



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

LST : TACCQ

Suivi des paramètres physico-chimique et chimique pour la mélasse au cours de la clarification

Présenté par :
Bouchra BA MOHAMMED

Encadré par:
Pr N DRISSI KANDRI
Mr A. BANNANI



1

1

Introduction générale

L'industrie agroalimentaire est l'ensemble des activités industrielles qui transforment des matières premières, en produits alimentaires destinés essentiellement à la consommation humaine.

LES AFFRE MAROC, est comme toute industrie alimentaire, face à l'importance du pain dans la vie des marocains, exerce son savoir-faire et propose des produits et services à base de levure, que l'on ajoute au pain.

Et par ailleurs, et dans le but de protéger l'environnement lesaffre Maroc s'est engagé dans un processus de traitement de ses rejets industriels.

Ce travail s'inscrit dans ce contexte et concerne la caractérisation des rejets au niveau du clarificateur utilisé pour éliminer les boues de la mélasse, source de Saccharose pour la levure.

Ce rapport comporte trois parties :

- **la première partie** portera sur une étude bibliographique concernant quelques généralités sur la levure et les étapes de sa production industrielle, ainsi qu'un aperçu sur la mélasse.
- **la deuxième partie** décrira les différentes analyses physico-chimiques effectuées dans le laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise ;
- **la troisième partie** présentera les résultats de suivi des paramètres physicochimiques et chimiques de la mélasse au cours de sa clarification

présentation de la société

Créé en 1975, la SODERS est depuis 1993 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.

D'un capital de 30.989.300dhs et sur une superficie de 2 hectares, elle emploie 170 Personnes, dont 27 au service entretien et travaux neufs et qui bénéficient 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

La SODERS fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification des marques suivantes :

✚ **Jaouda** pour la levure fraîche.

✚ **Rafiaa** et Nevada pour la levure sèche, ainsi qu'un type spécial destiné pour saturer les besoins des forces armées royales (FAR) en levure.

✚ **Ibis bleu** et **Magimix** pour les améliorants, ces derniers apportent aux Consommateurs le pain qu'ils apprécient 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.

Par ailleurs, le service qualité du groupe LESAFFRE 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.

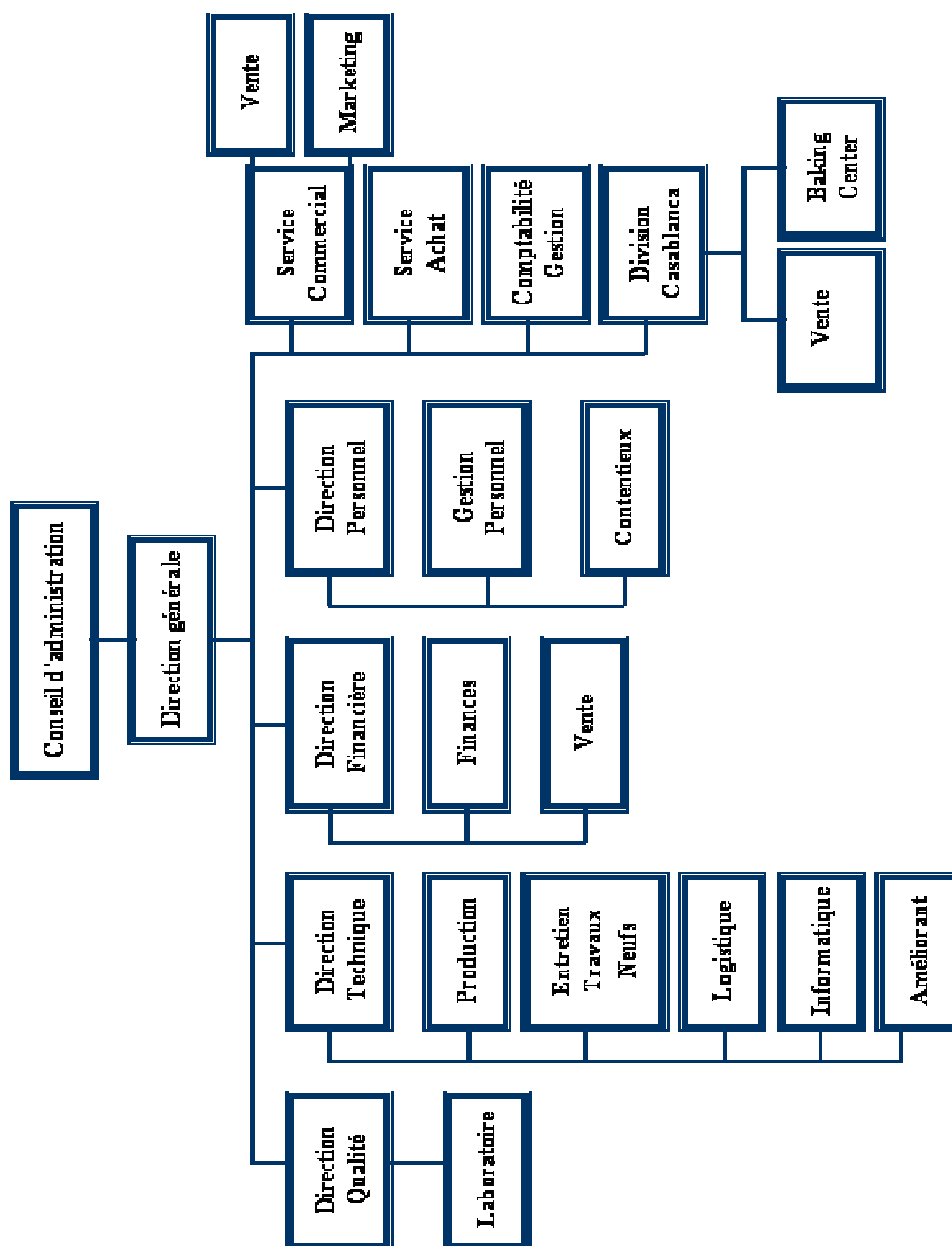


Figure 1: organigramme

I. La levure :

Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires et eucaryotes. Ces micro-organismes de forme variable (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire) selon l'espèce, mais généralement ovales (6 à 10 jusqu'à 50 microns), se multiplient par bourgeonnement.

Il existe plus de 500 espèces de levures, mais seulement une petite partie de celles-ci est considérée comme ayant une importance commerciale, principalement celle utilisée dans la fabrication de la levure boulangère, connue sous le nom scientifique « *saccharomyces cerevisiae* ».

1. Propriétés des levures.

Les levures 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, saccharases, et lactases.
- Effectuer presque toutes les synthèses dont elles ont besoin pour leur croissance.

2. Métabolisme cellulaire de la levure.

La levure est capable de vivre en présence ou en absence d'oxygène :

A l'air :

En **aérobiose** (en présence d'air) l'oxydation du glucose est complète.

Les levures respirent l'oxygène et se multiplient abondamment, sans formation d'alcool. Le sucre dont elles se nourrissent est transformé en gaz carbonique et en eau. Ce phénomène s'accompagne d'une libération importante d'énergie qui leur permet de croître et de se multiplier par bourgeonnement.



