :

C'est la plus répandue dans les pays industrialisés pour des raisons économiques et pratiques. Elle se présente sous forme de blocs compacts. De couleur blanche et très friable en France, elle peut être plus colorée et de consistance plastique dans d'autres pays.



La levure sèche :

Active, elle se présente sous forme de granulés ou de sphérules. Sa rusticité lui confère une bonne stabilité à température ambiante, qualité appréciée dans les régions du globe où les conditions climatiques sont défavorables (température et humidité élevées)



La levure sèche instantanée :

Elle doit son nom au fait qu'il n'est pas nécessaire de la réhydrater préalablement à son incorporation à la farine. Elle s'utilise aussi facilement que la levure pressée. Les fines particules de levure instantanée sont emballées sous vide ou sous atmosphère protectrice.

CHAPITRE 2

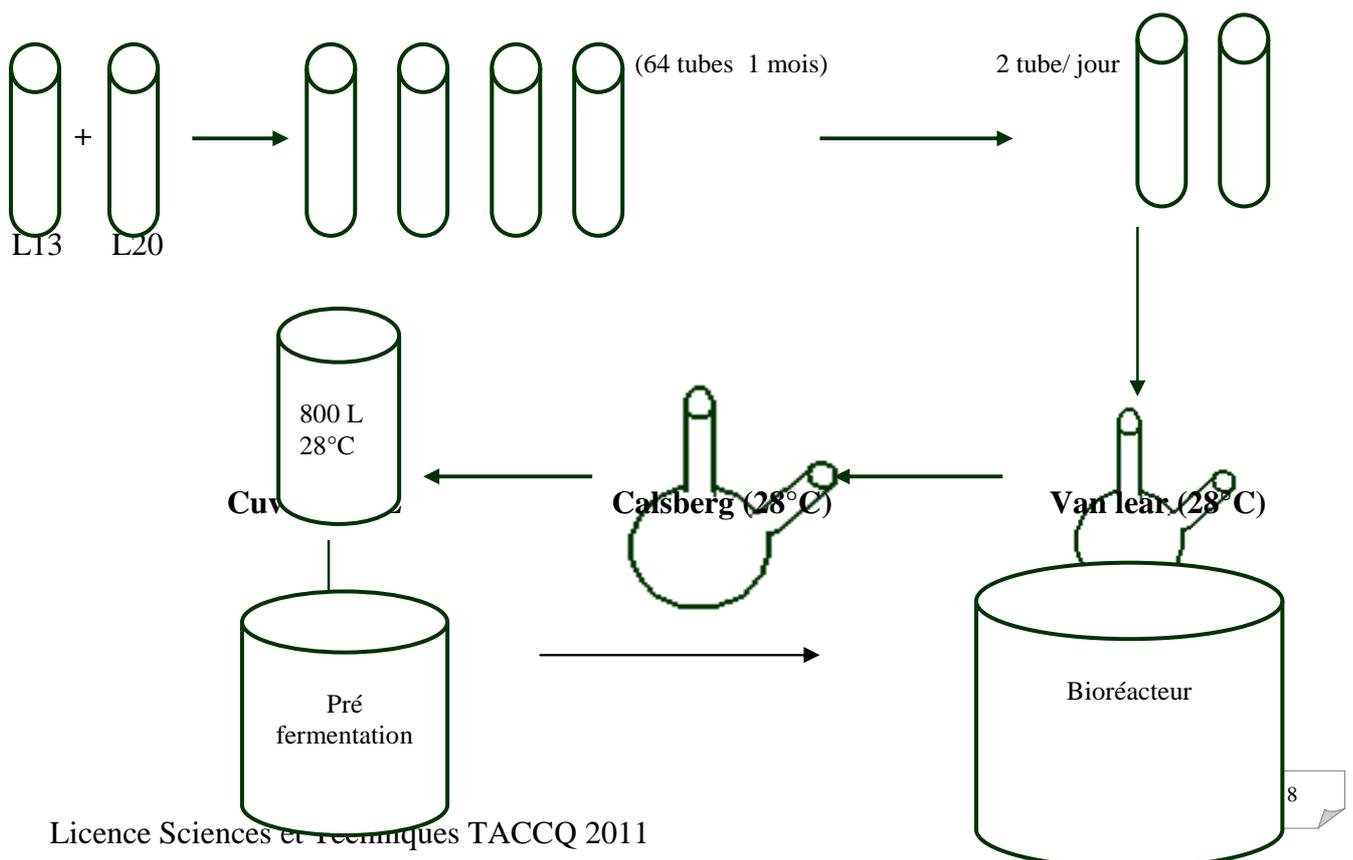
I. Description du procédé de fabrication

Le procédé de fabrication de la levure passe par deux étapes distinctes :

Une préfermentation réalisée au laboratoire et une fermentation effectuée au sein d'un bioréacteur.

1- Etape laboratoire :

*Préparation des souches :



Etapes de la préfermentation

La souche sous forme lyophilisée (L13 pour la souche sèche ou L20 pour la souche fraîche) importée de l'étranger estensemencée dans un milieu favorable, ce qui permet sa multiplication en régénérant une trentaine de tubes supplémentaires.

A chaque fois on prend un tube et on le met dans un milieu encore plus riche en nutriment , au début dans un Van Lear de ½ L pendant 18 heures, ensuite dans le Carlsberg qui est encore plus grand 6 à 7L pendant 18 heures en ajoutant des éléments nutritifs et des sels minéraux.

2- Fermenteur pilote :

La souche précédemment préparée est mise dans un fermenteur pilote de 800l, dans lequel sont ajoutée la mélasse diluée clarifiée et stérilisée, les éléments nutritifs (urée, phosphate, sulfate, chlorure, magnésium,...) ainsi que les vitamines (vitamines : B1, B2, H...). Cette phase est appelée phase d'adaptation, réalisée 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 préfermenteurs. Il existe deux préfermenteurs de volumes plus élevés et contenant un milieu de culture encore plus favorable.



3- Fermentation :

**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 générer des produits.

**Quelques intérêts de la fermentation :*

Une telle opération participe notamment à l'amélioration des qualités nutritionnelles des produits laitiers. Le lactose par exemple ou sucre du lait est transformé par les bactéries en acide lactique mieux toléré par l'organisme.

