

Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Filière : Sciences alimentaires
Option : Qualités des produits et sécurité alimentaires



Réf :

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

MASTER

Thème

**Procédé de décoloration et son impact sur les
caractéristiques physico-chimiques du sucre
(Évolution de la couleur)**

Présenté par :

Kennouche Rahima et Menaouil Nesrine

Soutenu le : **13 Septembre 2022**

Devant le jury composé de :

M. Bachir Bey Mustapha.	MCA	Président
Mme. Fella-Temzi Samira.	MCB	Encadrant
Mme. Issaadi Ouarda.	MCB	Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022



Remerciements

Tout d’abord, nous remercions Dieu, le généreux qui a enseigné à l’Homme ce qu’il ne savait pas et aussi de nous avoir donné la force afin d’accomplir ce travail.

Nous profonde gratitude est exprimée à notre promotrice Mme Fella Samira, qui nous à fait l’honneur de diriger ce travail et, sa constante disponibilité, ses conseils et sa gentillesse.

Nous tenons également à remercier les membres du jury en l’occurrence Mr Bachir Bey Mustapha qui à accepté de présider le Jury et Madame Issaadi, d’avoir accepté d’examiner ce travail.

Nous tenons à remercié aussi les enseignants de l’université de Bejaia plus précisément le département de Sciences Alimentaires.

Nous tenons à exprimer toute nous gratitudes et nous respects à l’équipe de laboratoire des analyses physico-chimiques et de production au niveau de CEVITAL.

Nos remerciements pour toute personne ayant participer de pris ou de loins à la réalisation de ce modeste travail et surtout nos chers parents.





Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail a ma famille elle qui ma doté dune éducation digne
son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*Particulièrement à mon père pour le gout a l'effort qui a suscité en moi, de par sa
rigueur*

*Et Ma très chère maman celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir, à la
source d'amour*

*A mes chère frères qui mont toujours soutenus et encouragé durant ces années
d'étude.*

*A mes chère amies: Dalila, Lina, Thiziri, Sarah, Fatima, cylie pour leur aide et
support dans les moments difficiles.*

*Et a toute la promotion M2, QPSA 2022 qui est la pierre de l'édifice de notre
Je les souhaite une bonne continuation, ainsi qu'une réussite professionnelle
répandant à leurs ambitions personnelles!*

*Et enfin pour tous les enseignants de la faculté de science de la vie et de la
nature.*

Et A tous ceux qui de prés ou de loin m'ont soutenue

Rahima





Dédicaces

À la mémoire de la personne la plus chère à mon cœur

Mon père

À ceux qui m'ont appris à croire et à ne jamais perdre l'espoir

À ma mère qui était là pour moi

A ma soeur mahdia

À ma soeur souad ET mes frères Adel ET abd samiaa

À mes neveux ET mes nièces

À ma personne la plus préférée au monde

Hamlat Lydia

ET À tous les gens qui je n'oublierai jamais



Liste des figures

Figure1 : Canne à sucre.....	4
Figure 2 : Coupe de la canne a sucre.....	5
Figure 3 : Procédé d'extraction de sucre roux.....	7
Figure 4 : Molécule de saccharose dans le cristal.....	9
Figure 5 : Décomposition du saccharose en présence d'acides.....	10
Figure 6 : Schéma du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL.....	17
Figure 7 : Schéma de la section décoloration au sein du complexe CEVITAL.....	20
Figure 8 : Schéma illustrant les modes de fonctionnement des trois colonnes de décoloration de l'organisme CEVITAL, en série et en parallèle.....	21
Figure 9 : Schéma de régénération à contre courant d'une colonne de décoloration au sein de l'entreprise.....	24
Figure 10 : Schéma illustrant l'installation de l'inerte responsable de la protection des collecteurs.....	25
Figure 11 : Suivi du Brix au cours du raffinage du sucre.....	32
Figure 12 : Suivi du pH au cours de raffinage du sucre.....	33
Figure 13 : Suivi du pH des sirops filtrés, décolorés 1 et 2.....	34
Figure 14 : Suivi de la pureté au cours du raffinage du sucre.....	35
Figure 15 : Suivi de la couleur du sucre roux et sirop de fonte.....	36
Figure 16 : Suivi de la couleur de sirop filtré.....	37
Figure 17 : Suivi de la couleur des deux sirops décolorés.....	38
Figure 18 : Suivi de la couleur du sirop filtré avec les sirops décolorés 1 et 2.....	39
Figure 19 : Suivi des taux de décoloration des deux sirops décolorés 1 et 2.....	40
Figure 20 : Suivi de la couleur liqueur standard 1 et masse cuite R1.....	41
Figure 21 : Suivi de la couleur de sucre blanc en fonction du temps.....	42
Figure 22 : Suivi de l'humidité du sucre roux.....	43

