



Mémoire de Master

Présenté par :

-IKHLEF Chahinez

-ZENNACHE Yasmina

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie Analytique.

Thème :

Evolution d'un critère de qualité : Couleur au cours du procédé de raffinage de sucre.

Soutenu le : 02/10/2021

Devant le jury composé de :

Nom&Prénom	Département d'affiliation	Qualité
M ^{me} BENKHODJA-GRABA ZAHRA	Chimie	Présidente
M ^{me} ISSAADI HAMIDA	Chimie	Examinatrice
M ^{me} BOUKEHIL GOUZALA	Chimie	Encadrante
M ^r TOUATI FATEH	QHSE	Co-Encadreur

Remerciements

Nous remercions Allah pour le souffle de vie et toutes les capacités physiques et intellectuelles utilisées pour réaliser ce travail.

Avant d'entamer ce mémoire, nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre encadrante, Mme Boukehil Ghouzala, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury Mme Benkhodja et Mme Issaadi, qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.

On adresse nos vifs remerciements au complexe CEVITAL. De nous avoir accueillis dans l'usine, de nous avoir ouvert leurs portes et donné l'opportunité de réaliser ce stage.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et notre respect aux responsables de laboratoires Mr Irem Samir et Mme Tazaroute Meriem.

Ensuite, on souhaite remercier vivement toutes les personnes qui nous apportées leurs aides tout au long de ce stage, à savoir les personnes travaillant aux services de laboratoire, en particulier Mr Touati Fatah et Mr Ouanoughi Noredine. Ainsi que toutes personnes qu'on a rencontré le long de notre stage.

Grace à leur disponibilité et leur gentillesse on a bénéficié de tous les éléments nécessaires au bon déroulement de notre stage.

Un grand merci à l'ensemble de notre familles et plus particulièrement à nos parents pour leurs amour, leurs confiance, leurs conseils ainsi que leurs soutien inconditionnel qui nous ont permis de réaliser les études pour lesquelles on se destine et par conséquent ce mémoire.

On adresse nos sincères remerciements à toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques nous ont permis de mener à bien notre travail.

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ce qui, quelques que soit les termes, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Djelloul.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit nos âmes exigences et qui n'a pas épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère : Naima

A ma chère sœur Manel qui n'a pas cessé de m'encourager et soutenir tout au long de mes études.

A mon cher petit frère Ali qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mes grands-parents, mes oncles et mes tantes.

Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur et que dieu leurs donne une longue et joyeuse vie.

A ma chère binôme adorable Yasmina.

Sans oublier une personne qui m'a beaucoup aider avec ses conseils et son aide Mr Touati Fatah.

Chahinez.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents Boubker et Zohra .pour tous leurs sacrifices, leurs tendresse, leurs soutien et prières tout au long de mes études, Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leurs procure bonne santé et longue vie.

A mes chers frères Mahmoud et Zahir. A ma chère sœur Meriem et son mari Billel, pourleurs encouragements permanents, leurs appuis et leurs soutien moral.

A ma belle-sœur et mes neveux Abdelghani,Abdelmalek, Rachid ,ma petite Ferielle. A mes chères tantes, sans oublié ma binôme chahinez et mon cousin Abdelhalim.

A mes chères grands parents que dieu vous garde dans son vaste paradis. Tous mes oncles et tantes. Tous mes voisins et toutes mes voisines.

A Mr Fatah Touati, pour avoir suivi notre travail avec une extrême bienveillance.

*Aux personnes qui aiment **Mina**, et personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études supérieures.*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infallible.

Merci d'être toujours là pour moi.

Yasmina.



AW : Activité d'eau .

BP : Bas Produits.

CV : Coefficient de Variation.

E : Eau.

EDTA :acide éthylène diamine tétracétique.

EP :Egout Pauvre.

ER : Egout Riche.

FAO : Food and Agriculture Organisation.

g : gramme.

HP : Hauts Produits.

ICUMSA : International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

JC : Jus Chaulé.

LS : Liqueur Standard.

M : Magma.

m : masse.

Max : Maximum.

MC : Masse Cuite.

Min : Minimum.

MS : Matière sèche.

NS : Non Sucres.

OM : Ouverture Moyenne.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PDAH : Produits de Dégradation Alcaline des Hexoses.

pH : Potentiel hydrogène.

Q : Quantité.

S : Sucre.

SC : Sirop Concentré.

SD : Sirop Décoloré.

SF : Sirop Filtré.

SR : Sirop de fonte.

UI : unités ICUMSA.

µm : Micro mètre.

- **Boue** : résidu provient de la filtration du sirop de sucre épuré.
- **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).
- **Canne** : nom de diverses espèces de roseaux (plante aquatique à tige creuse).
- **Egout** : produit en cuve riche en sucre cristallisable (saccharose). en sucrerie la centrifugation permet de séparer les cristaux de sucre du liquide qui les entoure. L'égout contenant encore du saccharose est réutilisé dans la chaîne de fabrication afin d'en extraire au maximum le sucre.
- **Eau mère** : Sirop dans lequel baignent les cristaux de sucre de la masse cuite.
- **Graminée (graminée)** : famille de plantes monocotylédones aux fleurs peu apparentes et groupées en épis.
- **Inverti** : terme qualifiant le saccharose transformé en glucose et en fructose.
- **ICUMSA**: International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
- **Magma** : Le magma est le produit d'empâtage du sucre en poudre et du sirop ou de l'égout. Le magma est un produit pâteux qui contient des petits cristaux de sucre destinés à grossir lors de la cuisson dans les appareils à cuire.
- **Mêlasse** : résidus de fabrication après le turbinage de la masse cuite.
- **Petit jus** : eau sucrée récupérée lors de la filtration des boues.
- **Roux** : qui est d'un rouge tirant sur le jaune.
- **Vesou** : jus de canne à sucre.

Tableau 1 : Composition moyenne de la canne à sucre en pourcentage (%).....	4
Tableau 2 : Les caractéristiques chimiques du saccharose.	5
Tableau 3 : Pouvoir sucrant de quelques glucides	8
Tableau 4 : Principaux colorants présents en sucrerie et raffinerie de canne.	12
Tableau 5 : Classification des colorants en sucrerie de canne	13
Tableau 6 : Avantages et inconvénients des Résines anioniques fortement basiques.	16
Tableau 7 . Normes Codex Alimentaire pour le sucre blanc (FAO/OMS).....	21
Tableau 8 : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne.....	22
Tableau 9 : Echantillon et analyses physico-chimiques effectués pour les différents produits du process.....	26
Tableau 10 : les analyses physico-chimiques effectués pour la matière première et le produit fini	27
Tableau 11 :Techniques utilisé pour la préparation des échantillons.	28
Tableau 12 : Liste des différents appareils et matériels utilisés au niveau du laboratoire.....	33

Liste des Tableaux en errés dans l'Annexe

Tableau 1 : Résultats de mesure de la couleur de sirop de refonte et de T200 Durant 10 jours	
Tableau 2 : Résultats de mesure de la couleur de T200 et de sirop filtré Durant 10 jours.	
Tableau 3 : Résultats de mesure de la couleur des sirops décolorés et de leurs moyennes Durant 10 jours.	
Tableau 4 : Résultats de mesure de la couleur de sirop carbonaté et de liqueur standard 1 Durant 10 jours.	
Tableau 5 : Résultats de mesure de la couleur des liqueurs standards Durant 10 jours.	
Tableau 6 : Résultats de mesure de la couleur de sucre blanc Durant 10 jours.	
Tableau 7 : Résultats de mesure de la couleur le long du processus Durant 10 jours.	
Tableau 8 : Résultats de mesure de rendement de système de la carbofiltration Durant 10 jours.	
Tableau 9 : Résultats de mesure de couleur et de rendement de sirop filtré et du sirop décoloré Durant 10 jours.	
Tableau 10 : Résultats de mesure de couleur et de rendement de sirop filtré et de sirop décoloré durant 10 jours.	

Figure 1 : Les tiges de la canne à sucre (a) et la canne à sucre (b).....	3
Figure 2 : Structure du saccharose.	5
Figure 3 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à bougie.....	11
Figure 4 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à presse.....	11
Figure 5 : Schéma simplifié de la section Décoloration au sein du complexe CEVITAL	14
Figure 6 : Schéma de régénération à contre-courant d'une colonne de décoloration au sein du complexe CEVITAL	15
Figure 7 : Schéma de procédé de raffinage du sucre roux « Cevital ».....	19
Figure 8 : Spectrophotometre.....	34
Figure 9 : Réfractomètre.....	34
Figure 10 : Polarimètre.....	34
Figure 11 : Evolution de la couleur du sirop d'affinage et de refonte T200.	35
Figure 12 : Evolution de la couleur journalière des sirops de refonte (T200) et filtré (SF)....	36
Figure 13 : Le taux de décoloration ou bien le rendement du système carbofiltration.....	37
Figure 14 : Evolution de la couleur entre les deux sections ; la filtration et la décoloration. .	39
Figure 15 : Evolution du taux de décoloration journalière pour le système de décoloration. .	40
Figure 16 : Evolution de la couleur journalière entre le sirop sortant de la section décoloration (SD) qui contient (03) trois lignes et le sirop entrant du système turbinage (MC1) à savoir le sirop concentré (SC) et LS1 liqueur standard 1.	41
Figure 17 : Evolution de la couleur journalière entre la liqueur LS1 et LS2	42
Figure 18 : Evolution de la couleur journalière entre la liqueur LS2 et LS3	43
Figure 19 : Les valeurs de la couleur du sucre blanc	44
Figure 20 : Evolution de la couleur du sucre blanc	45

Liste des Figures insérées dans l'Annexe

Figure 1 : Cycle de cristallisation des Haut Produits en trois jets

Introduction	1
--------------------	---

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Généralités sur le sucre de canne

I.1. Historique	2
I.2. Origine de sucre	2
I.3. Le saccharose	5

CHAPITRE II : Le procédé de raffinage du sucre roux de canne

II.1. Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries	9
---	---

CHAPITRE III : Normes et qualités

III.1. Qualité du sucre blanc	20
III.2. La classification des sucres selon les différents textes réglementaires	20

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

Présentation de l'organisme d'accueil	23
IV.1. Echantillonnage et prélèvement	25
IV.2. Préparation des échantillons	28
IV.3. Analyses effectuées	28
IV.4. Analyses physico-chimiques	29
IV.5. Evaluation de la qualité du sucre blanc	30
IV.6. Taux de décoloration	32
IV.7. Appareillage et matériels utilisés	33

CHAPITRE V : Résultats et discussions

V.1. Le système carbofiltration	35
V.2. Système décoloration :	38
V.3. Système de turbinage	40
V.4. L'évolution de la couleur durant tout le process	43
V.5. Couleur du sucre blanc	45
Conclusion	46

Introduction

Le sucre est un produit de la nature, un élément nutritif indispensable à la vie de nombreuses espèces animales, il est extrait de différentes plantes mais les principales sont la canne à sucre et la betterave sucrière, particulièrement riches en saccharose.

La technologie sucrière de canne, compte parmi les industries agroalimentaires les plus anciennement connues et les plus répandues dans le monde.

En Algérie, cette dernière reste inexploitée vu le climat méditerranéen, qui ne favorise pas la culture de la canne à sucre ; elle se limite au raffinage du sucre roux importé et le conditionnement du sucre blanc.

L'objectif de la raffinerie du sucre est d'aboutir un produit final de bonne qualité ; un des critères de qualité le plus important est la couleur du sucre qui est due à la présence de colorants issus au cours de la fabrication du sucre roux ou de la canne à sucre, (colorants naturels comme les flavonoïdes).

Une élimination importante et progressive lors de raffinage du sucre roux de ces colorants, nous suscite une curiosité qui est sur la base de deux études.

Notre étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation du procédé de raffinage du sucre roux de canne au niveau du complexe « **CEVITAL** » et d'apprécier le rôle de la décoloration sur la stabilité du sucre blanc.

Une étude réalisée au sein de laboratoire d'analyse physico-chimique du sucre au complexe agro-alimentaire « **CEVITAL** » (Bejaïa), dans le but de comprendre l'influence des systèmes de raffinage comme la carbo-filtration, décoloration et turbinage sur le rendement de la décoloration du sucre roux.

Enfin nous nous sommes intéressé de plus près à l'évolution de la couleur au cours du processus de raffinage.

PARTIE THEORIQUE

Chapitre I

Généralités sur le sucre de canne

I.1. Historique

Les produits sucrés sont utilisés dans l'alimentation humaine pour améliorer les qualités nutritionnelles et gustatives ainsi pour la conservation des aliments.

Depuis l'antiquité et jusqu'au début de l'histoire européenne, le sucre était réservé à des usages médicaux tandis que le miel était utilisé comme édulcorant principal dans l'alimentation [1].

La canne à sucre et le miel furent longtemps les seules sources du sucre. Le roseau sucré a été utilisé à l'état sauvage avant d'être cultivé. Son origine botanique remonte au *Saccharum robustum* de la Nouvelle Guinée. En effet, les peuples indigènes de cette région consommaient le jus contenu dans les tiges du roseau sucré [2].

La culture de la canne à sucre aurait été exportée en premier vers l'Est s'implantant dans les Nouvelles Hébrides et la Nouvelle Calédonie aux alentours de 8000 avant Jésus-Christ. La fabrication du sucre a débuté aux Célèbes, Bornéo, Java, Indochine et l'Inde en 6000 avant Jésus-Christ. De l'Inde, la canne à sucre fut acheminée en Chine, où les caractéristiques du sol étaient favorables pour sa culture [2].

Au cours des Croisades que le sucre s'est répandu en Europe à partir du XI^{ème} siècle, les croisés rapportèrent la canne à sucre en Sicile, dans le Sud de l'Italie et même dans le midi de la France. L'industrie du sucre de canne devient donc importante dans le Sud de l'Espagne [2].

Pendant la guerre mondiale (39-45), la pénurie du sucre qui est due à la destruction des récoltes et des usines du sucre de betterave, difficulté du commerce maritime a provoqué la recherche d'autres produits de substitution tels que le sucre de raisin et la saccharine. Après la guerre, la production et la consommation de saccharose reprennent [1].

Récemment, l'industrie sucrière et la production du saccharose sont développées pour répondre à la demande concernant les trois principales fonctions qui ont fait apprécier le sucre: le pouvoir sucrant, la valeur nutritionnelle (énergétique) et le pouvoir conservateur [1].

I.2. Origine de sucre

Le saccharose est extrait de la canne à sucre ou de la betterave sucrière résultant de la synthèse chlorophyllienne comme particularité de ces deux plantes, il est réservé et stocké dans les cellules et s'accumule au niveau de la tige de la canne à sucre ou les racines de la betterave [3].

Le sucre extrait à partir de la betterave et la canne à sucre ne présente aucune différence, voir chimiquement identique et son goût et odeur sont similaires.

I.2.1. Canne à sucre

La canne à sucre « *Saccharum officinarum* L. » est une plante de la famille des poacées (graminées), principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales [4]. C'est une plante herbacée cultivée pour ces tiges qui contiennent 10 – 18 % de sucre [5].

I.2.2. Description botanique de la canne à sucre

La culture de la canne à sucre s'étend dans les régions situées de part et d'autres de l'Équateur, entre les latitudes 35° Nord et 30° Sud (régions tropicale et subtropicale). Sa croissance végétative est favorisée par des températures élevées, entre 26 et 34°C, par contre elle ne croît pas à des températures inférieures à 20°C.

En période de floraison, la tige au sommet comprend une panicule inflorescence argentée qui porte les graines. Cette panicule, fragile et soyeuse, elle mesure 50cm à 1m de longueur. La tige peut atteindre 2,5 à 4m de hauteur et 1,5 à 6cm de diamètre, cette variation est en fonction des variétés. Elle est structurée en tronçons de 10 à 20cm (entres nœuds), séparée par des nœuds où les feuilles prennent naissance [2].

Les feuilles sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1m de longueur sur 2 à 10cm de largeur. Elles sont au nombre de 10 sur les plantes en pleine croissance [2].

La plante possède des racines denses qui peuvent s'enfoncer profondément dans le sol, mais la plupart d'entre elles s'étalent à environ 50cm de la surface dans un périmètre pouvant atteindre fréquemment 2 à 5m autour de la souche [2].

Les figures 1(a) et 1(b) illustrent des images de la canne à sucre.



(a)



(b)

Figure 1: Les tiges de la canne à sucre (a) et la canne à sucre (b) [6].

La plante se reproduit par bouturage à partir d'un morceau de tige comportant au moins un nœud. La plantation se fait au début de la saison des pluies, selon les pays, elle est manuelle ou mécanisée. La canne à sucre demande un sol aéré, assez riche et bien irrigué, la chaleur, la luminosité et l'ensoleillement sont également les facteurs importants pour une bonne récolte [2].