Sans air :

En **anaérobiose**, le sucre est en grande partie transformé en alcool au détriment de l'énergie libérée. C'est le cas de la panification, la levure ne trouve plus d'oxygène .le sucre fourni par la farine est transformé en alcool (é vaporé à la cuisson) et en gaz carbonique, témoins du processus métabolique de la fermentation.



Chez le boulanger, la levée de la pate résulte de cette production de gaz carbonique. Là encore, de l'énergie est libérée, mais en faible quantité, suffisamment pour que les levures puissent vivre mais pas pour se multiplier.

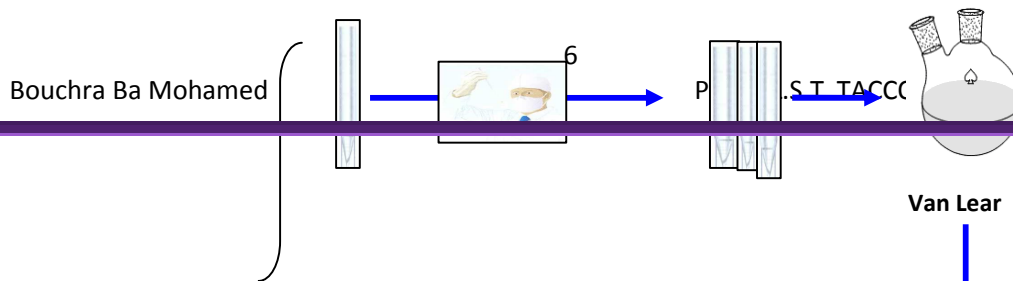


Figure 2 : Procédé de fabrication de la levure de panification (LESAFFRE)

3. Procédé de fabrication de la levure (cas Lesaffre)

a- échelle laboratoire (figure 2) :

Les souches de « *saccharomyces cerevisiae* » sontensemencées dans des tubes en utilisant un milieu nutritif spécifique à leur croissance dans des conditions aseptiques pour éviter tout risque de contamination.

On Transvase le contenu de chaque tube dans une fiole (van Lear) contenant un milieu nutritif très riche en sucre, vitamines et sels. Ceci rendra possible une première multiplication.

Le contenu est ensuite introduit dans une autre fiole de capacité plus importante (calsberg), où elles se multiplient à nouveau.

b. échelle semi industrielle :

Le contenu de (calsberg) est versé dans un fermenteur de 800 litres où la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif.

c. échelle industrielle

Le procédé de fabrication industriel proprement dit comporte une série d'étapes telle que (Figure 2) :

☞ **La pré fermentation :**

Elle se poursuit dans un pré-fermenteur contenant de l'eau, du sulfate de magnésium, des vitamines, l'eau de javel pour le lavage et l'acide sulfurique pour ajuster le pH.

La mélasse, sulfate d'ammonium et le mono ammonium phosphate sont ajoutés graduellement au cours de la pré-fermentation selon les besoins de la levure. L'air aussi est apporté graduellement avec le temps suivant la concentration de la levure dans le milieu.

☞ **La fermentation de la levure mère :**

Le contenu du pré fermenteur est pompé dans un fermenteur alimenté par l'urée, ainsi que les éléments nutritifs ajoutés précédemment. Cette opération dure environ 16 h et se déroule dans un milieu suffisamment oxygéné pour favoriser le développement de la biomasse.

☞ La séparation de la levure mère :

La levure mère obtenue subit une centrifugation pour séparer la crème du moût délevuré. La crème obtenue est stockée dans des cuves à une température de 4°C.

☞ La fermentation de la levure commerciale

La crème préparée constitue le pied d'ensemencement pour la fermentation commerciale. Cette étape de fermentation se déroule dans des fermenteurs de capacité plus grande pour obtenir le produit fini, son principe est le même que celui de la fermentation de la levure mère. Après 16 h de fermentation, le contenu est refoulé vers la station de séparation.

☞ La séparation de la levure commerciale :

Cette station comporte deux lignes de séparation en parallèle, et au niveau de chaque ligne se trouvent deux séparateurs montés en série, le premier sépare le moût délevuré de la crème et le deuxième séparateur fini le travail en mélangeant la crème avec l'eau pour éliminer le maximum de moût délevuré et éclaircir sa couleur.

La crème commerciale ainsi obtenue est stockée dans des cuves de garde à une température de 4°C, pour ralentir le métabolisme cellulaire.

Remarque :

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

☞ La filtration :

Elle consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des micro-organismes. La crème arrive au niveau d'un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon qui ne laisse passer que l'eau. La crème étant étalée sur la surface du filtre et récupérée.

☞ L'emballage :

Emballage de la levure fraîche.

Il 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.

Emballage de la levure sèche

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

II.La mélasse.

Il y a longtemps que le sucre contenu dans la mélasse sert de base à des industries telles que la distillerie et la fabrication de la levure boulangère. Les principaux sucres choisis comme substrat pour la croissance de la levure sont les mélasses de canne et de betterave car ils ne sont pas complexes et onéreux. Leur composition est variable et dépend des procédés sucriers dont elles sont issues ainsi que de la qualité des récoltes.

1. Définition:

La mélasse est un sirop très épais et très visqueux. C'est un résidu provenant du raffinage du sucre. La couleur, la texture et la teneur en sucre de la mélasse varient selon la méthode utilisée et dépendent du nombre d'extractions qu'elle a subi. La mélasse de première extraction est généralement pâle et très sucrée. Celle de deuxième extraction est plus foncée et modérément sucrée. La mélasse de troisième et dernière extraction est noire (black-strap), moins sucrée et de saveur prononcée ; c'est celle qui contient le plus d'éléments nutritifs pour la levure. On distingue deux types de mélasse de composition chimique différente (tableau 1) :

La mélasse de canne : a une forte appétence due à l'odeur et contient généralement plus de sucre que la mélasse de betterave (53 à 54 %).

La mélasse de betterave : est légèrement moins riche en sucre (48 %), elle est moins appétissante que la mélasse de canne.

Les teneurs en matière sèche (MS) diffèrent peu et se situent couramment entre 70 et 76%. Les sucres totaux contiennent le saccharose avec un pourcentage de 63.5% pour la

betterave et 45.5% pour la canne et des sucres réducteurs 0% pour la betterave et 22.1% pour la canne

Les teneurs en sucres totaux sont sensiblement les mêmes (59 à 70% de MS).

Les teneurs en matière organique « non sucré » sont assez différentes. Dans les mélasses de betterave normales elle correspond à des protéines solubles (8 à 15% MS)

dont une majeure partie se trouve sous forme de bétaine (5 à 7% MS). En revanche, dans les mélasses de canne, cette fraction azotée est réduite à 5% de la MS.

Les teneurs en cendres sont assez semblables mais selon le procédé appliqué aux mélasses de betterave conduit à une teneur en matière minérales très légèrement plus faible.

La teneur en potassium très élevée alors qu'à l'inverse, les teneurs en phosphore et calcium sont très faibles.

Les mélasses de canne sont plus riches en phosphore et calcium que les mélasses de betterave.