En Afrique, la fermentation du manioc par rouissage permet d'éliminer un composant hautement toxique, l'acide cyanhydrique.

Elle peut aussi augmenter les qualités organoleptiques des aliments : le CO₂ produit par les levures rend la pâte à pain moelleuse ; le fructose ou sucre des fruits est transformé en alcool ; la fermentation malolactique élimine l'acide malique qui responsable d'une verdeur indésirable dans les vins de qualité.

**La fermentation au sein de la société :*

Le mélange préparé dans les préfermenteurs est ensuite envoyé dans les fermenteurs qui sont de grosses cuves de fermentations, 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. Des paramètres comme la température, le pH, le débit d'air et l'apport de mélasse sont continuellement suivis. Pendant la fermentation, la levure est rafraîchie en permanence afin d'en réguler le développement.



4- Séparation :

Après la fermentation, les cellules de levures sont séparées du mout par une centrifugeuse, le mout délevuré passe alors dans les égouts et la crème repart vers les fermenteurs : c'est la levure mère, qui subit ensuite une autre séparation pour donner la crème de la levure commerciale.

5- Stockage « crème commerciale » :

La crème de la levure est rapidement refroidie à 4°C pour être stockée en citernes réfrigérées. Avant son utilisation, il faut lui ajouter du sel, qui joue un rôle très important dans le nettoyage des cellules de *Saccharomyces Cerevisiae* et la régulation de la matière sèche.

6- Filtration et emballage de la levure fraîche :

La filtration se fait à l'aide de 3 filtres à vide rotatifs, ensuite la levure est enlevée du cylindre au moyen d'un couteau racleur, la levure sous forme de pâte tombe dans des trémies ou elle est mélangée avec une huile végétale qui rend sa couleur plus claire.

La levure est coupée sous forme de parallélépipèdes selon un poids entré en consigne (500g).



7- Stockage :

La levure est stockée à 4°C, pendant 36 heures avant la livraison.

8- Séchage et conditionnement de la levure sèche :

La crème destinée à la fabrication de la levure présente un pH acide et une conductivité élevée, ces deux paramètres peuvent mener à un bon séchage.

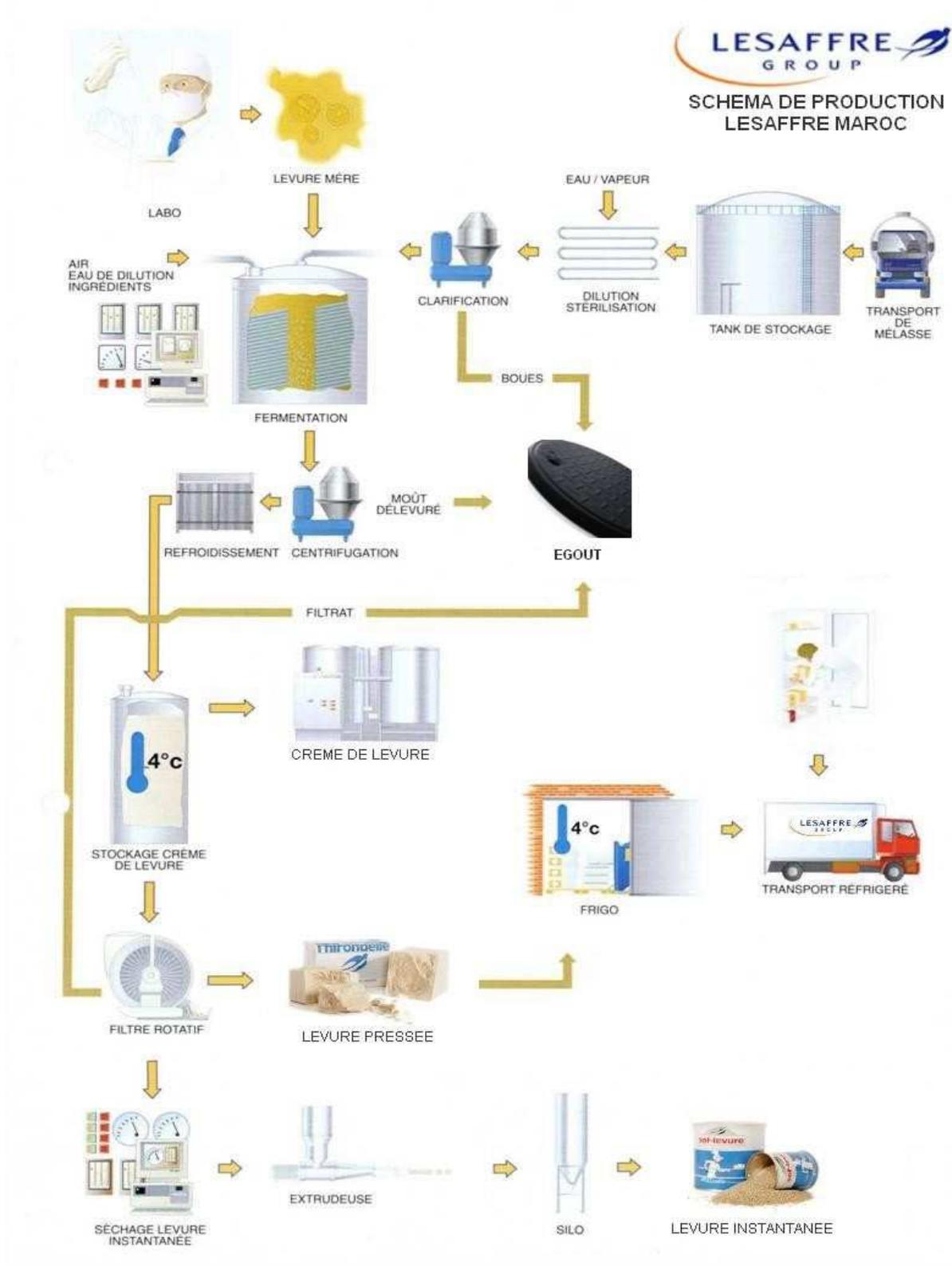
Après déshydratation de la crème, le gâteau est monté vers la boudineuse où il est mélangé avec un émulsifiant qui fait blanchir la levure et rend ses cellules plus résistantes.

