
Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Suivi des paramètres physico-chimiques de la mélasse diluée, mélasse diluée clarifiée et le débourbage au sein de la société LESAFFRE MAROC

Présenté par :

◆ Mlle : ES-SAADOUNI Farida

Encadré par :

◆ Mr. A.BENNANI

◆ Pr .A. BOUAYAD

Soutenu Le 15 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr.Abdessalam BOUAYAD

- Pr. Youssef KANDRI ROUDI

- Pr.Abdelouahed BOUAYAD

Stage effectué à LESAFFRE MAROC

Année Universitaire 2010 / 2011

Introduction

Le but de ce stage est de me permettre d'établir un contact avec l'entreprise pour instaurer une complémentarité entre les connaissances de base théoriques et pratiques tirés du monde de travail.

*J'ai effectué mon stage de fin d'étude à la société industrielle **LESAFFRE MAROC**, et plus précisément dans le laboratoire physico-chimique de la société.*

Ce stage a été l'opportunité pour moi, d'une part d'avoir une idée approfondie sur l'application des études théoriques à l'échelle industrielle ainsi qu'appréhender et maîtriser les procédés industriels de fabrication de la levure.

D'autre part tester la fiabilité de la station de traitement de la mélasse au niveau du clarificateur.

Durant se stage :

- J'ai suivi une étude générale sur le principe de fonctionnement de la mélasse avant, après la clarification et le débourbage.*
- J'ai fait les analyses physico-chimiques sur la mélasse avant l'utilisation par la levure.*
- J'ai calculée les pertes au niveau du clarificateur.*

Présentation

de la société LESAFFRE Maroc

En 1853 deux fils de cultivateurs du nord de la France, Louis LESAFFRE et Louis Bonduelle, s'associent pour construire une fabrique d'alcool de grains et de genièvre, à Marquette-lez-Lille. A l'origine, la levure n'était qu'un sous-produit de la fabrication des alcools de grains.

En 1871, le baron autrichien Max de Springer, propriétaire à Maisons-Alfort d'une très belle distillerie, rapporte de chez Mautner, à Vienne, l'idée d'extraire la levure des moûts de fermentation des grains et de la vendre aux boulangers. L'année suivante, LESAFFRE & Bonduelle développe la fabrication de levure fraîche à Marcq-en-Barœul, à la place d'un ancien moulin. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle **LESAFFRE**.

A la fin du 19^{ème} siècle, la société affiche déjà une volonté exportatrice... Angleterre, Belgique, Suisse, Italie, Espagne.

Et après la seconde guerre mondiale, une série de progrès technologiques et d'innovations, appuyés par la construction d'un puissant réseau commercial exportateur, permettent à LESAFFRE un développement qui ne se démentira plus.

Passé maître dans le domaine des bio-industries, le groupe LESAFFRE se structure autour de ses principaux métiers : la levure, le malt, les bioconversions. Pour être plus proche de ses clients et leur apporter un service optimal, LESAFFRE s'implantera sur les cinq continents.

En 1993, la **SODERS** (Société des Dérivés des Sucres) est majoritairement détendue par le groupe Français LESAFFRE. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification, et portant aujourd'hui comme nouvelle appellation "**LESAFFRE MAROC**".

Basée à Fès, elle emploie 170 personnes avec une superficie de 2 hectares qui bénéficie d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

LESAFFRE Maroc, située à Fès, fabrique et commercialise de la levure et des améliorants de panification des marques suivantes :

- **Jaouda** pour la levure fraîche.

- **Rafiâa** 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, ces derniers apportent au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume, de texture et couleur de mie, d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr de goût.

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

Partie I

Procédé de fabrication de la levure

Une levure est un champignon unicellulaire employée pour la fabrication du vin, de la bière, des alcools industriels, du pain et d'antibiotiques.

Le terme courant de levure désigne généralement le genre *Saccharomyces* levure de bière ou levure de boulangerie.

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. 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 boulanger) à la quelle on s'intéresse dans **LESAFFRE MAROC** est un champignon du genre *saccharomyces cerevisiae*, en latin « Saccharo » signifie doux ou sucre et « myces » désigne moisissure.



Cellules de levure Saccharomyces cerevisiae

Microscope optique, état frais, x 1000

Les étapes de la production de la levure à la société LESAFFRE Maroc

Le fabricant de levure a pour objectif de produire une grande quantité de cellules vivantes. De la phase laboratoire aux cuves industrielles, il favorise la multiplication des cellules dans des conditions optimales (mélasse, température, pH...).

Les souches de levures sont des individus uniques. C'est l'association de levures sélectionnées et de procédés industriels spécifiques qui permet d'obtenir des produits performants et adaptés aux attentes des utilisateurs.

Ces étapes sont présentées par le schéma suivant :

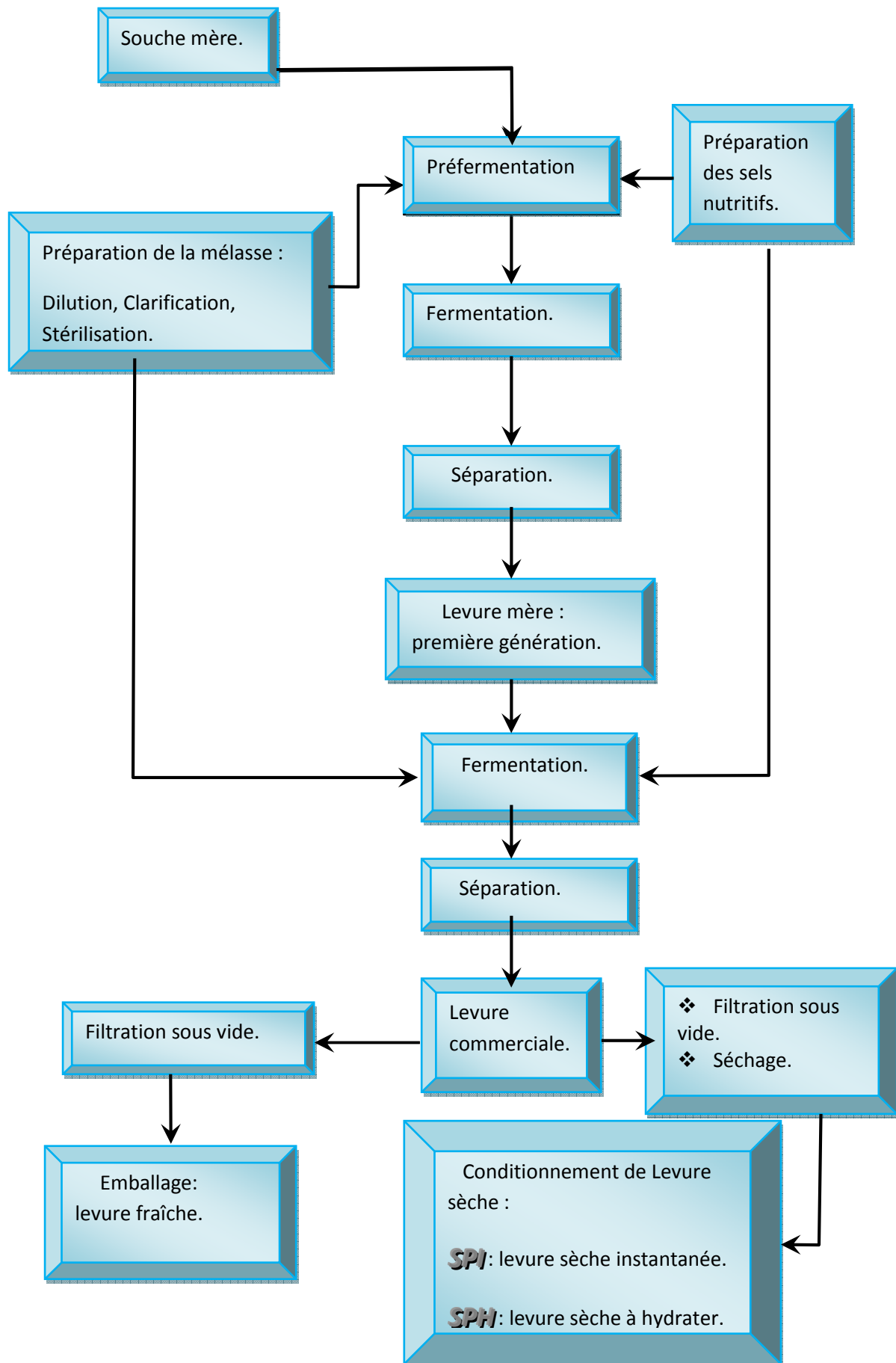


Figure1:DIFFERENTES ETAPES DE PRODUCTION DE LA LEVURE

A la société **LESAFFRE Maroc**, les étapes de production de la levure sont les suivantes :

-Etape laboratoire (ensemencement)

Chaque mois, la société **LESAFFRE Maroc** reçoit de la France deux souches de *Saccharomyces cerevisiae*. Une 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 de chaque souche), cette étape exige un travail dans des conditions strictement aseptiques pour éviter tout risque de contamination, puis le contenu des tubes est transvasé 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, le contenu du « van Lear » est versé dans un icône plus grand appelé « Carlsberg » où elles se multiplient à nouveau.