Tableau 1 : composition chimique de la mélasse de canne et de betterave :

	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
% de Matière sèche (M.S)	73	73
% Matière minérale	13	14
%Matière azotées totales	15	6
% Sucre totaux /MS	66.5	73.1
Phosphore (g/kg /MS)	0.3	0,7
Potassium (g/kg /MS)	82	40
Calcium (g/kg /MS)	3.7	7,4

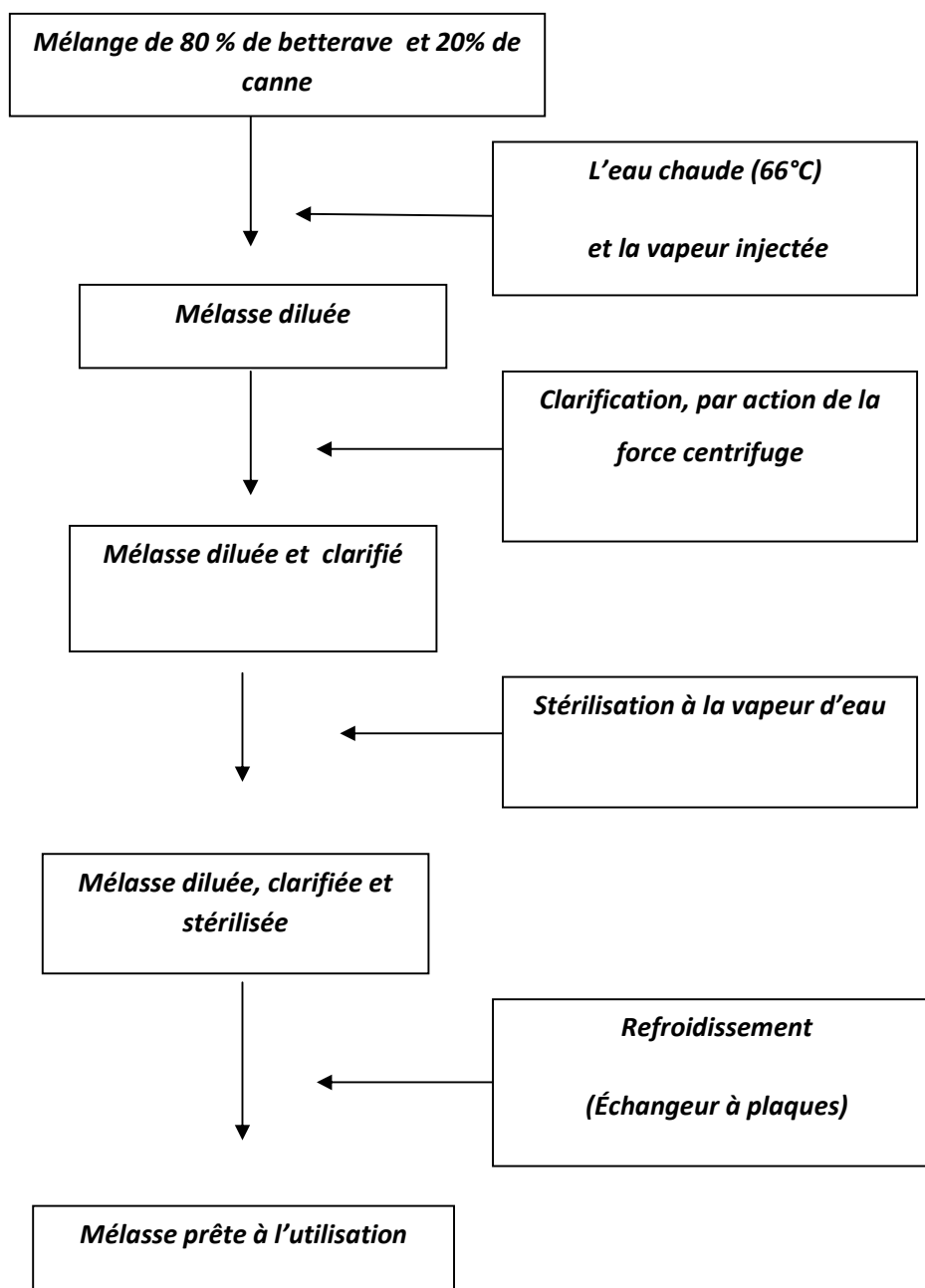


Figure 3 : Procédé du traitement de la mélasse (LESAFFRE.

2. Procédé de récupération de la mélasse à partir de la production de sucre.

L'industrie du raffinage du sucre de canne et de betteraves utilise ce procédé en vue de produire du sucre blanc raffiné.

La préparation: réception et stockage, lavage et découpage des betteraves en fines lanières appelées cossettes, découpe des cannes (par un ou plusieurs coupes cannes).

L'extraction: du sucre par diffusion dans de l'eau chaude (70°C) en betterave, par passage dans une série de moulins en cannes. On recueille ainsi un jus sucré contenant environ 13% de sucre et 2 à 3% d'impuretés et d'autre part de la pulpe de betterave.

L'épuration: qui consiste à éliminer les impuretés par chaulage.

L'évaporation: par concentration du jus en multiples effets, puis la cristallisation dans des appareils discontinus ou continus dans les quels le sirop se transforme en « masse cuite » lorsqu'il a atteint sa saturation, desessoreuses centrifuges séparent les cristaux de l'eau mère, après en général trois opérations décristallisation successive, l'eau mère restante qui renferme encore du sucre non cristallisable constitue la mélasse.

3. Procédé du traitement de la mélasse.

La station de traitement de la mélasse a pour but de stériliser la mélasse brute de la canne et de la betterave utilisée comme milieu nutritif pour la croissance de la levure *saccharomyces cerevisiae*, elle contient différentes phases de traitement telle que le stockage, la dilution, la clarification et la stérilisation. Avant son utilisation la mélasse subie une série de traitements (figure 3).

a. Dilution

La mélasse est diluée avec de l'eau pour diminuer sa viscosité et éviter des engorgements lors de sa circulation dans les conduites de la fabrication de la levure. La mélasse brute contient environ 80% de la betterave et 20% de la canne quant à la dilution elle est environ 48%. La température dans la cuve de MD est de 70°C grâce à l'eau

chaude ajoutée (66°C) et de la vapeur injectée (3,5 bar) ce qui favorise de la diminution de la viscosité de la mélasse.

b. **Clarification**

Cette opération permet d'éliminer les impuretés présentes dans la mélasse diluée (les Colloïdes, les boues et les matières solides indésirables) et d'éviter le colmatage de l'échangeur utilisé pendant la stérilisation. Pour cela, la mélasse diluée est introduite dans des clarificateurs, et sous l'effet de la centrifugation, elle monte vers le haut et les impuretés descendent vers les égouts.

La mélasse clarifiée obtenue est stockée dans des cuves à 70°C.

c. **Stérilisation**

La mélasse diluée et clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de la vapeur. La stérilisation est effectuée au moyen d'appareils à pression de vapeur d'eau. L'action conjuguée de la vapeur et de la température ($T > 120^{\circ}\text{C}$) provoque la dénaturation des protéines des micro-organismes et la mort de ces derniers.

Cette technique consiste en un contact direct de la vapeur d'eau et la matière à stériliser pendant une durée déterminée et à une pression convenable.

