

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Science Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Suivi des paramètres physico-chimiques au
cours du procédé de raffinage de sucre à l'unité
CEVITAL**

Présenté par :

BERKATI Siham & BERKATI Katia

Soutenu le : **21 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M^r BOUKHALFA F.

MCB

Président

M^{me} FELLA-TEMZI S.

MAA

Promotrice

M^{me} GUEMGHAR H.

MCA

Examinatrice

Année universitaire : 2017 / 2018

DEDICACES

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents que je ne trouverai jamais l'expression forte pour exprimer mon amour, ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour tous les sacrifices consentis. Je leur remercie pour leur confiance et que Dieu leurs accorde une très longue vie.

A mon cher frère Nassim, mes adorables sœurs et ma nièce Rania pour leur soutien, qui m'ont aidé à tracer un tel chemin de réussite.

Mon grand- parent

Mes très chères tantes et mes oncles ainsi que mes cousines et cousins

Ma chère binôme et cousine Katia pour le parcours qu'on a fait ensemble

Mes très chères amies en particuliers, Nesrine, Kahina, Warda, Lilia, Lydia et Nawel

Tous mes collègues de la promotion QPSA.

Siham

DEDICACES

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents que je ne trouverai jamais l'expression forte pour exprimer mon amour, ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour tous les sacrifices consentis. Je leur remercie pour leur confiance et que Dieu leurs accorde une très longue vie.

A mes très chers frères et cher sœurs pour leur soutien, qui m'ont aidé à tracer un tel chemin de réussite.

A mes oncles et tantes ainsi que mes cousins, cousines et toute ma Famille.

A ma binôme et ma cousine Siham qu'elle a tant donné pour l'achèvement de ce Mémoire.

Mes très chères amies en particuliers, Nesrine, Kahina, Warda, Lilia, Lydia et Nawel

Tous mes collègues de la promotion QPSA.

Katia

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu de tout puissant, de nous avoir donné la patience et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nous avons l'honneur et le grand plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à madame *FELLA-TEMZI Samira*, notre promotrice pour accepter de nous encadrer, sa confiance, ses conseils et ses orientations qui nous ont accompagnés tout au long de notre travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tout l'ensemble du personnel de la raffinerie du sucre *Cevital*, en particulier l'équipe de laboratoire physico-chimique pour leur aide, leur conseil et pour la confiance qu'ils nous ont témoignée et aux excellentes conditions du travail qu'ils nous ont assurées.

Nous remercions sincèrement Mr *BOUKHALFA* de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury, ainsi que Mme *GUEMGHAR* pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin nous remercions également à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce travail,

- ❖ **A1001** : Sucre séché dirigé vers les silos de maturation.
- ❖ **Autotrophes** : Organisme capable de générer sa propre matière organique à partir d'éléments minéraux.
- ❖ **Bagasse** : Sous-produits de l'industrie de la canne. Ce sont des résidus fibreux issu du broyage de la canne représente environ 20 à 30% de la masse de canne.
- ❖ **Boues** : terme utilisé dans l'industrie, c'est un Mélange de résidus provenant de la filtration du sirop de sucre épuré.
- ❖ **Bourgeons** : Organes situés au sommet de la tige assurent la croissance de la plante et permettent la ramification des tiges.
- ❖ **Canne** : Nom de diverses espèces de roseaux (plante aquatique à tige creuse).
- ❖ **Cassonade** : Sucre cristallisé brun obtenu directement à l'issue de la première cuisson du jus de canne.
- ❖ **Chaux** : Substance caustique solide, obtenue par calcination du calcaire et d'autres formes de carbonate de calcium. La chaux pure, est constituée d'oxyde de calcium (CaO).
- ❖ **Chlorophylle** : Pigment vert des plantes, c'est grâce à elle que les plantes parviennent à capter l'énergie solaire par processus de la photosynthèse.
- ❖ **Distillation** : Opération se faisant dans des colonnes à distillation continue, ayant pour but la séparation et la concentration de l'alcool et des composés les plus volatils et aromatiques des moûts fermentés.
- ❖ **Eau mère** : Sirop dans lequel baignent les cristaux de sucre de la masse cuite.
- ❖ **Écumes** : Appellation des sous-produits de l'industrie de la canne .ce sont des résidus résultant du traitement de la boue au niveau du filtre presse.
- ❖ **Entre-nœud** : Intervalle entre deux nœuds c'est-à-dire entre deux points d'insertion feuilles sur une tige.
- ❖ **Fermentation** : Transformation biochimique faisant intervenir des micro-organismes comme agent.
- ❖ **Graminée (graminée)** : Famille de plantes monocotylédone aux fleurs peu apparentes et groupées en épis.
- ❖ **Lait de chaux** : Prépare par l'addition d'une chaux de bonne qualité (poudre impalpable) à une eau légèrement sucrée qui provient des déssucrages des boues au niveau des filtres presses et décoloration.
- ❖ **Magma** : Produit d'empattage du sucre roux et d'eau sucrée.
- ❖ **Masse cuite** : Substance obtenue par la cristallisation du jus de la canne à sucre.

- ❖ **Mélasse** : Résidu incristallisable, visqueux, résultant de la cristallisation bas produits.
- ❖ **Non sucre** : Constitués de cendres et de matières organiques.
- ❖ **Norme** : Les normes sont force de loi et sont définies en vertu des règlements d'application de la loi sur les produits alimentaires.
- ❖ **Petit jus** : terme utilisé dans l'industrie Cevital. C'est un eau sucrée récupérée lors de la filtration des boues.
- ❖ **Phloème** : Tissu vasculaire assurant la conduction de la sève élaborée dans la plante.
- ❖ **polarisation** : Technique utilisée pour analyser le sucre cristallisable. Voir teneur en saccharose.
- ❖ **Qualité** : Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.
- ❖ **Réfractomètre** : Appareil servant à mesurer la concentration de sucre dans l'échantillon. Voir teneur en saccharose.
- ❖ **Roux** : Qui est d'un rouge tirant sur le jaune.
- ❖ **Semence** : Au niveau de complexe Cevital, la semence est préparé par broyage du sucre dans un alcool isopropylique qui provoque la cristallisation.
- ❖ **Shredders** : Appareil qui a pour but de parfaire la préparation et désintégration de la canne.
- ❖ **Sucre inversi** : Solution aqueuse obtenue par hydrolyse du saccharose.
- ❖ **Vesou** : C'est le jus directement issu du broyage des cannes.

Sommaire

Dédicaces	
Glossaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction Générale.....	01
Partie théorique	
Chapitre I : Généralités sur la canne à sucre.....	02
I.1. Canne à sucre.....	02
I.1.1. Définition.....	02
I.1.2. Composition du la canne à sucre.....	03
I.1.3. Marché du sucre.....	03
I.2. Sucre roux.....	04
I.3. Généralité sur le saccharose.....	05
I.3.1. Définition et structure.....	05
I.3.2. Propriétés de saccharose.....	06
I.3.2.1.Aspect	06
I.3.2.2.Granulométrie.....	06
I.3.2.3.Solubilité.....	06
I.3.2.4.Fusion.....	06
I.3.2.5.Pouvoir rotatoire.....	07
I.3.2.6.Inversion.....	07
Chapitre II. Technologie de raffinage du sucre roux de la canne.....	08
II.1.Procédé d'extraction du sucre roux au niveau des sucreries.....	08
II.1.Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries.....	10
II.2.1.Affinage-Refonte.....	10

II.2.2. Carbonatation.....	10
II.2.3. Filtration.....	11
II.2.4. Décoloration.....	11
II.2.5. Concentration	11
II.2.6. Cristallisation (bas et haut produits)	11
II.2.8. Séchage.....	12
II.2.9. Maturation et Conditionnement.....	12

Partie Pratique

Chapitre III : matériels et méthodes	13
III.1. Présentation de l'entreprise.....	13
III.2. Plan d'échantillonnage.....	14
III.3. Méthodes d'analyse.....	15
III.3.1. Mesure de couleur	15
III.3. 1.1. Sucre roux	15
III.2.1.2. échantillons intermédiaires	16
III.2.1.3. Sucre A1001.....	16
III.2.2. Mesure de °Brix.....	17
III.2.2.1. Sucre roux.....	18
III.2.2.2. échantillons intermédiaires	18
III.2. 3. Mesure de la polarisation.....	19
III.2. 4. Mesure de la pureté.....	20
III. 2.5. Mesure d'alcalinité	20
III.2.6. Mesure du pH.....	21
III.2.7. Mesurer l'humidité de sucre blanc.....	21

Chapitre IV : Résultat et Discussion	22
IV.1. Couleur.....	22
IV.1.1.Échantillon au cours de raffinage.....	22
IV.1.2.Sucre A1001.....	23
IV.2. °Brix.....	24
IV.3. Pureté.....	25
IV.4. pH.....	26
IV.5.Alcalinité.....	27
IV.6.Humidité.....	27
Conclusion	29

Références Bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

abs : Absorbance

b : Epaisseur

c : Concentration

Ca(OH)₃ : Lait de chaux

CEE : Communauté Economique Européenne

CO₂ : Gaz dioxyde de carbone

CO₃Ca : Molécule de carbonate de calcium

CV : Coefficient de variation

EP : Égout pauvre

EP₁ : Égout pauvre de premier jet

EP₃ : Égout pauvre de troisième jet

ER₁ : Égouts riches de premier jet

H% : Pourcentage d'humidité

HCl : Chlorure d'hydrogène

ICUMSA: International Commission for Uniform Méthodes of Sugar Analysis

ISO : Organisation International de Standardisation

JS : Jus chaulé

LS : Liqueur standard

MS : Matière sèche

NaOH : Hydroxyde de sodium

nm : Unité de longueur, nanomètre

NS : Non sucre

OM : Dimension moyenne des cristaux

PP : Polypropylène

SC : Sirop concentré

SC₁ : Sirop carbonaté 1

SC₂ : Sirop carbonaté 2

SC₃ : Sirop carbonaté 3

SD : Sirop décoloré

SF : Sirop filtré

SNFS : Syndicat national des fabricants de sucre de France

SPA : Société Par Action

SR : Sirop de fonte

Liste des abréviations

UI : Unité ICUMSA

μm : Unité de mesure de longueurs, micromètre

Tableau I: Composition moyenne de la canne à sucre.....03

Tableau II: Paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffina.....14

Liste des figures

Figure 1 : Canne à sucre.....	01
Figure 2 : Différentes parties de la canne.....	01
Figure 3: Production mondiale des produits agricoles en 2011.....	03
Figure 4: Premiers pays producteurs du sucre.....	04
Figure 5: Structure de saccharose.....	05
Figure 6: Diagramme d'extraction du sucre roux.....	09
Figure 7 : Photographie de spectrophotomètre	17
Figure 8: Photographie de la pompe sous-vide.....	17
Figure 9 : Photographie de polaser.....	19
Figure10 : Photographie de la solution après l'ajout de phénolphtaléine.....	20
Figure11 : Photographie de la solution après titrage avec l'HCl.....	20
Figure 12 : Évolution de la couleur au cours de raffinage du sucre.....	22
Figure13 : Évolution de la couleur de sucre A1001.....	23
Figure14: Évolution de °Brix au cours de raffinage du sucre.....	24
Figure15 : Évolution de pureté au cours de raffinage du sucre.....	25
Figure16 : Évolution de pH au cours de raffinage du sucre.....	26
Figure17: Évolution d'alcalinité de jus chaulé.....	27
Figure 18 : Évolution d'humidité de sucre blanc A1001.....	28

Introduction

Le sucre est aujourd'hui un article de consommation de première nécessité. Ce nutriment de la famille des glucides est indispensable à notre organisme, auquel il procure l'énergie nécessaire à son fonctionnement (**Ouerfelli, 2008**).

Le sucre que nous consommons est un sucre industriel. Il est obtenu soit à partir de la canne à sucre ou encore des betteraves (**Alan, 2012**). Qu'il soit de canne ou de betterave, tout au long de son histoire, le sucre est le symbole du bien être et de plaisir (**Willay, 2010**).