Figure 23: Suivi de l'humidité du sucre blanc.....	44
Figure 24 : Teneur des sucres invertis du sucre blanc.....	45
Figure 25 : Suivi de la pureté du sucre blanc	45
Figure 26 : Suivi d'ouverture moyenne du sucre blanc.....	46
Figure 27 : Suivi du coefficient de variation du sucre blanc.....	47

Figures inserés en annexe

- Figure 1:** Organigramme de l'entreprise Cevital
- Figure 2 :** Fonctionnement d'un filtre à presse
- Figure 3:** Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à bougie
- Figure 4:** Cascade des puretés en 3 jets
- Figure 5 :** Rafractomètre
- Figure 6:** Polarimètre
- Figure 7 :** Diluteur
- Figure 8 :** Agitateur magnétique
- Figure 9 :** Pompe à vide

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition moyenne de la canne à sucre.....	6
Tableau 2: Pouvoirs sucrants et flaveur de certains glucides	11
Tableau 3: Caractéristiques de la résine Amberlite XA 4041Cl.....	26
Tableau 4: Avantages et inconvénient des résines.....	26
Tableau 5: Les différentes analyses effectuées aux divers produits.....	27

Tableaux insérés en annexe

Tableau 1: Table de correction pour la teneur en sucres réducteurs de sucre blanc.
Tableau 2: Résultats d'évolution de Ph et purté des produits au cours de raffinage.
Tableau 3: Résultats d'humidité du sucre roux.
Tableau 4: Résultats de la granulometrie du sucre Blanc.
Tableau 5: Résultats d'analyse du sucre blanc.
Tableau 6: Résultats des analyses d'évolution de la couleur des produits.
Tableau 7: Analyses et appareillages utilisées.

Liste des abréviations

AVC : Avant Jésus Crist.

IUPAC-IUB : Commission biochimique nomenclature.

PDAH : Produits de Dégradation Alcaline des Hexose.

CACO3: Carbonate de calcium.

SC : Sirop carbonaté deux.

ICUMSA : Commission Internationale d'Unification des Méthodes d'Analyse de Sucre.

CEE : Communauté Economique Européenne.

OMS: Organisation mondiale de la santé.

FAO: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

UI: ICUMSA.

CV : Coefficient de Variation.

LS : Liqueur Standard.

m E : masse d'Eau.

m MS : masse de la Matière sèche.

m NS : masse de Non Sucre.

m S : masse de Sucre.

MS : Matière Sèche.

NS : Non Sucre.

R1 : Masse cuite.

SR : Sirop de Refonte.

SF : Sirop filtré.

SD : Sirop Décoloré.

LS1: Liqueur Standard.

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Partie théorique

Chapitre I : Généralité sur le sucre

I.1. canne à sucre	3
I.1.1. Historique	3
I.1.2. Définition	4
I.1.3. Description	4
I.1.4. Composition	6
I.1.5. Procédé d'extraction	6
I.2. Saccharose	8
I.3. Caractéristiques physico chimique	8
I.3.1. Physiques	8
I.3.1.1. Aspect	8
I.3.1.2. Température de fusion	8
I.3.1.3. Activité de l'eau	8
I.3.1.4. Pouvoir rotatoire	8
I.3.1.5. Granulométrie	9
I.3.2. Chimiques	9
I.3.2.1. Structure	9
I.3.2.2. Hydrolyse enzymatique	10
I.3.2.3. Décomposition acide.....	10
I.3.2.4. Décomposition alcaline.....	10
I.3.2.5. Pureté.....	11
I.4. Qualité organoleptique.....	11

I.5. Qualité bactériologique	12
------------------------------------	----

Chapitre II : Raffinage du sucre roux

II.1. Réception	13
II.2. Empattage	13
II.3. Refonte	13
II.4. Chaulage.....	13
II.5. Carbonatation	14
II.5.1. Première carbonatation	14
II.5.2. Deuxième carbonatation	14
II.5.3. Troisième carbonatation	14
II.6. Filtration.....	15
II.7. Décoloration	15
II.8. Concentration	15
II.9. Cristallisation	15
II.9.1. Cuisson.....	16
II.9.2. Malaxage turbinage	16
II.10. Séchage	16
II.11. Maturation	16
II.12. Stockage et conditionnement	16