Le sucre est extrait des tiges et l'apparition de la floraison marque la fin de la croissance de la plante et la formation du saccharose. Cependant, la floraison des plantes cultivées consomme une partie de l'énergie qui est nécessaire à la croissance végétative de la plante et à la production du saccharose.

Pendant la période qui précède la récolte, la plante fabrique peu à peu son sucre (saccharose) dans les feuilles grâce à l'action conjuguée du soleil, l'eau et l'air (photosynthèse). Le saccharose s'accumule dans la tige comme réserve énergétique, mais sa répartition n'est pas égale et le sommet de la plante contient une teneur faible.

I.2.3.Composition de la canne à sucre

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le saccharose et les fibres (tableau 1). Selon le stade de maturité, la composition de la canne à sucre peut varier.

Tableau 1: Composition moyenne de la canne à sucre en pourcentage (%) [2].

Composants	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Total	100

I.3. Le saccharose

I.3.1.Définition

Le saccharose est un disaccharide ou diholoside, non réducteur. Les deux oses qui le composent sont glucose (dextrose) et le fructose (lévulose) [1]. Le saccharose est très abondant dans la nature, il est retrouvé dans tous les végétaux chlorophylliens, car c'est le principal substrat de la photosynthèse [7].

Le saccharose constitue le sucre habituel de notre régime alimentaire, il est présent particulièrement, dans la canne à sucre, la betterave et les fruits à l'état naturel et après raffinage (purification et cristallisation) c'est notre sucre ordinaire [8].

I.3.2.Composition et structure du saccharose

Le saccharose est un diholoside formé de la combinaison du glucose et du fructose. Sa formule chimique brute est $C_{12}H_{22}O_{11}$. C'est un sucre non réducteur de masse molaire 342 g/mol. Il se présente sous forme cristalline avec une densité de 1588 kg/m³ et un point de fusion de 160°C. Il se décompose à partir de 150°C [9]. Son nom officiel selon la nomenclature internationale est le : α -D-glucopyranosyl β -D-fructofuranoside [10]. Le tableau 2 et la figure 2 présente respectivement les caractéristiques chimiques et la structure du saccharose.

Tableau 2 : Les caractéristiques chimiques du saccharose [1].

Les caractéristiques	
La formule chimique	$C_{12}H_{22}O_{11}$
La masse moléculaire	342 g/mol
La dénomination	α -D glucopyranosyl β -D fructofuranoside

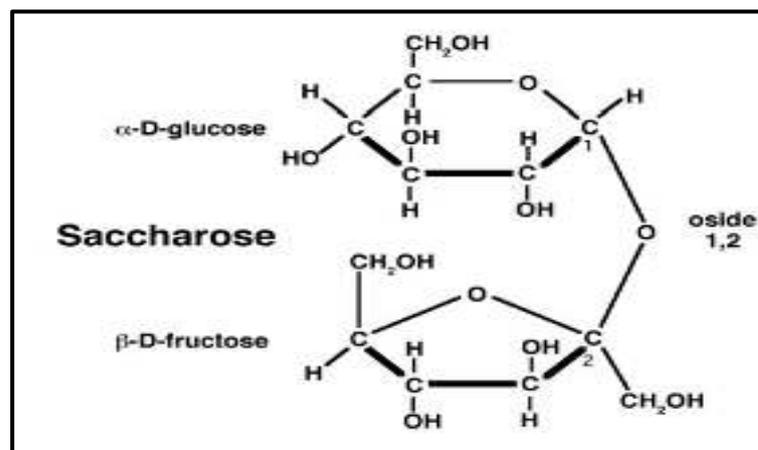


Figure 2: Structure du saccharose [8].

I.3.3. Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques des sucres et des édulcorants sont nécessaires à la compréhension du mécanisme de la saveur sucrée et à la maîtrise de l'application de ces produits dans les industries alimentaires et pharmaceutiques [11].

I.3.3.1. Aspet

Le sucre de commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdaux) qui n'est pas hygroscopique. Il est inodore et de saveur caractéristique [12]. Son humidité est très faible de l'ordre de 0,05% ceci explique une meilleure stabilité et une durée du stockage très longue [1].

I.3.3.2. Granulométrie

Le sucre se présente sous différentes 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 [12].

I.3.3.3. Densité

La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, tel qu'une pile de sucre cristallisé, la densité apparente change légèrement selon la taille des cristaux et la distribution de cette taille en fonction du degré de tassement des cristaux. L'intervalle de cette variation est étroit et se situe autour de 0,8.

Ceci se traduit par une masse volumique globale de 0,8 à 0,9 g/cm³ pour la majorité des produits [2].

I.3.3.4. Solubilité

Une des propriétés fondamentales du saccharose est sa grande solubilité dans l'eau. Celle-ci est due à la structure de la molécule du saccharose qui favorise la formation de la liaison hydrogène avec les molécules d'eau tandis que dans l'alcool pur, il n'est pratiquement pas soluble. La vitesse de dissolution dépend de la taille des particules, la vitesse d'agitation et du degré de sous-saturation.

La solubilité augmente significativement avec la température mais aussi elle dépend de la quantité et de la nature des autres molécules présentes [13].

Une molécule du saccharose possède 8 groupements hydroxyles, 3 atomes d'oxygène hydrophiles et 14 atomes d'hydrogène; cette structure spécifique favorise la formation de

liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau et l'hydratation des molécules du saccharose ce qui est à l'origine de la solubilité du saccharose dans l'eau [11].

I.3.3.5. Inversion

L'hydrolyse du saccharose est appelé inversion qui conduit à la transformation du saccharose en un mélange équimolaire (glucose et fructose). La solution obtenue prend le nom d'inverti ou sucre inverti par le changement du signe de la mesure polarimétrique du positif vers le négatif [11].

Le sucre inverti est obtenu par l'hydrolyse du saccharose en milieu aqueux plus au moins acide et sous l'action de la température. C'est ainsi que le saccharose s'inverti naturellement dans certaines préparations alimentaires et notamment pour les boissons, lors d'un traitement thermique [1].

I.3.3.6. Pouvoir rotatoire

Le saccharose à la propriété de dévier le plan de la lumière polarisée vers la droite. Son pouvoir rotatoire dextrogyre spécifique est $\alpha^{20^\circ} = 66^\circ,55$ alors que le sucre inverti est lévogyre

D

et réducteur. Cette propriété fondamentale est à la base d'un instrument de mesures très précis appelé polarimètre, il est utilisé pour déterminer la pureté du sucre et la teneur du saccharose en solution [1].

I.3.3.7. Le point de fusion

Le point de fusion du saccharose est de 186°C , en fonction de la pureté de l'échantillon cette valeur peut varier entre 182 et 192°C [13]. En chauffant lentement à sec, le sucre commence à fondre vers une température de 160°C , après il se transforme en caramel à 190°C [1].

I.3.3.8. Activité de l'eau (a_w)

Le saccharose à une autre propriété importante qui est sa capacité d'hydratation. Cette caractéristique affecte l'activité de l'eau (a_w) de la solution ou du produit dans lequel le saccharose est présent. L'apparence, la texture du produit, la sensation du produit dans la bouche et le temps de conservation du produit est ainsi affectée [2].

I.3.3.9. Fonction organoleptique

Le saccharose consommé seul ou mélangé avec d'autres ingrédients apporte une saveur spécifique (une saveur sucrée) appréciée et recherchée par l'homme et par beaucoup d'animaux domestiques (chien, cheval,...).

Le tableau 3 illustre le pouvoir sucrant de quelques glucides.

Tableau 3 : Pouvoir sucrant de quelques glucides [14].

	Pouvoir sucrant
Saccharose	1,0
Fructose	1,3
Glucose	0,7
Maltose	0,5
Isomaltose	0,5
Lactose	0,3

Chapitre II

Le procédé de raffinage du sucre roux de canne

II.1. Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries

Le processus de raffinage du sucre de canne est principalement axé sur l'élimination des composés colorés qui altèrent la qualité du produit final [15].

Pour éliminer la majeure partie des particules légères mélangées aux cristaux de sucre telles que la poussière, les fibres végétales ou autres, les sucres bruts sont traités en raffinerie en passant par les différentes sections ; étapes de raffinage [16].

II.1.1. Affinage et refonte

- **Affinage**

Affinage ou empattage est une opération qui consiste à un malaxage du sucre roux avec un sirop chaud légèrement sous saturé donnant un produit appelé magma d'affinage.

Cette étape a pour objectif la dissolution de la couche superficielle la plus impure des cristaux de sucre. Une masse cuite est obtenue, cette dernière est centrifugée pour donner le sucre d'affinage [2].

- **Refonte**

Le sucre affiné est refondu dans un fondoir à une température de 85°C avec une eau sucrée pour atteindre un brix de 70%, formant un sirop de refonte qui est envoyé vers le bac de contact avant de subir une épuration par chaulage et carbonatation [17].

II.1.2. Epuration calco-carbonique

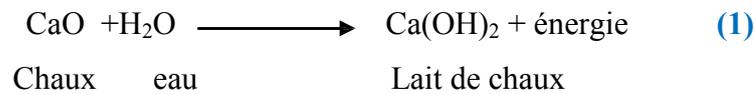
La carbonatation est un procédé chimique permettant de décolorer le sirop résultant de la refonte du sucre brut affiné. La combinaison de la chaux et le dioxyde de carbone conduit à la formation d'un précipité de carbonate de calcium (CaCO_3) qui piège les substances non sucres [18,19].

a) Préparation de lait de chaux

La mise en œuvre de la chaux exige sa transformation en « lait de chaux ». L'extinction de la chaux vive extraite du four est réalisée avec un mélange de jus sucré et d'eau car la chaux n'est pratiquement pas soluble dans l'eau pure [9].

La chaux (CaO) est peu soluble dans l'eau mais soluble en milieu sucré ceci confère à la chaux une propriété épurante. En raffinerie, le lait de chaux est préparé par un mélange de la

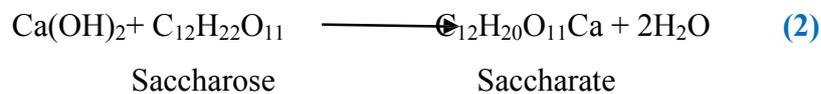
chaux industrielle et le petit jus (eau sucrée) récupéré lors de la filtration [18]. selon la réaction suivante:



b) Chaulage

Le sirop de refonte est chauffé par un échangeur à une température entre 80 à 90°C, après le sirop est envoyé vers un mélangeur où le lait de chaux est additionné pour obtenir un jus chaulé qui sera mélangé au gaz carbonique [20].

Le chaulage s'effectue comme suit :



c) Carbonatation

La carbonatation consiste à barboter le dioxyde de carbone dans le jus chaulé. A l'entrée de la chaudière de carbonatation, la température varie de 80 à 82°C et l'alcalinité doit être égale à 5,5 g CaO/l. Le pH à l'intérieur de la première chaudière est compris entre 9,2 et 9,5 tandis que le pH de la deuxième carbonatation doit être légèrement basique de 8,1 à 8,2 [18].

➤ Première carbonatation

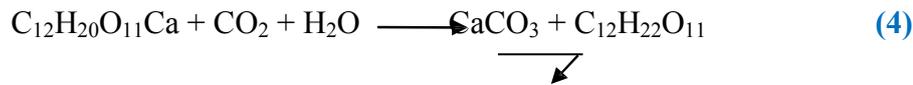
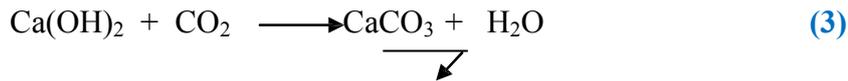
L'objectif de la première carbonatation est de précipiter l'excès de chaux en suspension dans le jus. La chaux précipite sous forme de carbonate de calcium (CaCO₃).

Des particules de CaCO₃ en suspension dans le jus ont la particularité d'adsorber sur leurs surfaces certains non-sucre qui se trouvent en solution, essentiellement les colloïdes provenant de la décomposition du sucre inverti, car ils sont chargés négativement et la suspension de CaCO₃ est chargée positivement. Par contre les PDAH s'adsorbent sur les cristaux néoformés de carbonate de calcium [18].

➤ Deuxième carbonatation

Le but de la deuxième carbonatation est de retirer le maximum du calcium restant dans le jus (clair et filtré) issu de la première carbonatation [21].

Les deux réactions suivantes résument la 1^{ère} et la 2^{ème} carbonatation



II.1.3. Filtration

La filtration est un passage du sirop issu de la section carbonatation à travers les filtres à bougie (Figure3), dont le but d’obtenir un jus clair en retenant dans les filtres les impuretés précipitées par la chaux et adsorbées sur le carbonate de calcium [22].

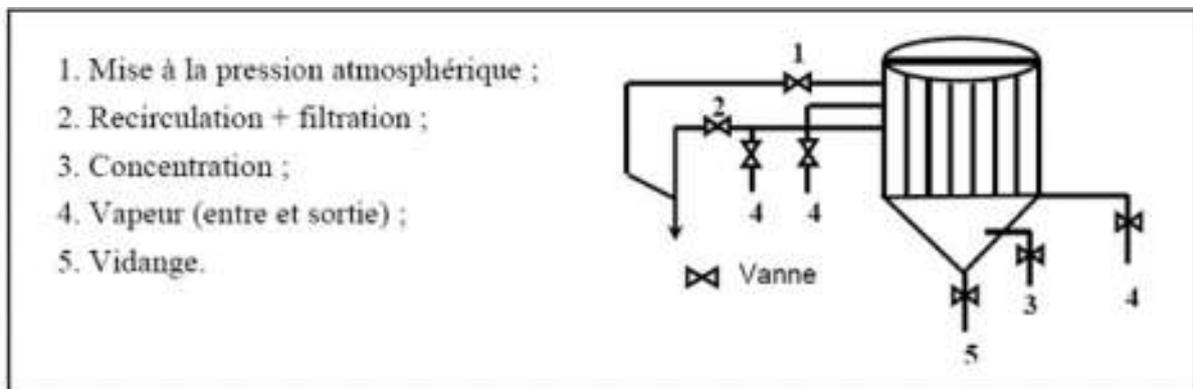


Figure 3 : Schéma illustrant le fonctionnement d’un filtre à bougie [23].

Le dépôt des particules (impuretés) sur les filtres forment une pré-couche qui se transforme en gâteaux, les filtres sont vidangés pour récupérer la boue, cette dernière est passée à travers un filtre à presse (Figure 4) ce qui permet d’obtenir un petit jus utilisé dans la préparation d’un lait de chaux tandis que les écumes seront utilisées comme engrais [24,25].

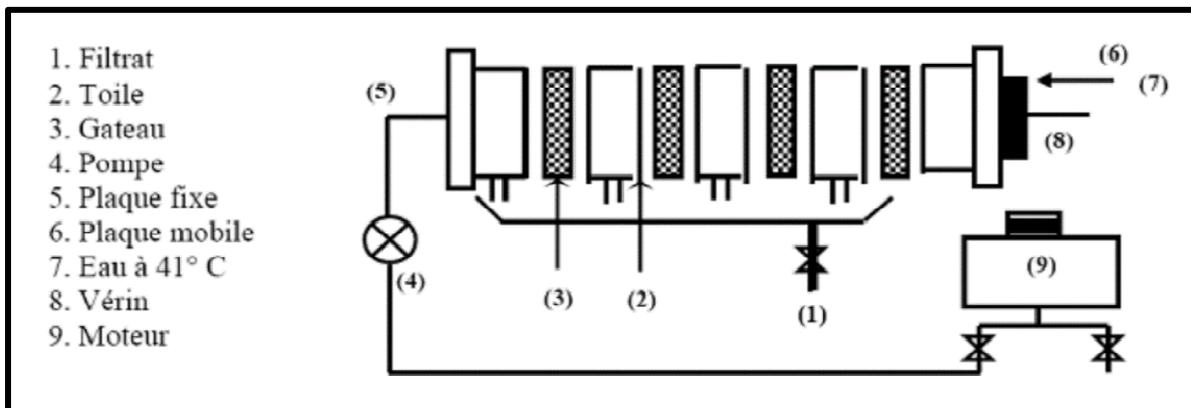


Figure 4 : Schéma illustrant le fonctionnement d’un filtre à presse [23].

II.1.4. Décoloration

La décoloration consiste à réduire le taux de la coloration du sirop issu de la section d'épuration jusqu'à 80%, elle est effectuée par des résines échangeuses d'ions dans le but d'améliorer le rendement de la cristallisation [26,27].

Ces résines sont utilisées pour décolorer des refontes de sucre roux après affinage et carbonatation [26].

II.1.4.1.Principaux colorants présents dans le sucre de canne

Les colorants dans les jus sont principalement des Mélanoïdes, des produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH), des caramels et d'autres complexes [9]. On distingue les pigments naturels de la canne et les colorants issus du procédé de fabrication. Le tableau 4 représente les principaux colorants présents.