-Fermenteur de 800 litres

La souche précédemment préparée est mise dans un fermenteur de 800 litres, dans lequel la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif.

-Préfermentation

Le contenu de 800 litres est versé dans un préfermenteur et on ajoute les ingrédients avec des quantités précises :

- L'eau
- La mélasse stérile
- L'acide sulfurique
- Les sels minéraux
- Les éléments de traces (oligo-éléments et vitamines).
- L'air

Ce qui nécessite un contrôle rigoureux au niveau de la salle de contrôle où il y a suivi des différents paramètres de la fermentation : le pH, le taux d'alcool, le Brix, la mélasse, l'air...etc. Et si jamais il y a un dérapage, soit il y a correction automatique ou par l'intervention des gens responsables de la salle de contrôle.

-Fermentation

A la fin de la préfermentation on obtient un moût qui servira à ensemencer le fermenteur avec un milieu nutritif bien spécifique et après 14 à 16 heures de fermentation, on obtient la levure mère, qui va subir une séparation puis un stockage.

La levure mère obtenue va encore servir à la fermentation, par un ensemencement pour donner naissance à une levure commerciale.

-Séparation

Les cellules de levure sont séparées du moût dans des séparateurs qui fonctionnent par centrifugation, on obtient un liquide léger c'est le moût déluré, et un liquide dense « la crème » qui repart vers les fermenteurs : c'est la levure mère, qui, après fermentation, subit une autre séparation pour donner la crème de la levure commerciale.

-Stockage

La crème est refroidie à 4°C et stockée dans des cylindres de stockage où il y a addition :

- D'acide sulfurique à **pH = 2** pour éviter la contamination.

- Du sel qui joue un rôle très important dans le nettoyage des cellules de *Saccharomyces cerevisiae* et la régulation de la matière sèche.

-Filtration et emballage de la levure fraîche

La filtration se fait à l'aide de trois déshydrateurs rotatoires sous vide contenant une couche filtrante d'amidon et munis de racleurs, la levure sous forme râpée tombe dans des trémies où elle est mélangée avec une huile végétale qui rend sa couleur plus claire.

L'emballage s'effectue grâce à une machine spéciale, constituée d'une boudineuse, découpeuse et enveloppeuse. Quand le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine, on aura à la fin un

produit fini sous forme de paquets de poids nette de 500 g, qu'on met en cartons disposés sur des palettes de manière à avoir un vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

-Séchage et conditionnement de la levure sèche

La crème destinée à la fabrication de la levure sèche a un pH acide et une conductivité élevée qui mènent à un bon séchage.

Après déshydratation de la crème, le gâteau obtenu passe dans une vis-sans-fin, qui le fait monter vers la boudineuse où il est mélangé avec un émulsifiant qui fait blanchir la levure et rend ses cellules plus résistantes.

Ensuite, il y a formation d'un râpé qui descend dans le bol des sécheurs à lit fluidisé.

Il y a 2 types de levures sèches :

- **La SPH** (levure sèche active), sous forme de petits grains sphériques, sa durée de séchage est d'environ quatre heures pour une quantité de 400 kg à 500 kg et s'effectue à 45°C. Elle est séchée de manière à obtenir 93 à 94 % de matière sèche. Ce type de levures sèches nécessite une phase de réhydratation avant son utilisation.

Elle est emballée sous air.

- **La SPI** (levure sèche instantanée) Sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20min environ pour une quantité de 1000 kg, elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH. Elle est séchée de manière à obtenir 95 à 96 % de matière sèche. Ce type de levures sèches ne nécessite aucune phase de réhydratation avant son utilisation. Elle est emballée sous vide ou sous azote.

-Conservation

La levure fraîche est conservée à 4°C, alors que la levure sèche est conservée à température ambiante.

Partie II

Processus de fabrication et analyse physicochimiques de la mélasse

Au cours de mon stage au sein de la société LESAFFRE Maroc, j'ai constaté que la qualité de la levure est étroitement liée à celle de la mélasse ce qui est liée à l'étape de la filtration et la clarification, ce sujet nous a poussé à étudier et vérifier de près le passage de la mélasse avant et après clarification.

I-La Mélasse de betterave et de canne

Mélasse de betteraves sucrières : coproduit constitué par le résidu sirupeux recueilli lors de la fabrication ou du raffinage du sucre provenant de la betterave sucrière.

Mélasse de canne à sucre : coproduit constitué par le résidu sirupeux recueilli lors de la fabrication ou du raffinage du sucre provenant des cannes à sucre.

La mélasse est un sirop très épais et très visqueux, 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 sucre blanc cristallisé.

I.1- Processus de fabrication de la mélasse de betterave et de canne

La mélasse est un coproduit de la fabrication du sucre à partir de la betterave et de la canne en sucrerie, ou des sucres roux en raffinerie.

I.2- Composition chimique de la mélasse

La mélasse contient de la vitamine B et des 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 (sauf traitement spécial), non cristallisable en raison des impuretés qu'il contient.

Il faut distinguer la mélasse de canne, qui a une forte appétence due à l'odeur et contient généralement plus de sucre que la mélasse de betterave (53 à 54 %). La mélasse de betterave est légèrement moins riche en sucre (48 %), elle est moins appétente que la mélasse de canne.

Matière première	Mélasses de betterave	Mélasses 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
Béatine	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 ₆	0.4	0
Autres	0.2	0.9

(1) : Acide Glutamique + Acide Pyrrolidine Carboxylique.

Tableau 1 : Composition chimique de la mélasses de canne et de betterave

Les 77 à 82 % des matières sèches de la mélasses apportent pour l'essentiel du **saccharose** comme **source de carbone**, des **minéraux**, des **oligo-éléments** et des **vitamines**.

Suivant l'origine des mélasses, betterave ou canne, si la teneur en sucres est voisine, la composition de leurs sucres totaux est très différente. Ainsi, dans la mélasses de betterave, la presque totalité des sucres se trouve sous forme de saccharose, alors que dans la mélasses de canne, le saccharose ne représente qu'environ les 2/3 des sucres totaux.

La mélasses de betterave contient environ 1 à 1,5 % de raffinose (trisaccharide formé de galactose-glucose-fructose) dont la levure n'assimile que le résidu fructose car elle ne possède pas d'activité α -galactosidase pour hydrolyser le mélibiose (galactose-glucose).

La composition de la matière organique est assez différente suivant l'origine des mélasses ; pour les deux mélasses, la teneur en acides aminés essentiels est faible : en lysine, méthionine, cystine, tryptophane et thréonine notamment. En revanche, la mélasses de betterave est bien pourvue en Béatine et acide glutamique (4 à 5 % de la MS).

Une fraction de la matière organique des mélasses de betterave correspond à des acides organiques : acides lactique, malique, acétique, oxalique principalement ; tandis que les mélasses de canne contient une quantité non négligeable de gommes solubles et complexes hydrocarbonés (4 %) et acides organiques (3 %) : acides actinique, citrique, malique et succinique.

La levure a besoin de **biotine** (vitamine H) pour sa croissance.

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

L'apport **azoté** des mélasses est largement insuffisant pour couvrir les besoins de la levure. Le taux d'azote de la levure de boulangerie varie de 6 à 9 % sur matières sèches soit 37 à 56 % de protéines.

L'apport d'azote dans le milieu se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou de sels d'ammonium (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.

La mélasse manque de **phosphore**. En règle générale, la composition en phosphore de la levure, exprimée en P_2O_5 , représente un tiers de celle de l'azote, soit entre 2 et 3 % sur matières sèches. Le phosphore est ajouté sous forme d'acide phosphorique ou de ses sels.

Les mélasses contiennent suffisamment de **potassium**, de **calcium** et de **soufre**, mais du **magnésium** (et parfois du **zinc**) doivent être ajoutés.

Dans le processus de levurière, la mélasse est 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.

La mélasse (comme les légumes, les fruits et les céréales) est par conséquent bénéfique pour lutter contre l'anémie notamment.

Les utilisations possibles de la mélasse sont multiples. Elle entre dans la composition des desserts.

On produit aussi de plus en plus de bioéthanol à partir de mélasse (et d'autres produits). Enfin, elle donne au sucre brun sa couleur caractéristique.

I.3- Les sels nutritifs

La mélasse manque de **phosphore** et d'azote pour couvrir les besoins de la levure, d'où la nécessité de les apporter sous forme de sels nutritifs qui comprennent :

- **L'urée et les sulfates d'ammonium** : sont une source d'azote nécessaire pour la production des enzymes et des protéines cellulaires.
- **Les phosphates** : sont une source de phosphore qui peut également apporter de l'azote (phosphate d'ammonium). Le phosphore est nécessaire pour la production d'énergie et la phosphorylation membranaire.