La production mondiale de sucre est en pleine expansion. Elle suit l'augmentation des besoins de consommation, dont plus des deux tiers émanent des industries agroalimentaire. Les trois grands producteurs que sont le Brésil, l'Inde et l'Union Européenne réalisent près de la moitié de la production mondiale. La canne à sucre a distancé la betterave puisqu'elle représente les trois quarts de la production mondiale de sucre (**Courteau, 2005**).

La production du sucre nécessite une première transformation en sucrerie et une seconde en raffinerie (**Cartier, 1997**), pour cette raison plusieurs entreprises existant dans le monde se sont traitées le sucre sous ses divers formes (cristallisée, liquide, morceaux...) et chacune d'entre elles cherche à améliorer la qualité de son produit le cas de « Cevital ».

Le but de ce présent travail, consiste à faire un suivi de raffinage du sucre au sein de complexe « Cevital » de la wilaya de Bejaia, pour cela nous avons effectués des analyses physico-chimiques sur des échantillons à différentes étapes de production.

Dans cette optique, nous allons présenter en première partie des généralités sur la canne à sucre ainsi que les différentes étapes de raffinage. La deuxième partie est consacrée à une présentation de l'unité et les différentes manipulations des analyses physico-chimiques effectuées sur le sucre au cours du raffinage. Ensuite nous abordons la discussion des différents résultats obtenus. Nous terminerons ce travail par une conclusion.

Chapitre I : Généralité sur la canne à sucre

I. Généralité sur la canne à sucre

Le sucre fut pendant très longtemps produit exclusivement par la canne à sucre, connue des anciens dès la plus haute antiquité (**François et Vallier, 1914**). Normalement, le sucre de la canne à sucre est un peu meilleur marché que celui de la betterave (**François et Vallier, 1914**).

I.1. Canne à sucre

I.1.1. Définition

La canne à sucre "*Saccharum officinarum*" est une graminée principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales comme l'Amérique du Sud et central, l'Asie du Sud et du Sud-est, l'Afrique et l'Australie. La canne à sucre est connue depuis la préhistoire, et serait originaire de Nouvelle-Guinée et des îles voisines (**Arzat, 2005 ; Markal, 2011**).

Elle contient jusqu'à 16% de saccharose dans sa tige, dont jusqu'à 96% peut être extrait lors d'un processus industriel (**Arzat, 2005**). Les différentes parties de la canne à sucre sont montrées dans la figure 1 et 2.



Figure 1 : Canne à sucre

(**Debibakas, 2012**)

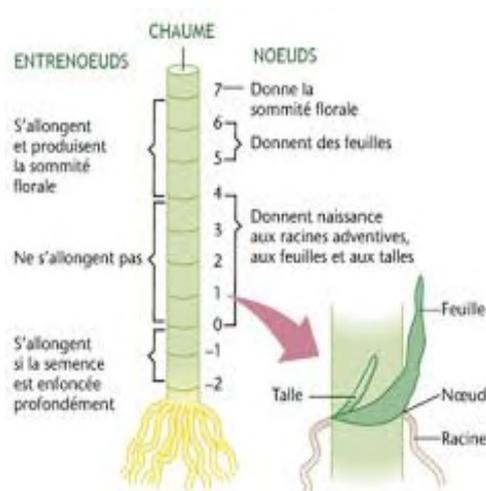


Figure 2 : Différentes parties de la canne

(**botarela.fr**)

La tige de la canne à sucre (ou plutôt les tiges, car elles peuvent être jusqu'à 40 sur le même pied) est épiasse, longue (de 2 à 5 m de haut) et de diamètre aller de 2 à 6cm. Elle présente un aspect assez lisse entrecoupe de nœuds où sont implantés des bourgeons, et d'entre nœuds gorges d'eau sucrée (**Boussarsar, 2008**).

I.1.2. Composition du la canne à sucre

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres .La teneur de ces derniers est variée selon l'état de maturité du plant, comme le montre le tableau suivant :

Tableau I: Composition moyenne de la canne à sucre (Arzat ,2005).

Les principaux constituants de la canne à sucre	La teneur (%)
Eau	72 à 77
fibres ligneuses	10 à18
Saccharose	12 à 16
Impuretés	2 à 3

I.1.3. Marché du sucre

L'agriculture est la plus ancienne industrie humaine (BASF, 2013), parmi ces produits la canne à sucre qui occupe la première position à l'échelle mondiale (figure 3). Elle constitue également le pilier d'une filière imbriquant l'agriculture et l'industrie (production de sucre, de rhum...) (IEDOM, 2016).

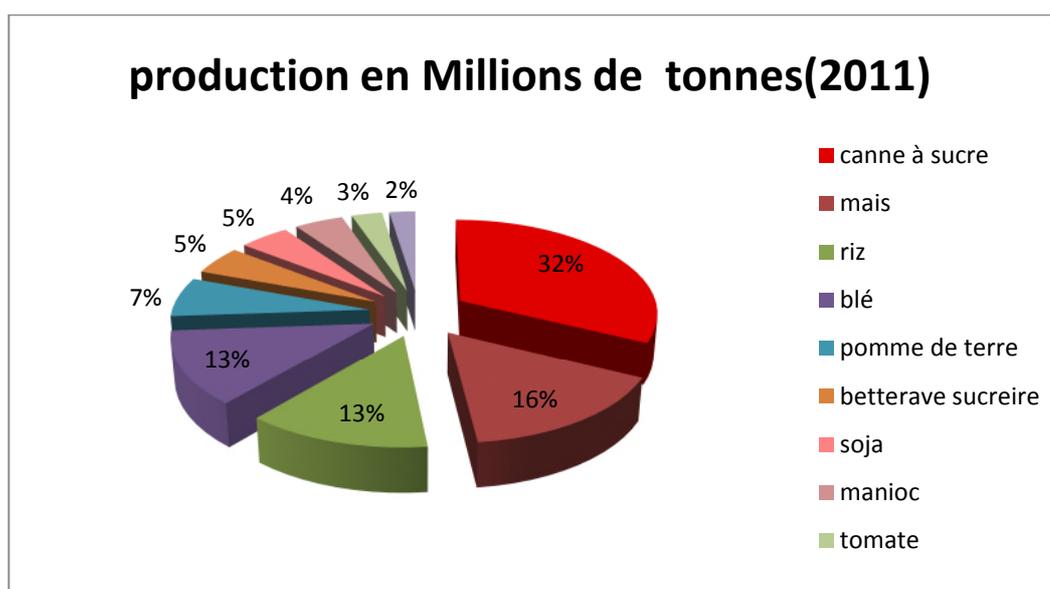


Figure 3: Production mondiale des produits agricoles en 2011 (BASF, 2013).

A l'échelle internationale le sucre s'élève à environ 180 millions de tonnes chaque année, dont les trois quarts proviennent de la canne (**IEDOM, 2016**). Le Brésil, l'Inde, l'UE, la Chine et la Thaïlande, soit les cinq premiers producteurs mondiaux, représentent environ les 2/3 de la production mondiale et sont les clés de l'évolution du bilan mondial de ces dernières années (figure 4) (**SNFS, 2017**).

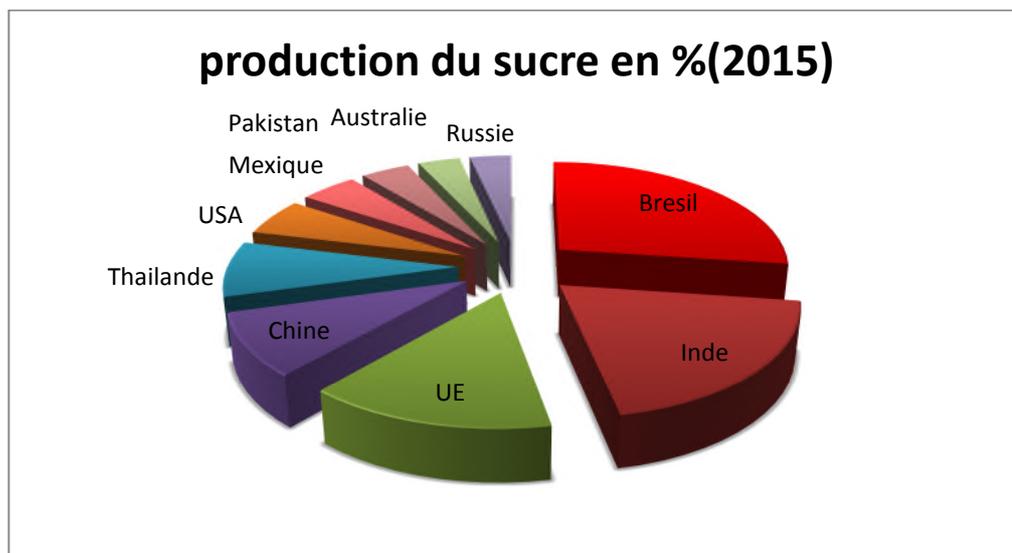


Figure 4: Premiers pays producteurs du sucre (**CEDUS, 2015**).

Les principaux importateurs de sucre sont de grands pays consommateurs, mais on compte également des pays pratiquant le raffinage « à destination », comme les Émirats arabes unis, la Malaisie, l'Algérie, ou la Corée du Sud (**IEDOM, 2016**). La moitié des importations de sucre ces dernières années était sous forme de roux cependant la consommation finale est sous forme quasi-exclusivement de blanc (**Piketty et Boussard, 2001**).

L'Algérie reste un des plus gros consommateurs de sucre au monde. Elle occupe le 7^e rang des pays importateurs avec 1,53 million de tonnes par an, selon le dernier rapport trimestriel de l'Organisation Internationale du Sucre (ISO) (**Le temps d'Algérie, 2017**).

1.2. Sucre roux

Sucre roux ou sucre brun est obtenu de la canne à sucre soit par suite d'un raffinage incomplet ou d'un mélange spécifique de sucre blanc et de la mélasse (**Lefrançois et Ruby, 2005**). Il est utilisé dans plusieurs domaines (glace,

biscuiterie, confiserie...) grâce à ces notes aromatiques rappelant plutôt la vanille ou la cannelle (CEDUS, 2017).

I.3. Généralité sur le saccharose

Réglementairement, la dénomination du sucre au singulier est exclusivement réservée au saccharose.

Toutes les plantes vertes peuvent être utilisées pour extraire le sucre. Ce sont les seuls organismes qui vivent de manière indépendante. On les appelle des autotrophes ; elles utilisent, grâce à la chlorophylle, l'énergie solaire pour transformer le dioxyde de carbone de l'air et de l'eau du sol, en matière organique, en particulier en glucides (Mohtadji-Lamballais, 1989).

Les nutriments synthétisés par les cellules chlorophylliennes (principalement le saccharose) sont ensuite exportés dans le phloème (tissu vasculaire végétal) (CEDUS, 2013) afin de les stocker sous forme de solution aqueuse dans les cellules, sans en modifier la composition. Ces plantes accumulent le sucre, au niveau de la racine pour la betterave ou de la tige pour la canne (Mathlouthi et Rogé, 2001).

I.3.1. Définition et structure

Le saccharose ou sucrose est un oligosaccharide. Il résulte de l'union par une liaison osidique d'une molécule de D-glucose (α -D-glucopyranosyl) en position 1, et une molécule de D-fructose (β -D-fructofuranoside) en position 2 comme le montre la figure 3. Sa formule chimique brute est $C_{12}H_{22}O_{11}$ avec une masse molaire 342.30g/mol (Élie, 2004 ; Berrada, 2009).