En assiste par la suite a la formation d'un râpé qui descend dans le bol des sécheurs à lit fluidisé. Il y a deux types de levures sèches sont alors préparer :

- la SPI (levure sèche instantanée) : caractérisée par des granules sous formes de bâtonnets fissurés et un temps se séchage de 20min. Elle est emballée sous vide ou sous azote.
- la SPH (levure sèche active) : caractérisée par des granules sphériques et une durée de séchage de 3heures. Elle est emballée sous air.

10- Schéma général de production de la levure :

Ci-dessous un schéma général résumant la production de la levure de panification au sein de la Lesaffre Maroc :



II. Laboratoire Contrôle de Qualité

Toutes les étapes de production de la levure sont régulièrement suivies par un laboratoire de contrôle de qualité.

Cette direction a pour objet la réalisation de plusieurs tâches importantes :

- Contrôle la qualité de matières premières intervenant dans la production.

- Contrôle la qualité des biens produits par la société (vérification de la conformité aux règles de la qualité).
- Qualité organoleptiques :
 - La levure de teinte claire, blanc crème ou blanc cassé, est évaluée à l'aide d'un colorimètre numérique. Elle doit présenter une odeur *sui generis* (due au glutathion et à la vitamine B1) sans odeur étrangère. Pour la levure pressée en pains, la consistance et la friabilité sont contrôlées manuellement. Pour les levures sèches, on surveillera la taille et la forme des particules.
- Composition biochimique :
 - Le contrôle porte sur le taux de matières sèches par pesée et séchage à l'étuve, d'azote par la méthode de Kjeldhal pour évaluer la teneur en protéines de la crème au produit fini et du phosphore par spectrométrie.
- Force de la levure Activité fermentaire
 - L'aptitude à fermenter la pâte à pain est vérifiée sur chaque lot. Différentes méthodes sont utilisées permettant de mesurer la vitesse du dégagement de gaz carbonique sur des pâtons à base de farine de blé auxquels sont ajoutés les principaux ingrédients utilisés lors de la panification : chlorure de sodium, sucres, sels d'acides faibles. La technique utilisée est celle du **fermentomètre de Burrows et Harrison**, qui permet douze mesures simultanées sur des pâtons à base de 20 g de farine.
- Assurer la protection de la société au niveau hygiénique.
- Etudier les réclamations des clients concernant la qualité du produit.

Toutes ces analyses sont réalisées sous la responsabilité du chef de service contrôle de qualité avec la participation de la production dans le but d'une satisfaction des clients.

CHAPITRE 3

I. Présentation de la mélasse

1. Définition :

La mélasse est un sirop très épais et très visqueux constituant un résidu du raffinage du sucré extrait de la canne à sucre ou de la betterave. Moins calorique que le saccharose (280 kcal pour 100 g contre 375), la mélasse contient de la vitamine B et des minéraux (calcium, potassium, fer, cuivre,...), ce qui n'est pas le cas du sucré blanc cristallisé.

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

2. Constituants de la mélasse :



La canne



la betterave

-*La mélasse de canne* présente 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 est moins appétente 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.

Il est à noter que la levure a besoin de la biotine (vitamine H) pour sa croissance. Les mélasses de canne en sont riches. Dans le cas de fermentations sur mélasses de betterave ou d'autres substrats carbonés comme des hydrolysats d'ammoniums, cette vitamine doit être ajoutée à raison de 60 à 100µg pour 100g de matières de levure produite.

Les autres vitamines sont habituellement présentes en quantités suffisantes dans les mélasses. Les vitamines B1 et B6 sont quelques fois ajoutées pour améliorer l'activité fermentative de la levure.

Le taux d'azote de la levure de boulangerie varie de 6 à 9% sur matières sèches soit 35 à 56% de protéines. La composition azotée dépend de la qualité souhaitée : une levure riche en azote est plus active mais moins stable.

L'apport d'azote dans le milieu se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou de sels d'ammoniums (sulfate ou phosphate) ou d'urée. Cette dernière, qui exige pour sa bonne assimilation des niveaux élevés de biotine, est utilisée principalement avec la mélasse de canne.

Il faut signaler qu'il y a un manque de phosphore dans la mélasse c'est pourquoi qu'il est souvent ajouté sous forme d'acide phosphorique ou d'un de ses sels.

Les mélasses contiennent suffisamment de calcium, de potassium, et de soufre, mais pas assez de magnésium, il doit être ajouté.

Par ailleurs, les mélasses peuvent, dans certains cas, présenter une toxicité pour la croissance des levures. Les éléments toxiques sont mal définis ; ils peuvent provenir des techniques agricoles ou sucrières (ammonium quaternaire, sulfites, fongicides), de minéraux en excès (Na⁺) ou encore d'acides gras à chaînes courtes.

C'est pour cette raison que dans le processus de levurerie, la mélasse doit être filtrée, diluée, clarifiée et stérilisée. Il est relativement facile de clarifier la mélasse de betterave, tandis que la mélasse de canne contient des substances colloïdales qui rendent la clarification plus difficile.

En générale, les utilisations possibles de la mélasse sont multiples. Elle entre dans la composition des desserts. Comme elle peut donner au sucre brun sa couleur caractéristique.

La mélasse importantissime matière première est fournie à Lesaffre Maroc par plusieurs sociétés de sucreries telles : SUCRAL, SUTA, SUCRAFOR, SUNACAS, SURAC, SUNABEL...

Un tel produit est soumis à des tests quotidiens à l'état brute (Brix, pH donnant une idée sur la qualité de la mélasse), 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 (chaque type de mélasse dans un tank différent), une homogénéisation assurée par des pompes est alors très nécessaire.