Le traitement des sels nutritifs au sein de la société LESAFRE Maroc se fait dans une station spéciale où ils subissent une filtration pour éliminer les impuretés, puis une désinfection par l'eau de javel avant d'être envoyés vers les fermenteurs.

I.4- Station de traitement de la mélasse

Elle a pour objectif de stériliser la mélasse brute grâce à un système de contrôle très sophistiqué gouverné par un ordinateur, qui règle tous les paramètres automatiquement dont la dilution de la mélasse brute, le débit, le temps et la température de clarification et de stérilisation, les électrovannes et les débits des pompes.

I.5 - Les différentes étapes du traitement de la mélasse à la société LESAFFRE Maroc

La mélasse présente pour la levure une source de carbone sa préparation (80% de betterave + 20% de canne) consiste à une dilution, clarification, stérilisation et refroidissement.

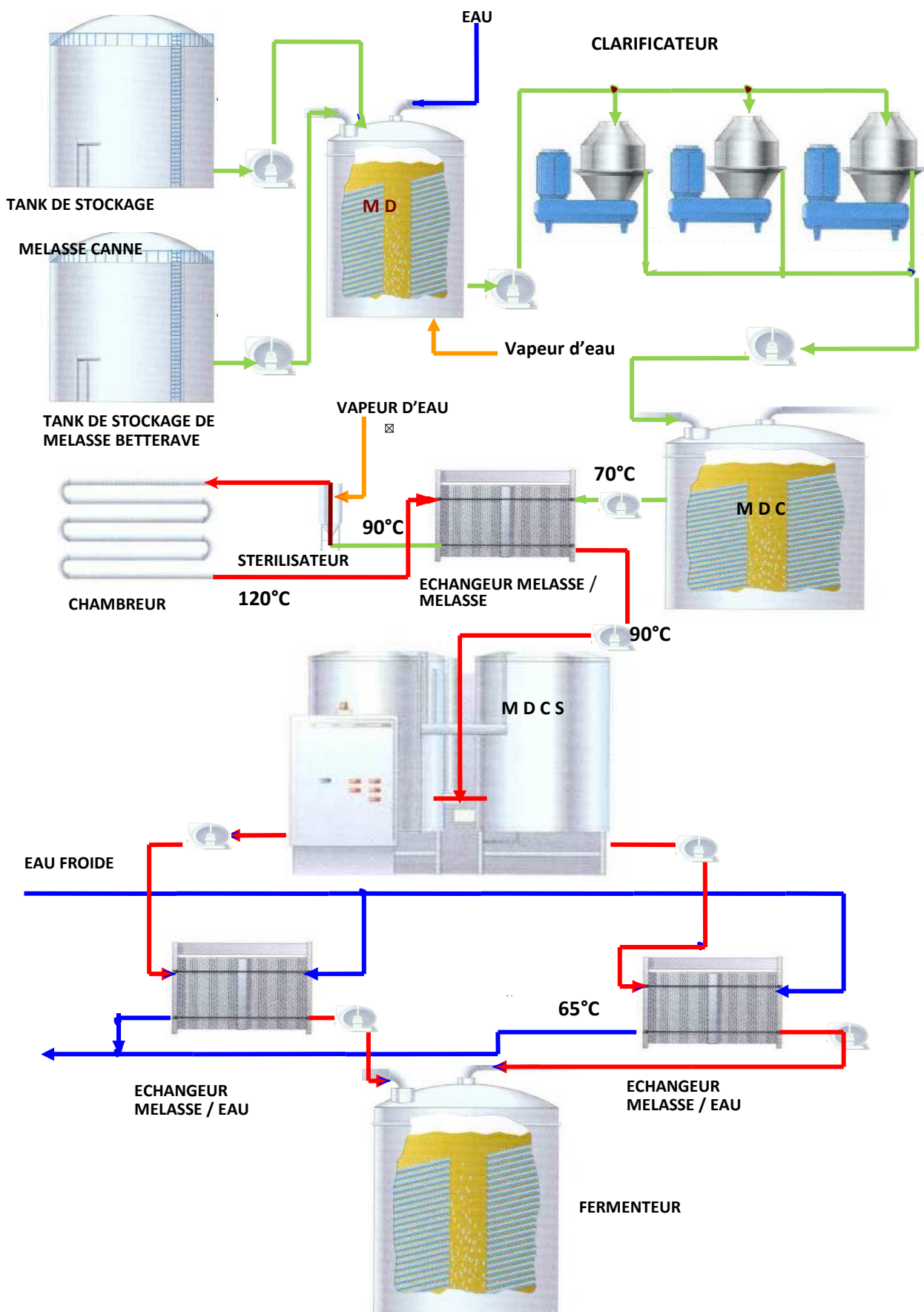


Figure 4 : Schéma Général de la station de traitement de la mélasse

-Stockage

La mélasse 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 mélasse brute (Brix et pH qui donnent une idée sur la qualité de la mélasse), et d'autres hebdomadaires (Clerget, sucres réducteurs, sucres totaux, et matière sèche, analyses microbiologiques..).

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

-Dilution de la mélasse

Les mélasses brutes de canne et de betterave proviennent des tanks de stockage et se mélangent dans une cuve de dilution, appelée « cuve MD », avec de l'eau et de la vapeur.

La mélasse brute à diluer contient environ 80 % de mélasse de betterave et 20 % de mélasse de canne, quand à la dilution elle est d'environ de 50 %.

La température dans la cuve MD est de 70°C grâce à l'eau chaude et la vapeur d'eau injectée pour diminuer la viscosité de la mélasse.

-Clarification

La clarification est une séparation mécanique, par action de la force centrifuge, de deux phases ayant deux densités différentes (solide et liquide). En tant qu'étape de traitement, elle consiste à éliminer de la mélasse les impuretés solides pouvant figurer dedans pour obtenir une MDC.

Le débouage :

- c'est l'évacuation des déchets accumulés dans la base du clarificateur.
- la période du débouage est bien précise, toutes les 7 minutes, pour ne pas ralentir le processus. En effet, le débouage est effectué par pompage d'un courant d'eau très fort dans la base du clarificateur, ensuite cette eau chargée d'impuretés est évacuée pour rejoindre les eaux usées.

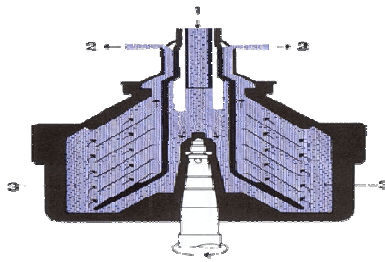
-Clarificateur

Il existe différents modèles de clarificateurs provenant essentiellement de deux fournisseurs (Alfa Laval et Westfalia), ces équipements présentent les mêmes composants, plus ou moins sophistiqués selon les modèles. Dans la société **LESAFFRE**, le modèle utilisé comme clarificateur est celui de Westfalia et il y a deux types de clarificateurs un automatique et l'autre manuel, la différence entre les deux réside essentiellement dans sa nettoyabilité.

-Différent types de clarificateur

➤ Clarificateur type SB80

Ce clarificateur (SB80), dispose d'une vanne annulaire permettant une verture en marche, il a un débit de 8000 l/h et d'une pression de 4 bars.



➤ Principe de fonctionnement

Cette position n'est déclenchée que si le bac mélasse diluée (MD) est rempli au moins à 8m^3 , dans ce cas les pompes du circuit MD s'ouvrent automatiquement pour accéder à la clarification.

La MD entre au clarificateur par le haut, subit à travers les assiettes inclinées un champ centrifuge qui permet la séparation de mélasse diluée clarifiée (MDC) qui sort par un orifice supérieur, et les déchets qui s'accumulent progressivement dans la base du clarificateur.

➤ Clarificateur type SAMN

Ce clarificateur a des systèmes plus simples, sans vanne ou avec une vanne qui s'ouvre par inertie, il a un débit de 4000 l/h et d'une pression de 2 bars.

➤ Clarificateur SB60

- Un clarificateur à assiette avec évacuation périodique des boues,
- Sa capacité maximale est de 16m^3 ,
- Son réglage est automatique par un tableau de bord,
- Il fonctionne en étage successive est bien précise.

La mélasse diluée passe dans des clarificateurs où elle est centrifugée.

Cette étape consiste à éliminer les colloïdes et les boues ainsi d'éviter le colmatage des conduits et des échangeurs utilisés pendant la stérilisation.

La mélasse sortie des clarificateurs, appelée mélasse diluée clarifiée (MDC) est stockée provisoirement dans une cuve MDC.

-La préparation à la stérilisation

Avant la stérilisation, la mélasse MDC passe par échangeur à plaques, où elle circule à contre courant avec la mélasse diluée clarifiée stérilisée MDSCS, ce contact permet un préchauffage du MDC, et sa température augmente de 70°C à 90°C .

-Stérilisation

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de vapeur.