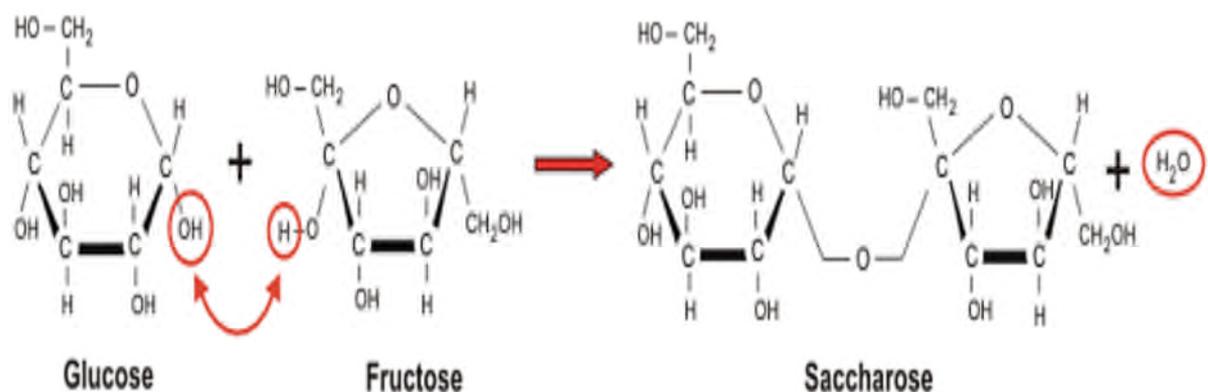


Figure 3: Structure de saccharose (Berrada, 2009)

I.3.2. Propriétés de saccharose

Le sucre n'est pas seulement ajouté pour donner un goût sucré aux aliments puisque le sucre contient d'énergie (4cal/g) c'est un édulcorant nutritif. Il a de nombreuses propriétés fonctionnelles qui améliorent l'aspect sensoriel des aliments et leur salubrité, par exemple, le sucre peut réduire la sensation désagréable du goût amer, ce qui rend les aliments comme chocolat et limonade plus agréable. Il joue un rôle d'agent de conservation des aliments et fermentatif (**David et al ., 2010**).

I.3.2. 1.Aspect

Le sucre du commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdaux) qui n'est pas hygroscopique (**Doucet, 1999**).

I.3.2. 2.Granulométrie

Le sucre se présente sous différents formes granulométriques, chacune adaptée aux multiples besoins des industries utilisatrices.

La granulométrie est exprimée au moyen de deux chiffres : l'ouverture moyenne qui caractérise la dimension moyenne des cristaux (OM) et le coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux autour de cette valeur moyenne (**Doucet, 1999**).

I.3.2. 3.Solubilité

La solubilité du saccharose est la concentration en saccharose d'une solution saturé qui est en équilibre avec le saccharose à l'état solide (**Bubnik et Kadlec ,1995**).

Le saccharose est très soluble dans l'eau, celle-ci est due à la structure de la molécule de saccharose qui favorise la formation de liaison hydrogène avec les molécules d'eau (**Mathlouthi, 2004**) mais il est généralement insoluble dans le benzène et d'autres solvants organiques apolaires (**Arzat ,2005**).

I.3.2. 4.Fusion

Le point de fusion est un autre moyen de s'assurer de la nature d'une substance. Malheureusement, la plupart des glucides se décomposent ou se déshydratent à des températures très voisines de leur point de fusion (**Reiser et al ., 1995**).

Chauffé lentement à sec, le sucre commence à fondre vers 160°C puis se transforme en caramel avant de brûler vers 190°C, en donnant un résidu de charbon de sucre (**Doucet, 1999**). La valeur du point de fusion du saccharose généralement admise est de 186° C (**Reiser et al ., 1995**).

I.3.2. 5.Pouvoir rotatoire

Le saccharose en solution est une molécule optiquement active (chirale), il se distingue des autres sucres car sa rotation spécifique demeure constante dans le temps.il s'agit d'une propriété permettant d'identifier sa présence et un paramètre fiable pour évaluer sa pureté en solution (**Reiser et al ., 1995**).

I.3.2. 6.Inversion

L'hydrolyse du saccharose, appelée « inversion ».provoque la transformation du saccharose en un mélange équimolaire de glucose et de fructose (**Clarke ,1995**). La solution obtenue prend le nom d'inverti ou de sucre inverti (**Mathlouthi ,2004**).



Saccharose Eau Glucose Fructose

Chapitre II : Technologie de raffinage du sucre roux de la canne

II. Technologie de raffinage du sucre roux de la canne

La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrerie, son but est de traiter les sucre roux issus de la betterave et de la canne à sucre (**Mohtadji-Lamballais, 1989**). Elle traite le sucre par plusieurs étapes afin d'éliminer les impuretés que contient le jus sucré afin d'arriver à un sucre commercial titrant plus de 99% de saccharose (**Romain et al ., 2007**).

II.1. Procédé d'extraction du sucre roux au niveau des sucreries

La canne à sucre permet en premier lieu de produire du sucre. Elles sont broyées par un broyeur nommé «shredder » pour en extraire un jus «vesou » (**IEDOM, 2016**). Ce dernier est riche en saccharose ; de couleur jaune verdâtre ou brun foncé avec une composition qui varie selon la qualité et la variété de la canne (**Mathlouthi et Rogé, 2005**). D'autre part on obtient la «bagasse» qui est le résidu fibreux est utilisée pour la nourriture pour le bétail (**INRA, 2007**). La figure 6 présente les différentes étapes d'extraction du sucre.

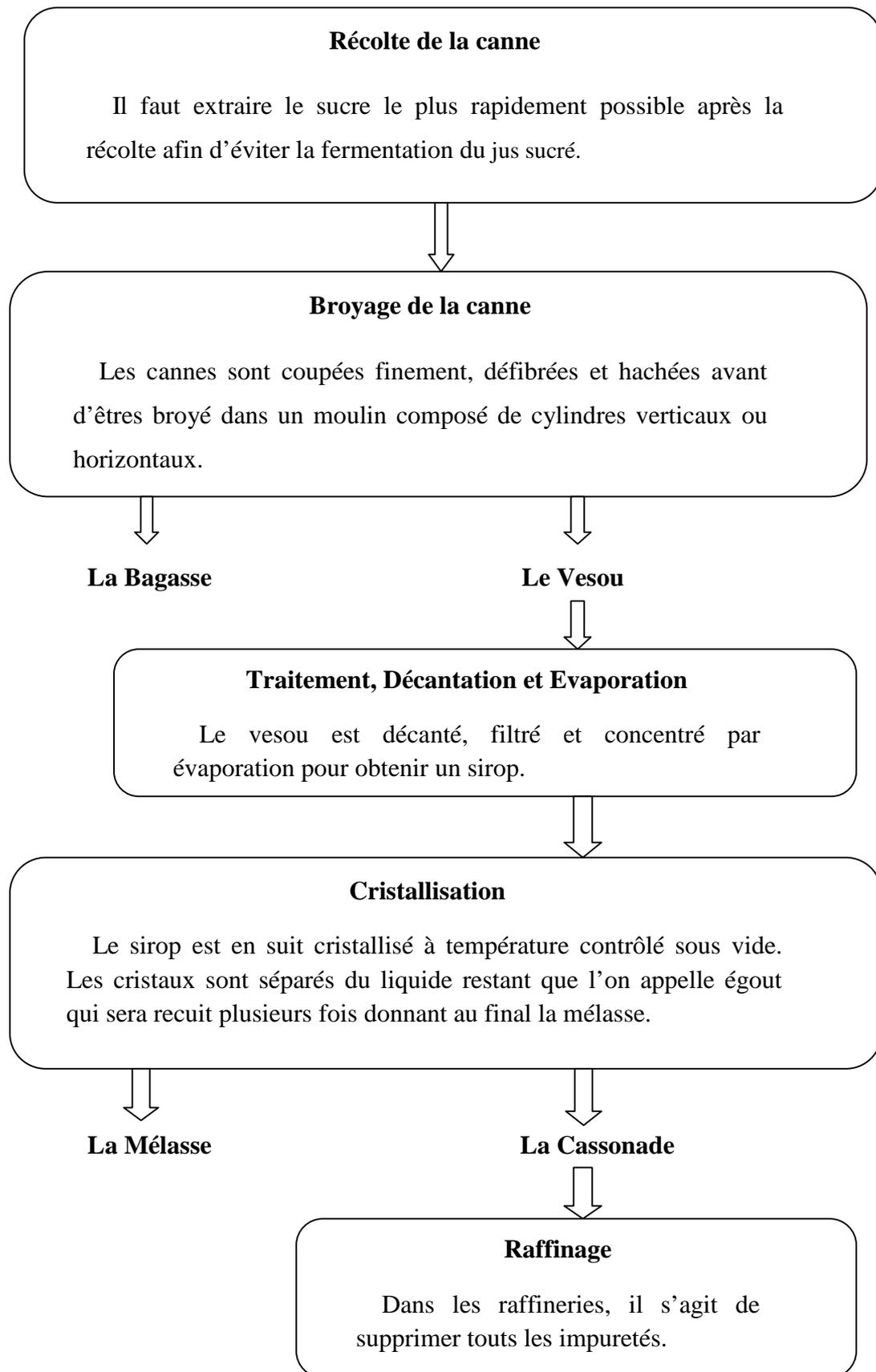


Figure 6: Diagramme d'extraction du sucre roux (Lesne et al., 2014/2015)

II.2.Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries

Le sucre roux cristallisé arrive par les bateaux à la raffinerie *CEVITAL* où s'effectuent les premiers prélèvements d'échantillon par un expert pour faire un bulletin d'analyses. Après le stockage, le sucre passe dans les différentes opérations de raffinage au niveau de la raffinerie qui comportent neuf sections (voir L'annexe 1).

II.2.1. Affinage et refonte

L'affinage consiste à enlever les couches d'impuretés présentes à la surface des cristaux du sucre brut. Après pesage, le sucre roux est mélangé avec une quantité (d'eau au démarrage) de liqueur d'affinage saturé en sucre puis malaxé pour permettre la diffusion des impuretés superficielles sans provoquer la refonte des cristaux.

La séparation du sucre et de l'égout d'affinage se fait par centrifugation dans uneessoreuse discontinue. Ainsi le sucre affiné obtenu est ensuite refondu à l'eau dans un refondoir de façon à obtenir un sirop. Ensuite l'égout contenant les impuretés est traité dans le process pour extraire le sucre résiduel (**Manuel Cevital, 2010**).

II.2.2. Carbonatation

La carbonatation est une véritable épuration chimique (**François et Vallier, 1914**), ce procédé consiste à additionner au sirop de la chaux préparée sous forme de lait de chaux (Ca(OH)_2), et à faire barboter dans ce mélange, qui est introduit dans des chaudières à carbonater, du gaz dioxyde de carbone (CO_2) provenant des chaudières à vapeur (**Manuel Cevital, 2010**).



L'objectif de carbonatation est de précipiter l'excès de chaux, principalement présente en suspension dans le jus. La chaux précipitée sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) sur la surface des particules, absorbent certains composés non-sucre qui se trouvaient en solution (**Decloux, 2002**).

II.2.3.Filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration sur des filtres autonettoyants à bougies en toile, le sirop filtré est envoyé vers la décoloration, la boue résultante passera par un filtre presse pour récupérer le sucre résiduel, sous forme de petit jus. Les boues (ou écumes) sont évacuées et utilisées pour l'amendement du sol (engrais) (Manuel Cevital, 2010).

II.2.3.Décoloration

La décoloration est présentée par l'intermédiaire d'une résine échangeuse d'ions décolorante. Cette étape pousse la décoloration du sucre au maximum. C'est une technologie récente au raffinage. Les résines échangeuses d'ions sont régénérées après saturation par le passage de saumure. Une station de Nano-filtration est utilisée ensuite pour épurer au maximum les rejets de la régénération (pigments) et permettre le recyclage de la saumure. Permet d'enlever les pigments colorants résiduels (Manuel Cevital, 2010).

II.2.4.Concentration

Cette opération consiste à ramener la concentration du sirop décoloré à un Brix de 70% par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau introduite par les opérations précédentes. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre. Elle est la partie la plus délicate du process de fabrication (Manuel Cevital, 2010).

II.2.5.Cristallisation (bas et haut produits)

La cristallisation fractionnée est une opération physique, elle est généralement effectuée en trois étapes appelées « jets ». Chaque jet comprend lui-même trois étapes principales, la cuisson, le malaxage et l'essorage. La solution appelée « liqueur standard » (LS) alimentant chaque jet de cristallisation est le résultat du mélange de différents produits (Decloux, 2002).

Lorsque le sirop atteint une concentration favorable à la formation de cristaux, on introduit de très fins cristaux de sucre « la semence » qui va amorcer le processus. On obtient alors un sirop coloré contenant une multitude de cristaux en suspension « masse cuite ». Cette dernière est acheminée dans des turbines tournant à grande vitesse (Berro, 2015) qui permet de récupérer un sucre parfaitement blanc (sucre A) et une solution très sucrée (Egouts riches de premier jet (ER1)) qui est

remontée en tête pour former la liqueur Standard (LS) .L'eau mère chassée de la turbine contient encore en solution une très forte proportion de sucre, cet égout pauvre de premier jet (EP1) est repris en fabrication, Il subit alors une nouvelle cuisson pour former le sucre de deuxième et troisième jet (**Arzat, 2005**).