La température de stérilisation est de 120°C à 130°C pendant 2 à 3 min selon le débit de mélasse. Ensuite, elle passe dans un échangeur à plaque « MDC »-« MDCS » afin d'être refroidie. Le stockage de la MDCS se fait à une température de 90°C , puis elle est refroidie avant d'être utilisée dans la fermentation.

d. **Distribution**

Depuis le bac de la MDCS, la mélasse passe à travers un échangeur à plaques mélasse (120°C)/eau (20°C). L'eau refroidira la mélasse à une température comprise entre 32 et 35°C , avant son acheminement vers les fermenteurs, afin de garder les cellules de levure vivantes. L'eau chauffée, sortante des échangeurs à plaques, est recyclée pour différents usages (telle que la dilution de la mélasse brute). La mélasse refroidie passe ensuite dans les fermenteurs.

L'objectif de cette étude est de contrôler la mélasse au niveau de la clarification en effectuant des analyses physico-chimiques et chimiques à l'entrée, à la sortie du clarificateur ainsi que sur le résidu après clarification.

I. La clarification :

La clarification est une technique de séparation mécanique, par action de la force centrifuge, de deux phases différentes (solide et liquide). Son principe consiste à éliminer de la mélasse les impuretés solides pour obtenir une mélasse diluée clarifiée (MDC).

La clarification de la mélasse est effectuée à l'aide de deux clarificateurs à assiettes (figure 4) qui fonctionnent en parallèle, chacun d'eux est équipé de trois orifices : un pour l'entrée de la mélasse diluée, le second pour la sortie de la mélasse diluée clarifiée, et un 3^{ème} orifice pour l'évacuation des déchets accumulés dans le clarificateur.

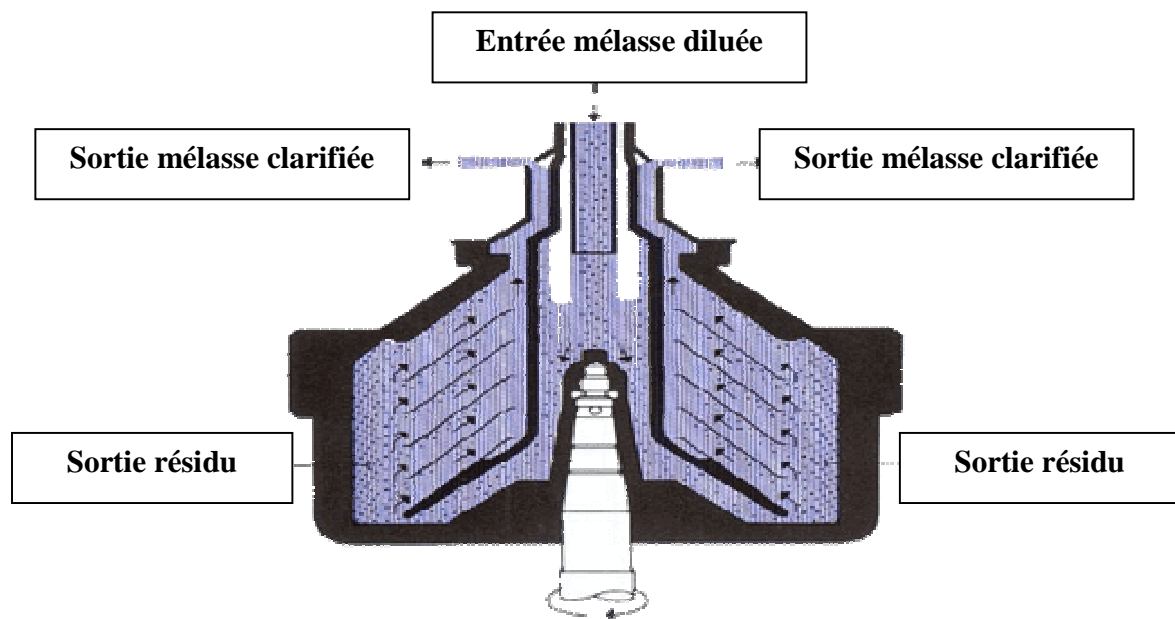


Figure 4 : schéma du clarificateur

1) principe de fonctionnement :

- la clarification n'est déclenchée que si le bac MD est rempli au moins à 8 m³, dans ce cas les pompes du circuit s'ouvrent automatiquement pour accéder à la clarification.
- la mélasse diluée entre au clarificateur par le haut, subit à travers les assiettes inclinées un champ centrifuge qui permet la séparation de mélasse clarifiée qui sort par un orifice supérieur, et les déchets qui s'accumulent progressivement dans la base du clarificateur.
- Une contre pression est appliquée dans le clarificateur afin que la mélasse clarifiée puisse rester un peu plus longtemps en clarification.

2) Le débouillage :

- c'est l'évacuation des déchets accumulés dans la base du clarificateur.
- la période du débouillage est bien précise, toutes les 7 minutes, pour ne pas ralentir le processus. En effet, le débouillage 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.

3) Hygiène :

Un nettoyage interne du circuit est réalisé après chaque processus, donc après environ 8 h, pour assurer son niveau d'hygiène. Il débute par le vidage des circuits de la mélasse suivi d'un rinçage préliminaire de 15 min par une eau chaude adoucie pour éviter le dépôt calcaire, puis une vidange de 5 min. Ensuite on nettoie le circuit d'abord par de la soude puis l'acide durant respectivement 30 et 20 min. Enfin on applique un rinçage final pour reprendre la clarification. Un nettoyage externe du matériel est aussi réalisé par les techniciens pour assuré la propreté de l'entourage.

Pour effectuer nos analyses on fait un échantillonnage de la mélasse à l'entrée et à la sortie du clarificateur et également sur le résidu obtenu (les boues)

II. Analyses physicochimiques

Le laboratoire d'analyses de la société LESAFFRE MAROC dans sa nouvelle conception, joue un rôle très important dans la démarche qualité Il est composé de deux salles:

***Une salle réservée aux analyses physico-chimiques.**

***Une salle réservée aux analyses microbiologiques.**

Les différentes analyses qu'on a effectué au laboratoire sont :

1- test de pH:

On mesure le pH de la mélasse par un pH- mètre.

2- test de conductivité.

On mesure la conductivité (en ms/cm) à l'aide d'un conductimètre.

Remarque : l'activité ionique d'une solution varie en fonction de la température. Il convient donc, pour effectuer des mesures précises, de tenir compte de la température. Les températures standard sont généralement à 25°C.

3- Matière sèche.

La matière sèche est déterminée en mettant 5 ml de l'échantillon dans l'étuve à 105°C pendant 17 heures. Le produit obtenu est pesé à l'aide d'une balance.

4- Matière minérale.

L'échantillon est calciné après évaporation de l'eau dans un four à moufle à 650°C en présence d'acide sulfurique concentré. La quantité de matière minérale (oxydes : CaO, MgO..) est alors quantifiée par pesée.

5- Matière en suspension.

a. Principe :

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.

b. Mode opératoire :

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.