Tableau 4 : Principaux colorants présents en sucrerie et raffinerie de canne [16].

Origine	Colorants	Formation	Caractéristique
Pigments et précurseurs de la canne	flavons	-----	Composés phénoliques pales en milieu acide, jaune-verts en milieu basique
	Mélanines	Brunissement enzymatique des composés poly phénoliques présents dans la canne	Polymères colorés bruns ou noir
Colorants de fabrication	Caramels	Dégradation thermique du saccharose	-----
	Mélanoïdes	Produits de réaction de Maillard : entre un sucre réducteur et un acide aminé	Composés azotés d'une couleur très foncée
	PDAH	1 Inversion du saccharose en milieu acide 2. Dégradation des hexoses en acides et produits colorés en milieu basique	Molécules difficilement distinguées des précédents : acides, couleur brune

La classification des colorants en sucrerie de canne est illustrée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Classification des colorants en sucrerie de canne [28].

Classe de couleur	Masse molaire (kg/mol)	Pouvoir Colorant	Type de colorants	Répartition dans le cristal
A	> 250	peu coloré	Complexes Colorant polysaccharide	Adhère au cristal
B	12 - 250	plus fortement coloré	Mélanoïdines	Adhère un peu au cristal
C	2,5 -12	assez coloré	Caramels et PDAH	Dans les eaux de mère

II.1.4.2. Procédé de décoloration

Le sucre roux de canne est constitué de 94 à 98,5% de saccharose. Il comprend également des impuretés de diverses natures tel que les colorants [29].

La décoloration est l'étape la plus sensible et la plus importante au cours du processus de raffinage du sucre roux, elle permet de décolorer le sirop filtré, qui sera à l'entrée de cette section avoisinant 600 ICUMSA au maximum : le taux de décoloration moyen par cycle est estimé à 80%.

Le procédé récemment utilisé pour décolorer les sirops de sucre de canne, notamment dans la raffinerie CEVITAL est celui des colonnes de résines échangeuses d'ions. Elles sont utilisées pour décolorer des refontes de sucre roux après affinage et carbonatation [26].

Les colorants, principalement composés de macromolécules présentant un caractère d'acides faibles, sont fixés sur des résines anioniques sous forme chlorures. Deux mécanismes d'échange ont été identifiés :

Adsorption, par mécanisme hydrophobe sur la matrice de la résine, et échange d'ions, permutation des acides faibles du sirop avec les ions Cl de la résine [30].

L'unité de décoloration existante comporte :

- Un poste de décoloration sur résines composé de 3 colonnes de diamètre 3300 mm avec une charge de résines de 21m³ par colonne.

- Un poste de préparation et retraitement des saumures de régénération.

La décoloration s'effectue par percolation du sirop de bas en haut (up-flow) à travers le lit de résine compacté flottant.

La figure 5 montre un schéma simplifié de la section de décoloration au sein de la raffinerie.

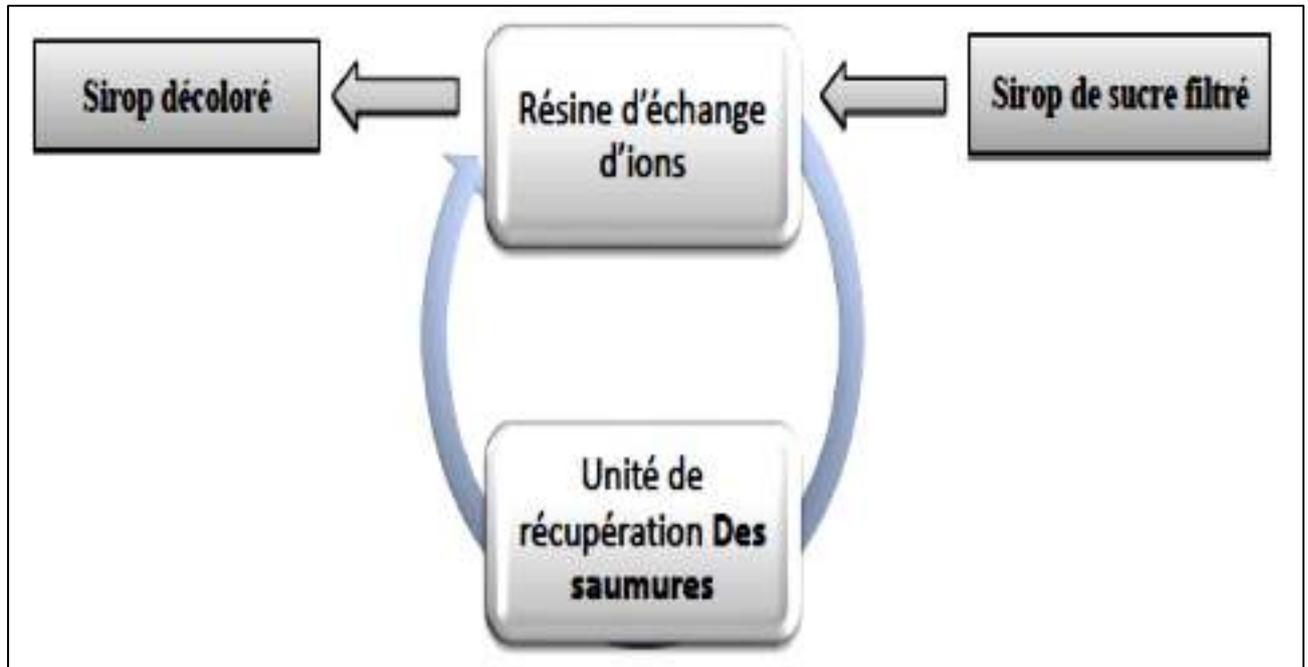


Figure 5: Schéma simplifié de la section Décoloration au sein du complexe CEVITAL [31].

La régénération des résines est réalisée par une saumure basique. Du point de vue échange d'ions, la régénération représente la réaction inverse de la décoloration (Figure 6) [26].

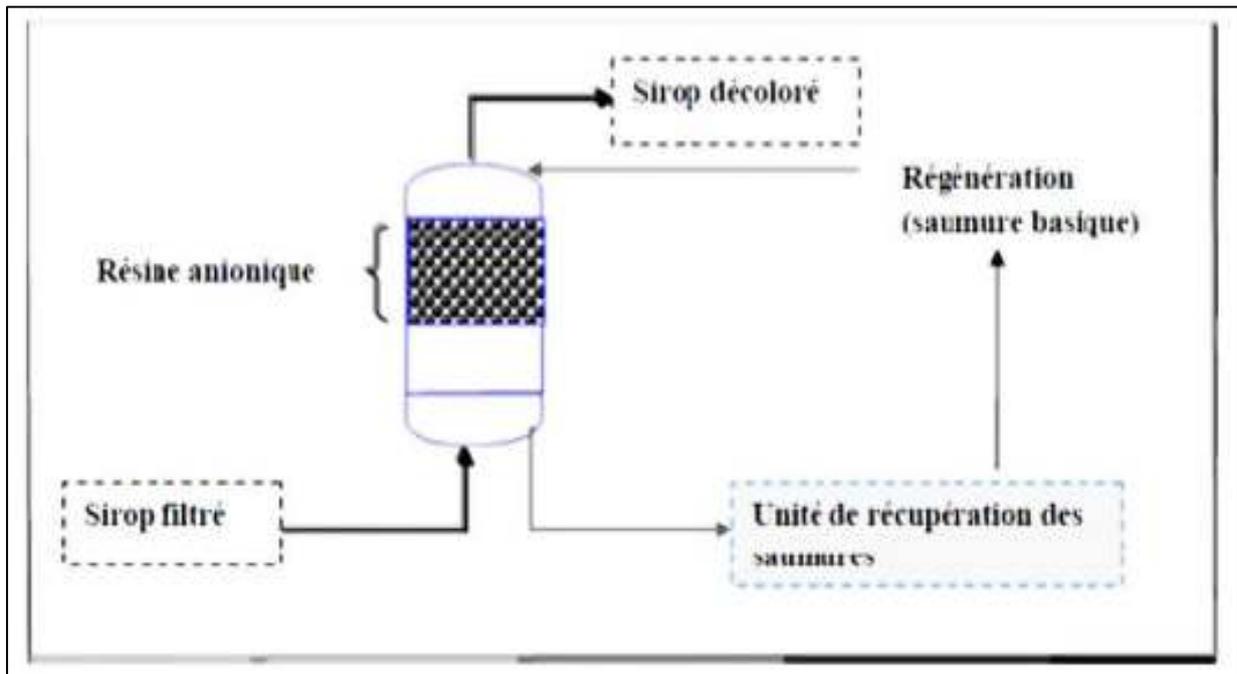


Figure 6 : Schéma de régénération à contre-courant d'une colonne de décoloration au sein du complexe CEVITAL [28].

III.1.4.3. Facteurs intervenant dans la décoloration

Les principaux facteurs qui interviennent dans la décoloration d'un sirop de sucre sont :

- **La couleur de la matière première** : sucre roux
- **Les caractéristiques du sirop carbonaté-filtré** : dont le °Brix doit être entre 60 – 65 % maximum, et pour fonctionner dans de bonnes conditions, ce sirop doit être d'une température de 85°C.
- **Respecter les paramètres physiques de la décoloration** :
 - ✓ La température dans la colonne qui doit être entre 70 à 80°C, pour que le sirop de sucre reste fluide et ne cristallise pas.
 - ✓ Le pH doit être légèrement basique entre 6,80 – 8,30.
 - ✓ Le temps de séjour qui est en fonction du débit du sirop traité (84m³/h).
- **La qualité de la résine** :
 - ✓ La hauteur totale du lit de résine.
 - ✓ Une bonne régénération des résines qui dépend de la bonne qualité de la saumure, qui doit être d'une pureté de 99%, qui elle-même dépend du rendement de la nano filtration.
 - ✓ Le temps de séjour dans la résine.

- ✓ Le débit.

II.1.4.4. Avantages et inconvénient des résines

Au sein de la raffinerie de CEVITAL Les colonnes de décoloration sont munies des résines anioniques fortement basiques sous la forme Cl .Ces avantages et inconvénients sont représentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Avantages et inconvénients des Résines anioniques fortement basiques.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Elimination complète des anions (incluant la silice et CO₂). • Coût initial faible. • Efficacité et qualité variables. • Cinétiques excellentes. • Rinçages court. 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance faible aux polluants organiques. • Vie limitée. • Instable thermodynamiquement

II.1.5. Concentration

Le jus issu des sections précédentes est un sucre en dissolution, il est clair mais renferme des impuretés, le but de l'évaporation ou la concentration est d'éliminer l'eau [32].

Cette opération permet d'amener le sirop à une concentration proche à celle de la saturation du sucre en cristallisation avec un brix de 70%, dans un concentrateur sous vide à une température de 80°C [33].

Au terme de l'évaporation, le sirop de sucre atteint un taux de pureté de 93 %, est destinée vers les cuites pour la cristallisation [34,20].

II.1.6. Cristallisation

La cristallisation du sucre est une opération qui permet d'extraire le saccharose en solution dans le jus concentré [35]. Le rendement en sucre est déterminé par la pureté de la mélasse obtenue.

La cristallisation permet l'élimination de 99,5 à 99,7 % des non-sucres, elle est effectuée en 3 étapes appelées jets, chaque jet comprend est constitué de 3 étapes : cuisson, malaxage et essorage ou turbinage (**Figure 1, Annexes**).

a) Cuisson

Elle est effectuée dans des appareils à cuire appelés cuites. Le sirop liqueur standard provenant de la section de concentration alimente chaque cuite, conduisant à la formation des cristaux en suspension et le sirop est nommée masse-cuite dont le liquide entourant les cristaux appelé eau mère puisqu'il nourrit le cristal [36].

b) Malaxage

Le malaxage permet d'épuiser au maximum l'eau mère au moyen d'un procédé de cristallisation par refroidissement, il consiste à développer les cristaux en abaissant la température dans le but de diminuer la solubilité.

Il s'effectue dans des malaxeurs munis d'agitateurs et équipés d'un système à circulation d'eau pour régler la température.

c) Turbinage (Essorage)

Après malaxage, la masse cuite passe à travers les turbines pour séparer les cristaux du sucre de l'eau mère. La masse cuite est ensuite essorée par une force centrifuge développée par les turbines.

Les cristaux de sucre restent dans le tamis alors que l'eau mère est évacuée et prends le nom d'égout pauvre. La surface des cristaux est lavée par pulvérisation d'eau (clairçage).

Le sirop issu du lavage est plus pur que le précédent égout, d'où son nom d'égout riche [32]. Le dernier jet est un jet d'épuisement, le sucre obtenu est coloré, il est recyclé et une eau mère récupérée, qui correspond à la mélasse, dans laquelle sont concentrées toutes les impuretés, les cristaux de sucre (dernier jet) sont entourés d'une pellicule de mélasse, cette dernière est éliminée par affinage.

La pureté de la mélasse détermine le rendement de cristallisation. Les non-sucres apportés par le sirop sont trouvés dans la mélasse.

II.1.7. Séchage

Le sucre humide sortit desessoreuses est séché à l'air chaud et sec dans un sécheur tambour, puis refroidit par de l'air froid et sec dans un refroidisseur [37].

II.1.8. Maturation et Conditionnement

Le sucre en sortie de sécheur n'est pas parfaitement sec et durant les premiers jours de stockage il se produit le phénomène de maturation expliqué dans de nombreuses littératures sucrières. Le sucre est ensuite stocké dans des silos dont l'air est conditionné en température et humidité afin d'éviter la prise en masse (maturation). Le sucre est repris des silos au fur et à mesure des besoins commerciaux pour être conditionné sous diverses formes, soit chargé en vrac dans des camions ou wagons [37].

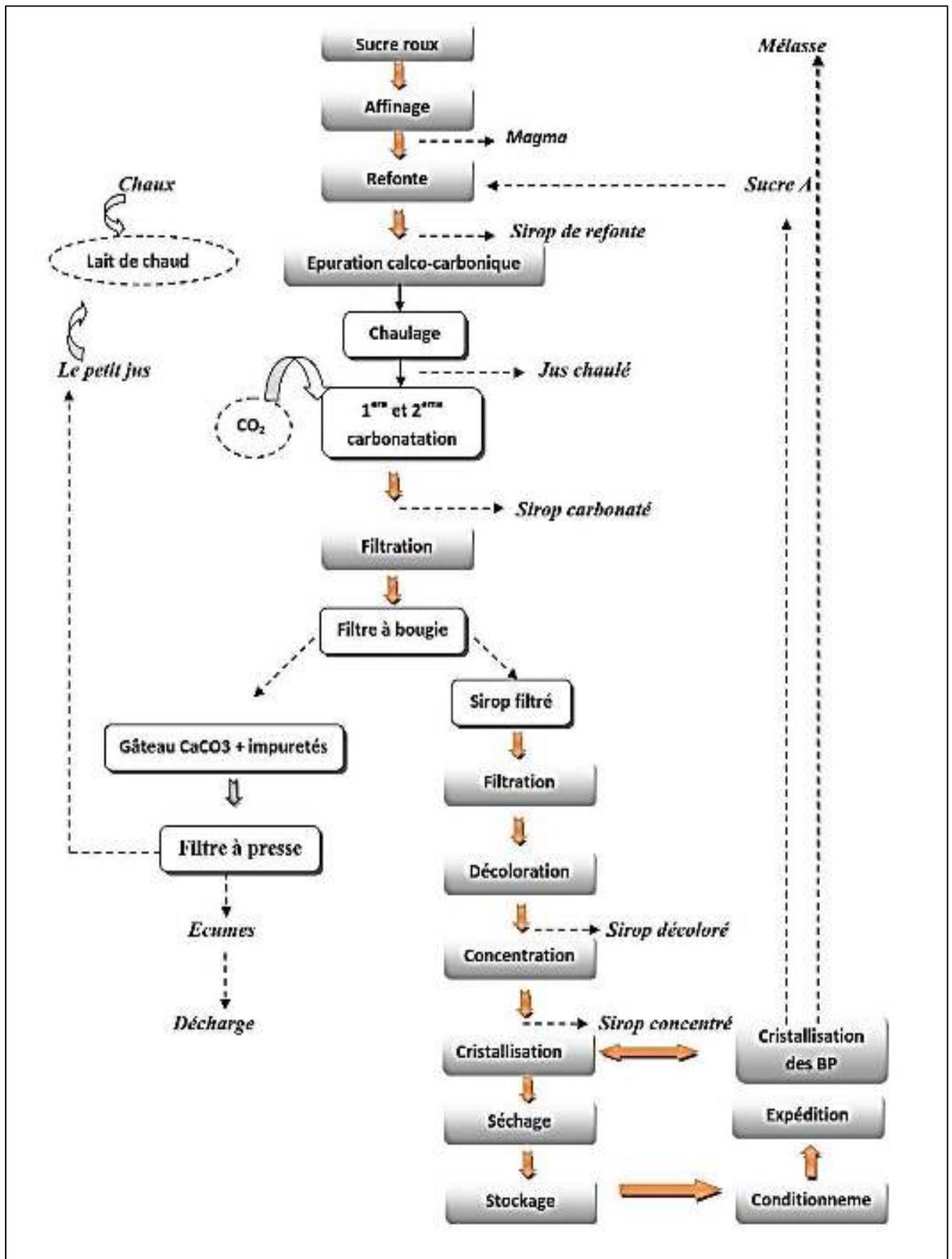


Figure 7 : Schéma de procédé de raffinage du sucre roux « Cevital » .