A l'issue des trois cycles de cuisson, malaxage et centrifugation successifs, on obtient la liqueur, appelée mélasse qui est transférée à la distillerie pour la fabrication d'alcool (distillation après fermentation), levure boulangère et l'introduction dans l'alimentation du bétail (**Lyne et Lya, 2010**).

II.2.6.Séchage

Le sucre humide (0.05%) est séché à l'air chaud et sec dans un sécheur tambour, puis refroidi par de l'air froid et sec dans un refroidisseur (**Burzawa et Heitz, 1994**).

II.2.7.Maturation et Conditionnement

Le sucre est ensuite stocké dans des silos dont l'air est conditionné en température et humidité afin d'éviter la prise en masse (**Burzawa et Heitz, 1994**). Après 48 heures de maturation, le sucre est conditionné en sac polypropylène (PP) de 50kg ou en big bag de 1000kg (**Manuel Cevital, 2010**).

Chapitre III : matériels et méthodes

III.1. Présentation de l'entreprise

cevital SPA a été créée avec des fonds privés en 1998, se situe au niveau du port de BEJAIA s'étend sur une superficie de 45000m². Elle a pour actionnaires principaux, Mr Issad REBRAB & Fils.

Cevital agro-industriel est le leader du secteur agroalimentaire en Algérie. Elle dispose de plusieurs unités de production ultramodernes(<https://www.cevital.com/cevital-agro-industrie/>) :

- ❖ 2 raffineries de sucre
- ❖ 1 unité de sucre liquide
- ❖ 1 raffinerie d'huile
- ❖ 1 margarinerie
- ❖ 1 unité de conditionnement d'eau minérale
- ❖ 1 unité de fabrication et de conditionnement de boissons rafraichissants
- ❖ 1 conserverie
- ❖ 1 unité de fabrication de chaux calcinée

Le complexe joue un rôle important dans l'économie nationale grâce à la bonne qualité de ses produits et sa compétitivité d'une part, et aux nombre d'effectifs employés (30000 employés). La raffinerie du sucre 1600 tonnes / jour, couvre plus de 50% des besoins du marché national, la mise à jour récente du processus de production et le démarrage de la nouvelle unité de production de 3000 tonnes/jour de sucre a ouvert aux Cevital portes de l'exportation (<http://www.cevital-agro-industrie.com/fr/page/groupe-cevital-p15>).

Cevital donne une grande importance à la satisfaction des clients par un bon control de qualité de ses produits, pour cela, elle dispose de cinq laboratoires travaillent d'ailleurs en parfaite collaboration.

Au cours du stage pratique effectuée au sein de laboratoire physico-chimique du complexe Cevital, nous avons suivi les différents paramètres physico-chimiques au cours de procès de raffinage selon la norme « **ICUMSA** » (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) et « **SNFS** » (syndicat national des fabricants de sucre de France).

III.2. Plan d'échantillonnage

Pour nos échantillons, tous les prélèvements ont été effectués chaque deux heure au niveau de différentes sections de l'atelier de raffinage du complexe.

Le prélèvement consiste à ouvrir la vanne de Bac permettant de recueillir une quantité suffisante pour faire les analyses. Le tableau II ci dessous illustre les différents paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffinage.

Tableau II: Paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffinage.

Section	Echantillon	Paramètre étudié
Affinage et Refont	Magma	Couleur, °Brix, Pureté, Polarisation
	Sirop de refonte(SR)	couleur, °Brix, pureté, pH, Polarisation
Carbonatation	Jus chaulé(JS)	Alcalinité, pH
	Première carbonatation(SC1)	pH
	Deuxième carbonatation(SC ₂)	pH
	Troisième carbonatation(SC ₃)	pH
Filtration	Sirop filtré(SF)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation
Décoloration	Sirop décoloré 1(SD ₁)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation
	Sirop decoloré2(SD ₂)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation

Concentration	Sirop concentré	Couleur, °Brix, Pureté, Polarisation
Cristallisation d' haut produit	Liqueur standard 1(LS ₁)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation
	Liqueur standard 2(LS ₂)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation
	Liqueur standard 3(LS ₃)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation
Séchage	Sucre blanc A (sucre A1001)	Couleur, Humidité
Cristallisation de bas produit	Egout pauvre 3 (EP ₃)	Couleur, °Brix, Pureté, pH, Polarisation

III.3.Méthodes d'analyse

III.3.1. Mesure de couleur

La mesure de la coloration de la solution est réalisée au moyen d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420nm.

III.3.1.1. Sucre Roux

Mode opératoire

La solution a été préparée en pesant 30g ± 0.1 de l'échantillon à analyser et le diluer avec de l'eau distillée à 1/30 à l'aide d'un dilueur automatique.

Après agitation jusqu'à la dissolution total on filtre la solution avec pompe sous- vide avec un filtre de 0.45µm de porosité ensuite on ajuste le pH à 7 par l'ajout de fines gouttelettes de solution de NaOH 0.1N ou d'HCl 0.1N. L'absorbance est mesuré à 420nm avec la cellule de 1cm.

Expression de résultat

$$couleur\ ICUMSA = \frac{1000 \times abs}{b \times c}$$

- ❖ abs : absorbance de la solution à 420nm ;
- ❖ b : Epaisseur (1cm) de la cellule (chemin optique à l'intérieur de la solution) ;

- ❖ c : Concentration (g/ml) de la solution de sucre.

III.3.1.2.échantillons intermédiaires (ICUMSA GS 1/3-7(2002))

Mode opératoire

L'essai a été réalisé comme suit : peser 30 à 40 g de l'échantillon à analyser et le diluer avec de l'eau distillée à 1/05 à l'aide d'un dilueur automatique.

Après agitation jusqu'à la dissolution total, on ajuste le pH à 7 par l'ajout de fines gouttelettes de solution de NaOH 0.1N ou d'HCl 0.1N.la lecture de la densité optique est faite à 420nm, et la couleur a été déterminée à partir de la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre.

Expression des résultats

$$\text{couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times \text{abs}}{b \times c}$$

- ❖ abs : absorbance de la solution à 420nm ;
- ❖ b : Epaisseur (1cm) de la cellule (chemin optique à l'intérieur de la solution) ;
- ❖ c : Concentration (g/ml) de la solution de sucre.

III.2.1.3.Sucre A1001 (ICUMSA Méthode GS2/3-10(2007))

Mode opératoire

À partir d'échantillon prélevé, on pèse $50\text{g} \pm 0.1$ et le diluer avec de l'eau distillée à 1/2 à l'aide d'un dilueur automatique.

Après agitation jusqu'à la dissolution total, on filtre la solution avec une pompe sous-vide qui contient une membrane filtrante de $45\mu\text{m}$ de porosité, puis on ajuste le pH à 6.80-7.20 par l'ajout de fines gouttelettes de solution de NaOH 0.1N ou d'HCl 0.1N.

Avec un spectrophotomètre UV visible on lit l'absorbance à 420nm avec la cellule de 5 cm. La Figure 7 et 8 représentent respectivement un spectrophotomètre et une pompe sous-vide.



Figure 7 : Photographie de spectrophotomètre



Figure 8: Photographie de la pompe sous-vide

Expression de résultat

$$\text{couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times \text{abs}}{b \times c}$$

- ❖ abs : absorbance de la solution à 420nm ;
- ❖ b : Epaisseur (5cm) de la cellule (chemin optique à l'intérieur de la solution) ;
- ❖ c : Concentration (g/ml) de la solution de sucre.

III.2.2.Mesure de °Brix

Lorsqu'on chauffe une solution, l'eau (E) s'évapore et, lorsqu'elle est totalement évaporée reste les matières sèches (MS). Une solution est donc composée de matières sèches et d'eau.

$$\text{Solution} = \text{MS} + \text{E}$$

Le Brix est le rapport entre la quantité de matières sèches contenues dans l'eau et la quantité de solution (**Manuel Cevital, 2010**).

Le Brix est généralement exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{brix} = \frac{\text{quantité de matières sèches} \times 100}{\text{quantité de solution}}$$

Ce qui peut s'écrire également

$$\text{brix} = \frac{\text{MS} \times 100}{\text{MS} + \text{E}}$$

III.2.2.1. Sucre roux selon méthode Brix 30**Mode opératoire**

On prend une prise d'essai de 30g de sirop à analyser et le diluer avec de l'eau distillée à 1/30 à l'aide d'un dilueur automatique ensuite on agitant jusqu'à la dissolution total, puis on émerge une quantité d'échantillon dans le réfractomètre et on lit directement la valeur de Brix.

Expression de résultat

La formule suivante est utilisé pour calculé le °Brix de sirop

$$^{\circ}\text{Brix}(\%) = \text{lecture de la valeur sur le réfractomètre} \times \text{facteur de la dilution}$$

III.2.2.2. échantillons intermédiaires**Mode opératoire**

On pèse 40à 50g d'échantillon à analyser et le diluer avec de l'eau distillée à 1/5 à l'aide d'un dilueur automatique. Après agitation jusqu'à la dissolution total on émerge une quantité d'échantillon dans le réfractomètre. La valeur du Brix est notée directement sur l'appareil.

Expression de résultat

$$^{\circ}\text{Brix}(\%) = \text{lecture de la valeur sur le réfractomètre} \times \text{facteur de la dilution}$$

Remarque

Avant d'analyser le sirop de fonte (SR) on filtre la solution préparée à l'aide d'un filtre wattmen et terre infusoire. Et pour l'égout pauvre 3 (EP₃), elle est diluée à 1/10 avec l'eau distillée.

III.2. 3. Mesure de la polarisation (ICUMSA* GS 2/3-1 (1994))

Une solution de sucre est composée de matières sèches et d'eau. Ces matières sèches contiennent des sucres et des non sucres (NS). D'ou :

$$\text{quantité se solution} = (MS) + m(NS) + m(E)$$

Avec ;

- ❖ (MS) : matières sèches
- ❖ m (E) : masse d'eau
- ❖ m(NS) : masse de non sucres.

La teneur en sucre d'une solution (polarisation) est le rapport entre la quantité de sucre contenue dans la solution et la quantité de solution. Elle est généralement exprimée en pourcentage par la formule suivante :

$$\text{polarisation (\%)} = \frac{\text{quantité de sucre (g)} \times 100}{\text{quantité de solution (g)}}$$

La polarisation peut être mesurée grâce à un polarimètre thermostat à 20°C (AFISUC, 2002).

Mode opératoire

On émerge une quantité d'échantillon traité précédemment dans l'appareil (figure 9) et on lit directement la valeur de polarité.



Figure 9 : Photographie de polaser

III.2. 4.Mesure de la pureté

L'analyse d'un sirop de sucre consiste encore à caractériser les substances étrangères qui peuvent être détecté. Le plus souvent à l'état de traces.

Rappelons que l'on utilise souvent la notion de pureté qui est le rapport sucre sur matières sèches exprimée en pourcentage. Cette notion conduit aussi à définir la notion de non-sucre, c'est-à-dire toutes les substances dissoutes autres que le sucre (Lescure, 1995) :

$$(\text{non - sucre}) = (\text{matière sèche}) - (\text{sucre})$$

La pureté définit la quantité de sucre (S) contenue dans la matière sèche (MS). Elle est généralement exprimée en pourcentage (%).

La pureté ne se mesure pas, elle se calcule selon cette formule :

$$Pureté = \frac{polarisation \times 100}{Brix}$$

III. 2.5. Mesure d'alcalinité

On réalise ce teste uniquement pour le jus chaulé, elle est exprimé en gramme de CaO par un litre de jus.

Mode opératoire

On verse dans un bécher 20 ml de jus chaulé puis on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine comme indicateur coloré. La solution obtenue est titré par un acide HCl avec agitation jusqu'à la décoloration complète. On note le volume de la chute de burette qui correspond à la valeur d'alcalinité.

Les figures 10 et 11 suivantes montrent le changement de la couleur de la solution à la zone de virage de l'indicateur coloré.