Matière première	Mélasse betterave	Mélasse de canne
------------------	-------------------	------------------

3. La différence entre la composition chimique de la mélasse de canne et de betterave :

Sucres totaux	66,5	73,1
Saccharose.....	63,5	45,5
Raffinose.....	1,5	0
Sucres inverti.....	0	22,1
Autres.....	1,5	5,5
Composée organiques totaux	23,0	15,2
AG et PY (1)	4,0	2,4
Aminoacides	3,0	0
Bétadine	5,5	0
.....	0	3,1
Autres formes d'azote	5,5	7,0
Acides organiques	5	2,7
Pectines, etc.		
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		

Composition type des mélasses (en % des matières sèches totales)

II. Traitement de la mélasse

1. Dilution de la mélasse :

Après la filtration de la mélasse réalisé à température ambiante, celle-ci passe à la dilution afin d'obtenir une mélasse de concentration bien déterminée, en ajoutant de l'eau et de la vapeur d'eau.

La mélasse brute à diluer contient environ 78% de betterave et 22% de la canne, ce mélange est ensuite deux fois dilué par l'intermédiaire d'une eau chaude à 66°C et une vapeur d'eau à une pression de 3,5 bar.

2. Clarification :

La mélasse diluée passe ensuite dans un clarificateur ou elle est centrifugée. Cette étape consiste à éliminer les colloïdes et les boues ceci permet d'éviter le colmatage des échangeurs utilisés pendant la stérilisation.

A la fin, la mélasse diluée et clarifiée est stockée dans des cuves MDC à une température de 70°C.

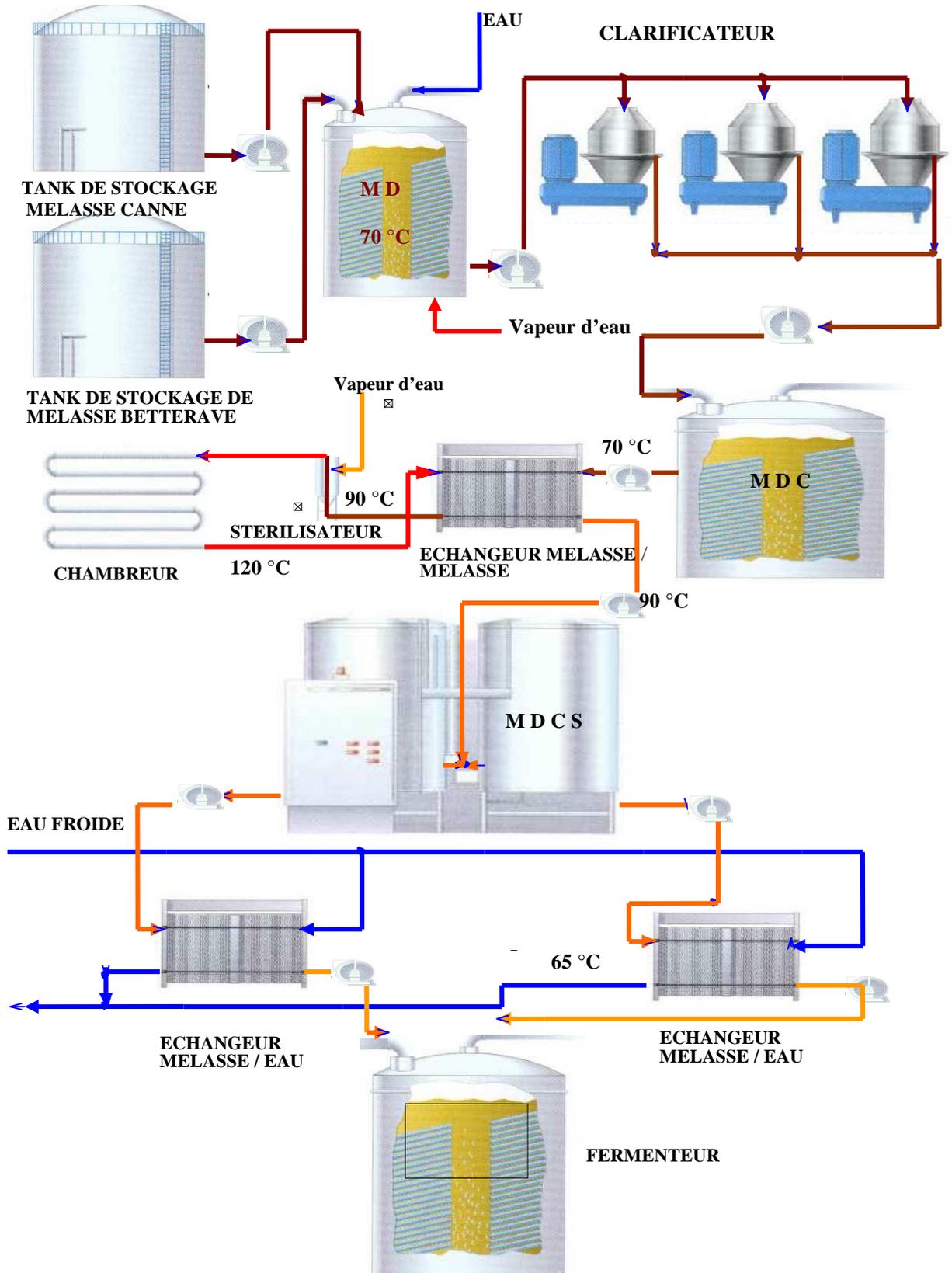
3. Stérilisation :

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de la vapeur. Cette opération est effectuée au moyen d'un appareil 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 par conséquent la mort de ces derniers. Cette technique consiste à un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser pendant un moment bien déterminé et une pression convenable.

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

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

** Schéma général de la station de traitement de la mélasse :*



PARTIE PRATIQUE : Matériels et Méthodes

Introduction :

La clarification de la mélasse est une étape crucial vu son intérêt, elle sert notamment à éliminer les boues ainsi que des colloïdes qui risquent de causer des difficultés lors de la stérilisation, et bien sûr de nuire à la production de la biomasse lors de la fermentation.

La clarification de la mélasse est une opération centrifuge autrement dit une décantation améliorée où la force centrifuge remplace l'action de la gravité, l'efficacité de la décantation est alors considérablement accrue.

Dans notre 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.

Par ailleurs la clarification de la mélasse est basée sur la différence de densité entre cette mélasse et les boues qu'elle peut contenir, en exploitant l'accélération terrestre ou centrifuge : les composantes de plus grande densité se déposent au fond du bassin ou en périphérie du bol de rotation.