Chapitre III

Normes et qualités

III.1. Qualité du sucre blanc

Pour garantir la maîtrise de la qualité et/ou la conformité des denrées alimentaires, des analyses physico-chimiques sont effectués afin de répondre aux exigences sanitaires et purement commerciales.

Alors il est indispensable qu'un contrôle soit exercé par l'autorité compétente au sein des entreprises.

III.2. La classification des sucres selon les différents textes réglementaires

➤ Qualité du sucre selon codex alimentarius

Les normes de qualité du Codex Alimentaires sont établies par la FAO (Food and Agriculture Organization), qui est la commission spécialisée pour l'alimentation et l'agriculture de l'organisation des Nations Unies, et l'organisation mondiale de la santé.

Ces normes s'appliquent aux différentes sortes de sucre pour la consommation humaine sans processus de transformation supplémentaire.

La commission FAO/OMS du codex alimentarius qui a été créée pour mettre en œuvre le programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires a établi pour le sucre blanc les facteurs essentiels de composition et de qualité représentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Normes Codex Alimentaire pour le sucre blanc (FAO/OMS) [12].

Critères	Sucre blanc
Pureté minimale	99,7%(polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (matière sèche)	0,04% (inverti)
Humidité (maximale)	0,1%
Teneur maximale en cendres (matière sèche)	0,04%
Coloration (maximale)	60(UI)
Teneur maximale en SO ₂	20(mg/kg)
Teneur maximale en Arsenic	1(mg/kg)
Teneur maximale en Cuivre	2(mg/kg)
Teneur maximale en plomb	1(mg/kg)

Tableau 8 : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne [38].

Critères	Spécification A	Spécification B
Pouvoir rotatoire au minimum	99,7	99,7%(polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (matière sèche)	0,04 (inverti)	0,1 % (inverti)
Teneur maximale en cendres (matière sèche)	0,04	0,1(%)
Perte à la dessiccation (3heures à 105°C) au maximum	0.1	0,1
Couleur au maximum	60	100(UI)
Teneur maximale en Arsenic	1	1(mg/kg)
Teneur maximale en Cuivre	2	2 (mg/kg)
Teneur maximale en plomb	0.5	0.5 mg/kg)

PARTIE PRATIQUE

Chapitre IV

Matériel et méthodes

IV.1. Présentation de l'organisme d'accueil

Le Groupe **CEVITAL** est une société privée créée en Mai 1998 par l'entrepreneur algérien ISSAD REBRAB. Constituant un conglomérat algérien de l'industrie, le groupe est présent dans plusieurs secteurs porteurs néanmoins, il se spécialise principalement dans l'industrie agroalimentaire dont est considérée comme étant la première entreprise privée dans l'industrie d'huile et de sucre sur le territoire algérien.

Ce complexe est implanté dans l'enceinte portuaire de Bejaia à 3 Km du sud ouest de Bejaia, à proximité de la route national N° 26, soit à 280 Km d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 75000 m². Grâce à cet emplacement stratégique, le complexe occupe une place importante dans l'économie locale et nationale.

En 2003, entrée en production de la raffinerie de sucre (sucre blanc cristallisé aux normes européennes) avec une capacité de production de 1600 tonnes/ jours.

Depuis 2010, plus de 1500000 tonnes de sucre produit par la filiale **CEVITAL Agro-industrie** ont été exportées dans plus de 40 pays.

Depuis 2016, cette unité de production constitue la plus grande raffinerie de sucre au monde avec une capacité de production de 2 millions de tonnes par an.

Actuellement, Le complexe agro alimentaire **CEVITAL** de Bejaia comprend :

- Une raffinerie d'huile, avec une capacité de production de 1800 t / jour ;
- Une margarinerie et graisses végétales, avec une production de 600 t /jour ;
- Une raffinerie du sucre blanc, avec une capacité de production de 3000 t /jour ;
- Une raffinerie du sucre blanc, avec une capacité de production de 3500 t /jour ;
- Une unité de sucre liquide d'une capacité de production de 600 t/j ;
- Unité de sucre brun (sucre roux) d'une capacité de 600 t/j ;
- Une unité de fabrication de bouteilles et de bouchons ;
- Plusieurs unités de conditionnement de sucre et de bouteilles d'huiles ;
- Unité de production des jus(tchina el koseur) sous tomate, mayounaise, kistoupe etc
- Unité de production et de montage électroménager Brandt ;
- Unité de production du PVC
- Centre commercial ;

A cet effet, ce complexe propose sur le marché national et international une gamme variée d'huile de table, de margarines et le sucre dont a permet de couvrir les besoins national et de passer au stade exportateur.

Ses produits se vendent dans plusieurs pays à savoir l'Afrique de l'ouest, au Maghreb, au Moyen Orient mais aussi en Europe.

Notre étude est réalisée au niveau de la raffinerie de sucre 3500 T Cevital pour une période de 13 jours pour cela nous avons suivie les différents analyses physico-chimiques au cours de chaque étape de raffinage de sucre roux.

Cette étude consiste à suivre l'évolution d'un paramètre physico-chimique essentiel qui est la couleur à partir de sucre roux jusqu'au sucre blanc de premier jet R1 à la sortie des turbines.

IV.2. Echantillonnage et prélèvement

➤ Echantillonnage

Les échantillons sont recueillis dès l'entrée de l'usine pour la matière première (sucre roux), et au niveau des différentes sections de l'atelier de production jusqu'au produit semi fini du premier jet (R1) à la sorti de la turbine.

➤ Prélèvement

Les prélèvements sont effectués à des fréquences différentes à savoir les étapes et les sections ;

- Le prélèvement de sucre cristallisé s'effectue chaque une heure et consiste à remplir un pont du sucre roux et un autre du sucre blanc au niveau des tapis A101N et A1001N successivement.
- Le prélèvement des échantillons en cours de fabrication s'effectue chaque deux heures et consistent à ouvrir le robinet qui se trouve juste après la pompe de soutirage de chaque bac permettant de recueillir une quantité suffisante et de remplir les ponts qui seront immédiatement acheminés vers laboratoire pour les analyses.

Tableau 9 : Echantillon et analyses physico-chimiques effectués pour les différents produits du process.

Section et échantillon	Analyses					
	Brix	Polarisation	Pureté	Couleur	pH	Alcalinité
Affinage et Refonte (SR)	+	+	+	+	+	
T200	+	+	+	+	+	
Epuration calo-carbonique						
Jus Chaulé (JC)					+	+
Sirop Carbonaté 1 (SC1)					+	
Sirop Carbonaté 2 (SC2)					+	
Sirop Carbonaté 3(S3C)					+	
Filtration (SF)	+	+	+	+	+	
Décoloration	+	+	+	+	+	
Sirop Décoloré 1 (SD1)						
Sirop Décoloré 2 (SD2)						
Sirop Décoloré 3 (SD3)						
Concentration (SC)	+	+	+	+	+	
Bac standard (LS1)	+	+	+	+	+	
Cristallisation Masse cuite (MC)	+	+	+	+	+	

Tableau 10 : les analyses physico-chimiques effectués pour la matière première et le produit fini .

Echantillons	Analyses physico-chimiques
Sucre roux (matière première)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Humidité . ✓ Polarisation. ✓ Détermination des cendres conductimétriques. ✓ Couleur .
Sucre blanc (produit fini)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Humidité . ✓ Polarisation. ✓ Dosage des sucres réducteurs. ✓ Détermination des cendres conductimétriques. ✓ Couleur . ✓ Granulométrie .

IV.3. Préparation des échantillons

Lors de la réalisation des analyses physico-chimiques, les échantillons à analysé subissent des dilutions, homogénéisations ou agitation et filtrations et diffère d'un échantillon à un autre

Tableau 11 :Techniques utilisé pour la préparation des échantillon

Produits	Dilutions	Homogénéisation	Filtration
Sucre roux	Brix de 30	Agitation à l'aide d'un agitateur magnétique	La solution additionné de la terre infusoire est filtré à travers un filtre plissé standard
Sirop dense BP	Dilution (1/10)	Homogénéisation à l'aide d'un	
Sirop clair HP	Dilution (1/5)	homogénéisateur automatique	/
Sucre blanc	Dilution (1/2)	Agitation à l'aide d'un agitateur magnétique	A travers une membrane de porosité 0,45 microns à l'aide d'une pompe sous vide

IV.4 Analyses effectuées

IV.4.1. Mesure de la couleur

La coloration en solution est déterminée selon la méthode **ICUMSA GS 2/3-10 (2007)** et méthode **ICUMSA GS 1/3-7 (2011)** à l'aide d'un spectrophotomètre UV.

Les solutions de sucre sont diluées, agitées (sucre cristallisé) ou homogénéiser (sirops) et préalablement filtrée à travers une membrane filtrante.

On récupère le filtrat, on mesure le Brix pour déterminer la concentration de la solution et on ajuste le pH à 7 +/- 0.1 avec des solutions de HCl ou NaOH (0.1N).Après avoir fait les zéro base, avec de l'eau distillée filtrée, on mesure l'absorbance des solutions à une longueur d'onde de 420 nm dans des cellules de 5cm (sucre cristallisé) et 1cm (sirops) et on calcule la couleur de la solution selon la formule suivante :

Résultat

$$\text{Couleur ICUMSA} = (1000 * A_s) / (b * c) \quad (\text{ICUMSA})$$

As : absorbance de la solution à 420 nm

b : longueur (cm) de la cellule (chemin optique à l'intérieur de la solution)

C : Concentration (g/ml) de la solution de sucre.

IV.4.2. Mesure de la pureté

La pureté est mesurée à l'aide de la polarisation et de Brix, c'est le rapport entre la teneur en saccharose et la teneur en matière sèche. Elle est exprimée en pourcentage en gramme de saccharose pour 100g de matière sèche [9].

Résultat

$$\text{Pureté \%} = (\text{polarisation} / \text{Brix}) \times 100 \quad (\text{g S} / 100 \text{ g MS})$$

IV.4.3. Mesure de l'alcalinité

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

On verse dans un bécher 20 ml de jus chaulé puis on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine comme indicateur coloré. La solution obtenue est titrée 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.

Résultat

$$\text{Alcalinité} = \text{la chute de burette}$$

IV.5. Analyses physico-chimiques

IV.5.1 Mesure de brix (SR, SF, SD et jet1)

Le brix est le rapport entre la quantité de matières sèches (MS) contenues dans la solution et la quantité de la solution. Il est exprimé en pourcentage par la formule suivante : [39].

$$\text{Brix} = (\text{MS} / \text{MS} + \text{E}) * 100$$

IV.5.2. Mesure de la couleur des sirops (SR, SF, SD,SC,LS1 et MC)

Les échantillons à analyser (sirops) sont dissous dans l'eau distillée, filtrés à travers une membrane; après filtration, l'absorbance est mesurée à 420nm.

À partir des échantillons prélevés, une aliquote de 50 à 60g de chaque sirop est diluée à 1/5, suivit d'une agitation jusqu'à dissolution totale. Après filtration à travers une membrane avec ajout de la terre infusoire pour SR; le filtrat est récupéré et son pH est ajusté à 7 ± 0.1 puis l'absorbance est mesurée à 420nm (**Méthode ICUMSA GS 1/3-7, 2002**).

A partir d'un logiciel (Cléopâtre) utilisé par la raffinerie du sucre au niveau du complexe CEVITAL, la couleur des échantillons à analyser est déterminée par l'équation suivante:

$$\text{Couleur ICUMSA} = (1000 * \text{Abs}) / (b * c)$$

D'où:

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.

IV.5.3. Mesure de Couleur des jets (jet1, jet2 et jet3)

Les échantillons à analyser sont dissous dans l'eau, filtrés à travers une membrane de $0,45\mu\text{m}$; L'absorbance de la solution filtrée est mesurée à 420nm.

À partir des échantillons prélevés, une aliquote de 50g de sucre et ajustée à 100g avec de l'eau distillé, suivit d'une agitation jusqu'à dissolution totale. Après filtration à travers une membrane, le filtrat est récupéré et son pH est ajusté à 7 ± 0.1 puis l'absorbance est mesurée à 420nm. La détermination de la couleur est calculée de la même manière que les autres sirops (**Méthode ICUMSA GS 2/3-10, 2007**).

IV.6. Evaluation de la qualité du sucre blanc

L'évaluation de la qualité du produit fini est faite quotidiennement dans le but de garantir une bonne qualité du sucre destiné à la vente et de satisfaire les exigences de la

clientèle. Dans la présente étude, les analyses évaluant la qualité physico-chimique du sucre blanc effectuées pendant dix jours, ont concernés les paramètres suivants:

IV.6.1. Polarisation du sucre blanc

Cette méthode permet de mesurer la rotation de la solution du sucre blanc, en comparaison avec la rotation optique du saccharose pur.

La rotation optique d'une solution de sucre est la somme algébrique de l'effet majeur produit par sa teneur en saccharose et par les traces d'autres constituants optiquement actifs.

Un poids de $26,000 \pm 0,001$ g de sucre blanc (m_1) est additionné de 60 ml d'eau distillée, incubé à 20°C pendant 20mn au bain d'eau. Le volume de la solution est ajusté à 100ml avec de l'eau distillée à 20°C . Une deuxième pesée est effectuée avec une précision de $\pm 0.001\text{g}$ pour la solution ajustée (m_2) (le tube du polarimètre est rempli avec cette dernière).

La polarisation est lue sur l'appareil, elle est exprimée en Zheimer ($^\circ\text{Z}$), une correction du volume de la solution ($m_2 - m_1$) est apportée à la valeur obtenue de la polarisation (**Méthode ICUMSA GS 2/3-1, 1994**).

IV.6.2. Détermination des cendres conductimétriques

La conductivité spécifique d'une solution du sucre blanc à 28g/100g est déterminée puis les cendres équivalentes sont calculées en utilisant un facteur conventionnel.

Les cendres conductimétriques dans la solution à 28g/100g permet la mesure de la concentration des sels solubles ionisés présents dans les solutions à faible conductivité

Un poids de $28\text{g} \pm 0.1\text{g}$ du sucre est ajusté à 100g avec de l'eau distillée. Après agitation, la conductivité de cette solution est mesurée ($C_{\text{mesurée}}$) ainsi que la conductivité de l'eau distillée (C_{eau}) à $20 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (**Méthode ICUMSA GS 2/3-17, 2002**).

La conductivité corrigée (C_{28}) de la solution à 28g/100g est calculée comme suit:

$$C_{28} = C_{\text{mesurée}} - (0,35 * C_{\text{eau}})$$

D'où:

C_{28} : Conductivité corrigée ;

$C_{\text{mesurée}}$: Conductivité de solution du sucre blanc ;

C_{eau} : Conductivité de l'eau distillée.

Les cendres conductimétriques sont exprimées en pourcentage (%) et déterminées par la formule suivante:

$$\text{Cendres conductimétriques (\%)} = 6 \times 10^{-4} * C_{28}$$

D'où 6×10^{-4} : Facteur conventionnel

IV.6.3. Mesure de la couleur

La détermination de la couleur du sucre blanc (produit fini) est effectuée de la même manière que celle des jets (**Méthode ICUMSA GS 2/3-10, 2007**).

IV.6.4. Test de l'humidité

Le test d'humidité repose sur un séchage à l'étuve 105°C pendant 30mn suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées (Refroidissement dans un dessiccateur). Le récipient et son couvercle ouvert sont séchés à l'étuve (105°C pendant 30 minutes), puis refroidit dans un dessiccateur. La masse m_1 correspond à la masse du récipient et le couvercle ($m_1 \pm 0.0001g$) tandis que la masse m_2 , elle comprend le poids du récipient, le couvercle et la masse de l'échantillon du sucre blanc à analyser ($20 \text{ à } 30 \pm 0.0001g$).Après avoir déterminé m_1 et m_2 , le récipient est remet ouvert dans l'étuve pendant 3 heures. Au terme de l'incubation, le récipient avec le couvercle fermé est placé dans le dessiccateur suivit d'une pesée m_3 à $\pm 0.0001g$, qui correspond à la masse du récipient, couvercle et l'échantillon après séchage (**Méthode ICUMSA GS 2/1/3/9-15, 2007**).