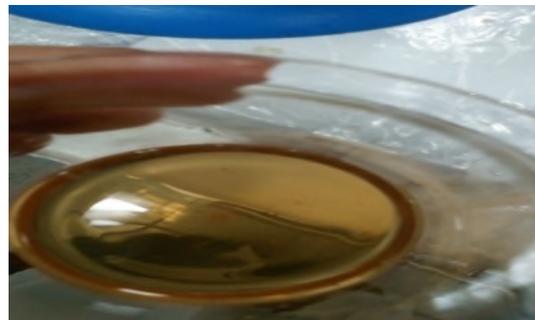


Figure10 : Photographie de la solution après l'ajout de phénolphtaléine.

Figure11 : Photographie de la solution après titrage avec l'HCl.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$Alcalinité = la\ chute\ de\ burette$$

III.2.6. Mesure du pH

Une solution est également caractérisée par son degré d'acidité. Elle peut être acide, neutre ou basique. La grandeur caractérisant l'acidité d'une solution est le pH (potentiel hydrogène) (Manuel Cevital ,2010).

Mode opératoire

Emerger la sonde de pH-mètre dans la solution à analyser et lire la valeur directement sur pH-mètre.

III.2.7. Mesurer l'Humidité de sucre blanc (Méthode ICUMSA GS 2/1/3/9-15(2007))

Mode opératoires

Avant de commencer l'analyse, on sèche le récipient et son couvercle ouvert à l'étuve à 105°C puis on laisse refroidir dans un dessiccateur.

A l'aide d'une balance précise, on pèse le récipient et son couvercle vide (M_1) ensuite, on pèse 30g d'échantillon (M_2). Après trois heures dans l'étuve à 105°C on récupère l'échantillon puis le refroidir dans un dessiccateur pendant une heure. Enfin, on pèse le poids de ce sucre (M_3).

Expression des résultats

La formule de calcul est la suivante :

$$\text{Humidité}(\%) = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Où :

- ❖ M_1 : masse de récipient et son couvercle ;
- ❖ M_2 : masse de l'échantillon avant l'étuvage ;
- ❖ M_3 : masse de l'échantillon après l'étuvage.

Chapitre IV : résultats et discussions

IV.1. Couleur

IV.1.1.Échantillon au cours de raffinage

Les résultats de l'analyse de la couleur de sucre durant le process de raffinage sont résumés dans la figure 12 suivant. Les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau II d'annexe 2.

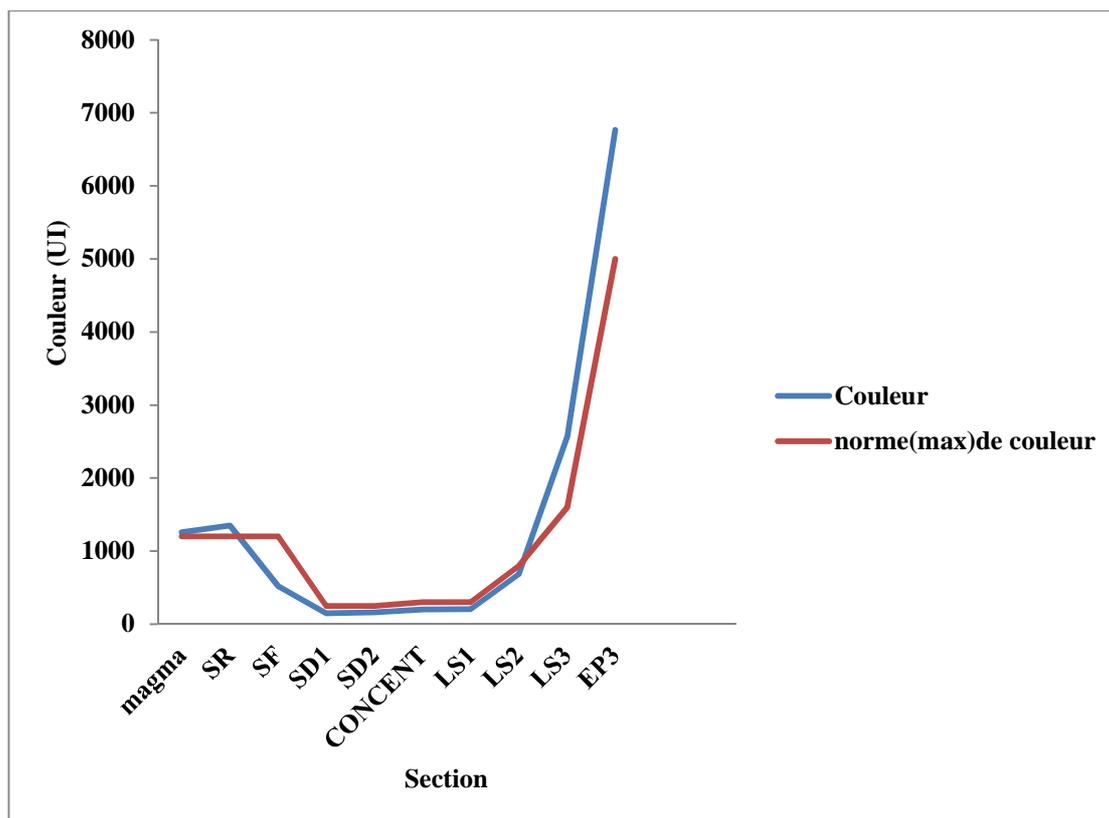


Figure 12 : Évolution de la couleur au cours de raffinage du sucre.

Les résultats obtenus sur la figure 12, indiquent que les valeurs d'évolution de la couleur au cours de process sont variées entre 1258 UI et 6768 UI.

La couleur de magma est au dessus de la norme **ICUMSA(2002)** qui exige une valeur maximale qui ne dépasse 1200UI, cela peut être lié à la forte coloration de la matière première (sucre roux) (voir tableau I, annexe 2). La couleur continue d'augmenter dans le refondoir (1348UI) qui est dû à l'ajout de l'eau saturée en sucre afin de dissoudre les impuretés superficielles présentes sur les cristaux comme il y a un autre facteur c'est le recyclage de sucre dans le fondoir. En ce qui concerne la filtration, selon **Almohammed (2017)** la couleur diminue à cause

d'élimination des impuretés résiduelles piégées après la carbonatation. La couleur du SF continue de baisser après décoloration pour atteindre une valeur de 160 UI (SD₂) qui est dans la norme de Communauté Economique Européenne (CEE), ceci résulte de l'action des résines échangeuses d'ions. Au niveau des concentrateurs, la couleur augmente progressivement sous l'effet d'évaporation de l'eau.

La couleur augmente après chaque jet, celle-ci s'explique par l'ajout des égouts riches (contient des colorants) de chaque jet à la liqueur standard précédent.

IV.1.2.Sucre A1001

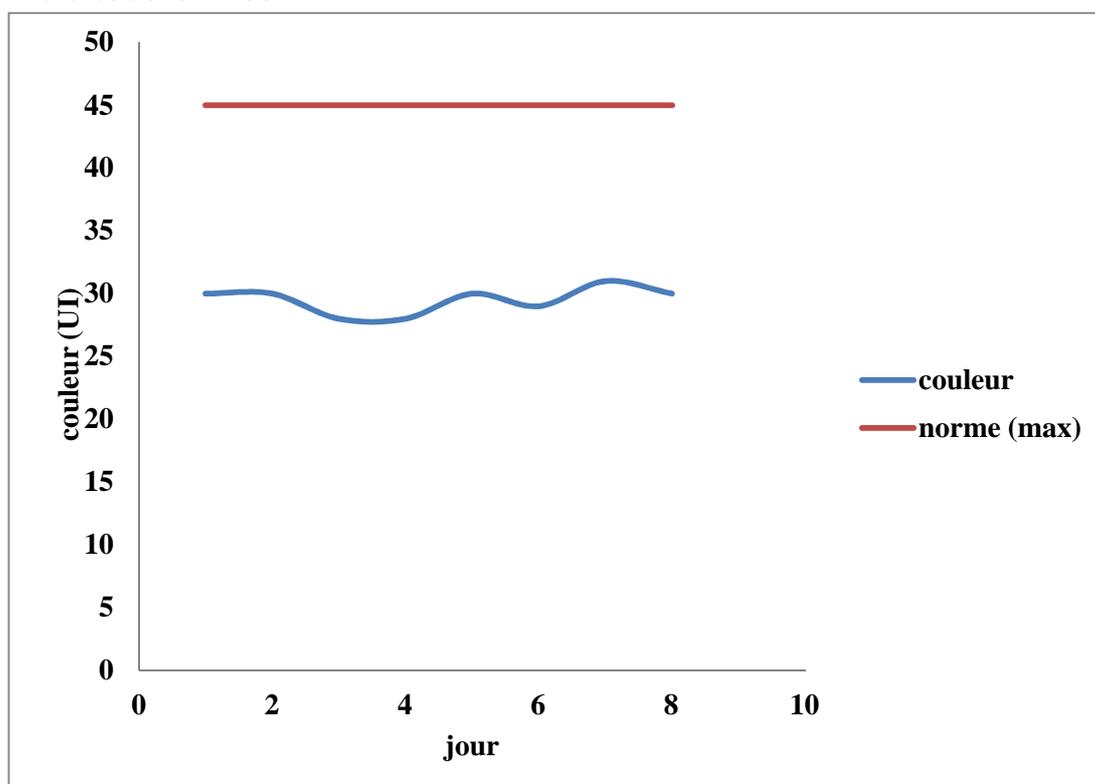


Figure13 : Évolution de la couleur de sucre A1001 durant 8 jours.

Les résultats relatifs à la couleur de sucre A1001 (figure 13), indiquent que les valeurs sont dans la norme CEE utilisée par l'entreprise (≤ 45 UI) et *CODEX STAN 212(1999)* qui doit être (≤ 60 UI), cela s'explique par une bonne maîtrise du procédé de raffinage. Lorsque la couleur est au-dessous de la norme (≤ 45 UI), le sucre est conforme et de bonne qualité.

IV.2. °Brix

La variation du °Brix dans les différentes sections de raffinage du sucre est représentée dans la figure 14. Les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau III annexe 2.

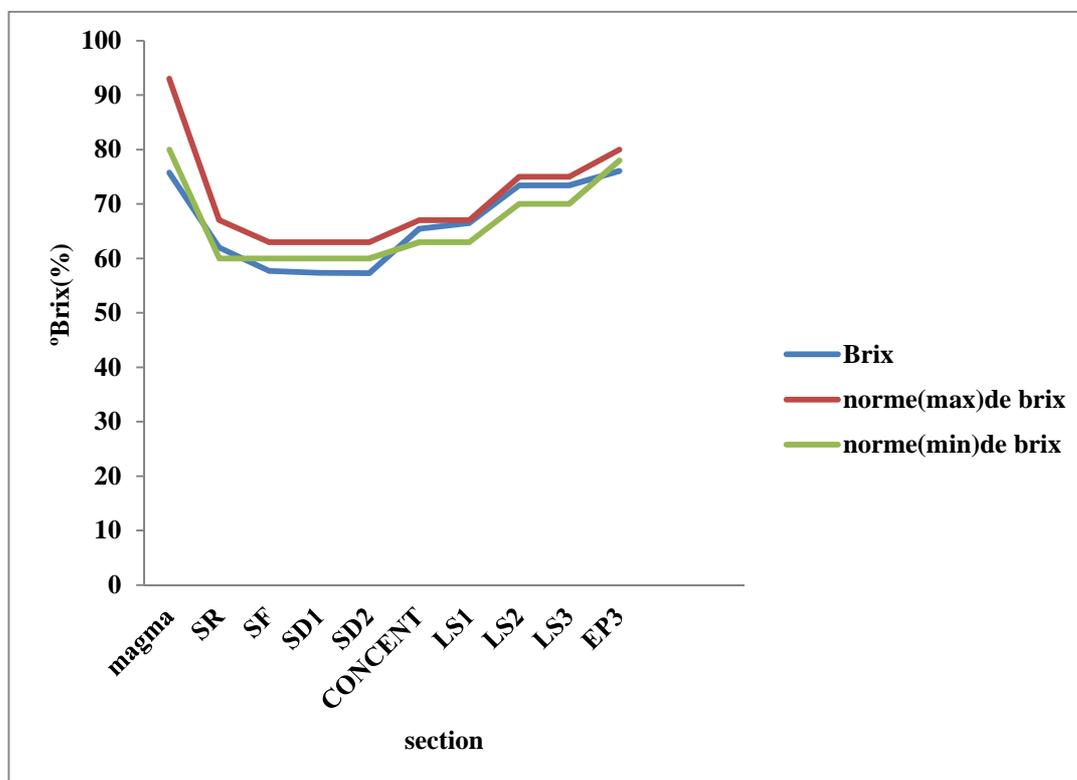


Figure14: Évolution de °Brix au cours de raffinage du sucre.