III. Analyses chimiques

1- Dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

a. Principe :

En milieu assez basique (pH = 10), l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) que

l'on notera plus simplement YH_4 , réagit selon l'équation :



l'ion Y^{4-} est **incolore** en présence de cations X^{2+} (Ca^{2+} ou Mg^{2+}), on obtient des complexes $[XY]^{2-}$ très stables et **incolores**, selon l'équation :



b. Mode opératoire :

- 1) On solubilise la matière minérale qu'on a préparé par l'ajout 10ml de (HCl à 50%) puis on l'introduit dans une fiole de 100 ml et on continue jusqu'à trait de jauge.
- 2) Avant l'introduction de la solution préparée de l'échantillon dans l'erlenmyer, on met 4 ml d'hydroxyde d'ammonium (tampon pH=10).
- 3) Une goutte de noire ériochrome T (NET indicateur coloré).
- 4) Après on ajoute 10 ml de la solution préparée.
- 5) On titre sous l'agitation par EDTA (N/56)

2- Dosage des ions Ca^{2+} .

a. Principe :

En milieu basique (pH > 12), le Mg^{2+} précipite sous forme d'hydroxyde $Mg(OH)_2$. La solution ne contient donc que les ions Ca^{2+} que l'on dose avec une solution de l'EDTA pour obtenir le complexe $(CaY)^{2-}$.

b. Mode opératoire :

- 1) On solubilise la matière minérale par l'ajout 10ml de (HCl à 50%).
- 2) On l'introduit dans une fiole de 100 ml et on continue jusqu'à trait de jauge.
- 3) On introduit 10ml de solution préparée dans un erlenmyer de 150ml.
- 4) ajouter 6 à 7 gouttes de verre de malachite (indicateur acido-basique pH>12)
- 5) On ajoute la solution NaOH goutte à goutte jusqu'à la couleur transparente.
- 6) On ajoute 4 à 5 gouttes de calcon (indicateur coloré)
- 7) On titre sous l'agitation par EDTA (N/56).

c. Exploitation des résultats :

Pour calculer les pourcentages des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} on utilise les formules suivantes :

$$\%CaO = (V_1/PE)$$

$$\%MgO = ((V_2 - V_1) / PE) * 0,72$$

Avec

V_2 : volume de EDTA nécessaire à doser les ions Mg^{2+} et Ca^{2+}

V_1 : volume de EDTA nécessaire à dose les ions Ca^{2+}

PE : prise d'essai.

3- Dosage de l'azote de kjeldahl.

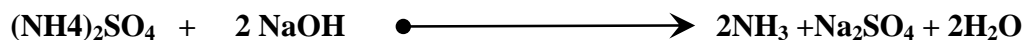
La méthode de Kjeldahl est la plus répondeuse pour le dosage de l'azote dans différents composés organiques. Ce principe comporte trois phases :

Minéralisation : Elle permet de transformer l'azote organique en ions ammonium NH_4^+ ; Ceci se fait en utilisant l'acide sulfurique en présence de catalyseurs à haute température.



Distillation : Le sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$ formé par la minéralisation est ensuite déplacé par la soude, puis entraîné par de la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique qui le retient selon l'équation :

- Déplacement de la soude en excès :



- Entraînement par distillation dans l'acide borique qui piège NH_3

Titration : NH_3 est ensuite dosé par l'acide sulfurique de normalité connue, le point de virage de la réaction est apprécié par colorimétrie, la réaction est stœchiométrique.

Pour obtenir la teneur en azote on utilise la formule suivante :

$$\% N_2 = ((V_{Ech} - V_{blanc}) / PE) * 0,07 * \text{facteur dilution}$$

V_{ech} : volume de l'acide sulfurique nécessaire à doser l'échantillon.

V_{blanc} : volume de l'acide sulfurique nécessaire à doser le blanc

PE : Prise d'essai de la mélasse

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 $(\text{H}_3\text{PO}_4 - [(\text{MoO}_3)_6])$ de coloration jaune instable, Ce complexe est réduit par un mélange réducteur de bisulfite de sodium (NaHSO_2) 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 $(\text{H}_3\text{PO}_4 - [(\text{MoO}_3)_6\text{MoO}_2])$. 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

La teneur en phosphates est calculée à partir de la formule suivante :

$$\%P = ((A_{\text{ech}} - A_{\text{blanc}} / \text{P.E}) * 0.5 * k) * \text{facteur de dilution}$$

A_{ech} : absorbance de l'échantillon

A_{blanc} : absorbance de blanc.

PE : Prise d'essai de mélasse

IV. Résultats et interprétations.

1. pH

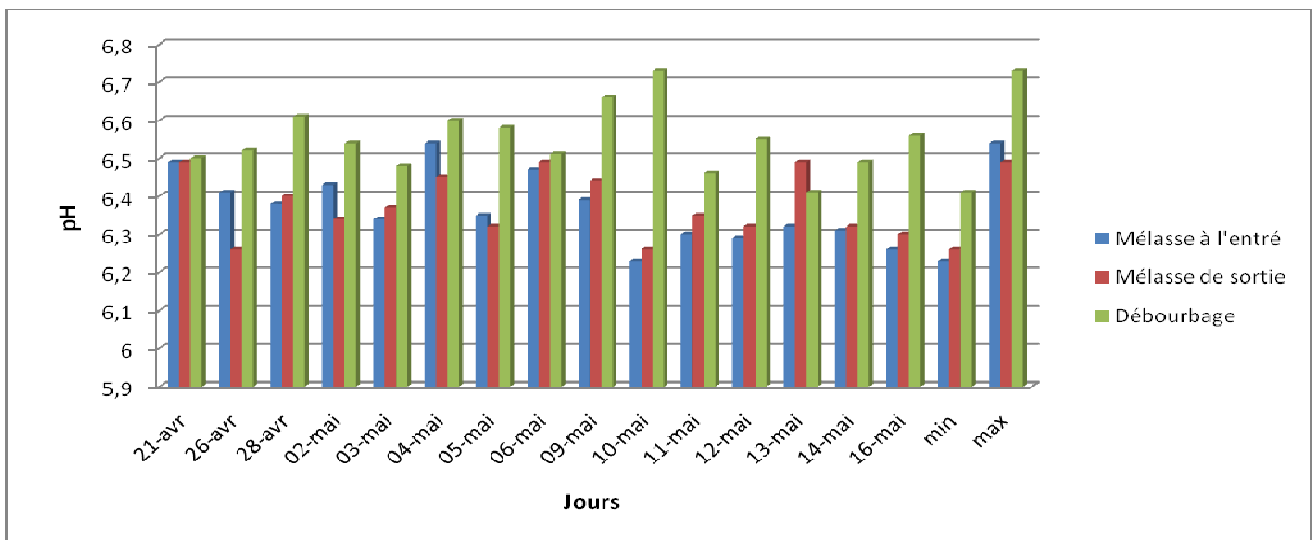


Figure 5 : variation de pH de la mélasse au cours de sa clarification.

A partir de ce graphe qui représente la variation du pH durant l'opération de clarification, on constate que les valeurs du pH ne dépassent pas 6 et que la valeur du pH de débourage dépasse celle de la mélasse diluée à l'entrée et mélasse diluée clarifiée à la sortie.