L'humidité (H) du sucre blanc est exprimée en pourcentage (%), elle est calculée comme suit:

$$\text{Humidité (\%)} = [(m_2 - m_3) / (m_2 - m_1)] * 100$$

D'où:

m_1 : masse du récipient et le couvercle.

m_2 : masse du récipient, couvercle et l'échantillon avant séchage.

m_3 : masse du récipient, couvercle et l'échantillon après séchage.

IV.7. Taux de décoloration

Le taux de décoloration est exprimé en pourcentage (%) et calculé comme suit pour les trois systèmes de décoloration (**ICUMSA, 1994**).

Formule générale

$$TD = \frac{[(\text{Couleur du sirop entrant} - \text{couleur du sirop sortant}) / (\text{Couleur du sirop entrant})] * 100}{1}$$

IV.7.1. Taux de décoloration pour système carbofiltration

$$TD1 = \frac{[(\text{Couleur (SR)} - \text{couleur (SF)}) / (\text{Couleur (SR)})] * 100}{1}$$

IV.7.2 Taux de décoloration du système décoloration

$$TD2 = \frac{[(\text{Couleur (SF)} - \text{couleur (SD)}) / (\text{Couleur (SF)})] * 100}{1}$$

IV.8. Appareillage et matériels utilisés

Au sein de la raffinerie nous avons utilisés l'appareillage et le matériel cité dans le tableau 12.

Tableau 12 : Liste des différents appareils et matériels utilisés au niveau du laboratoire.

Appareillage et matériels utilisés	Type
Refractomètre de Bellingham + Stanley LTD	RFM 340
Spectrophotomètre	HERIOS gamma
Diluteur automatique mené d'une balance de précision	DP 64
pH mètre	HANNA instruments
Polarimètre	POLASER-S/R.E.I
Agitateur magnétique	VELP Scientifica
Etuve réglée à 105°C	MEMMERT / 500
Balance de précision	SARTORIUS CP4211
Balance analytique	KERN ALS 2204
Tamiseur du laboratoire	RETSCH / AS 200 basic
Pompe à vide	MULTIFIX M 80
Dessiccateur en verre	NALGE/SYBRON
Ordinateurs m du pro- logiciel « CLEOPATRE »	-

Au sein de la raffinerie nous avons utilisés l'appareillage présenté sur les figures 8, 9,10.



Figure 8 : Spectrophotomètre



Figure 9 : Réfractomètre.



Figure 10 : Polarimètre.

Chapitre V

Résultats et discussions

Le rôle de la raffinerie du sucre est l'élimination des impuretés (colorants) afin d'aboutir à un produit fini d'une couleur demandée qui réponds aux normes et aux exigences du consommateur.

Le travail réalisé consiste à un suivi de la couleur du sucre dans les différentes sections de raffinage durant une période de dix jours, et déterminer le taux de décoloration (le rendement), critère qui permet d'évaluer le pourcentage de colorants retenus par chaque système la carbo-filtration et décoloration.

V.1. Le système carbo-filtration

V.1.1. Sirop d'affinage et T200

La figure 12 illustre l'évolution de la couleur journalière des sirops de refonte sirop, d'affinage et T200, les valeurs de la couleur varient au alentour de 1400(UI) ceci est expliqué probablement par la couleur initiale de la matière première (sucre roux), et des fois en remarque une légère augmentation de la couleur de T200 et ceci est peut être expliqué par des fractions de matière première moins colorée (recyclage de sucre blanc des fois) qui donnent un sirop d'affinage moins coloré et des fois c'est l'ajout de sirop des masse cuite venu directement de l'unité sucre roux Cevital (T043 ; sucre refondu vers T200) au bac T200.

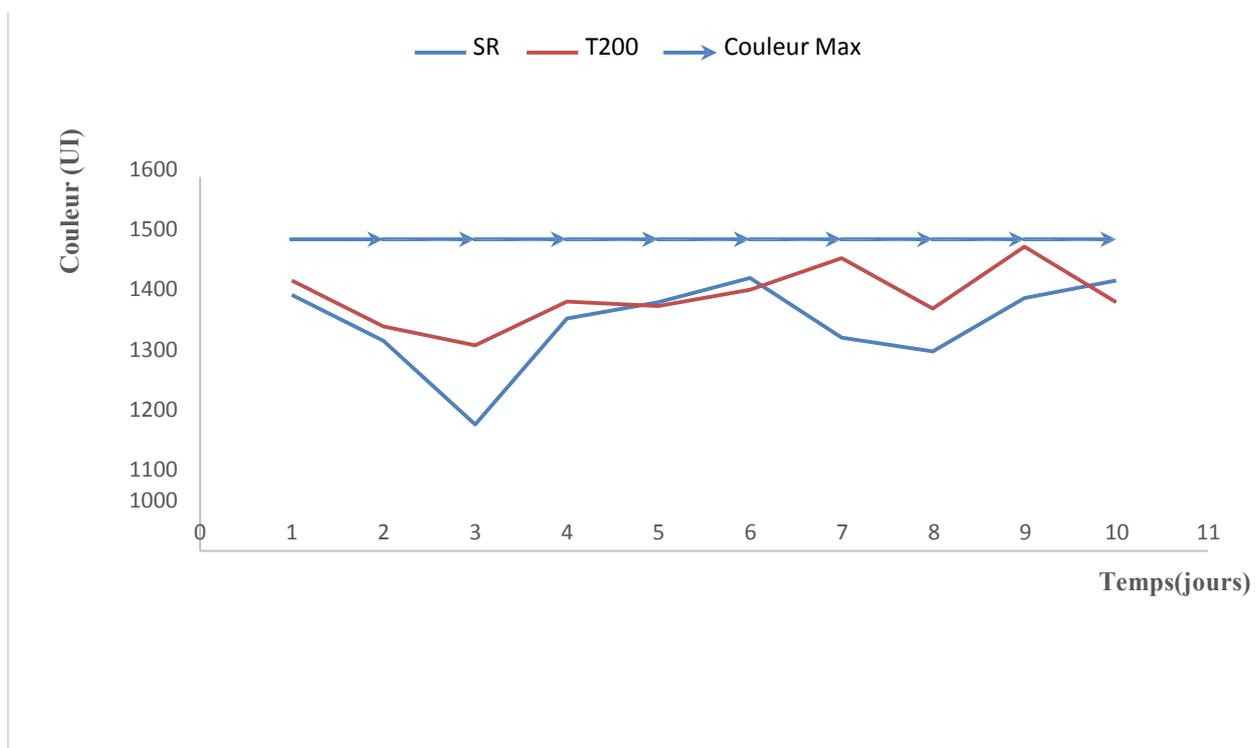


Figure 11 : Evolution de la couleur du sirop d'affinage et de refonte T200.

V.1.2. Sirop de refonte T200 et sirop filtré

La figure 13 illustre l'évolution de la couleur journalière des sirops de refonte (SR ; T200) et filtré (SF). Du 1^{er} jour au 5^{ème} jours, les valeurs de la couleur du SR varient au alentour de 1400 (UI) ceci est expliqué probablement par la couleur initiale de la matière première (sucre roux),

A partir du 8^{ème} jour, la coloration du SR croit pour atteindre une valeur maximale de 1511(UI) , cette élévation est due aux ajouts des liqueurs et sirops dans le bac T200 comme le sucre refondu envoyé de l'unité sucre roux et les égouts issus de la cristallisation des bas produits (BP) tandis que les résultats obtenus pour la couleur du sirop filtré varient de 326 à 600 (UI), ces valeurs sont conformes aux normes ICUMSA (800 UI).

L'allure de la courbe du SF est similaire à celle de SR, excepté pour le 5^{ème} jusqu'au 7^{ème} jour là où on a remarqué une baisse de couleur considérable, ceci est peut être expliqué par la recirculation du sirop décoloré entre les deux sections décoloration et filtration ou bien le renouvellement des toiles filtres exofalc des filtres à bougies ce qui rend la filtration plus efficace.

Les valeurs obtenues présentent un écart de couleur entre les deux sirops, les résultats confirment l'efficacité de la section de l'épuration et filtration appliquées au sirop de refonte.

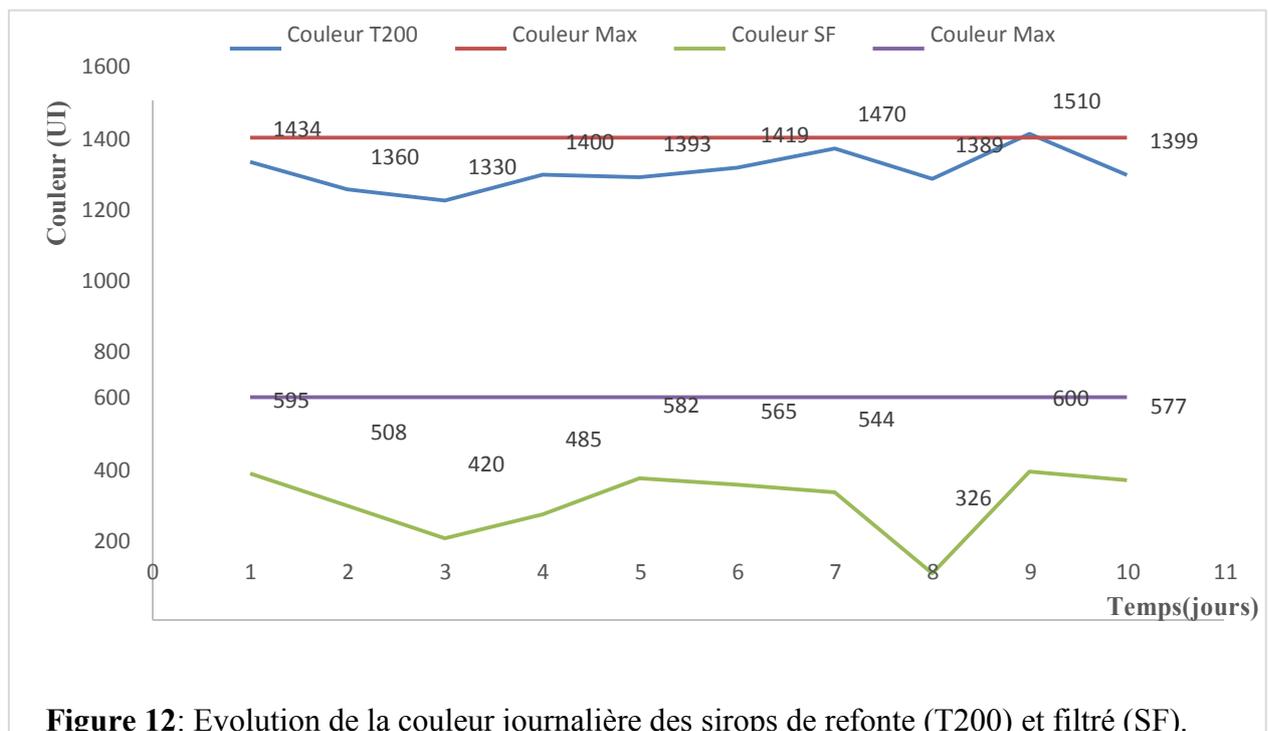


Figure 12: Evolution de la couleur journalière des sirops de refonte (T200) et filtré (SF).

V.1.3. Taux de décoloration

La figure 14 montre le taux de décoloration pour la section carbofiltration du SF, le rendement enregistré pour le 5^{ème} jour est la moine élevée (58,21%) puis il atteint une valeur maximale au 10^{ème} jour égale à 92,83%, cette augmentation traduit par une élimination importante des impuretés et une diminution de la couleur et ceci est dû à la recirculation du sirop carbonaté dans la section filtration ou dans section décoloration .

Selon [18], le rendement enregistré est de 35 à 40%, cette valeur est faible aux résultats obtenus dans la présente étude ceci est probablement dû à une bonne application des paramètres de la section carbonatation à savoir le chaulage, l'alcalinité et le pH. Une carbonatation bien menée conduit à une rétention des impuretés lors de la filtration, d'où une diminution de la couleur.

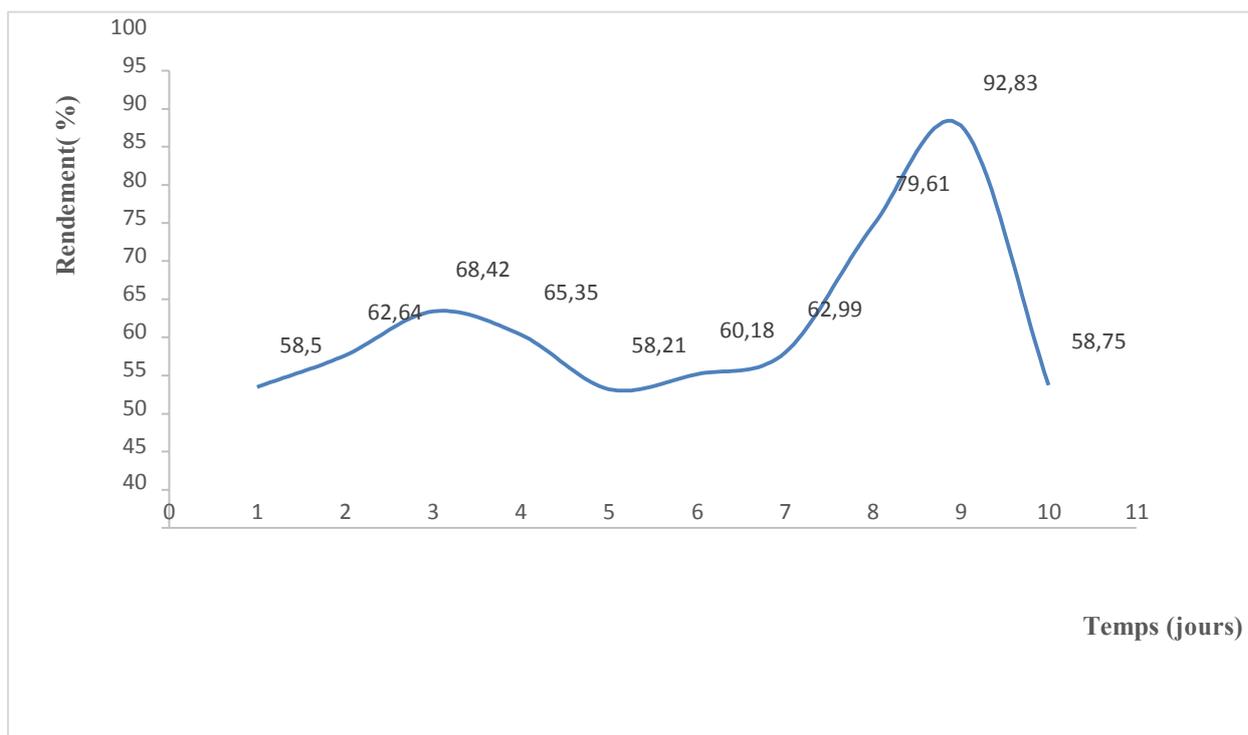


Figure 13:Le taux de décoloration ou bien le rendement du système carbofiltration.

V.2. Système décoloration

Ce système renferme une seule section c'est la section décoloration où la résine joue un rôle principal dans l'élimination des impuretés organiques dans le sirop, essentiellement les colorants échappés de la section carbofiltration [27].

Le sirop filtré correspond au sirop entrant à la section décoloration et le sirop sortant est appelé sirop décoloré.

V.2.1 Section de décoloration

La figure 15 représente l'évolution journalière moyenne de la couleur des sirops filtré (SF) et décoloré (SD).

Les résultats obtenus sur 10 jours montrent une variabilité de la couleur du SD, nos résultats varient entre 123(UI) à 199 (UI), elles sont inférieures à la norme (limite maximale est de 250 UI) et cela est expliqué par l'efficacité de la résine employée (résine bien régénérée chaque cycle ou résine neuve durant cette période).

Les valeurs obtenues présentent des écarts de couleurs importants entre les deux sirops filtré et décoloré toute fois les valeurs du sirop filtré sont aussi inférieures à la norme maximale (800 UI).

Selon [26], les principaux facteurs qui interviennent dans la décoloration d'un sirop sont: la couleur du sucre brut; le temps de séjour dans la colonne (Débit); la hauteur totale du lit de résine et l'état de la résine.

D'après le même auteur [26], la décoloration a pour objectif de ramené la couleur du SD entre 100 à 200 UI.