La stérilisation est effectuée au moyen d'appareil à pression de vapeur d'eau appelé : stérilisateur.

La vapeur est injectée sous pression de 3,5 bars, le contact direct de la vapeur et la mélasse MDC permet l'augmentation de la température de ce dernier de 90°C à $120 - 130^\circ\text{C}$, cette température est maintenue constante un certain temps dans le chambreur, le temps de chambrage dépend du débit et de la température de la mélasse, il faut donc respecter un barème de stérilisation.

Le barème de stérilisation dépend de :

- La température de stérilisation,
- Le débit de la mélasse,
- La pression.

Un débit de $16 \text{ m}^3 / \text{h}$ correspond à une température de 130°C avec un temps de contact d'une minute.

Un débit de $8 \text{ m}^3 / \text{h}$ correspond à une température de 120°C avec un temps de contact de deux minutes.

L'action conjuguée de la vapeur d'eau et de la température provoque la dénaturation des protéines des micro-organismes et la destruction de ces derniers.

Ensuite, elle passe dans l'échangeur à plaque « MDC »-« MDSC » afin d'être refroidie.

-Stockage de la MDSC

La mélasse MDSC est stockée à 90°C .

-Refroidissement

Avant d'être utilisée dans la fermentation, la MDSC passe dans des refroidisseurs, qui sont des échangeurs à plaques mélasse / eau froide, la mélasse se refroidie 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.

MD signifie la mélasse diluée, MDC signifie la mélasse diluée clarifiée et MDSC la mélasse diluée clarifiée stérilisée.

I.6-Prise des échantillons

Pour effectuer nos analyse on fait un échantillonnage de la mélasse avant l'entrée au clarificateur et après clarification et aussi le résidu de clarification.

II-Les analyses physico-chimiques

II.1-Le pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité.

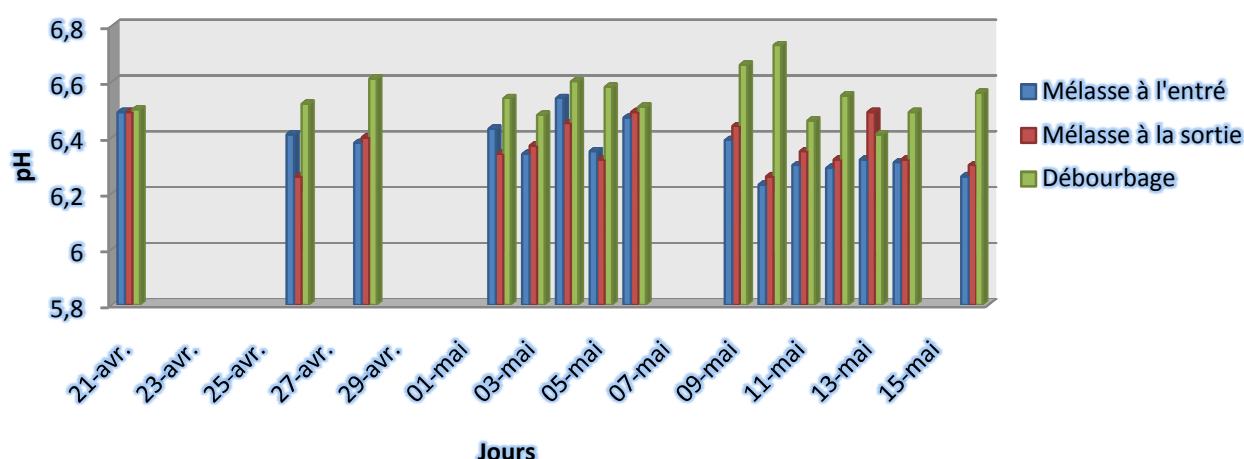
$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Au laboratoire de LESAFFRE Maroc, on utilise le pH-mètre pour une mesure assez précise de la valeur du pH.

II-1-1-Résultats

	21-avr	26-avr	28-avr	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée (%)	6,49	6,41	6,38	6,43	6,34	6,54	6,35	6,47	6,39	6,23	6,3	6,29	6,32	6,31	6,26	6,36
Mélasse de sortie (%)	6,49	6,26	6,4	6,34	6,37	6,45	6,32	6,49	6,44	6,26	6,35	6,32	6,49	6,32	6,3	6,37
Débourbage(%)	6,5	6,52	6,61	6,54	6,48	6,6	6,58	6,51	6,66	6,73	6,46	6,55	6,41	6,49	6,56	6,54

Le pH de la mélasse avant et après clarification et du débouillage



II-1-2-Interprétations

On sait d'avance que le pH de la mélasse de betterave est supérieur à 6 et le pH de la mélasse de canne est supérieur à 5, et puisque la mélasse de betterave est majoritaire avec 80% dans le mélange « mélasse diluée » et « mélasse diluée clarifiée » donc on doit avoir dans ces résultats un pH qui est supérieur à 6.

- Et c'est ce qu'on a trouvé : un pH qui est supérieur à 6 dans la mélasse avant et après clarification.
- Mais pour le débouillage on remarque dans certains jours (par exemple : le 09 et le 11 mai) qu'il ya des résultats qui sont supérieur aux autres, cela est expliqué par la présence des traces de soude lors du lavage et par la décharge du clarificateur des boues.

II.2-La conductivité

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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou mS/cm.

La conductivité traduit la minéralisation totale de mélasse .Sa valeur varie en fonction de la température. Elle est donnée à 20°C .Elle est mesurée par le conductimètre.

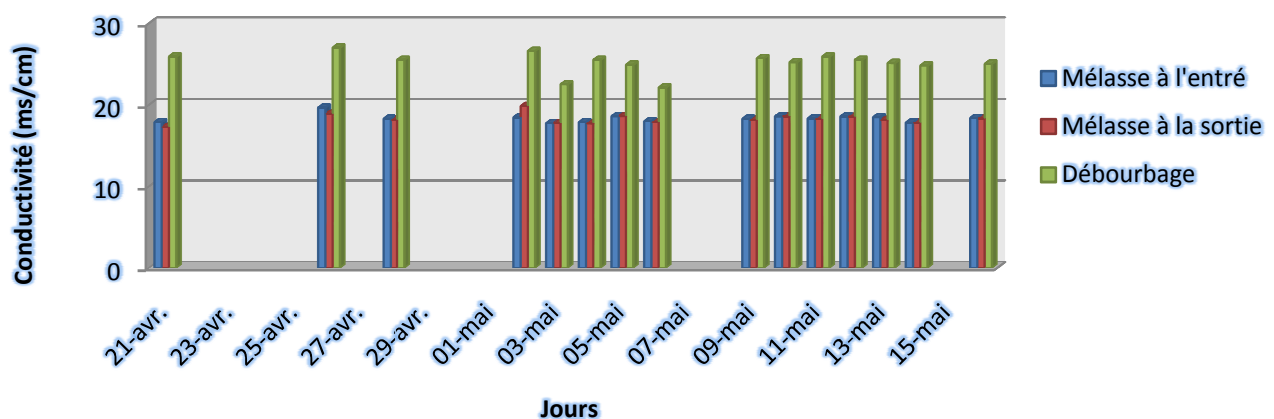
La mesure de la conductivité permet de détecter immédiatement une variation de la composition de l'eau.

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-2-1-Résultats

	21-avr	26-avr	28-avr	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée(%)	17,85	19,64	18,26	18,43	17,72	17,85	18,57	17,96	18,25	18,56	18,29	18,55	18,46	17,79	18,35	17,15
Mélasse de sortie (%)	17,25	18,89	18,14	19,83	17,72	17,7	18,58	17,85	18,13	18,55	18,25	18,51	18,12	17,77	18,29	17,09
Débourbage (%)	25,91	27	25,5	26,6	22,5	25,5	24,9	22,1	25,7	25,2	25,9	25,5	25,1	24,8	25	23,57

La Conductivité de la mélasse avant et après clarification et du débouillage



II-2-2-Interprétations

- la conductivité de la mélasse avant et après clarification est dans l'intervalle de 17 à 18 ms/cm.
- Pour le débouillage il dépasse cette valeur et il atteint les 25 ms/cm, cela est causé par son petit volume, donc on aura plus de concentration et par la suite plus de charge ce qui influence la valeur de conductivité.