Pour effectuer une évaluation des pertes en sucres dans la mélasse lors de la clarification nous avons été amenés à effectuer les analyses suivantes à la fois sur le saccharose, les sucres réducteurs (glucose, fructose) et le Clerget.

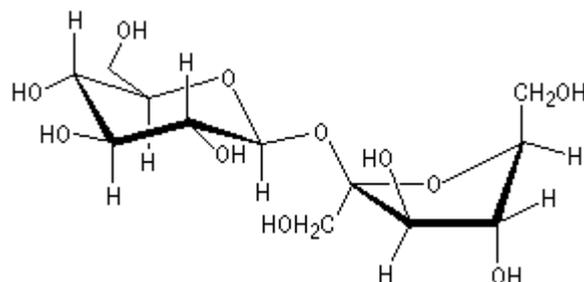
III. Saccharose

1. Présentation

Le saccharose (sucrose [sucre](#) de table ou sucre blanc) est un [suc](#) au goût très doux et agréable, largement utilisé pour l'alimentation. Extrait de certaines plantes, principalement de la [canne à sucre](#) et de la [betterave sucrière](#), il est transformé en de petits cristaux blancs.

Ce glucide de la catégorie des [diholosides](#) est formé par la [condensation](#) de deux [oses](#) : une molécule de [glucose](#) et une molécule de [fructose](#). Son nom normalisé est le β -D-fructofuranosyl-(2 \leftrightarrow 1)- α -D-glucopyranoside.

Structure de la molécule du saccharose :



2. Rôle du saccharose dans la levure

La levure *Saccharomyces Cerevisiae* ou levure de boulangerie est un champignon unicellulaire, de la classe des Ascomycètes, du genre *Saccharomyces* ce nom réfère à son affinité pour le sucre qui est considéré comme source de matière organique.

3. Analyse : Dosage du saccharose dans la mélasse

Mode opératoire

Peser dans une fiole de 220ml une quantité de mélasse de 32.54g, ajouter un peu d'eau distillée et de l'acétate de plomb basique (25ml pour mélasse à base de canne, 15ml pour celle de betterave), ensuite compléter à 220ml avec de l'eau distillée.

Bien agiter et filtrer sur papier filtre puis à l'aide d'un **polarimètre** on mesure l'angle de rotation du saccharose (α_1).

La méthode polarimétrique est un moyen simple et précis pour la détermination et la recherche dans l'analyse des échantillons coûteux et non-duplicable, permettant de mesurer l'activité optique montrée par les composés inorganiques et organiques.

$$\text{Taux de saccharose (\%)} = \frac{\alpha_1}{PE} \times 1.1 \times 26$$

- 1,1 : facteur de dilution
- 26 : constante d'appareil
- α_1 : l'angle de rotation du saccharose.
- PE : prise d'échantillon.

La Détermination De La Concentration Des Substances Optiques- Actives Avec Le Polarimètre (Voir Annexe)

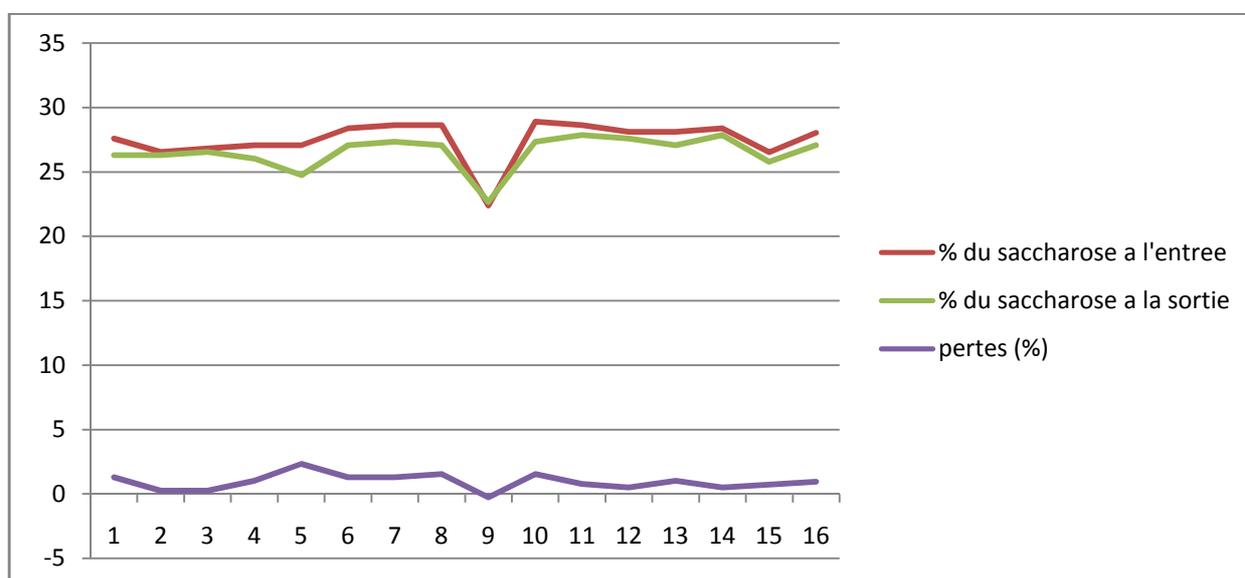
4. Résultats et interprétations

Les tableaux suivants présentent les résultats du dosage du saccharose obtenus sur les échantillons de mélasse diluée avant et après clarification pendant une période d'études de 4 semaines.

échantillon N°	jours	% du saccharose a l'entrée	% du saccharose a la sortie	pertes (%)
1	25/04/2011	27,59127228	26,28979717	1,301475108
2	26/04/2011	26,55009219	26,28979717	0,260295022
3	28/04/2011	26,81038722	26,55009219	0,260295022
4	29/04/2011	27,07068224	26,02950215	1,041180086
5	02/05/2011	27,07068224	24,72802704	2,342655194
6	03/05/2011	28,37215734	27,07068224	1,301475108

7	04/05/2011	28,63245237	27,33097726	1,301475108
8	05/05/2011	28,63245237	27,07068224	1,561770129
9	06/05/2011	22,38537185	22,64566687	-0,260295022
10	09/05/2011	28,89274739	27,33097726	1,561770129
11	10/05/2011	28,63245237	27,8515673	0,780885065
12	11/05/2011	28,11186232	27,59127228	0,520590043
13	12/05/2011	28,11186232	27,07068224	1,041180086
14	13/05/2011	28,37215734	27,8515673	0,520590043
15	14/05/2011	26,50891211	25,76920713	0,739704978
16	16/05/2011	28,02950215	27,07068224	0,958819914

On rassemblant ces résultats on obtient le graphe suivant indiquant l'évolution de la teneur en saccharose dans la mélasse à l'entrée du clarificateur, et à sa sortie.