Cela peut être justifié par le fait que le pH de la mélasse betterave est supérieur à 6 et celui de la mélasse canne est supérieur à 5, et puisque la mélasse de betterave est majoritaire dans le mélange on peut considérer que le pH final est supérieur à 6.

L'augmentation du pH de débourage peut s'expliquer par la présence des ions sous la forme hydroxydes ($M(OH)_2$) d'où une présence marquée des groupements basiques OH^- .

2. Conductivité.

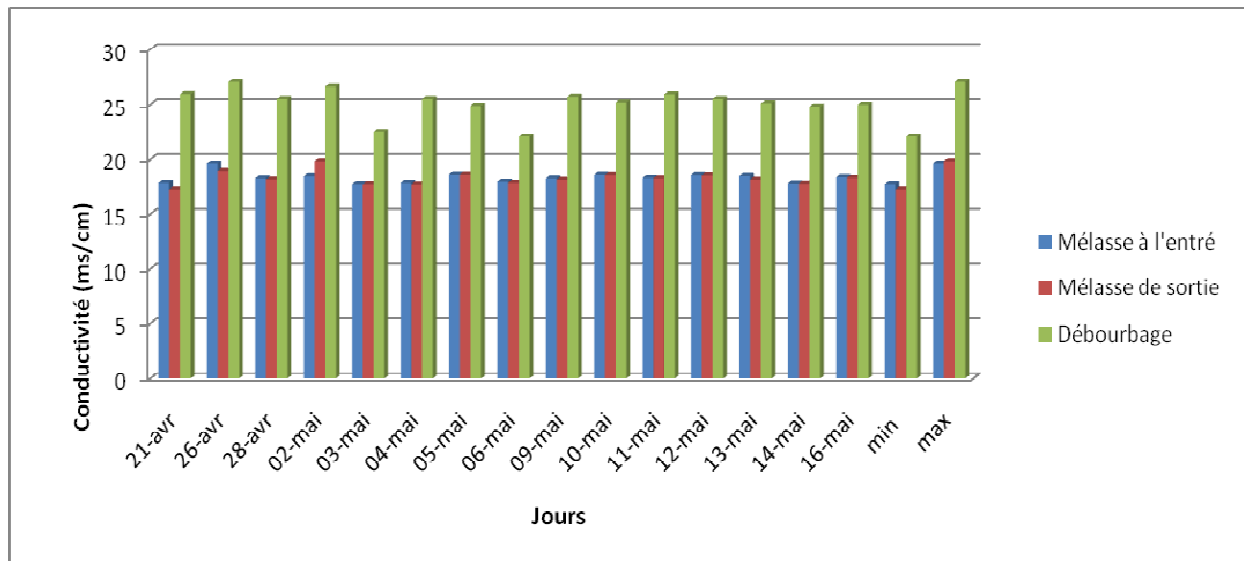


Figure 6 : la conductivité de la mélasse avant et après clarification.

- Pour la conductivité de la mélasse avant et après clarification est dans l'intervalle de 17 à 18 ms/cm, cette valeur ne change pas du jour à l'autre est presque stable dans cette intervalle.
- Pour le résidu du débourbage, la conductivité atteint les 25 ms/cm, cela peut être expliqué par la présence en grande quantité des ions dans cette phase.

3. Matière Sèche

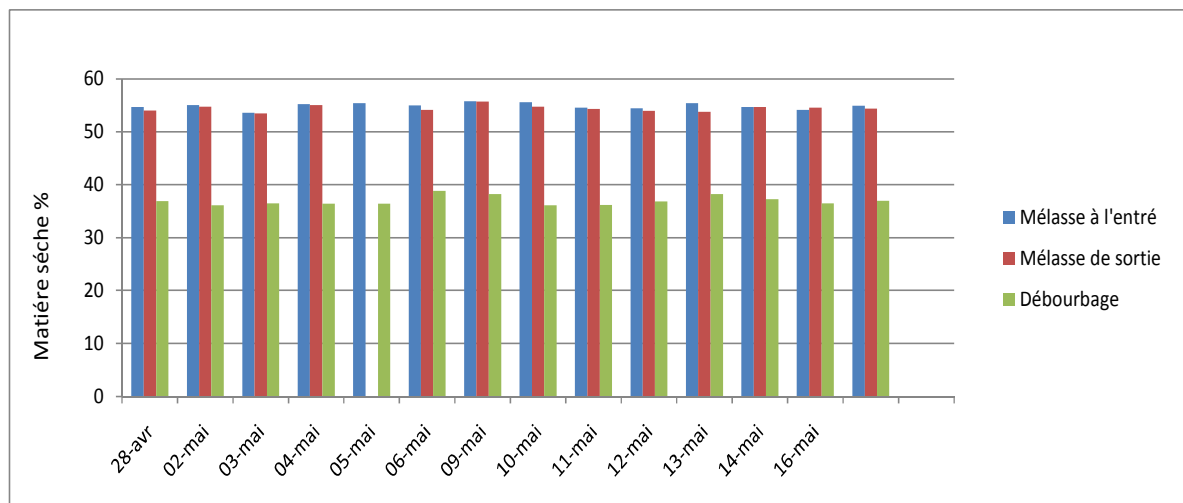


Figure 7 : variation de la matière sèche de la mélasse au cours de sa clarification

La matière sèche représente un pourcentage de 54% à l'entrée et subie une très légère diminution à la sortie du clarificateur. Elle est de 36 % pour le résidu. Cette différence peut être expliquée par le fait que la grande partie des éléments nutritifs restent soluble dans la mélasse diluée.

4. Matière Minérale

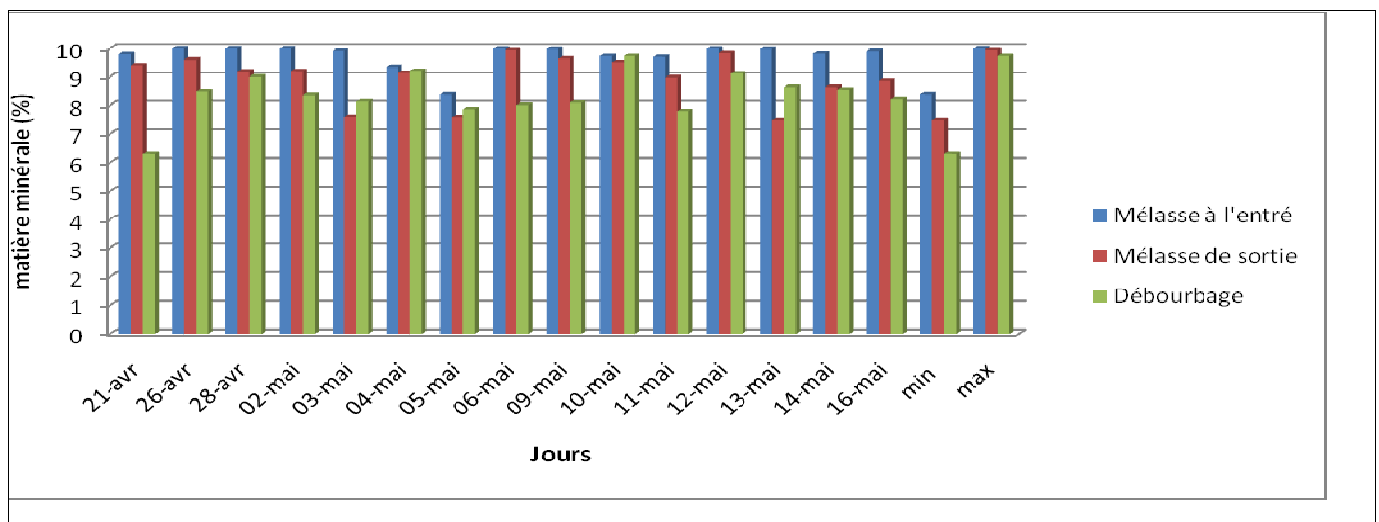


Figure 8 : variation de la matière minérale au cours de sa clarification.