II.3- Dosage de l'azote de kjeldahl dans la mélasse

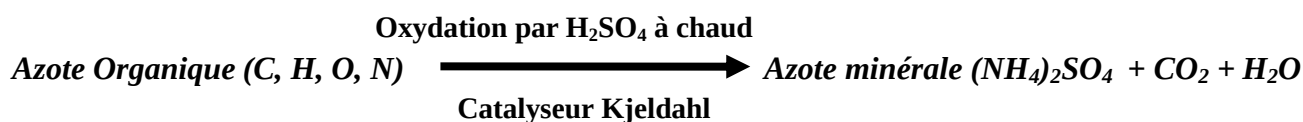
- Quand l'azote est sous forme organique, il faut d'abord procéder à la minéralisation du composé pour passer à de l'azote minéral. On détruit la molécule organique en l'oxydant à ébullition par H_2SO_4 concentré, en présence de catalyseur : le carbone s'élimine sous forme de CO_2 , l'hydrogène sous forme de H_2O et l'azote reste en solution sous forme de NH_4^+ . On introduit dans un matras 10ml de la mélasse, 5 ml d'acide sulfurique concentré et une demi-tablette de catalyseur de kjeldahl,
- On porte le matras à 370°C pendant 1 heure,
- Après refroidissement du matras on l'adapte dans l'appareil de distillation,
- On programme l'appareil de Buchi à 0 ml d'eau distillé, 20 ml de NaOH , 20 ml H_3BO_3 ,
- Après 5 min on titre le distillat par l'acide sulfurique 0.1N.

Elle est constituée de trois étapes :

- La Minéralisation
- La Distillation
- La Titration

a. Minéralisation

Par cette opération l'ensemble de l'azote organique est transformé en azote minéral sous forme ammoniacale. Cette réaction se fait par l'action de l'acide sulfurique à reflux en présence d'un catalyseur, elle s'effectue à haute température dans un digesteur pendant une heure (370°C).



b. Distillation

-Déplacement par la soude en excès

La distillation se fait dans un appareil d'entraînement à la vapeur d'eau.

L'ammoniac obtenu est déplacé par une base forte NaOH que l'on ajoute en excès.



-Entraînement par distillation dans l'acide borique en excès

Puis entraînée par la vapeur d'eau dans un bécher contenant une solution d'acide borique servant comme fixateur de NH_3 . Selon la réaction suivante :



c. Titration

-Titrage du borate d'ammonium par l'acide sulfurique

$(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ Formé est ensuite dosé par l'acide sulfurique, le point de virage de la réaction est apprécié par calorimétrie ou par pH-mètre, la réaction est stœchiométrique.

On déduit la quantité d'azote présent dans l'échantillon du volume d'acide sulfurique versé pour neutraliser la solution d'ammoniaque.

Pour obtenir la teneur en protéine, la valeur trouvée est multiplié par **un coefficient de transformation K**, ce facteur est calculé à partir de la composition en acide aminé.

Le dosage est ensuite effectué sur le distillat à l'aide d'une solution d'acide sulfurique 0.1N.



La teneur en azote est donnée par la relation suivante :

$$\%N = \frac{V_{ech} - V_{blanc}}{PE} \times FD \times 0.07$$

V_{ech} : volume de l'acide sulfurique nécessaire à dose la quantité d'azote dans l'échantillon.

V_{blanc} : volume de l'acide sulfurique nécessaire à dose la quantité d'azote dans le blanc.

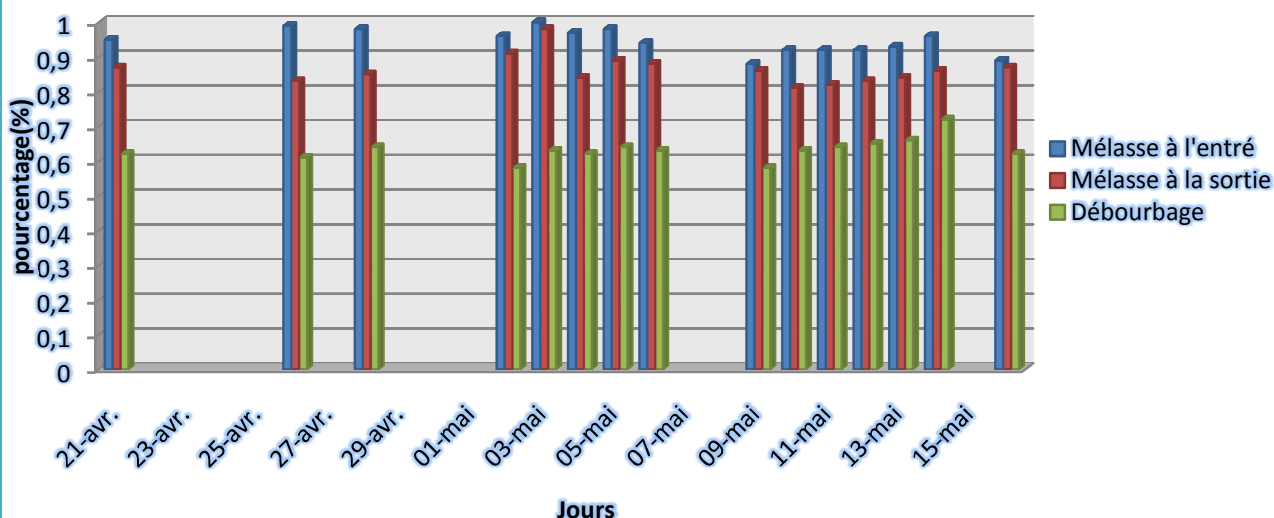
PE : Prise d'essai de mélasse.

FD : Facteur de dilution.

II-3-1-Résultats

	21- avr	26- avr	28- avr	02- mai	03- mai	04- mai	05- mai	06- mai	09- mai	10- mai	11- mai	12- mai	13- mai	14- mai	16- mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée (%)	0,95	0,99	0,98	0,96	1	0,97	0,98	0,94	0,88	0,92	0,92	0,92	0,93	0,96	0,89	0,94
Mélasse de sortie (%)	0,87	0,83	0,85	0,91	0,98	0,84	0,89	0,88	0,86	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,86
Débourbage(%)	0,62	0,61	0,64	0,58	0,63	0,62	0,64	0,63	0,58	0,63	0,64	0,65	0,66	0,72	0,62	0,63

Le pourcentage d'azote dans la mélasse avant et après clarification et du débourbage



II-3-2-Interprétations

- La même allure durant les 15 jours et l'augmentation progressive de l'azote des trois mélasses pendant ces 15 jours.
- Cette augmentation de l'azote durant les 15 jours est expliquée par la diminution de la matière sèche.

II.4-Dosage du phosphate

Les phosphates en présence d'un excès de solution acide de molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ donnent un complexe phosphomolybdique $(\text{H}_3\text{PO}_4 - [(\text{MoO}_3)_{12}])$ de coloration jaune instable, ce complexe est réduit par un mélange réducteur de bisulfite de sodium (NaHSO_3) et méthylaminophénol (sous forme de sulfate) $(\text{C}_7\text{H}_9\text{NO}) \text{H}_2\text{SO}_4$ et forme un complexe phosphomolyb-2-molybdique $(\text{H}_3\text{PO}_4 - [(\text{MoO}_3)_{12}\text{MoO}_2]_2)$. Ce complexe, de couleur bleue, stable et soluble dans l'eau, présente un maximum d'absorbance à 660 nm. L'intensité de la coloration du complexe est proportionnelle à la concentration en phosphate.

On utilise les réactifs suivants pour cette manipulation :

- Dihydrogénophosphate de potassium KH_2PO_4
- Réactif sulfomolybdique (molybdate d'ammonium + acide sulfurique) prépare à 2.5%+2.5% de H_2SO_4 .
- 4-méthylaminobenzophénol (sous forme de sulfate) ou 4-méthylaminophénol

(Sous forme de sulfate) $(\text{C}_7\text{H}_9\text{NO})\text{H}_2\text{SO}_4$ prépare à 1.0% +0.5% de H_2SO_4 (METOL).

- Bisulfite de sodium (NaHSO_3) à 17.5%.

Le dosage de phosphate nécessite aussi une minéralisation de la matière organique, la quantité de phosphate est déterminée par une méthode calorimétrique.

Après l'étape de la minéralisation pendant 1 heure dans le digesteur à 600°C on prend 10 ml de la solution obtenue après la dilution et on ajoute :

- 4 ml de METOL 2%.(Réducteur),
- 4 ml d'Heptamolybdate d'ammonium. (Complexant),
- 2 ml de bisulfite de sodium à 35%.(Catalyseur),
- On jauge jusqu'à 50 ml.

A la fin on a la formation d'un complexe bleu phosphomolibdate d'ammonium.