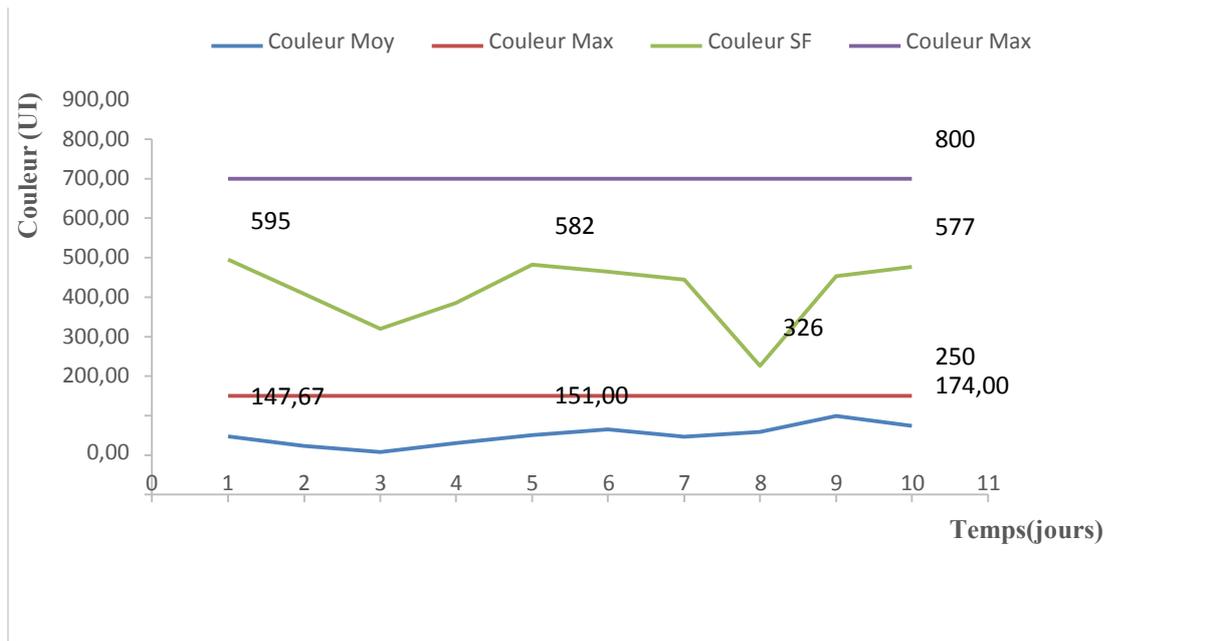


Figure 14 : Evolution de la couleur entre les deux sections ; la filtration et la décoloration.

V.2.2. Le taux de décoloration ou rendement de la section décoloration.

La figure 16 montre l'évolution du taux de décoloration journalier du système décoloration.

Le rendement de décoloration varie aux alentours de 72 à 75 %, à l'exception du 8^{ème} jour la ou on a remarqué valeur faible de 51,33 il est variable et cela est dû à l'efficacité des sections précédentes (couleur du sirop filtré) ainsi que la recirculation du sirop entre les deux sections la filtration et la décoloration ce qui joue un rôle considérable dans la baisse de la couleur du sirop filtré et cela se manifeste par une baisse importante du rendement de la décoloration.

Selon [26 ,27], le taux de décoloration moyen par cycle du raffinage varie de 80 à 85%, nos résultats un peu loin malgré l'efficacité de la section décoloration et cela est dû à la recirculation de sirop comme expliquer précédemment.

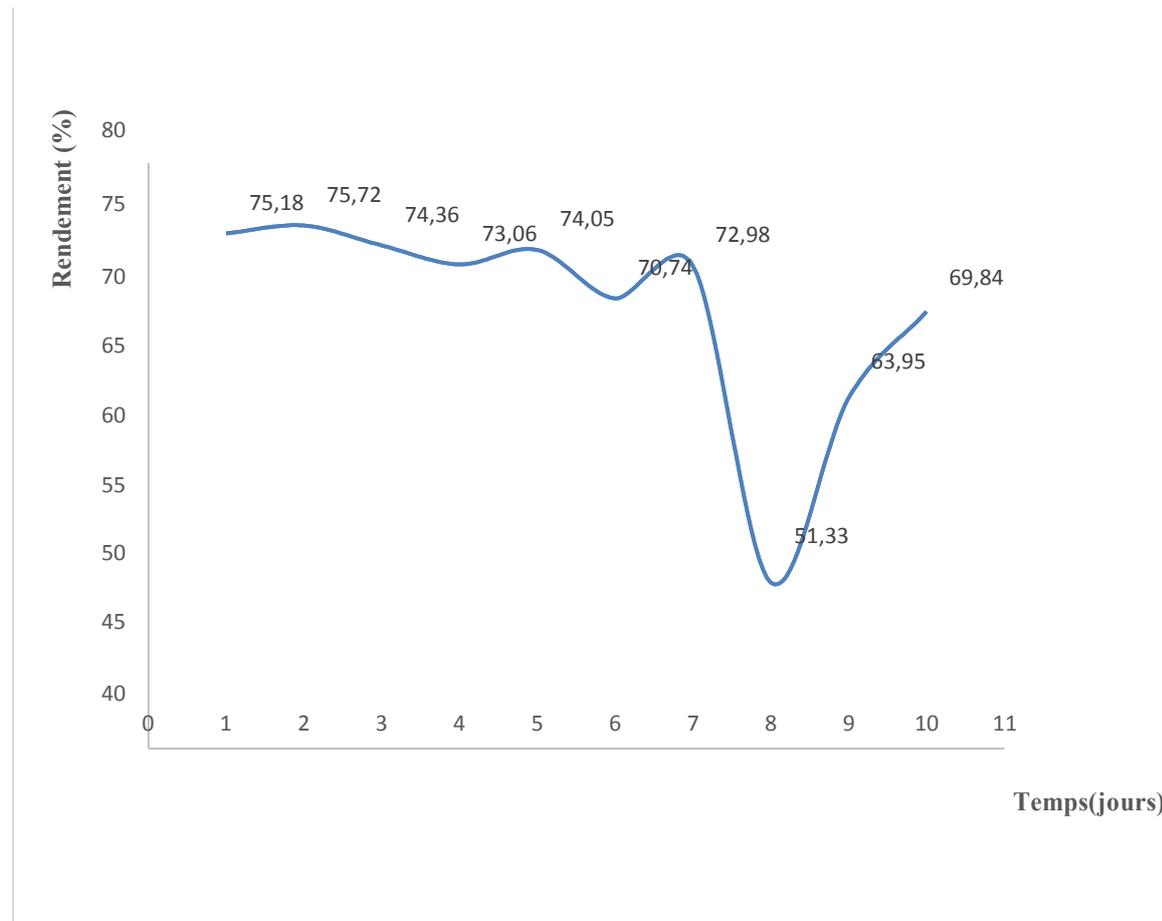


Figure 15 : Evolution du taux de décoloration journalière pour le système de décoloration.

V.3. Système de turbinage

V.3.1. Liqueurs

Le sirop de la section décoloration passe dans le système de turbinage qui comprend deux sections la concentration et cristallisation.

Les valeurs de la couleur journalière des trois courbes prennent la même allure durant les 10 jours presque excepté quelques variations au 5^{eme} et 8^{eme} jour et cela est dû aux paramètres du processus qui sont comme suite :

Pour le sirop décoloré les valeurs sont restées les mêmes car le sirop (SD) est issu du système décoloration et sans aucun changement.

Pour les deux autres sirops SC et LS1 ; l'allure de leurs courbes est similaire avec une légère augmentation de la couleur ces deux dernières qui s'explique probablement par l'influence de la température du concentrateur (121°C) sur le SD pour obtenir un SC à un Brix (63 à 73%) et une viscosité élevés pour faciliter la cristallisation dans les cuites.

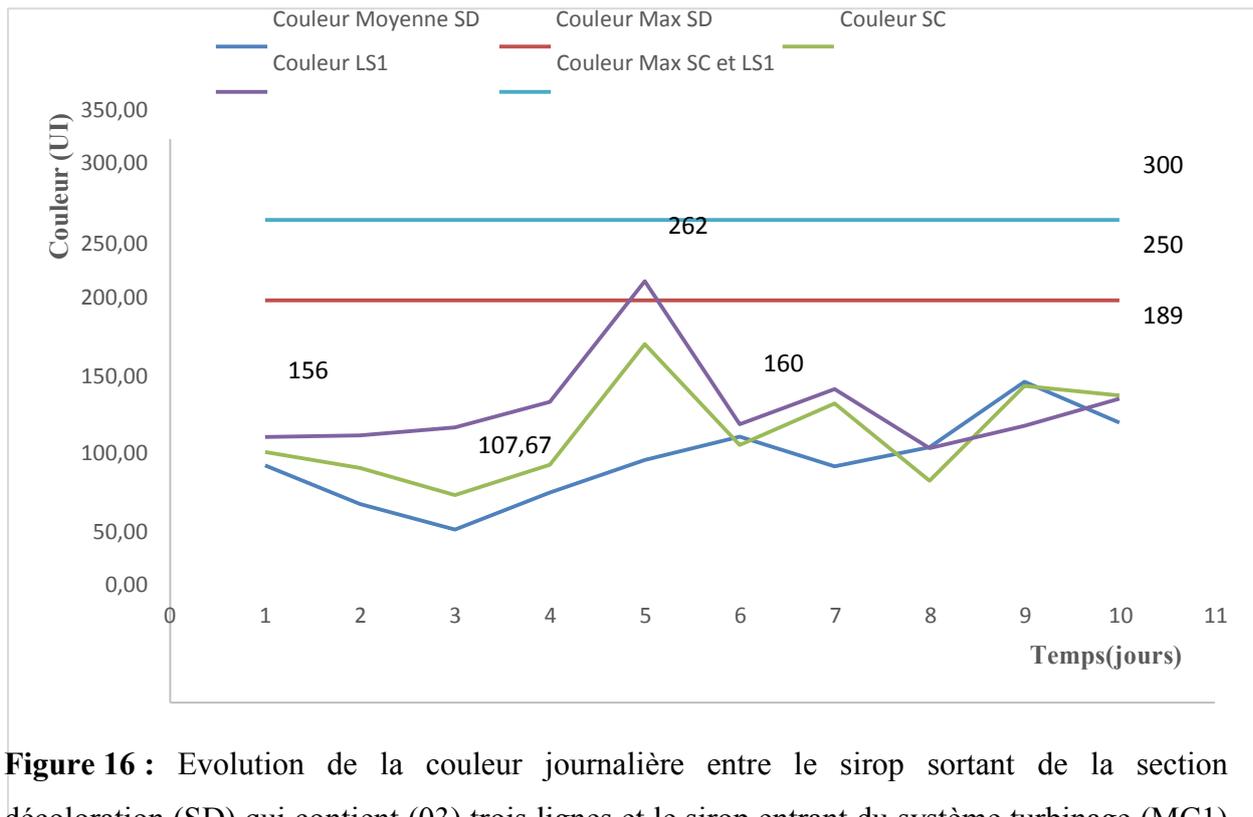


Figure 16 : Evolution de la couleur journalière entre le sirop sortant de la section décoloration (SD) qui contient (03) trois lignes et le sirop entrant du système turbinage (MC1) à savoir le sirop concentré (SC) et LS1 liqueur standard 1.

En ce qui concerne le LS1 c'est un sirop concentré stocké dans un bac appelé liqueur standard 1 (LS1) plus les égouts riches du turbinage de masse cuite 1 alors sa variation de couleur est une chose normale car il dépend une ; de la couleur du sirop concentré et de deux ; de la couleur des égouts riches issus du turbinage et cela on peut le constater et le voire clairement au 5^{eme} jour, tandis que les derniers jours à partir du 7^{eme} jours on remarque une diminution de la couleur et leurs courbes se rapprochent infiniment, ceci est due à l'efficacité des phénomènes de la concentration et la cuisson.

V.3.2. Liqueur standard 1(LS1) et liqueur standard 2 (LS2)

La courbe du LS1 est stable toute au long des 10 jours avec des valeurs de la couleur inférieures à la norme qui est de 300 UI et on l'a déjà expliqué dans l'étape de formation du LS1.

Les valeurs de couleurs de la liqueur standard LS2 sont comprises entre 532 et 849 UI, ces valeurs sont aussi dans la norme excepté une seule celle du premier jour 849 UI qui dépasse 800 UI qui la norme maximale.

Cette augmentation de couleur du LS2 est une chose logique car elle est issue des égouts pauvres du LS1 ; masse cuite1, lorsqu'on fait monté une MC1 à partir du LS1 et on la turbine pour avoir un sucre jet de qualité très supérieure y'aura deux sorte d'égouts : ER1 égout riche 1 qui va directement vers LS1 et EP1 égout pauvre 1 qui constitue la liqueur standard 2 LS2 qui est de couleur élevée car elle contient les égouts et les colorants du turbinage.

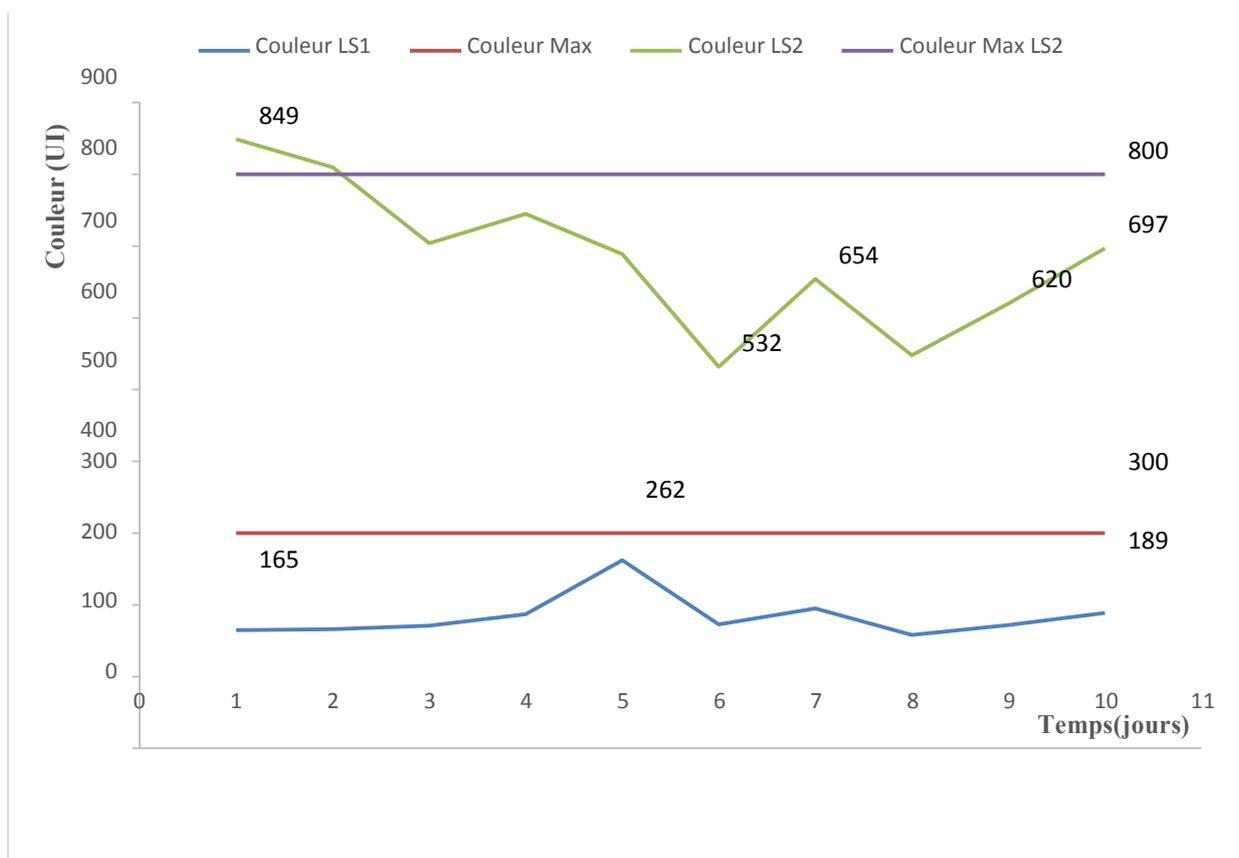


Figure 17 : Evolution de la couleur journalière entre la liqueur LS1 et LS2.

V.3.3. Liqueur standard 2 (LS2) et liqueur standard 3 (LS3)

Ces valeurs varient entre 1998 UI et 3632 UI ceci est expliqué par la couleur initiale élevée de la MC3 obtenue à partir du LS3 liqueur standard 3 ; cette dernière est issue encore des égouts pauvres de MC2 et les de cristallisation et à la couleur de cette dernière.

Les valeurs les plus élevées du LS3 sont observées au 01^{er} et le 07^{ème} jour (3632 UI et 3060 UI) même elles sont supérieures à la norme qui est de 3000 UI car ces liqueurs sont issues des égouts pauvres trop chargés en impuretés de MC2 ou bien la recirculation de la liqueur standard 3 (LS3) ou aux colorants de fabrication rencontrés lors de la cuisson et/ou à la durée de cristallisation trop longue, pour le reste des 08 jours les couleurs sont quand même dans la norme .

L'allure de la courbe et les valeurs du LS2 sont bien expliquées dans le titre précédent.