Interprétation

En suivant le cour d'évolution de la courbe (différences en teneur du saccharose entre l'entrée et la sortie du clarificateur) on peut constater qu'il y a des pertes en saccharose avec une moyenne de 0,96 % au cours de ce processus.

IV. Sucres Réducteurs

1. Présentation

Les sucres réducteurs sont des sucres simples réactifs (donneur d'électrons dans une réaction d'oxydo-réduction). On peut citer le glucose, le fructose et le maltose. Historiquement, ce terme vient de la découverte de Fehling au 19^{ème} siècle qui prouva que certains sucres réagissaient avec des ions cuivriques pour les transformer en ions cuivreux. Visuellement, cette réaction dite « de réduction » s'observe par un changement de couleur de la liqueur de Fehling : au départ bleu, elle vire au rouge brique en présence de sucres réducteurs. Au niveau industriel, ces sucres participent aux réactions de Maillard ou de caramélisation lors des cuissons

2. Analyses Dosage des Sucres Réducteurs (glucose et fructose)

Mode opératoire :

Dans une fiole de 100ml, mettre 20g de mélasse, puis compléter avec de l'eau distillée, bien agiter et prendre 50ml et la mettre dans une autre fiole de 100ml, ajouter 10ml d'acétate de plomb basique en agitant, enfin compléter avec de l'eau distillée et filtrer.

Prendre 1ml du filtrat, la mettre dans un Erlenmeyer, et ajouter 10ml de sulfate de cuivre et 10ml de double tartrate, compléter à 100ml avec de l'eau distillée, puis mettre le mélange dans un bain thermostaté à 100°C pendant 10min.

Un blanc est préparé sans l'ajout de 1ml de mélasse.

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

Et on titre par thiosulfate de sodium N/30 en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré.

$$\text{sucres réducteurs (\%)} = \frac{V_{\text{blanc}} - V_{\text{ech}}}{PE} \times 10^{-1}$$

3. 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^+ sont oxydés par l'iode en Cu^{2+} , enfin l'excès d'iode est dosé par les thiosulfates de sodium.

L'équation du dosage: $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$

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.

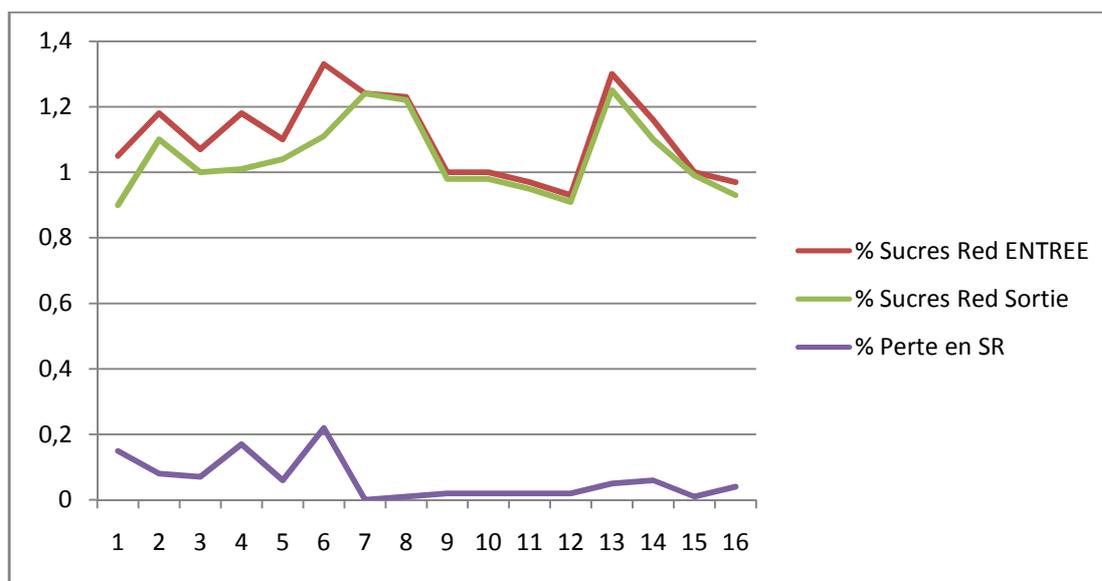
4. Résultats et Interprétations

Le tableau suivants présente les valeurs obtenues par le dosage des sucres réducteurs par la méthode de Fehling sur les échantillons de mélasse diluée à l'entrée et a la sortie du clarificateur ainsi que sur les boues rejetées pendant la période d'études qui s'étale sur 4 semaines.

échantillon N°	jours	% Sucres Red ENTREE	% Sucres Red Sortie	% Perte en SR
1	25/04/2011	1,05	0,9	0,15
2	26/04/2011	1,18	1,1	0,08
3	28/04/2011	1,07	1	0,07
4	29/04/2011	1,18	1,01	0,17
5	02/05/2011	1,1	1,04	0,06
6	03/05/2011	1,33	1,11	0,22
7	04/05/2011	1,24	1,24	0
8	05/05/2011	1,23	1,22	0,01
9	06/05/2011	1	0,98	0,02
10	09/05/2011	1	0,98	0,02
11	10/05/2011	0,97	0,95	0,02

12	11/05/2011	0,93	0,91	0,02
13	12/05/2011	1,3	1,25	0,05
14	13/05/2011	1,16	1,1	0,06
15	14/05/2011	1	0,99	0,01
16	15/05/2011	0,97	0,93	0,04

On rassemblant ces résultats on obtient le graphe suivant indiquant l'évolution de la teneur en Sucres Réducteurs dans la mélasse a l'entrée, et à la sortie du clarificateur.