La figure précédente montre que le taux de Brix du magma (75.76%) est au dessous de la norme CEE [80%-93%], qui s'explique par l'ajout de l'eau afin de faciliter la refonte. Le taux du Brix continue de baisser dans SR à cause de l'eau ajouté dans refondoir et dans le SF pour atteindre une valeur de 57.68% sous l'effet de lait chaulé sur saccharose dans l'étape de carbonatation.

Selon la courbe nous constatons une stabilité du °Brix du sirop décoloré (SD₁ et SD₂), Suite à la rétention des impuretés et colorants organique par la résine et rinçage de cette dernière. Le taux de Brix augmente dans le concentrateur et reste dans l'intervalle de la norme CEE [70%-75%] jusqu'à LS₃, celui-ci est dû à l'évaporation de l'eau dans le concentrateur, la viscosité de sirop et le recyclage des égouts riches en saccharose. Une augmentation légère de °Brix (76.03) pour EP₃ est due aux impuretés présentes dans les liqueurs standards.

IV.3. Pureté

Les résultats du paramètre pureté de sucre sont illustrés dans le tableau IV et la figure15 ci-après :

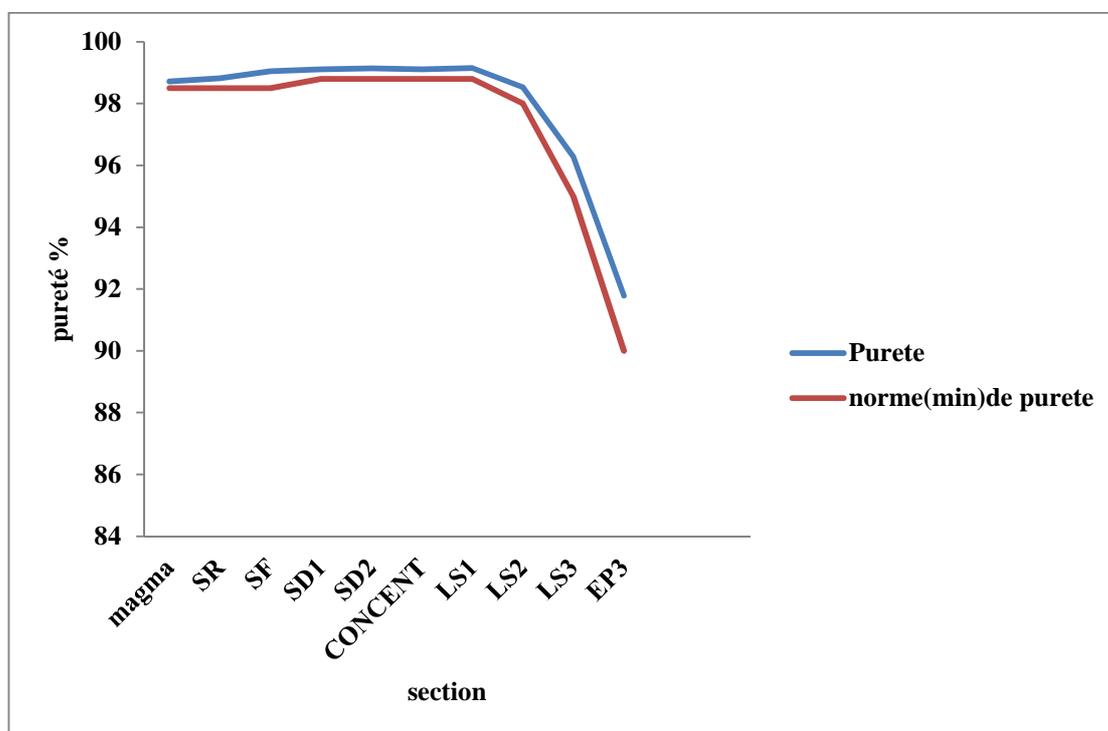


Figure15 : Évolution de pureté au cours de raffinage du sucre.

D'après les résultats présents dans le graphe, on remarque que les valeurs de la pureté répondent tous à la norme CEE.

Le pourcentage de pureté du magma trouvé est de 98.72 %, cela se traduit par la bonne qualité de matière première utilisée durant le raffinage. Par ailleurs une légère augmentation de la pureté du SR est liée à l'élimination des impuretés superficielles.

La pureté continue d'augmenter dans SF jusqu'à une valeur de 99.05 %, d'après Toure1 et *al.*, (2010) et Mathlouthi et Rogé ., (2001) cela s'explique par l'élimination des impuretés dont 1/3 de cette dernière sont éliminées durant la deuxième carbonatation. Pour le sirop décoloré, le concentré et LS₁, on remarque une augmentation progressive de la pureté à cause de la résine qui permet d'enlever les pigments colorants résiduels qui sont considérés comme des impuretés, et les égouts riches recyclés qui entraînent une augmentation de la pureté de LS₁.

Néanmoins, une diminution nette de la pureté est marquée pour LS₂ (98.53%) jusqu'à atteindre la valeur 91.78% de EP₃ qui s'explique par l'épuisement du saccharose.

IV.4. pH

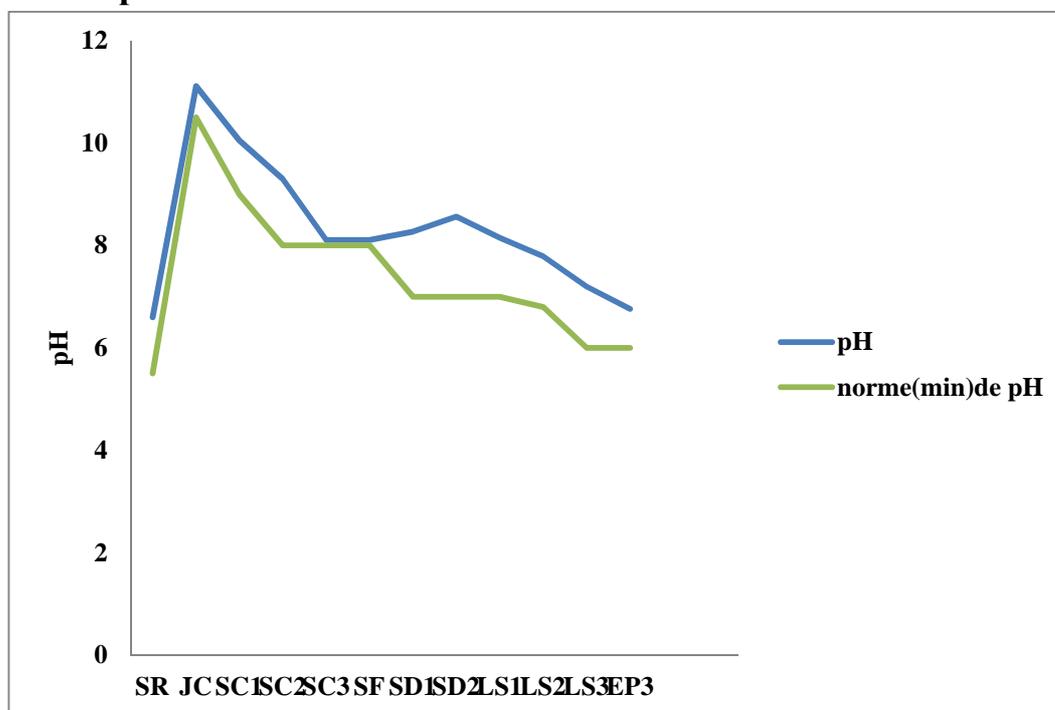


Figure 16 : Évolution de pH au cours de raffinage du sucre.

Les résultats de la figure 16, révèlent une forte augmentation de pH de SR (6.6) jusqu'à JC (11.11), selon **Almohammed (2017)**, cela est dû à l'étape de chaulage. Après cette étape on procède à une première carbonatation du jus chaulé, le CO₂ ajouté va réagir avec le Ca(OH)₂ pour former le carbonate de calcium CaCO₃ qui absorbe les non-sucre contenus dans le jus. La première carbonatation s'arrête à un pH de 11,1-11,2. Puis une forte diminution de pH dans la deuxième carbonatation jusqu'à un pH 9.3. L'objectif est d'éliminer le calcium résiduel qui risque de se précipiter au niveau des colonnes d'évaporateurs lors de l'étape de concentration. Cette valeur est au-dessus de la norme (tableau V, annexe 2) qui est liée à la quantité de CO₂ injectée dans la pompe où le taux de la chaux est élevé, alors que dans la troisième carbonatation le pH est dans la norme à cause de réglage de débit de CO₂ dans la pompe.

Quand au SF, Le pH reste stable grâce à la filtration de CaCO₃ puis une augmentation marquée pour SD₁ et SD₂ est essentiellement lié au rinçage de la

résine avec HCl et NaOH après la régénération. Une diminution remarquable de pH de LS₁ (8.15) jusqu'à EP₃ (6.76) est en rapport direct à l'effet des impuretés qui sont acide présentes dans les égouts récupérés.

IV.5. Alcalinité

Les résultats de l'alcalinité de jus chaulé sont illustrés dans la figure 17 ci-après :

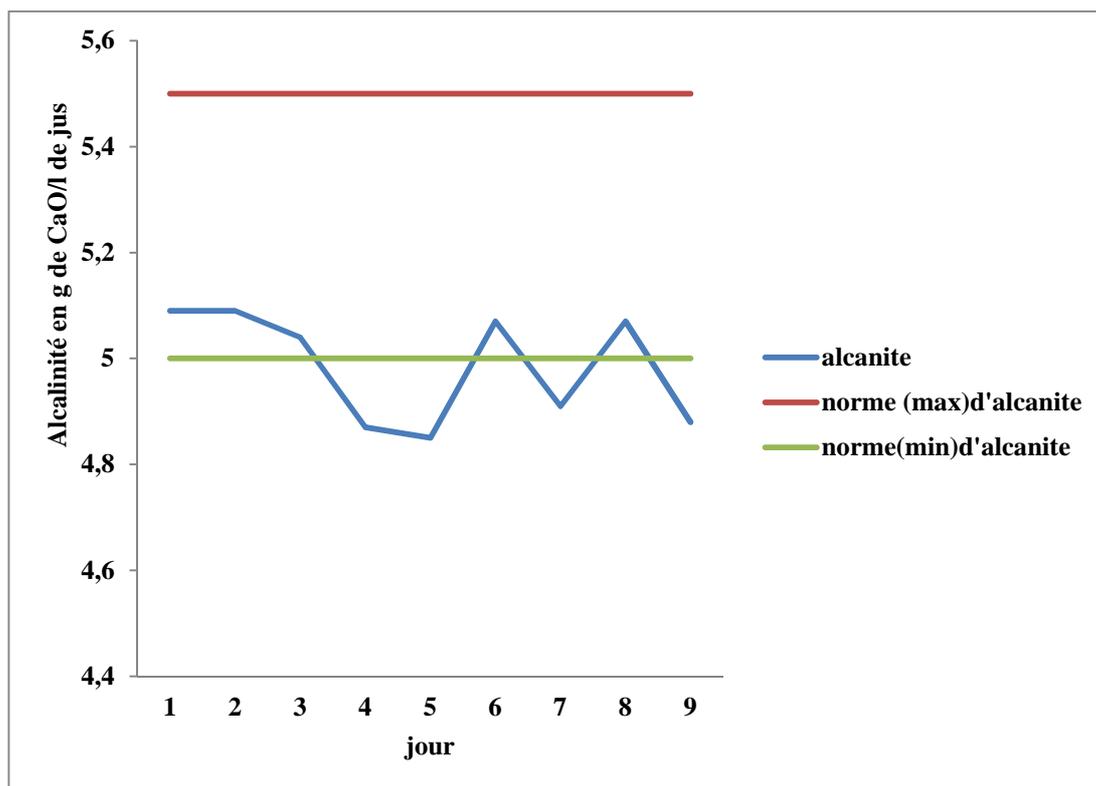


Figure17: Évolution d'alcalinité de jus chaulé durant 9 jours.