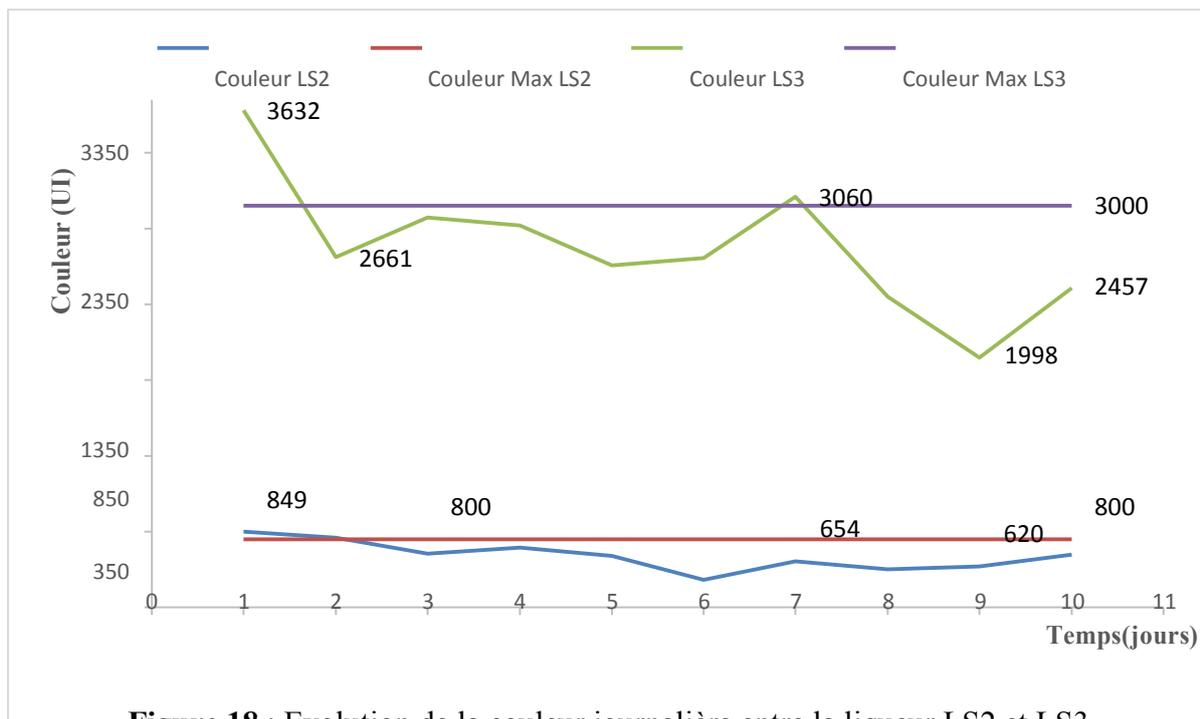


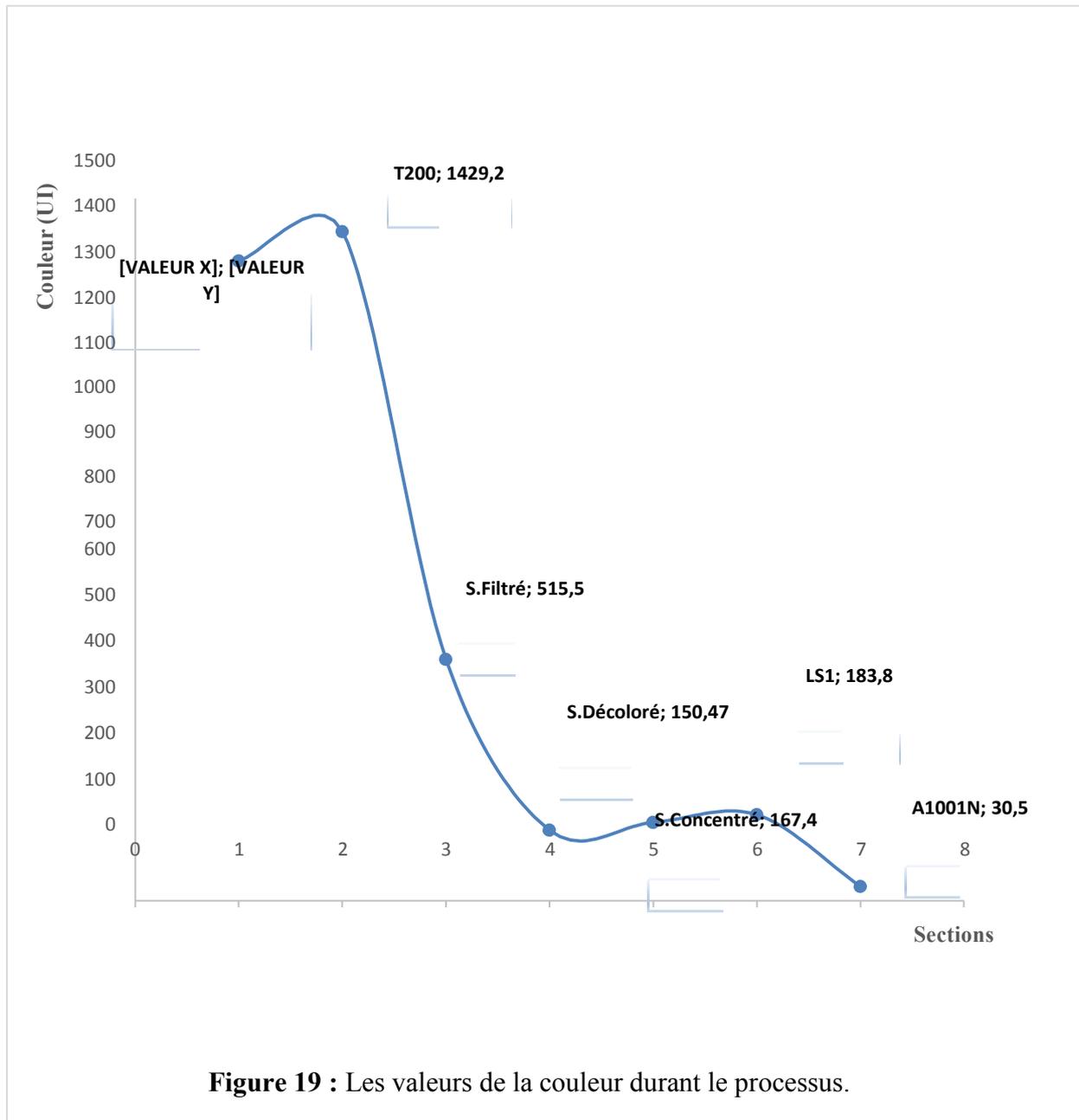
Figure 18 : Evolution de la couleur journalière entre la liqueur LS2 et LS3.

V.4. L'évolution de la couleur durant tout le processus

La figure 20 nous renseigne sur l'évolution de la couleur durant tout le processus de raffinage ; de la matière première qui est un sucre roux pleine d'impuretés et de couleur élevée au voisinage de 1500 UI jusqu'au sucre blanc de couleur blanchâtre inférieure à 45 UI voir moins qui est le produit fini. La figure aussi nous montre clairement une baisse considérable de couleur qui s'illustre par les résultats obtenus et l'allure de la courbe en passant d'une section à une autre et qui est le but principal de la raffinerie.

Le rôle et l'objectif essentielle de la raffinerie ou bien le raffinage est d'aboutir à un sucre blanc de qualité supérieur dont le paramètre le plus important est la couleur qui se

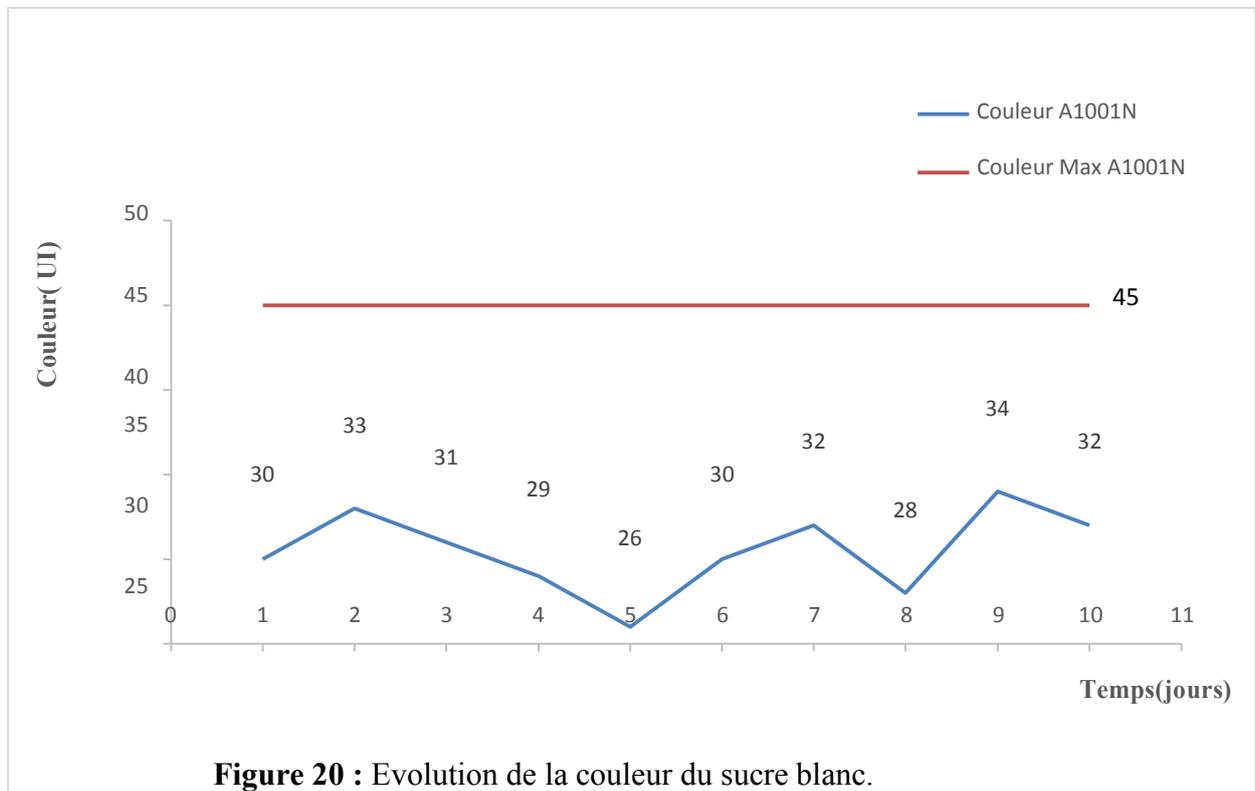
mesure en unité ICUMSA ; d'ailleurs un sucre blanc est dit de bonne qualité en terme de couleur si son degré de blancheur ou bien sa valeur en IU est basse et tend vers 01 UI.



V.5. Couleur du sucre blanc

Elles sont inférieures aux valeurs exigées par les deux normes ICUMSA et Algérienne (A), ceci certifie la conformité du sucre blanc de Cevital.

Cevital ces dernières années a fixé la bar très haute et cela par la fabrication d'un sucre de couleur inférieure à 35 UI « spécifications internes » et ce pour garder toujours la première place au monde au terme de qualité et quantité et satisfaire les clients et consommateurs du monde entier comme il a toujours fait.



Conclusion

A l'heure actuelle, l'industrie sucrière est confrontée à des contraintes à la fois économiques et environnementales. Les recherches entreprises en vue de l'amélioration de la qualité du sucre, avec des prix de revient les plus bas possibles, sont devenues des critères très importants dans l'industrie et le marché du sucre.

Cette situation a amené les sucriers à chercher les voies et les moyens d'augmenter le rendement de l'extraction du saccharose et d'accélérer le développement économique sans pour autant nuire à l'environnement.

Les impuretés naturelles du jus de canne contribuent largement sur la qualité du produit fini. De ce fait, la décoloration joue un rôle considérable dans le processus de raffinage.

Notre étude expérimentale a permis d'évaluer la couleur qui joue un rôle sur la qualité du sucre blanc.

En effet, le raffinage du sucre roux de canne est un processus très délicat nécessitant un contrôle continu qui aboutit à un sucre blanc, dont la couleur est un critère déterminant.

Les résultats obtenus durant la période de notre stage nous ont permis de vérifier la stabilité de procédé de raffinage au niveau de chaque section.

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure, que les systèmes de décoloration appliqués par CEVITAL sont efficaces pour obtenir un sucre blanc de bonne qualité qui répond aux normes. Dans le but d'approfondir cette étude, il serait intéressant de se focaliser sur l'étude spécifique de chaque étape de production, afin de maîtriser et mieux caractériser les paramètres agissant sur le rendement et la qualité du produit.

Références bibliographiques

- [1] **Multon J.L. (1992).** Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution dans les aliments. Dans : Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les I.A.A. (Multon J.L.). Ed. Tec et Doc Lavoisier, pp 2-10.
- [2] **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, novembre.
- [3] **Mathlouthi M. et Rogé B. (2004).** Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, 7 p.
- [4] **Bonie D. (2004).** Cours de technologies industrielles : l'usine agroalimentaire, école polytechnique universitaire de Lille, 42 p. 17.
- [5] **CEDUS (Centre d'Etudes et de Documentation du Sucre) (2002) :** Le sucre Mémo statistique, 12 p, Paris.
- [6] **Boussarsar H. (2008).** Application de traitements thermique et enzymatique de solubilisation et saccharification de la fraction hémicellulosique en vue de la valorisation de la bagasse de canne à sucre. Thèse de doctorat, Université de Reims champagne Champagne-Ardenne.
- [7] **Alais CH. et Linden G. (1997).** Biochimie Alimentaire. 4^{em} édition. ISBN : 2-225-82853-9.
- [8] **Raisonnier A. (2010).** Structures Biologiques, Objectifs pré requis pour Biochimie PCEM2. Biochimie métabolique et Régulations C1, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- [9] **Decloux M, (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (partie1). In techniques de l'ingénieur. (F 6 150), 18p.
- [10] **Pérez S, (1995).** Conformité du saccharose a l'état cristallin. In le saccharose : propriétés et application (**Mathlouthi M. et Reiser P**). Ed. Polytechnica, pp : 11-34.
- [11] **Mathlouthi M. et Reiser P. (1995).** Le saccharose propriétés et application. ISBN 2-84054- 031- 2.
- [12] **Doucet J. (1992).** Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires (Multon J.L.). Ed. TEC et DOC Lavoisier.
- [13] **Mathlouthi M. (2004).** Propriétés physiques et chimiques du saccharose.

Références bibliographiques

- [14] **Jeant R., Croguennec T., Schuck P. et Brulé G. (2006)**. Science des aliments biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Volume 1 stabilisation biologique et physico-chimiques. Lavoisier ISBN : 2-7430-0833-4.
- [15] **Cartier S. (1999)**. Sucrose recovery in new refinery: comparison between crystallization and chromatographic operations. Publication of technical papers and proceedings, fifty-eight annual meeting, sugar industry technologists, estoril, Portugal.
- [16] **Decloux M., Tatoud L. et Messad A. (1999)**. Rétention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association avh, 6^{ème} symposium, Reims.
- [17] **Asadi M. (2007)**. Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. USA. 884 p. pp 45 – 62
- [18] **Burzawa E. (1999)**. Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6^{ème} symposium. Reims.
- [19] **Bensouissi A., Rogé B. et Mathlouthi M. (2007)**. Auxiliaire technologiques utilisés en sucrerie, Industries Alimentaires et Agricoles, 123, 9- 17.
- [20] **Belhamri R. (2005)**. Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières étude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le processus sucrière p4, 98,99.
- [21] **Chi Chou C. et Chen J.C.P. (1993)**. Cane sugar Handbook : A manual for cane sugar manufacturers and their chemists. Twelfth Edition, John Wiley & Sons Inc., NY. USA. 1075 p.
- [22] **Bounie D. (2003)**. Cours de technologies industrielles : l'usine agroalimentaire, école polytechnique universitaire de Lille, 42 p.
- [23] **AFISUC. (2002b)**. Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Epuration, (EAO).
- [24] **Rachedi N, (2002)**. Précèdes de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation. , pp 1-30.
- [25] **Hamachi M., Gupta B.B. et Ben-Aim R. (2003)**. Ultra filtration : a means for decolorization of cane sugar Solution. Séparation and Purification Technology.
- [26] **Theoleyre M.A., Cartier S. et Decloux M. (1999)**. Couplage de la décoloration et de la nanofiltration des éluant de régénération en sucrerie de canne. Association AVH, 6^{ème} Symposium, Reims.
- [27] **Lameloise L et Decloux M. (2007)**. Les membranes en sucrerie et distillerie : Applications récentes et en développement. UMR GénIAI. AgroParisTech, site de Massy.