Interprétations

A l'instar du saccharose, la courbe affichant la différence de la teneur en sucres réducteurs entre l'entrée et la sortie du clarificateur montre une perte moyenne de 0,063%.

V. Clerget (Sucres Invertis)

1. Présentation

Le sucre inverti est un mélange équimolaire de [glucose](#) et de [fructose](#) obtenu par [hydrolyse](#) du [saccharose](#).

L'hydrolyse est réalisée soit par une [enzyme](#), l'[invertase](#) ou bien en présence d'acide : $C_{12}H_{22}O_{11}$ (saccharose) + H_2O ([eau](#)) \rightarrow $C_6H_{12}O_6$ (glucose) + $C_6H_{12}O_6$ (fructose).

Le nom de sucre inverti vient de l'inversion du plan de [polarisation](#) de la lumière polarisée : une solution de saccharose dévie ce plan vers la droite (le saccharose est dit [dextrogyre](#)), le mélange glucose - fructose résultant de l'hydrolyse du saccharose le dévie vers la gauche (le fructose est [lévogyre](#)). Il y a donc inversion du plan de rotation, d'où sucre inverti.

2. Analyse : Mesure du Clerget

Mode opératoire

Du même filtrat utilisé pour le dosage du saccharose dans la mélasse de betterave, on prend 50ml et on lui ajoute 5ml d'acide chlorhydrique ensuite on le place à 70°C pendant 10min.

Puis on filtre sur du charbon actif, qui aide à enlever les impuretés solubles dans la solution.

Le Clerget est calculé par l'équation suivante :

$$\text{Clerget (\%)} = \frac{[\alpha_1 + (1.1 \times \alpha_2)]}{144 - \left(\frac{T^\circ\text{C}}{2}\right) \times PE} \times 1.1 \times 26 \times 100$$

- T°C: température de la solution à la sortie du polarimètre.
- α_2 : l'angle de rotation du saccharose inverti.
- α_1 : l'angle de rotation du saccharose.
- 1,1 : facteur de dilution.
- 26 : constante de l'appareil.
- PE : prise d'essai.

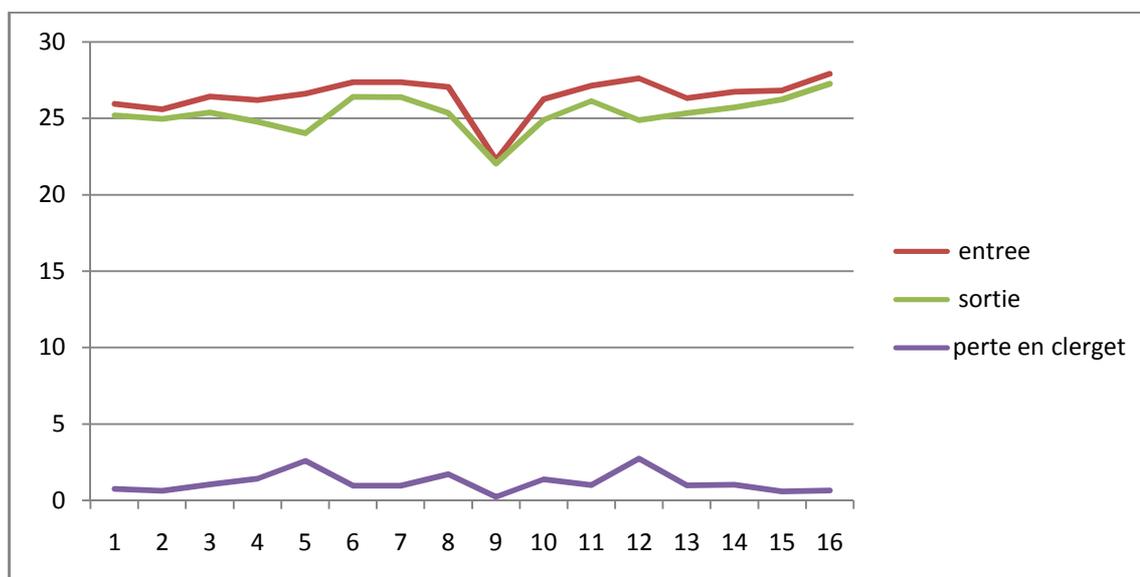
3. Résultats et Interprétations

Les tableaux suivants présentent les valeurs du pourcentage du Clerget obtenus sur les échantillons de mélasse diluée a l'entrée et a la sortie du clarificateur ainsi que sur les boues rejetées pendant la période d'études de 4 semaines.

échantillon N°	jours	entrée	sortie	perte en Clerget
1	25/04/2011	25,93237714	25,17480208	0,757575063
2	26/04/2011	25,58272711	24,96112706	0,621600051
3	28/04/2011	26,41800218	25,3690521	1,048950087
4	29/04/2011	26,18490216	24,76687705	1,418025117
5	02/05/2011	26,6122522	24,00930198	2,602950215
6	03/05/2011	27,36982726	26,39857718	0,97125008
7	04/05/2011	27,35040226	26,37915218	0,97125008
8	05/05/2011	27,05125724	25,33020209	1,721055142
9	06/05/2011	22,26105184	22,02795182	0,233100019
10	09/05/2011	26,26260217	24,88342706	1,379175114
11	10/05/2011	27,13672724	26,12662716	1,010100083
12	11/05/2011	27,60292728	24,86400205	2,738925226
13	12/05/2011	26,32087718	25,33020209	0,990675082
14	13/05/2011	26,72880221	25,69927712	1,029525085

15	14/05/2011	26,81512719	26,23672724	0,578399949
16	16/05/2011	27,90362722	27,25327725	0,650349971

L'exploitation de ces résultats a permis l'établissement d'un graphe montrant l'évolution de la teneur en sucres invertis a l'entrée et a la sortie du clarificateur ainsi que d'évaluer les pertes pendant la durée d'étude.



Interprétations

L'analyse de cette courbe nous à permis de constater qu'au niveau du clarificateur, des pertes en Clerget (sucre invertis) estimées en moyenne à 1,17% ceci va dans le même sens des résultats obtenue sur les deux analyses précédentes.