Après une demi heure on effectue la lecture de l'absorbance à une longueur d'onde de 660 nm a l'aide d'un spectrophotomètre (photo n°1) .La teneur en phosphate est donnée par la relation suivante :

$$\%P = \frac{A_{ech} - A_{blanc}}{PE} \times 0.5 \times K \times FD$$

A_{ech} : absorbance de l'échantillon

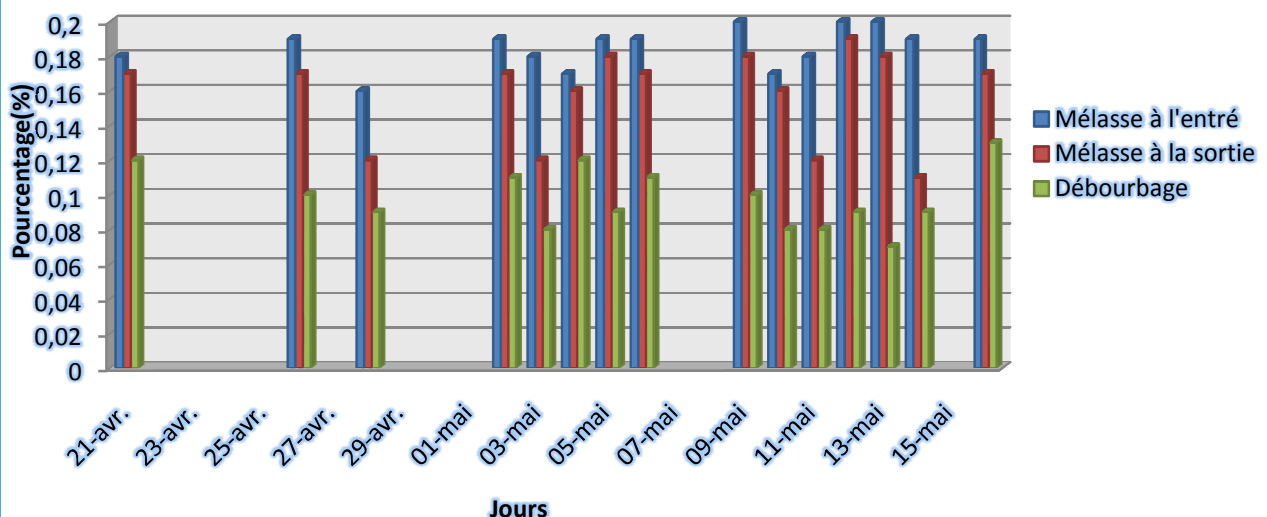
PE : Prise d'essai de mélasse.

A_{blanc} : absorbance de blanc.

II-4-1-Résultats

	21-avr	26-avr	28-avr	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée(%)	0,18	0,19	0,16	0,19	0,18	0,17	0,19	0,19	0,2	0,17	0,18	0,2	0,2	0,19	0,19	0,18
Mélasse de sortie (%)	0,17	0,17	0,12	0,17	0,12	0,16	0,18	0,17	0,18	0,16	0,12	0,19	0,18	0,11	0,17	0,15
Débourbage(%)	0,12	0,1	0,09	0,11	0,08	0,12	0,09	0,11	0,1	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,13	0,09

Le pourcentage de phosphate dans la mélasse avant et après clarification et du débourbage



II-4-2-Interprétations

- D'après le tableau des composés minéraux de la mélasse de canne et de betterave, on ne constate que la mélasse manque de phosphore (0.1% pour la mélasse de betterave et 0.8% pour la mélasse de canne) pour cela le phosphore est ajouté sous forme d'acide phosphorique ou de ses sels.
- La variation du taux de phosphate durant les 15 jours est presque stable et suit la même allure d'azote.

II.5-La Matière sèche MS

La matière sèche(MS) est ce qu'on obtient quand on retire l'eau d'un produit.

Le pourcentage de matière sèche est le ratio entre le poids de la matière sèche et la masse de la matière non-sèche (hydratée).

L'échantillon de la mélasse déshydraté dans une étuve à 105°C, la perte de poids correspond à la quantité d'eau évaporée dans l'échantillon.

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

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

-On prépare les capsules aux quelles on fait la pesée de la mélasse diluée.

-Puis on pose la capsule vide avec son couvercle pour l'obtention du poids **P₁** en **gramme**.

-Ensuite, on tare la balance et on pose entre **5ml** de la mélasse et on obtient le poids **P₂** en **gramme**.

-Puis on pose les capsules ouvertes avec leur couvercle dans une étuve à **105°C** et on laisse à l'étuve **pendant 16h**. A leur sortie de l'étuve on ferme les capsules et on laisse refroidir **au moins 1h** au dessiccateur.

-Après on pèse les capsules contenant les résidus avec leurs couvercle poids exacts **P₃** en **gramme**.

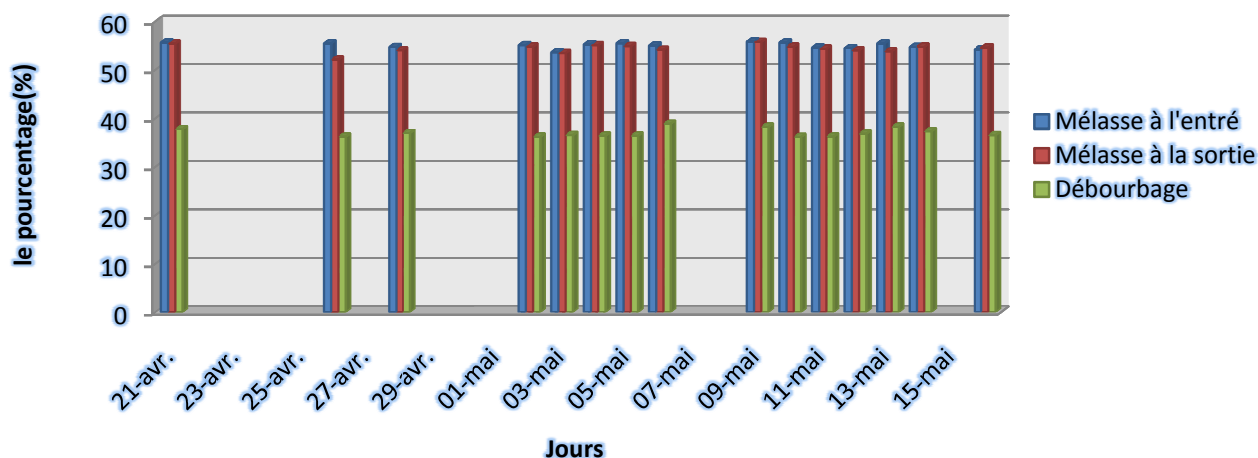
$$\%MS = \frac{P_3 - P_1}{P_2} \times 100$$

MS : Matière sèche

II-5-1-Résultats

	21- avr	26- avr	28- avr	02- mai	03- mai	04- mai	05- mai	06- mai	09- mai	10- mai	11- mai	12- mai	13- mai	14- mai	16- mai	Moyenne
Mélasse à l'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	54,16	54,96
Mélasse de 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	54,56	54,36
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	36,5	36,96

Le pourcentage de la matière sèche de la mélasse avant et après clarification et du débourbage



II-5-2-Interprétations

- La matière sèche de la mélasse de **betterave** est légèrement inférieure à celle de la **canne**.
- On a un pourcentage de matière sèche dans la mélasse avant et après clarification de 54%.
- Diminution de la matière sèche entre **la MD** et **la MDC** due à la perte des boues au cours de la clarification, pour cette raison on voit l'augmentation de la matière sèche du débourbage.

II.6-La Matière minérale sulfatée *MMS*

L'échantillon est minéralisé dans un four à moufle à 650°C en présence d'acide sulfurique concentré.

Le résidu de calcination constitué de matière minérale est alors quantifié par pesée.

- Introduire dans un creuset sèche et tarée environ 5ml de mélasse pris à l'entrée et à la sortie et le débourbage,
- Introduire 1ml d'acide sulfurique(H_2SO_4),
- Placer le creuset dans le four à 650°C pendant 17h,
- Dès l'ouverture de four, placer le creuset dans le dessiccateur jusqu'à complet refroidissement,
- Effectuer la 2^{ème} pesée de creusé.

$$\%MMS = \frac{M - m}{PE} \times 100$$

M : poids de (creusé vide+matière minérale)

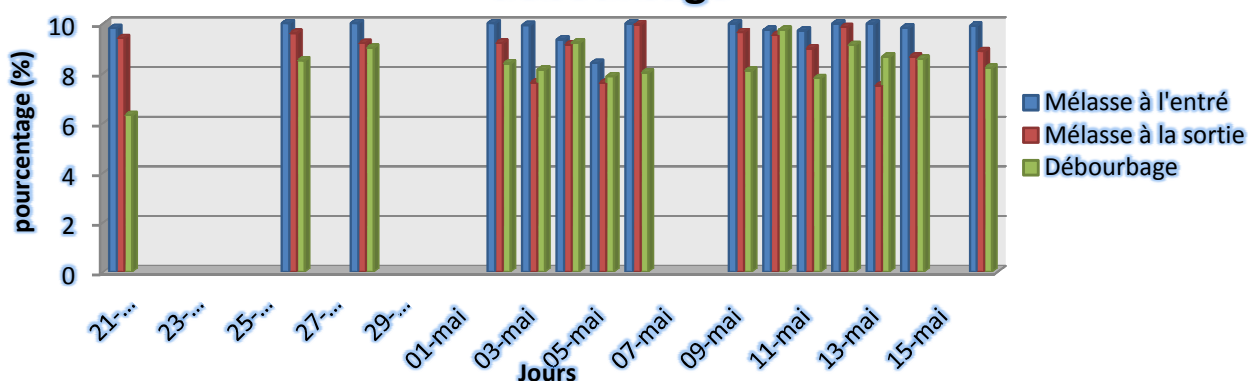
m : Poids de creuset vide

PE : Prise d'essai

II-6-1-Résultats

	21-avr	26-avr	28-avr	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée (%)	9,8	10	10	10	9,92	9,34	8,4	9,99	9,98	9,734	9,704	9,992	9,984	9,821	9,901	9,77
Mélasse de sortie (%)	9,4	9,6	9,2	9,21	7,61	9,14	7,6	9,95	9,64	9,52	8,988	9,846	7,496	8,65	8,87	8,98
Débourbage(%)	6,3	8,5	9,01	8,38	8,13	9,22	7,86	8,01	8,096	9,732	7,79	9,12	8,654	8,56	8,21	8,37

le pourcentage de la matière minérale dans la mélasse avant et après clarification et du débouillage



II-6-2-Interprétations

- On a un décalage remarquable entre les valeurs d'entrée et de sortie de mélasse, cet écart on le voit clairement dans les 8.37% du débouillage sous formes de pertes minérales de mélasse.