Références bibliographiques

- [28] **Bento M. et Sa S. (1998)**. Study of HMW compounds in sugar liquors from carbonation and ion-exchange resins, using GPC chromatography with an evaporative light scattering detector. *Sugarprocessingresearchconference*, Georgia.
- [29] **Gratius I., Decloux M., Dornier M. et Cuvelier G. (1995)**. The determination of polysaccharides in raw cane sugar syrups: perfecting of the phenol sulfuric acid method in order to characterize crossflow filtration. *International Sugar Journal*.
- [30] **Marc-André Theoleyre, Anne Gonin, Dominique Paillat, Florence Lutin, (2016)**. Vers une sucrerie zéro effluent, le cas de la raffinerie de sucre. IAA La revue des industries agroalimentaires.
- [31] **Applexion. (2006)**. Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante. Manuel opératoire CEVITAL-ALGERIE. FORM 002A.
- [32] **Hugot E, (1987)**. La sucrerie de canne : carbonatation. Lavoisier, tec & Doc, 3^{ème} édition.
- [33] **Mathlouthi M. et Barbara R, (2001)**. L'extraction du sucre. CEDUS : Centre d'étude et de documentation du sucre (p1-11-14).
- [34] **Mathlouthi M. et Mc Barbara R. (2004)**. Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims.
- [35] **Gromdin-Perez B; Benne M. et Chabriat J. P. (2005)**. Supervision of crystallization in Bois Rouge sugar mill using on-line crystal content. Estimation using synchronous microwave and refractometric brix measurements. *Journal of Food Engineering* 76p.
- [36] **Decloux M. (2003)**. Procèdes de transformation en sucrerie (partie2). In techniques de l'ingénieur.
- [37] **Burzawa E. et Heitz F. (1994)**. La cristallisation du sucre: des bases théoriques à la production industrielle. La cristallisation : applications au sucre et aux produits sucrés, 3^{ème} colloque de l'alliance 7 et du CEDUS. - Paris, France. pp: 3-19.
- [38] **JORA (1997)**. Arrêté interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc. 2p.
- [39] **AFISUC. (2002a)**. Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1.
- [40] **Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007)**. *Science des aliments*. Lavoisier, Tec et Doc.
- Codex STAN 212-1999 (Amend. 1-2001)**. NORME CODEX POUR LES SUCRES.
- ICUMSA Method GS1/3/4/7/8-13 (1994)**. The Determination of Conductivity Ash in Raw Sugar, Brown Sugar, Juice, Syrup and Molasses – Official.

Références bibliographiques

ICUMSA Method GS1/3-7 (2002). Determination of the Solution Colour of Raw Sugars, Brown Sugars and Coloured Syrups at pH 7.0 – Official.

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.

ANNEXES

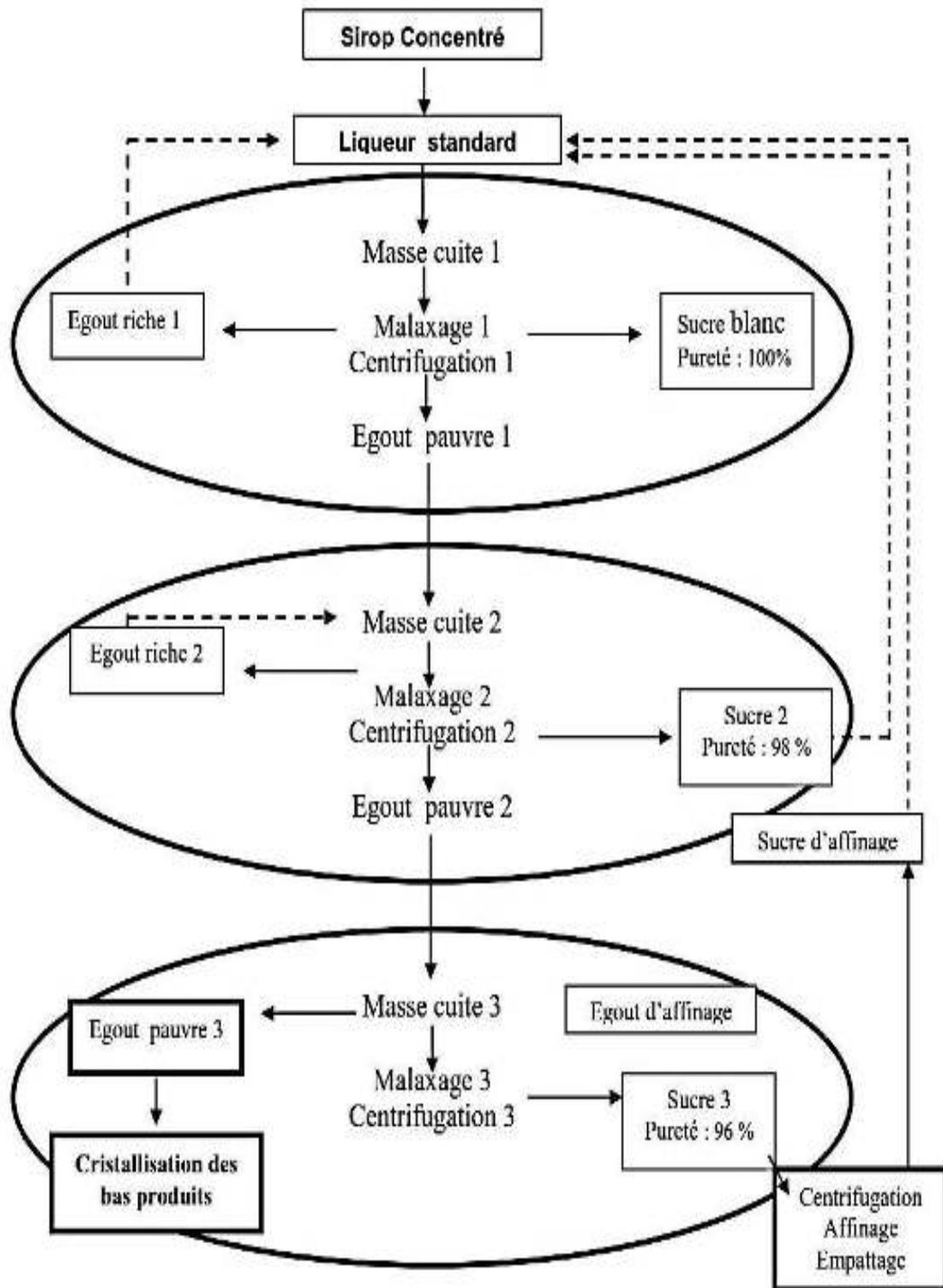


Figure 1 : Cycle de cristallisation des Haut Produits en trois jets [40].

Tableau 1 : Résultats de mesure de la couleur de sirop de refonte et de T200 Durant 10 jours.

Jours	Couleur SR	Couleur T200	Couleur Max
1	1411	1434	1500
2	1337	1360	1500
3	1203	1330	1500
4	1373	1400	1500
5	1399	1393	1500
6	1438	1419	1500
7	1342	1470	1500
8	1320	1389	1500
9	1406	1488	1500
10	1434	1399	1500
moyenne	1366,3		

Tableau 2 : Résultats de mesure de la couleur de T200 et de sirop filtré Durant 10 jours.

Jours	Couleur T200	Couleur Max	Couleur SF	Couleur Max
1	1434	1500	595	800
2	1360	1500	508	800
3	1330	1500	420	800
4	1400	1500	485	800
5	1393	1500	582	800
6	1419	1500	565	800
7	1470	1500	544	800
8	1389	1500	326	800
9	1510	1500	600	800
10	1399	1500	577	800
moyenne	1410,4	1500	520,2	800

Annexes

Tableau 3 : Résultats de mesure de la couleur des sirops décolorés et de leurs moyennes
Durant 10 jours.

Jours	Couleur SD1	Couleur SD2	Couleur SD3	Couleur Moy	Couleur Max
1	143	128	172	147,67	250
2	108	120	142	123,33	250
3	95	105	123	107,67	250
4	64	157	171	130,67	250
5	137	128	188	151,00	250
6	142	146	208	165,33	250
7	114	136	191	147,00	250
8	127	145	204	158,67	250
9	177	188	233	199,33	250
10	173	150	199	174,00	250

Tableau 4 : Résultats de mesure de la couleur de sirop carbonaté et de liqueur standard 1
Durant 10 jours.

Jours	Couleur SC	Couleur Max	Couleur LS1
1	156	300	165
2	146	300	166
3	129	300	171
4	148	300	187
5	223	300	262
6	160	300	173
7	186	300	195
8	138	300	158
9	197	300	172
10	191	300	189
moyenne	167,4	300	183,8

Annexes

Tableau 5 : Résultats de mesure de la couleur des liqueurs standards Durant 10 jours.

Jours	Couleur LS1	Couleur Max	Couleur LS2	Couleur Max LS2	Couleur LS3	Couleur Max LS3
1	165	300	849	800	3632	3000
2	166	300	810	800	2661	3000
3	171	300	704	800	2924	3000
4	187	300	745	800	2870	3000
5	262	300	689	800	2608	3000
6	173	300	532	800	2655	3000
7	195	300	654	800	3060	3000
8	158	300	428	800	1108	3000
9	172	300	359	800	557	3000
10	189	300	697	800	2457	3000

Tableau 6 : Résultats de mesure de la couleur de sucre blanc Durant 10 jours.

Jours	Couleur A1001N	Couleur Max A1001N
1	30	45
2	33	45
3	31	45
4	29	45
5	26	45
6	30	45
7	32	45
8	28	45
9	34	45
10	32	45
moyenne	30,5	45

Annexes

Tableau 7 : Résultats de mesure de la couleur le long du processus Durant 10 jours.

Sections	Evolution de la Couleur durant le processus
Sirop de Refonte	1366,3
T200	1429,2
Sirop de Filtré	515,5
Sirop de Décoloré	150,47
Sirop de Concentré	167,4
LS1	183,8
A1001N	30,5

Tableau 8 : Résultats de mesure de rendement de système de la carbofiltration Durant 10 jours.

Jours	Couleur T200	Couleur SF	Rendement	Rendement
1	1434	595	58,5	58,5077
2	1360	508	62,64	62,6471
3	1330	420	68,42	68,4211
4	1400	485	65,35	65,3571
5	1393	582	58,21	58,2197
6	1419	565	60,18	60,1832
7	1470	544	62,99	62,9932
8	1599	326	79,61	79,6123
9	1488	553	92,83	62,8360
10	1399	577	58,75	58,7563

Annexes

Tableau 9 : Résultats de mesure de couleur et de rendement de sirop filtré et du sirop décoloré Durant 10 jours.

Jours	Couleur SF	Couleur SD1	Rendement	Rendement
1	595	143	75,97	75,97
2	508	108	78,74	78,74
3	420	95	77,38	77,38
4	485	64	86,8	86,80
5	582	137	76,46	76,46
6	565	142	74,87	74,87
7	544	114	79,04	79,04
8	326	127	61,04	61,04
9	553	177	67,99	67,99
10	577	173	70,02	70,02

Tableau 10 : Résultats de mesure de couleur et de rendement de sirop filtré et de sirop décoloré Durant 10 jours.

Jours	Couleur SF	Couleur Moy SD	Rendement	Rendement
1	595	147,67	75,18	75,18
2	508	123,33	75,72	75,72
3	420	107,67	74,36	74,36
4	485	130,67	73,06	73,06
5	582	151,00	74,05	74,05
6	565	165,33	70,74	70,74
7	544	147,00	72,98	72,98
8	326	158,67	51,33	51,33
9	553	199,33	63,95	63,95
10	577	174,00	69,84	69,84

Table de matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Glossaires	
Les des tableaux	
Liste des figures	
Sommaire	
Introduction	1

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : Généralités sur le sucre de canne

I.1.Historique.....	2
I.2.Origine de sucre	2
I.2.1.Canne à sucre	3
I.2.2.Description botanique de la canne à sucre	3
I.2.3.Composition de la canne à sucre.....	4
I.3.Le saccharose	4
I.3.1.Définition	4
I.3.2.Composition et structure du saccharose.....	5
I.3.3.Propriétés physico-chimiques	6
I.3.3.1. Aspet	6
I.3.3.2.Granulométrie	6
I.3.3.3. Densité	6
I.3.3.4.Solubilité.....	7
I.3.3.5.Inversion	7
I.3.3.6. Pouvoir rotatoire	7
I.3.3.7.Le point de fusion	7
I.3.3.8. Activité de l'eau (aw).....	8
I.3.3.9. Fonction organoleptique	8

CHAPITRE II : Le procédé de raffinage du sucre roux de canne

II.1. Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries	9
II.1.1. Affinage et refonte.....	9
II.1.2. Epuration calco-carbonique.....	9
II.1.3. Filtration	11

Table de matières

II.1.4. Décoloration	12
II.1.4.1.Principaux colorants présents dans le sucre de canne	12
II.1.4.2.Procédé de décoloration.....	13
II.1.4.3.Facteurs intervenants dans la décoloration.....	15
II.1.4.4. Avantages et inconvénient des résines	16
II.1.5. Concentration.....	16
II.1.6. Cristallisation.....	16
II.1.7. Séchage.....	18
II.1.8. Maturation et Conditionnement.....	18

CHAPITRE III : Normes et qualités

III.1. Qualité du sucre blanc	20
III.2.La classification des sucres selon les différents textes réglementaires	20

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

Présentation de l'organisme d'accueil.....	23
IV.1. Echantillonnage et prélèvement	25
IV.2. Préparation des échantillons.....	28
IV.3 Analyses effectuées.....	28
IV.3.1 Mesure de la couleur	28
IV.3.2 Mesure de la pureté	29
IV.3.3 Mesure de l'alcalinité.....	29
IV.4.Analyses physico-chimiques.....	29
IV.4.1 Mesure de brix : (SR, SF, SD et jet1)	29
IV.4.2. Mesure de la couleur des sirops (SR, SF, SD,SC,LS1 et MC)	30
IV.4.3. Mesure de Couleur des jets (jet1, jet2 et jet3) :	30
IV.5 Evaluation de la qualité du sucre blanc.....	30
IV.5.1. Polarisation du sucre blanc	31
IV.5.2 Détermination des cendres conductimétriques.....	31
IV.5.3 Mesure de la couleur	32
IV.5.4 Test de l'humidité	32
IV.6. Taux de décoloration.....	32
IV.6.1.Taux de décoloration pour système carbofiltration.....	32
IV.6.2 Taux de décoloration du système décoloration.....	33

Table de matières

IV.7 Appareillage et matériels utilisés.	33
---	----

CHAPITRE V : Résultats et discussions

V.1 Le système carbofiltration	35
V.1.1. Sirop d'affinage et T200.....	35
V.1.2.Sirop de fonte T200 et sirop filtré	36
V.1.3.Taux de décoloration	37
V.2. Système décoloration :	38
V.2.1 Section de décoloration.	38
V.2.2. Le taux de décoloration ou rendement de la section décoloration.	39
V.3. Système de turbinage.....	40
V.3.1 Liqueurs.....	40
V.3.2. Liqueur standard 1(LS1) et liqueur standard 2 (LS2).	41
V.3.3. Liqueur standard 2 (LS2) et liqueur standard 3 (LS3).	42
V.4.L'évolution de la couleur durant tout le process	43
V.5. Couleur du sucre blanc	45
Conclusion	46

Références bibliographique

Annexes

Table de matières

Résumé

Le raffinage du sucre roux est une nouvelle technologie introduite dans notre pays par le complexe industriel CEVITAL. La confection du sucre blanc repose sur des principes physicochimiques de cristallisation du saccharose qui demeurent encore aujourd'hui plutôt obscurs. Il est absolument nécessaire de caractériser les effets des paramètres de fabrication tout au long du processus de cristallisation et ainsi de contrôler la qualité du produit fini destiné au consommateur.

Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés, et ce afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique.

De façon générale, les colorants contenus dans le sucre de canne sont des macromolécules ayant un comportement d'acides faibles. Afin de les éliminer le complexe CEVITAL utilise une ligne de décoloration, dont le fonctionnement est régi par des résines échangeuses d'ions.

L'étude a permis de mettre en évidence le rôle capital de la conduite d'une bonne décoloration et son impact direct sur le caractère final du produit fini.

Mots clés : Saccharose, Technologie sucrière, Impact de la décoloration et la qualité du sucre.

Abstract

The refining of brown sugar is a new technology introduced in our country by the CEVITAL industrial complex. The preparation of white sugar is based on physicochemical principles of sucrose crystallization which still remain rather obscure today. It is absolutely necessary to characterize the effects of the manufacturing parameters throughout the crystallization process and thus to control the quality of the finished product intended for the consumer.

The first objective of refining sugar is the elimination of color among other impurities, in order to produce a sugar of good color and exhibiting good crystallographic homogeneity.

In general, the dyes contained in cane sugar are macromolecules with weak acid behavior. In order to eliminate them, the CEVITAL complex uses a bleaching line, the operation of which is governed by ion exchange resins.

The study made it possible to highlight the crucial role of the conduct of a good discoloration and its direct impact on the final character of the finished product.

Keywords: Sucrose, Sugar technology, Impact of discoloration and Sugar quality.