On observe un décalage remarquable entre les valeurs d'entrée et de sortie de la mélasse, cet écart est traduit clairement dans les 8.37 % du débouillage.

5. Matière en suspension

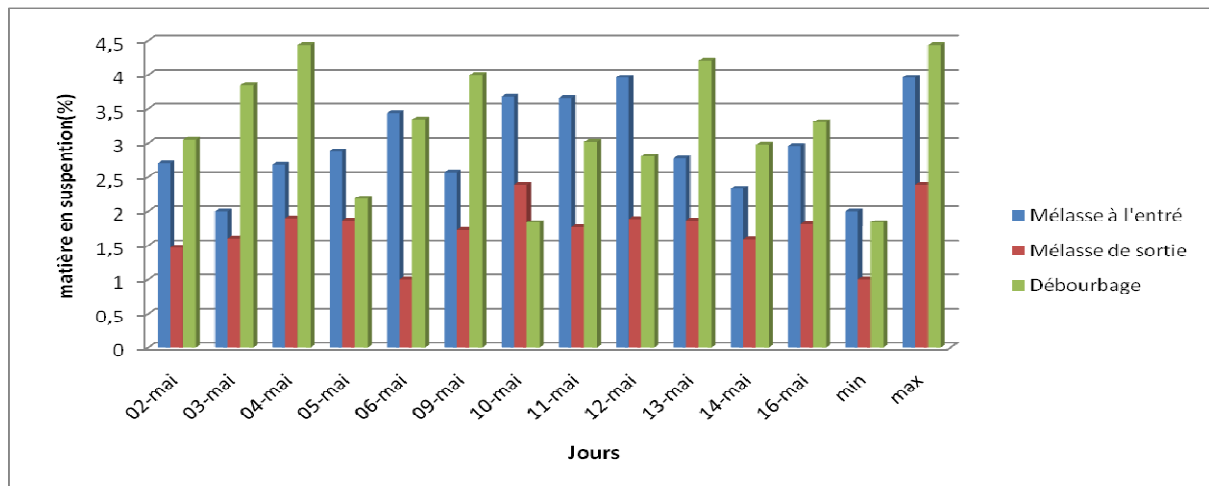


Figure9 : variation de la matière en suspension de la mélasse au cours de sa clarification

D'après le graphe on constate que le pourcentage de la matière en suspension augmente dans le débouillage et diminue dans la sortie par rapport à l'entrée, et cela nous indique qu'il ya une bonne élimination des impuretés présentes dans le débouillage.

6. Minéraux « Phosphore, Calcium, Azote, Magnésium »

Pour l'azote et phosphore sont solubles dans la mélasse, donc une petite quantité est éliminée avec les boues qui se traduit par un petit décalage entre l'entrée et la sortie. Un écart de Phosphore 0.09% et Azote 0.65%.

Par contre le calcium et le magnésium sont insolubles sont présents en quantité importante dans le débouillage.

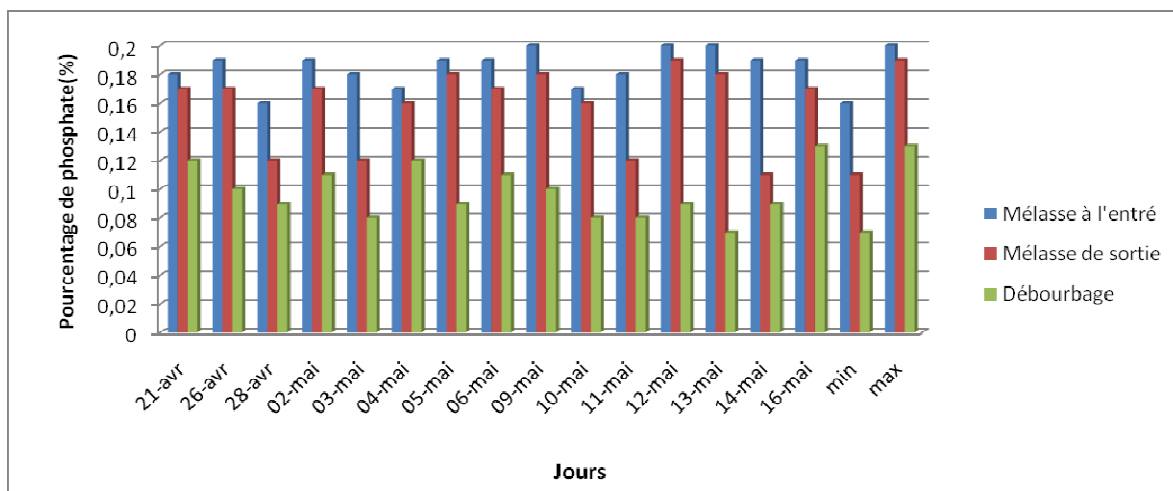


Figure 10 : variation de phosphate dans la mélasse au cours de sa clarification

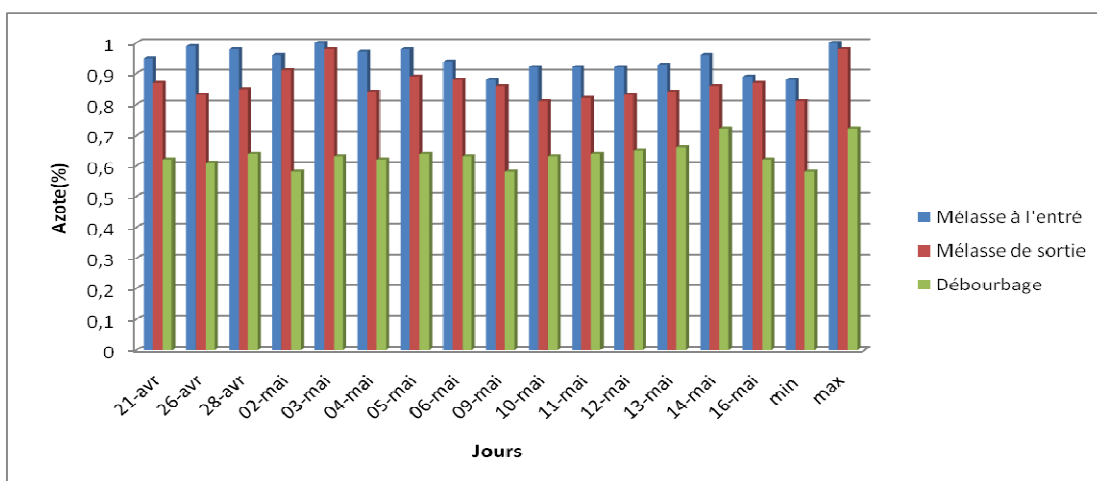


Figure 11 : variation de quantité d'azote dans la mélasse au cours de sa clarification