D'après les résultats obtenue, les valeurs d'alcalinité de 1^{ier} jour jusqu'au 3^{ième} jour répond à la norme CEE, alors qu'en 4^{ème} au 5^{ème} jour, on constate une diminution légère d'alcalinité qui est due principalement au lait chaulé préparé non concentré, pour cela on a augmenté le débit de lait chaulé afin d'augmenter l'alcalinité (cas de 6^{ème} jour).

IV.6. Humidité

Les résultats du test d'humidité de sucre blanc A1001, des différents prélèvements, sont élucidés dans la figure 18 ci-après :

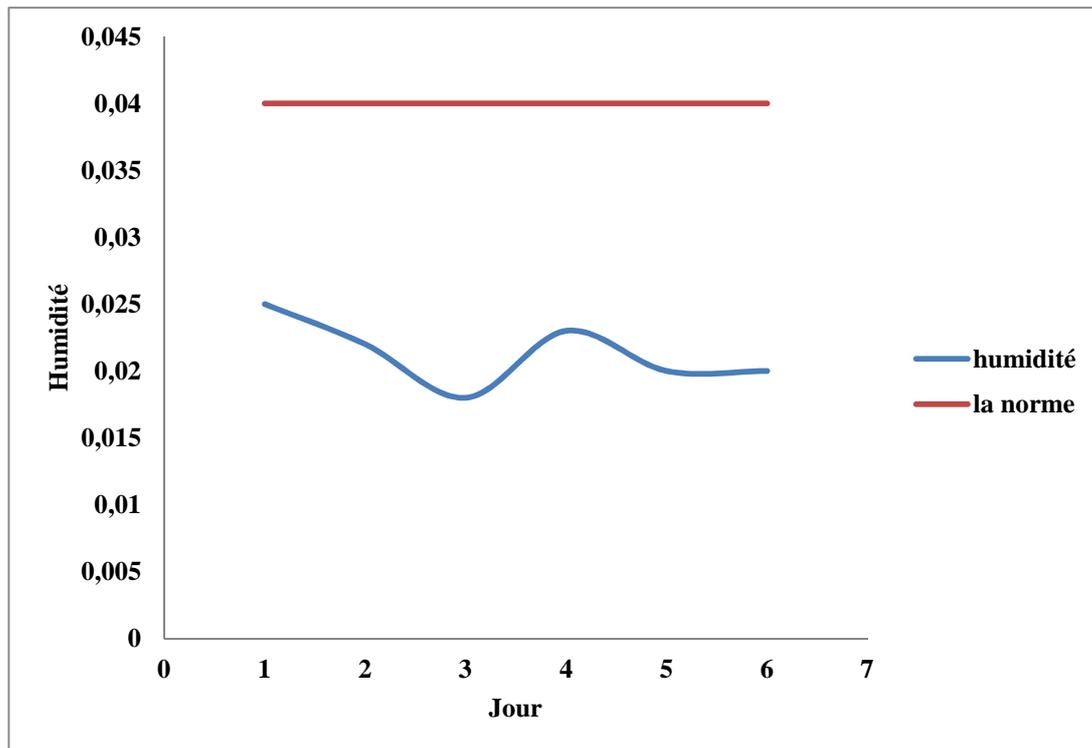


Figure 18 : Évolution d'humidité de sucre blanc A1001 durant 6 jours.

D'après les résultats présents dans le graphe, on remarque que les valeurs de l'humidité sont tous dans la norme CEE ($\leq 0.04\%$). Le taux d'humidité a diminué après le séchage, ceci traduit l'efficacité et le bon déroulement de l'opération.

Conclusion

Conclusion

Aujourd'hui, dans le secteur alimentaire, la qualité est un élément essentiel de la stratégie des entreprises et un élément déterminant des choix des consommateurs par offre d'un produit qui doit être conforme aux spécifications prédéterminées par l'entreprise. Doit être aussi de bonne qualité pour pouvoir résister à la concurrence et garder sa place sur le marché, le sucre de meilleure qualité reste la préférence des acheteurs.

Le but de la raffinerie de sucre est de transformer le sucre roux de canne à sucre comme une matière première en sucre blanc de qualité satisfaisante répond aux normes de l'entreprise.

Le travail que nous avons mené au sein de la raffinerie du sucre du complexe «Cevital », nous a permis d'acquérir des connaissances approfondies sur le raffinage de l'unité, ainsi qu'aux différentes analyses qui peuvent être effectuées, et d'autre part d'avoir une vue sur la vie professionnelle.

Au regard de nos résultats, toutes les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées à chaque étape de raffinage à savoir la couleur, le ° Brix, la polarisation, la pureté, l'alcalinité et l'humidité sont conformes aux normes de l'entreprise et la Communauté Economique Européenne, cette conformité s'explique par un bon contrôle qui s'effectue au niveau de laboratoire physico-chimique et obtenue grâce aux techniques acquises par expérience des techniciens de la raffinerie, ainsi qu'au contrôle régulier qui s'effectue au niveau du laboratoire. Le sucre «Cevital »est de très bonne qualité.

Bibliographie

A

- ❖ AFISUC. (2002). Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1-15P.
- ❖ Alan. (2012). Le sucre .Ecole Renaud Séchan. Disponible sur : www.ac-grenoble.fr.
- ❖ Almohammed F. (24 janvier 2017). *Application des électro technologies pour une valorisation optimisée de la betterave à sucre dans un concept de bioraffinerie*. Thèse de doctorat. Université technologie Compiègne .Spécialité génie de procédés industriels et développement.
- ❖ Arzate A. (2005). *Extraction et raffinage du sucre de canne*. Revue de l'ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint-Norbert d'Arthabaska.

B

- ❖ BASF. (octobre 2013).L'agriculture dans le monde. Conférence de presse.
- ❖ Berrada S. (5 et 6 Mai 2009). Les glucides : structure, propriétés et applications technologiques. Biochimie appliquée dans les filières SBSSA, Lycée Simone WEIL, Académie de Montpellier, Académie de DIJON.PP 3-4
- ❖ Berro S. (Décembre 2015). Le sucre blanc raffiné, l'ennemi dissimulé. Couverture : Quentin Lathière Composition : Quentin Lathière. Achevé d'imprimer en France par Dupliprint pour Publishroom.
- ❖ Boussarsar H. (11 Décembre 2008). Application de traitements thermique et enzymatique de solubilisation et saccharification de la fraction hémi cellulosique en vue de la valorisation de la bagasse de canne à sucre. Thèse de doctorat, de l'université de Reims Champagne-Ardenne & docteur de l'université de Sfax pour le sud, Spécialités : Chimie Physique Industrielle - Génie biologique.
- ❖ Bubnik Z., Kadlec P. (1995). La solubilité du saccharose in M. Mathlouthi et P. Reiser, Coord., Le Saccharose. Propriétés et Applications, Polytechnica, Paris, pp. 106.
- ❖ Burzawa E., Heitz F. (novembre 1994). La cristallisation du sucre : des bases théoriques à la production industrielle. 3ème Colloque - Paris, P11.

C

- ❖ Cartier S. (1997). Application des procédés membranaires en sucrerie et raffinerie de canne. Thèse doctorat. Science biologiques et fondamentales appliquées. Massy ENSIA.

- ❖ CEDUS (centre d'étude et de documentation du sucre). (16.11.2017). D'où vient le sucre blanc ? D'où vient le sucre Roux.
- ❖ CEDUS (centre d'étude et de documentation du sucre). (2015).Mémo statistique.
- ❖ Clarke M.A. (1995). Valeur technologique de saccharose dans les produits alimentaires in M. Mathlouthi et P. Reiser, Coord., Le Saccharose. Propriétés et Applications, Polytechnica, Paris, PP.240.
- ❖ Codex Stan 212. (1999). Norme Codex pour les sucres.
- ❖ Courteau A.(Février - Juillet 2005). LA CANNE A SUCRE ET L'ENVIRONNEMENT A LA REUNION : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE. Institut Universitaire Professionnalisé Génie des Territoires et de l'Environnement, Filière Diagnostic et Gestion des Systèmes Ecologiques, Université de Franche-Comté.

D

- ❖ David D., Kitts P.h.D. (2010). *Le saccharose : du champ à la table*. Université de Colombie-Britannique, Département des sciences des aliments .Disponible sur : «GLUCIDES- INFO •».
- ❖ Debibakas S. (21 Novembre 2012). Impact de la diversité génétique du Sugarcane yellow leaf virus sur les déterminismes de résistance de la canne à sucre à la feuille jaune. Thèse doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, Faculté de Sciences exactes et naturelles, École doctorale pluridisciplinaire.
- ❖ Decloux M. (2002). *Procédés de transformation en sucrerie*. Partie1. Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire F6 150, PP16-18.
- ❖ Doucet J. (1999). Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les I.A.A.

E

- ❖ Élie F. (octobre 2004). Hydrolyse du sucre.PP4.

F

- ❖ François L., Vallier R. (1914). les industries agricoles et alimentaires. éd .h.dunod et epinat. Université lille1.

I

- ❖ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2002). Méthod: GS 1/3-7.
- ❖ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007). Method: GS 2/3-10.

Bibliographie

- ❖ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007). Method: GS 2/3-18.
- ❖ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007). Method: GS 2/1/3/9-15.
- ❖ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (1994). Method: GS 2/3-1.
- ❖ IEDOM (Institut d'Émission des Départements d'OUTRE- MER). (Novembre 2016). La filière canne-sucre face à la libération du marché européen du sucre en 2017. Éditeur et imprimeur : IEDOM. Disponible sur : www.iedom.fr
- ❖ INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). (Octobre 2007). La canne à sucre. Disponible sur : www.antilles.inra.fr/

L

- ❖ Le Temps D'Algérie. (4 juin 2017). Marché mondial du sucre: L'Algérie 7e plus gros importateur .
- ❖ Lefrancois P., Ruby F. (24 octobre 2005). Petit Glossaire des sucres. Disponible sur : www.passeportsanté.net.
- ❖ Lesne B., Alice O., Oliéro S., Perrouin D., Blouin G. (2014 / 2015). La canne à sucre. Collaboration des jardiniers des serres d'agronomie tropicale du Grand-Belottera.
- ❖ Lescure J.P. (1995). L'analyse des solutions de sucre alimentaires in M. Mathlouthi et P. Reiser, Coord., Le Saccharose. Propriétés et Applications, Polytechnica, Paris, pp.188.
- ❖ Lyne P., Lya P. (2010). Le chemin de la canne au sucre. Disponible sur : <http://www.la-ptite-gazette.com/2010/10/jai-teste-pour-vous-la-visite-de-l-usine-de-canne-a-sucres-du-gol/>
- ❖ Lyne P., Lya P. (2010).le chemin de la canne au sucre. Disponible sur : <http://www.la-ptite-gazette.com/2010/10/jai-teste-pour-vous-la-visite-de-l-usine-de-canne-a-sucres-du-gol/>

M

- ❖ Manuel Opérateur de CEVIAL (2010) .PP .2-4.
- ❖ Markal (28/11/2011). ROUX DE CANNE EN MORCEAUX BIOLOGIQUE [en ligne] .Disponible sur : www.markal.fr

- ❖ Mathlouthi M. (2004). Les propriétés physiques et chimiques du saccharose. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre. Avec la collaboration de l'université de Reims. PP 11-15.
- ❖ Mathlouthi M., Barbara R. (2001). L'extraction du sucre. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre. PP 4.
- ❖ Mathlouthi M., Barbara R. (2005). La sucrerie de canne. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre. université de Reims.
- ❖ Mohtadji-Lamballais C. (1989). LES ALIMENTS. Paris : Éditions MALOINE.

O

- ❖ Ouerfelli M. (2010). Le sucre : production, commercialisation et usages dans le méditerranée médiévale. Leyden-Boston, Brill, 2008.

P

- ❖ Piketty M.G., Boussard J.M. (6-7 février 2001). Conséquences possibles de la libéralisation des échanges de sucre : deux modèles et leurs réponses. Agriculture et commerce international. INA-PG, Paris.