II.7-Dosage de Ca^{2+}

En milieu assez basique (pH=10), l'EDTA, que l'on notera plus simplement YH_4 , réagit selon l'équation :



En présence de Ca^{2+} ou Mg^{2+} , (X^{2+}), on obtient les complexes $(CaY)^{2-}$ ou $(MgY)^{2-}$ ($XY)^{2-}$ très stables et incolores, selon l'équation :



- On solubilise la matière minérale qu'on a déjà préparée par l'ajout 10ml de (HCl à 50%),
- On l'introduit dans une fiole de 100 ml et ajuster par l'eau distillée,
- On introduit 10ml de solution préparer dans un erlenmyer de 150ml, et ajuster par l'eau distillé,

- ajouté 6 à 7 gouttes de vert de malachite (indicateur acido-basique de pH>12) (coloration verre),
- On ajoute la solution NaOH goutte à goutte jusqu'à la couleur transparent,
- On ajoute 4 à 5 gouttes de calcon (indicateur coloré) (coloration rose),
- On titre sous l'agitation par EDTA (N/56) virage mauve.

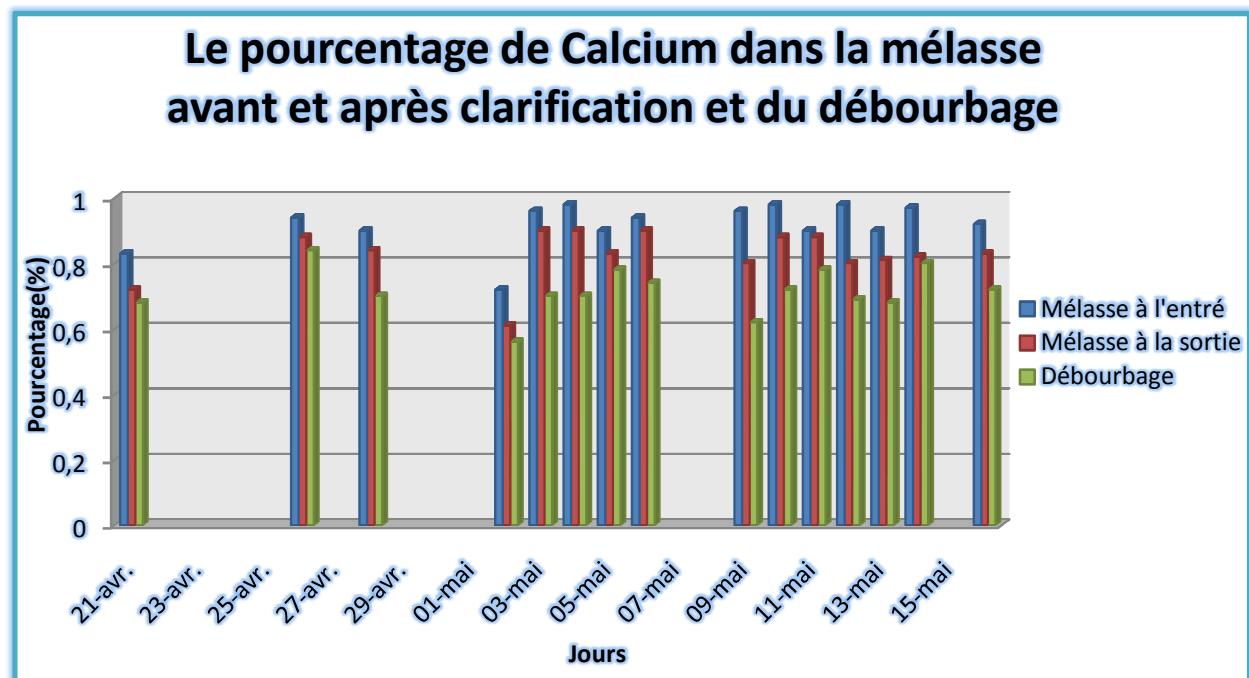
$$\%CaO = \frac{V_1}{PE}$$

V_1 : volume de Ca^{2+}

PE : prise d'essai

II-7-1-Résultats

	21-avr	26-avr	28-avr	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasses à l'entrée (%)	0,83	0,94	0,9	0,72	0,96	0,98	0,9	0,94	0,96	0,98	0,9	0,98	0,9	0,97	0,92	0,91
Mélasses de sortie (%)	0,72	0,88	0,84	0,61	0,9	0,9	0,83	0,9	0,8	0,88	0,88	0,8	0,81	0,82	0,83	0,82
Débourbage (%)	0,68	0,84	0,7	0,56	0,7	0,7	0,78	0,74	0,62	0,72	0,78	0,69	0,68	0,8	0,72	0,71



II-7-2-Interprétations

- D'après le tableau des composés minéraux de la mélasse de canne et de betterave, on ne constate que les mélasses contiennent suffisamment de calcium mais du magnésium doit être ajouté.

- L'évolution de calcium et de magnésium présente la même allure que l'évolution de la matière minérale, et la diminution s'explique par les pertes minérales de la mélasse dans le débouillage.

II.8-Dosage de Ca^{2+} et Mg^{2+}

- On solubilise la matière minérale qu'on a préparée par l'ajout 10ml de (HCl à 50%) puis on l'introduit dans une fiole de 100 ml et on ajuste par l'eau distillée,
- Avant l'introduction de la solution préparée de l'échantillon dans l'erenmyer on met 150ml d'eau distillée et 4ml d'hydroxyde d'ammonium (tampon pH=10),
- Après on ajoute 10 ml de la solution préparer,
- une goutte de Noire Eriochrome T (NET indicateur coloré).Le NET prends une coloration rose en présence de Mg^{2+} à pH 10.
- On titre sous l'agitation par EDTA (N/56) (virage bleu).

$$\%MgO = \frac{V_2 - V_1}{PE} \times 0.72$$

V_2 : volume de titrage de ($Mg^{2+} + Ca^{2+}$)

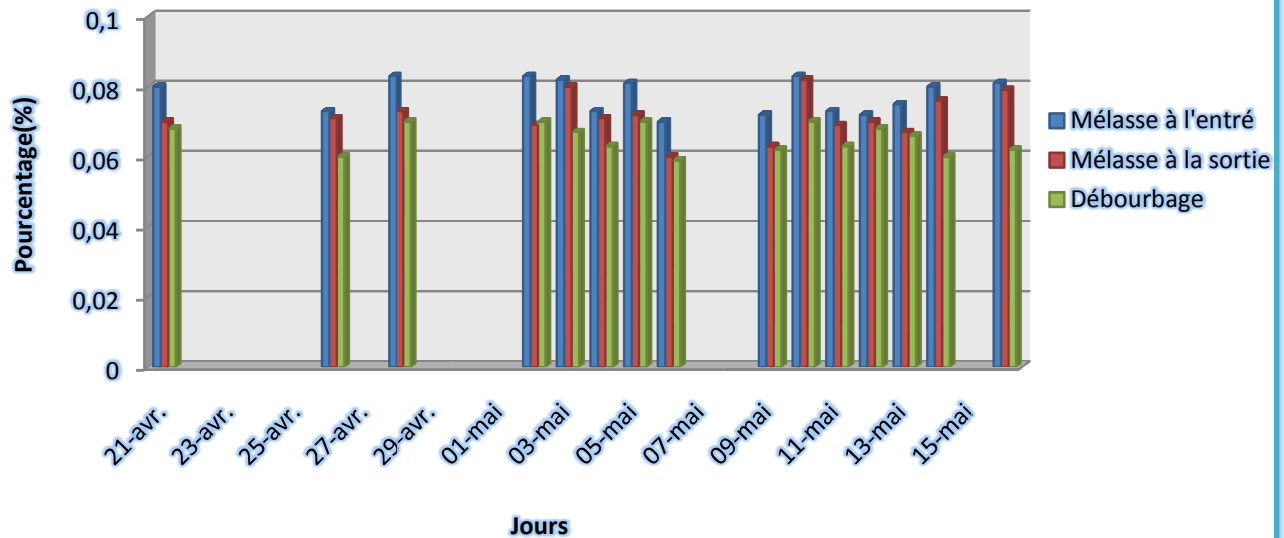
V_1 : volume de titrage de Ca^{2+}

PE : Prise d'essai

II-8-1-Résultats

	21- avr	26- avr	28- avr	02- mai	03- mai	04- mai	05- mai	06- mai	09- mai	10- mai	11- mai	12- mai	13- mai	14- mai	16- mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée (%)	0,08	0,07	0,08	0,08	0,082	0,073	0,081	0,07	0,072	0,083	0,073	0,072	0,075	0,08	0,081	0,07
Mélasse de sortie (%)	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,071	0,072	0,06	0,063	0,082	0,069	0,07	0,067	0,076	0,079	0,07
Débouillage(%)	0,06	0,06	0,07	0,07	0,067	0,063	0,07	0,059	0,062	0,07	0,063	0,068	0,066	0,06	0,062	0,06