VI. Conclusion du chapitre

Finalement les analyses effectuées tout au long de la période d'étude, nous ont amenés à mettre en évidence des pertes en sucres totaux pendant l'opération de la clarification et par la même occasion évaluer leur valeur moyenne qui reste proche de 1,3%.

En tenant compte du prix de la mélasse brute et de sa teneur en sucres nous avons pu déterminer la valeur significative des pertes en matière organique par la société, celles-ci peuvent être éventuellement chiffrées à 840 000 DH annuellement. Un tel montant représente une perte assez conséquente pour la société et met en évidence un manque d'efficacité de la production ce qui s'oppose avec les principes de la qualité de la production industriel.

Dans cette optique nous avons proposé une action corrective face à ce problème qui peut être résumée comme suit :

La réalisation d'une opération de rinçage du clarificateur avant chaque débouillage par l'intermédiaire de l'eau chaude adoucie. Cette opération a pour but de récupérer par solubilisation un maximum de sucres restant (matière organique cellulaire) dans les boues destinées au rejet immédiat dans le processus actuel. Ceci doit être réalisé bien évidemment en tenant compte du taux de dilution de la mélasse nécessaire à la fermentation.

Conclusion Générale

Les analyses effectuées aussi bien à l'entrée et à la sortie du clarificateur ont permis de mettre en évidence une importante perte en sucres totaux lors du passage de la mélasse par cet appareil. Cette perte est d'autant plus considérable qu'elle se chiffre à environ 840000 DH annuellement. Pour faire face à ce problème majeur, j'ai proposé la réalisation d'un rinçage régulier entre les cycles de clarification pour récupérer une bonne partie des pertes en sucres totaux en tenant compte du degré de dilution finale de la mélasse.

Au terme de mon stage, je peux dire que mon objectif est atteint, puisque ce stage m'a permis d'une part d'appliquer mes connaissances théoriques pour l'étude d'un problème pratique, afin d'adapter ma formation aux besoins industriels et s'initier donc à la recherche scientifique, d'autre part j'ai appris à assumer une responsabilité au sein de l'entreprise et d'acquérir l'esprit du travail par équipe.

ANNEXE

La Détermination De La Concentration Des Substances Optiques- Actives Avec Le Polarimètre

La théorie de la Méthode

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 ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$).

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.



Image du polarimètre

Lorsqu'une solution contenant une molécule présentant une asymétrie est traversée par un faisceau de lumière polarisée, le plan de polarisation de la lumière est dévié, vers la gauche [molécule lévogyre (-)] ou vers la droite [molécule dextrogyre (+)].

La dissymétrie de la molécule est due habituellement à la présence d'un (ou plusieurs) carbones substitués asymétriquement, les deux isomères (inverses optiques ou énantiomères) ont les mêmes propriétés physiques (densités, indice de réfraction, température de fusion, ...) et ne diffèrent que par leurs pouvoirs rotatoires qui sont opposés.

Application au dosage des sucres

Les glucides possèdent un ou plusieurs centres de dissymétrie (ou centre de chiralité) : ils sont donc optiquement actifs et sont dosables par polarimétrie.

Mesure du pouvoir rotatoire

On utilisera un polarimètre automatique ATAGO

Allumer la lampe du polarimètre au moins 10 min avant d'effectuer les mesures.

Le polarimètre est constitué de :

- ✓ Une source lumineuse (lampe à vapeur de sodium)
- ✓ Un filtre ($\lambda = 589 \text{ nm}$)
- ✓ Un polariseur qui polarise la lumière qu'il reçoit.
- ✓ Une lame demi-onde couvrant la moitié du faisceau qui transforme la vibration reçue en sa symétrique par rapport à une ligne neutre verticale.

- ✓ Un tube contenant le solvant ou la solution dont on veut mesurer le pouvoir rotatoire
- ✓ Un analyseur qui peut tourner autour de l'axe de l'appareil avec un système permettant de mesurer l'angle de rotation avec précision.
- ✓ Un oculaire permettant la mise au point dans le plan de la lame demi-onde.

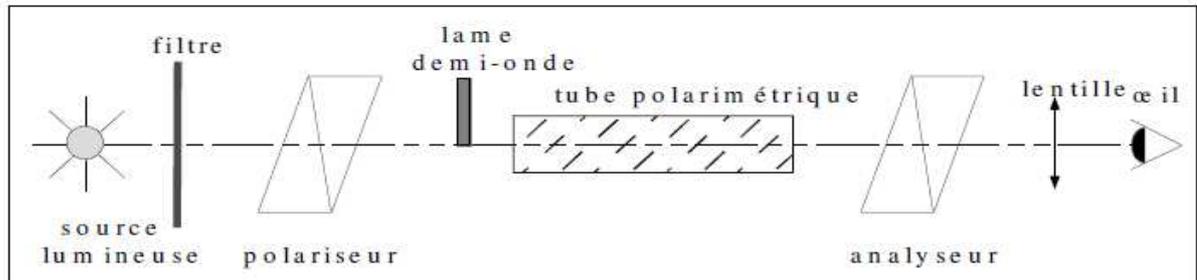


Schéma d'un polarimètre

Réglage du zéro et mesure

Mettre en place dans l'appareil un tube rempli d'eau distillée (veiller à ne pas laisser de bulle d'air). A l'aide de l'oculaire, réaliser une mise au point de la lame demi-onde.

Se placer dans les conditions optimales d'éclairage en réglant l'angle de pénombre. Réaliser l'égalité d'éclairage des plages. Mettre la graduation du vernier à zéro, rétablir l'égalité d'éclairage des plages, et enfin retrouver le réglage du zéro.

Plage droite plus claire Faire tourner vers la droite

Plage gauche plus claire Faire tourner vers la gauche

	Plage droite plus claire	Faire tourner vers la droite
	Plage gauche plus claire	Faire tourner vers la gauche
	Équipénombre	

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

➤ <http://www.labetterave.com/>

➤ <http://www.lesucre.com/>

- www.google.com
- [\(http://www.theses.ulb.ac.be/\)](http://www.theses.ulb.ac.be/)
- http://www.azprocede.fr/Cours_GC/centrifugation_principe.html
- www.wikipedia.org
- pca.ujf-grenoble.fr/.../polarometrie.htm