R

- ❖ Reiser P., Birch GG., Matholouthi M. (1995) .Propriétés physiques saccharose in M. Mathlouthi et P. Reiser, Coord., Le Saccharose. Propriétés et Applications, Polytechnica, Paris, pp.199.
- ❖ Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007). Science des aliments. Lavoisier. Ed. Tec et Doc, 449 p.

S

- ❖ SNFS (Syndicat National des Fabricants de Sucre). (13.01.2007). Evolution du cours du sucre –facteurs d'influence. Disponible sur : SNFS.fr.

T

- ❖ Tour F.K., Bohoussou., Koffi E., Agbo G.N. (2010). Facteurs lies au rendement dans la raffinerie de canne du périmètre sucrier de FERKE 1 en côte d'ivoire. Université de cocody, UFR biosciences LABSA,BP 42 Abidjan 22. Agronomie africaine 22(1) :85-95.

W

- ❖ Willay A. (2010). L'essor de l'industrie sucrière à Béthune au 19^{ème} siècle. Archives municipales ville de Béthune.

Site électronique

- ❖ botarela.fr (consulté le 15/02/2018).

Bibliographie

- ❖ <http://www.cevital-agro-industrie.com/fr/page/groupe-cevital-p15> (consulté le 05/03/2018).
- ❖ <https://www.cevital.com/cevital-agro-industrie/> (consulté le 05/03/2018).

Annexes

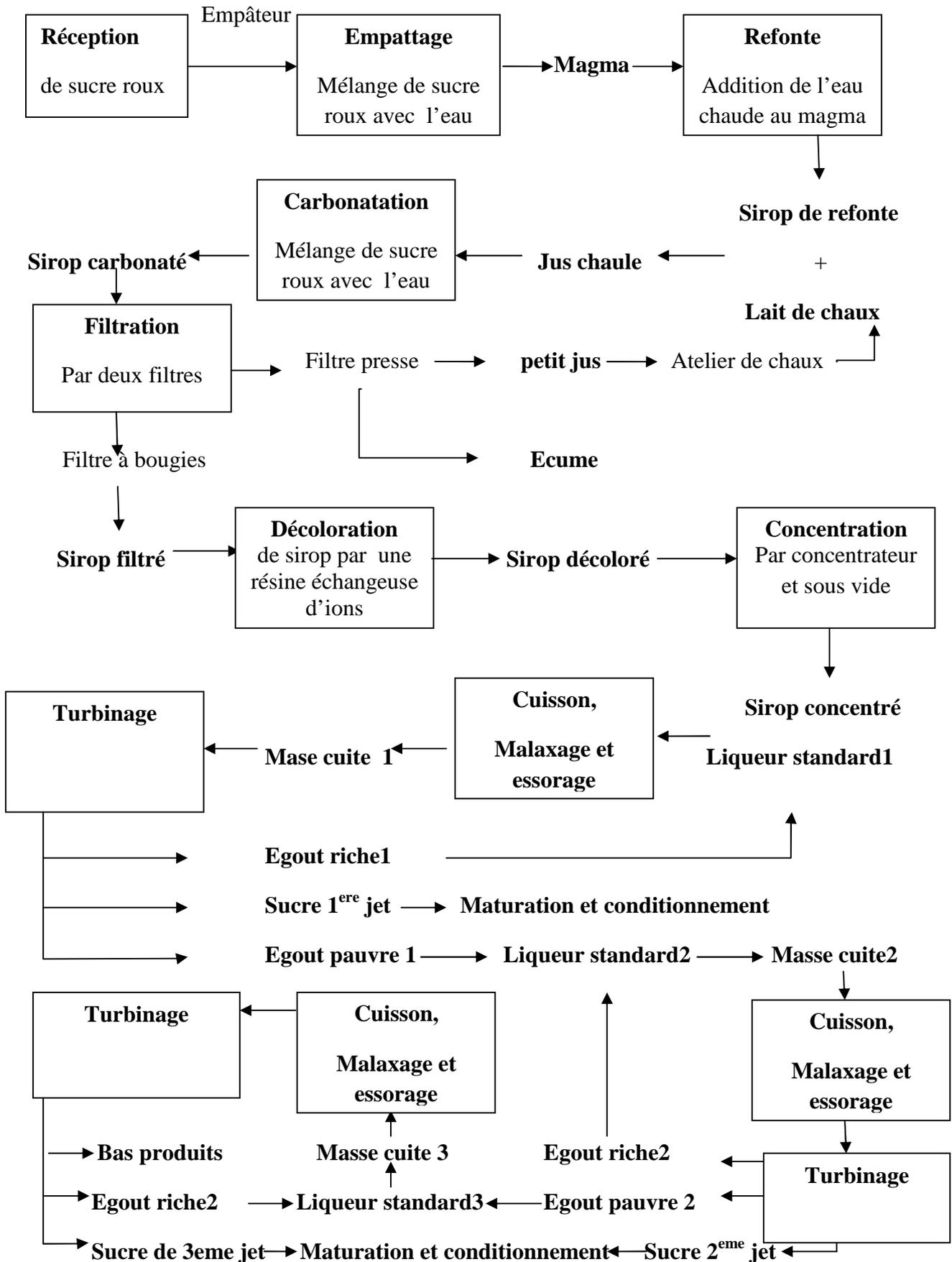


Figure1. Processus de raffinage du sucre blanc à partir du sucre roux de la canne à sucre.

Tableau I : Résultats d'analyse de sucre roux durant deux jours.

Teste	Résultats de 1 ^{er} jour	Résultats de 2 ^{iem} jour	La norme CEE
Couleur (IU)	1031	988	900
Humidité (%)	0.116	0.114	0.150

Tableau II : Résultats de mesure de la couleur durant 9 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de la couleur (IU)									La norme (ICUM SA)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Magma	1206	1206	1293	1292	1327	1231	1269	1215	1286	1200max
SR	1316	1316	1349	1418	1327	1334	1383	1293	1392	1200max
SF	521	521	514	538	490	520	512	461	590	1200max
SD₁	153	153	131	144	111	141	163	128	211	250max
SD₂	179	179	136	159	136	179	131	153	185	250max
Concentré	196	196	207	230	163	195	210	167	235	300max
LS₁	205	205	205	224	157	206	218	211	235	300max
LS₂	722	722	638	585	620	657	607	572	1041	800max
LS₃	2757	2757	3698	2772	2126	2266	2042	2168	2480	1600max
EP₃	7085	7085	7187	5697	8482	5720	6122	4761	5895	5000max

Tableau III : Résultats de mesure de °Brix durant 9 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de °Brix									La norme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Magma	76.18	76.18	75.43	74.58	74.62	75.72	74.97	77.65	73.55	80-93
SR	62.14	62.14	60.74	61.63	62.84	60.31	62.29	63.20	62.36	60-67
SF	57.78	57.78	56.89	56.89	58.48	57.93	58.25	59.27	55.82	60-63
SD₁	57.92	57.92	57.33	57.13	58.16	57.57	58.25	59.27	51.86	60-63
SD₂	57.48	57.48	56.94	57.16	58.69	57.82	58.20	59.10	52.61	60-63
Concentré	66.68	66.68	66.55	66.23	65.77	67.96	67.85	66.98	54.25	63-67
LS₁	66.45	66.45	66.52	65.92	67.47	67.02	66.88	67.85	64.03	63-67
LS₂	73.43	73.43	73.92	74.92	73.63	72.73	74.97	74.17	69.68	70-75
LS₃	70.22	70.22	74.37	73.95	76.05	73.45	75.97	75.05	71.38	70-75
EP₃	75.95	75.95	74.30	78.22	75.53	74.42	77.87	73.24	75.55	78-80

Tableau IV : Résultats de mesure de la pureté durant 9 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de la pureté									La norme CEE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Magma	98.51	98.51	98.57	98.74	98.96	98.74	98.70	98.82	99.01	98.5min
SR	98.77	98.77	98.74	98.85	98.74	98.98	98.79	98.86	98.99	98.5min
SF	99.17	99.17	98.97	99.02	99.07	98.99	99.00	99.08	99.10	98.5min
SD₁	99.07	99.07	99.03	99.08	99.12	99.24	99.14	99.25	99.09	98.8min
SD₂	99.13	99.13	99.13	99.08	99.17	99.21	99.12	99.16	99.25	98.8min
SC	99.14	99.14	99.20	99.20	99.13	99.16	99.07	99.06	99.02	98.8min
LS₁	99.22	99.22	99.12	99.29	99.13	99.02	99.23	99.20	99.02	98.8min
LS₂	98.31	98.31	98.63	68.56	98.64	98.62	98.67	98.53	98.58	98min

LS₃	70.22	95.62	99.30	96.69	96.66	96.72	96.71	96.23	96.06	95min
EP₃	91.66	91.66	92.11	91.72	92.40	91.38	91.58	92.14	91.14	90min

Tableau V : Résultats de mesure de pH durant 9 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de pH									La norme
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SR	7.17	7.17	6.80	7.45	6.81	7.72	7.13	7.87	6.86	5.5-6.5
JC	11.22	11.2 2	11.2 1	11.1 5	10.8 4	11.1 7	10.9 6	11.0 3	11.20	10.5-11.5
SC₁	9.94	9.94	10.0 7	10.0 1	10.15	10.2 0	10.1 4	10.1 1	9.89	9-9.5
SC₂	9.33	9.33	9.37	9.17	9.47	9.52	9.28	9.42	8.89	8-8.5
SC₃	8.00	8.00	8.00	7.93	8.28	8.23	8.18	8.25	8.19	
SF	8.07	8.07	8.11	8.26	8.43	8.04	8.03	8.36	7.72	8-8.5
SD₁	8.10	8.10	8.24	8.29	8.19	8.37	8.16	8.46	8.65	7-8.5
SD₂	8.44	8.44	8.57	8.17	8.45	8.48	8.37	8.76	8.69	7-8.5
LS₁	8.15	8.15	8.19	8.12	8.17	8.29	8.30	8.41	7.67	7-8.5
LS₂	7.64	7.64	7.87	7.84	8.01	8.20	8.06	7.58	7.34	6.8min
LS₃	7.13	7.13	7.26	7.14	7.25	7.52	7.48	7.14	6.85	6min
EP₃	6.30	6.30	6.73	6.62	6.62	7.64	7.15	6.49	6.47	6min

Tableau VI : Résultats de mesure d'alcalinité 9 jours.

jour	moyenne de la journée	La norme CEE
1	5.09	5-5.5
2	5.09	
3	5.04	
4	4.87	
5	4.85	
6	4.91	
7	5.07	
8	5.07	
9	4.88	

Tableau VII : Résultats d'analyse de sucre A1001 durant 6 jours.

Jour	Couleur ICUMSA		Humidité (%)	
	Moyenne de la journée	La norme	Moyenne de la journée	La norme CEE
1	28	45	0.025	0.04
2	30		0.022	
3	30		0.018	
4	28		0.023	
5	30		0.020	
6	29		0.020	

Résumé

Ce présent travail réalisé au complexe «Cevital» à pour objectif d'évaluer les analyses physico-chimiques du sucre roux durant chaque étape de raffinage afin d'améliorer la qualité et le rendement de production.

Les résultats des analyses obtenus sont compris dans des intervalles proches des normes de l'entreprise et ICUMSA, ce qui traduit le bon suivi et l'efficacité des traitements appliqués aux différentes étapes du raffinage au niveau de l'unité et un contrôle plus rigoureux du produit par des analyses plus fines, permettent d'assurer aux consommateurs un produit de qualité satisfaisante, comme conséquence un sucre blanc de bonne qualité.

Mots clé : physico-chimiques, sucre roux, raffinage, qualité, normes, sucre blanc,

Abstract

This present work, carried out at the "Cevital" complex, aims to evaluate the physicochemical analyzes of red sugar during each refining stage in order to improve the quality and production yield.

The results of the analyzes obtained are in intervals close to the standards of the company and ICUMSA, which shows the good monitoring and the effectiveness of the treatments applied to the various stages of the refining at the level of the unit and a more rigorous control of the produced by finer analyzes, ensure consumers a product of satisfactory quality, resulting in a good quality white sugar.

Keywords: physicochemical, red sugar, refining, quality, standards, white sugar,