Le pourcentage du magnésium dans la mélasse avant et après clarification et du débourbage

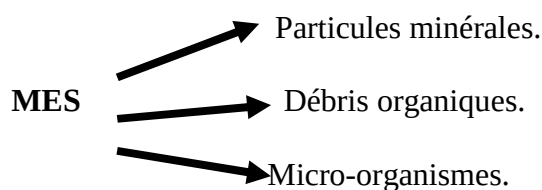


Conclusion

- On remarque toujours qu'il y a un écart entre la mélasse à l'entrée et à la sortie pour tout les minéraux, cet écart se traduit par des pertes dans le débourbage, les écarts sont pour :
 - ☞ Phosphore : 0.09%
 - ☞ Calcium : 0.71%
 - ☞ Azote : 0.65%
 - ☞ Magnésium : 0.06%

II.9-La Matière en suspension MES

Les matières en suspension (**MES**) sont des particules solides inertes ou vivantes de petite taille. Ces matières peuvent changer la coloration et la turbidité de l'eau.



Les particules fines en suspension dans la mélasse sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, Ces matières peuvent être minérales et inertes.

Les matières en suspension sont mesurées par une pesée différentielle (avant et après filtration de mélasse). Pour cette opération, on utilise des papiers filtre et une pompe sous vide.

Les matières en suspension sont déterminées suite à un séchage à 105°C jusqu'à l'obtention d'une masse. La formule suivante est utilisée pour le calcul de la MES :

$$\%MES = \frac{P_f - P_i}{PE} \times FD \times 100$$

P_f : Poids de capsule et papier filtre après étuvage.

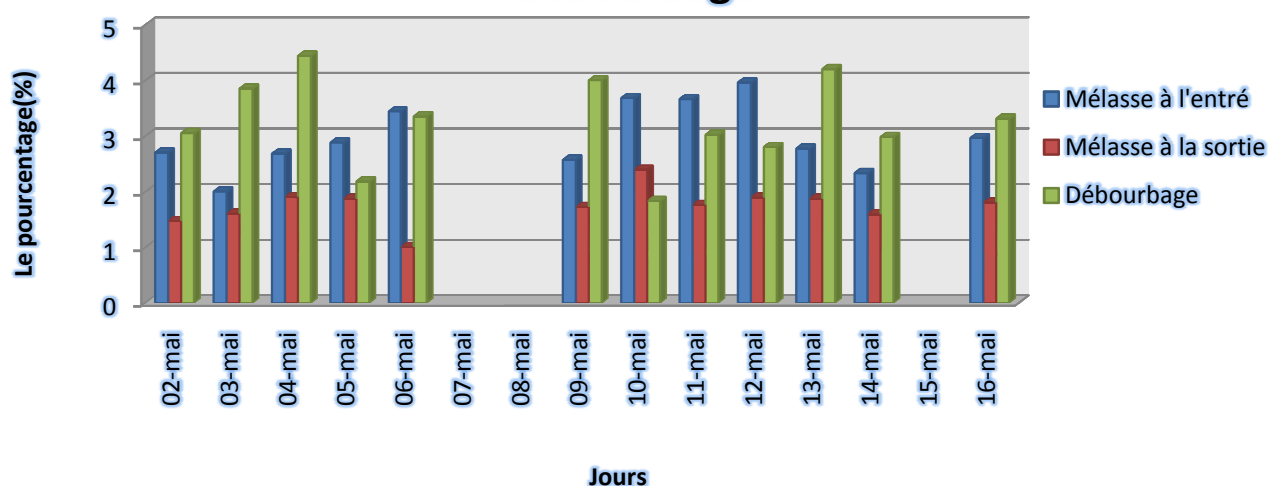
P_i : Poids de capsule séché et papier filtre.

PE : Prise d'essai (qui égale à 5ml pour celle de mélasse d'entrée et de sortie et 10ml.

II-9-1-Résultats

	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	09-mai	10-mai	11-mai	12-mai	13-mai	14-mai	16-mai	Moyenne
Mélasse à l'entrée (%)	2,7	2	2,68	2,88	3,44	2,57	3,68	3,66	3,96	2,77	2,33	2,96	2,96
Mélasse à la sortie (%)	1,47	1,6	1,9	1,87	1	1,72	2,39	1,76	1,89	1,87	1,59	1,8	1,73
Débourbage (%)	3,05	3,85	4,44	2,18	3,35	4	1,83	3,02	2,8	4,2	2,98	3,31	3,25

Le pourcentage de la matière en suspension dans la mélasse avant et après clarification et du débouillage



II-9-2-Interprétations

- Ces résultats trouvés montrent que le pourcentage de la matière en suspension de mélasse de sortie est très faible par rapport à celle de l'entrée, et cela nous indique qu'il y a une bonne élimination des impuretés présentes dans le débouillage.

II-10-Statistique des résultats

Le tableau suivant représente les résultats statistiques des différentes paramètres physico-chimiques étudiées :

	Mélasse avant clarification				Mélasse après clarification				Débourbage			
	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	Moyenne	Ecart-type
pH	6.23	6.54	6.36	0.08	6.26	6.49	6.37	0.08	6.41	6.73	6.54	0.08
Conductivité (ms/cm)	17.72	19.64	17.15	0.47	17.25	19.83	17.09	0.60	22.1	27	23.57	0.97
Matière sèche(%)	53.58	55.79	54.96	0.61	52.08	55.72	54.36	0.87	36.13	38.84	36.96	0.88
Matière minérale(%)	8.4	10	9.77	0.41	7.49	9.95	8.98	0.81	6.3	9.73	8.37	0.79
Matière en suspension(%)	2	3.96	2.96	0.59	1	2.39	1.73	0.32	1.83	4.44	3.25	0.78
Phosphore(%)	0.16	0.2	0.18	0.01	0.11	0.19	0.15	0.02	0.07	0.13	0.09	0.01
Calcium(%)	0.72	0.98	0.91	0.06	0.61	0.9	0.82	0.07	0.56	0.84	0.71	0.07
Azote (%)	0.88	1	0.94	0.03	0.81	0.98	0.86	0.04	0.58	0.72	0.63	0.03
Magnésium(%)	0.07	0.083	0.07	0.004	0.06	0.082	0.07	0.005	0.059	0.07	0.065	0.004

- ✓ On a fait le minimum et le maximum des valeurs afin de savoir l'intervalle des résultats trouvés pour chaque analyse.
- ✓ On a fait le calcul de l'écart type et on a trouvé qu'il est inférieur à 1, donc on n'a pas un grand écart entre les résultats trouvés, mais ils sont proches les uns des autres.
- ✓ Ces résultats nous ont permis de calculer la quantité des pertes par jour au niveau des boues et cela par la relation suivante :

$$\text{Quantité} = MP \times VD \times 2$$

MP : Moyenne du Pourcentage calculé dans débouillage.

VD : Volume débouillage (qui égale à 109.14 dm³).

- ☞ Pour Matière sèche : 80,7 m³
- ☞ Pour matière minérale sulfatée : 18,30 m³
- ☞ Pour Calcium : 1,60 m³
- ☞ Pour magnésium : 0,14 m³
- ☞ Pour azote : 1,40 m³
- ☞ Pour phosphore : 0,22 m³

Le débit à l'entrée et à la sortie du clarificateur est égale 8,5 m³/h.

Conclusion générale

Les analyses physico-chimiques effectuées ont montré que la mélasse traitée par la société LESAFFRE Maroc est d'une très bonne qualité, et cela montre bien l'efficacité des différentes étapes de production depuis la dilution jusqu'à la mélasse diluée clarifiée.

Donc, on peut conclure que le clarificateur est une technologie efficace pour la clarification de la mélasse diluée, et la station de traitement favorise un milieu nutritif sein pour la levure pour une croissance maximale ce qui permettra à LESAFFRE MAROC de produire une levure de meilleur qualité pour satisfaire les besoins de ces clients.