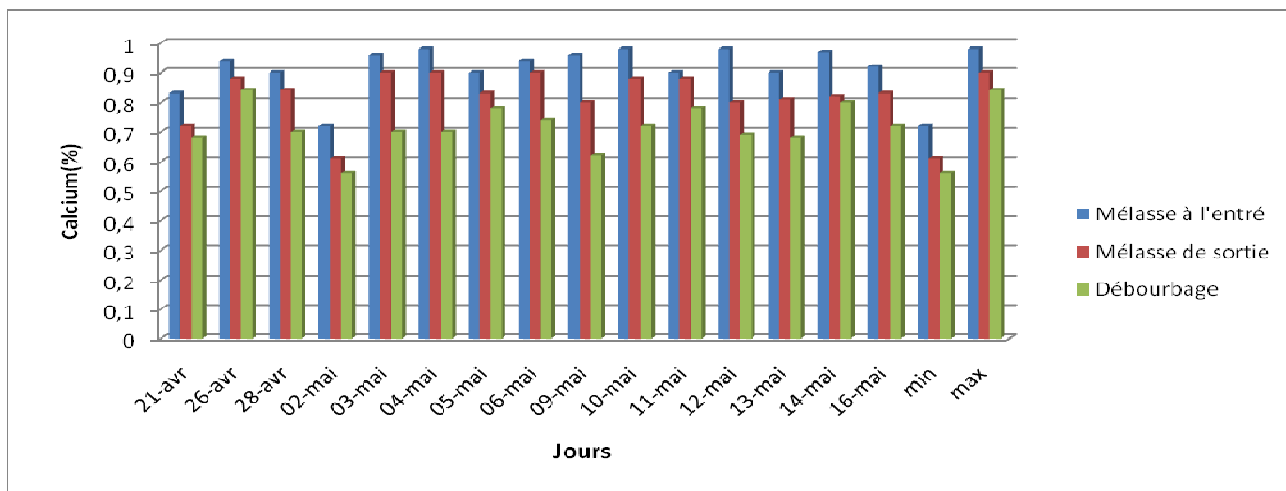


Figure12 : variation de calcium dans la mélasse au cours de sa clarification

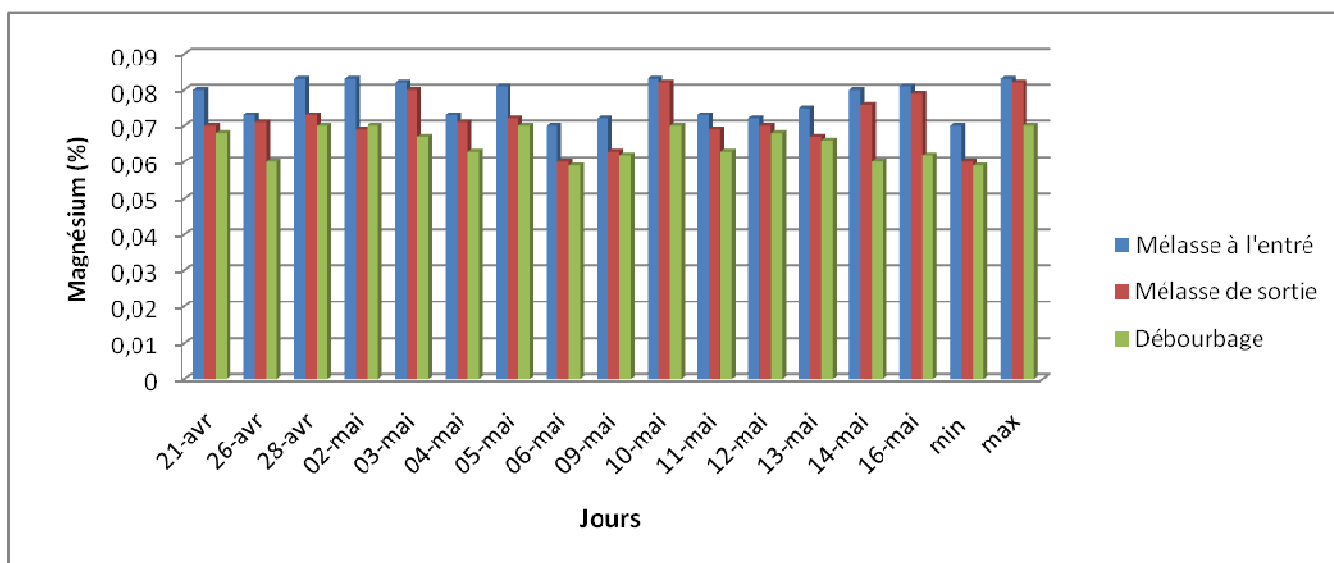


Figure 13 : Variation de magnésium dans la mélasse au cours de sa clarification

CONCLUSION

Les analyses réalisées dans ce travail, ont permis d'évaluer les pertes journalières de la mélasse (de minéraux, de matières sèches, de magnésium, de calcium....) à l'étape de clarification.

Ces évaluations ont été effectuées par plusieurs méthodes chimiques et physico-chimiques telles que :

pH-métrie : nous avons déterminé l'acidité de la mélasse due à la présence des éléments non miscibles qu'on retrouve dans le débouillage, justifiée par un pH élevé de la matière dans cette étape.

Conductivité ionique : la présence des ions, non miscibles à la mélasse, récupérés dans l'étape de débouillage ont été mis en évidence par cette technique.

Minéralisation : les cations Mg^{2+} et Ca^{2+} sont miscibles dans la mélasse. Le dosage par l'EDTA de la mélasse de débouillage nous a permis de déterminer le pourcentage de perte de ces cations.

Kjeldahl : cette méthode permet de déterminer le taux d'azote soluble dans la mélasse.

Séchage : permet de déterminer le taux de matière présente dans le débouillage.

Matière en suspension : selon la qualité de son élimination peut déterminer l'efficacité du clarificateur.

Les résultats, des analyses physico-chimiques effectuées, ont montré qu'une importante quantité en charge nutritionnelle est rejetée, et les valeurs des paramètres étudiés dans ces rejets sont maintenues dans les normes pour les deux types de mélasse : « diluée » et « diluée clarifiée ».

conductivité	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	Moyenn e
--------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

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	17,78	18,58	17,85	18,13	18,55	18,25	18,51	18,12	17,77	18,29	17,09
Débourbage	25,91	27,27	25,525,5	26,622,5	22,525,5	25,524,9	22,122,1	25,725,2	25,225,9	25,925,5	25,124,8	25	23,57			

Mg	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
Débourbage	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

Calcium	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	0,83	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
Mélasse 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

	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
Azote																
Mélasses 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
Mélasses 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

	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 Phosphore
Mélasses 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
Mélasses 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

M.suspension	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	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
Mélasses de 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

Matiere Minerale	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	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
Mélasses 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

Matiere seche	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	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
Mélasses 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

pH	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	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
Mélasses 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