Chapitre III Décoloration

III.1. Principaux colorants présents dans le sucre à canne	18
III.1.1. Colorants naturels	18
III.1.2. Colorants formés lors de processus	18
III.1.2.1. Mélanoidines	19
III.1.2.2. Mélanines	19
III.1.2.3. Caramels	19
III.1.2.4. Produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH)	19
III.2. Procédé générale de la décoloration	20

III.3 Résine échangeuse d'ion	22
III.4. Mécanismes d'action de la résine	22
III.5. Étapes de fonctionnement d'un résine d'un cycle	23
III.5.1. Production	23
III.5.2. Ensurance	23
III.6. Régénération de la résine	23
III.7. Dépollution	25
III.8. Définition de l'inerte	25
III.9. Caractéristiques de la résine (Amberlite XA 4041Cl)	25
III.10. Avantage et inconvénient de la résine	26

Partie pratique

Matériels et méthodes

I.1. Échantillonnage et prélèvement	27
I.2. Analyses physicochimiques	27
I.2.1. Brix	27
I.2.2. Polarisation	28
I.2.3. Pureté	29
I.2.3.1. Déterminations de la pureté des sirops de refonte, filtré et décoloré.....	29
I.2.4. Colorimétrie	30
I.2.4.1. Détermination de la couleur des sirops filtré, Liqueur standard ₁ , décoloré ₁ et 2.....	30
I.2.4.2. Détermination de la couleur de sirop de refonte	30
I.2.4.3. Détermination de la couleur de la masse cuite R1 et sucre blanc.....	31

Résultats et discussion

II.1.Évolution des paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage.....	32
II.1.1. Évolution du Brix au cours du processus de raffinage	32
I.1.2. Évolution du pH au cours du processus de raffinage	33
II.1.2.1. Évolution du pH des sirops filtré et décolorés 1et 2.....	34
II.1.3. Évolution de la pureté au cours du processus de raffinage.....	35
II.1.4.Évolution de la couleur du sucre roux (brute) et sirop de refonte (RF).....	36

II.1.5. Évolution de la couleur de sirop filtré (SF).....	37
II.1.6. Évolution de la couleur des Sirops décolorés 1 et 2.....	38
II.1.7. Taux de décoloration (TD1 et TD2).....	40
II.1.8. Évolution de la couleur de liqueur standard 1.....	41
II.1.9. Évolution la couleur masse cuite R1.....	42
II.1.10. Liqueur standard 1 et masse cuite R1.....	42
II.2. Évolution de la conformité du sucre blanc.....	42
II.2.1. Évolution de la couleur du sucre blanc.....	42
II.2.2. Évolution de l'humidité du sucre blanc.....	43
II.2.2.1. Humidité sucre roux.....	43
II.2.2.2. Humidité sucre blanc.....	44
II.2.3. Évolution des sucres invertis.....	44
II.2.4. Évolution de la pureté du sucre blanc.....	45
II.2.5. Évolution de la granulométrie du sucre blanc.....	46
Conclusion.....	48

INTRODUCTION

Le sucre est un aliment essentiel dans notre assiette et même sans le vouloir ou le savoir, on le consomme plusieurs fois dans la journée sous un menu (sodas, pain de mie ou blanc, sucre en morceaux, pâtisseries, glaces, biscuits).Celui-ci peut être extrait par de nombreuses plantes, principalement de la canne à sucre et de la betterave sucrière (**Arzate, 2005**).

Il est produit par plus de 111 pays différents, dont les deux tiers pour la canne à sucre et un tiers pour la betterave. Toutes les parties de la plante sont exploitées et donnent une vaste gamme de produits, allant des produits alimentaires (sucre) ou des aliments pour animaux jusqu'aux bioproduits destinés à l'industrie (produits pharmaceutiques, plastiques,..) en passant par l'éthanol (**FOOD OUTLOOK/FAO, 2019 ; OCDE/FAO, 2019**).

La technologie sucrière de canne, compte parmi les industries agroalimentaires les plus anciennement connues et les plus répandues dans le monde. La recherche technologique sucrière s'est surtout orientée vers la réduction des pertes en sucre (**Belhamri, 2005**).

L'Algérie a développé une industrie de raffinage. Ainsi le groupe CEVITAL créé en 1998, dans le but de satisfaire la demande nationale en sucre, y a installé la plus grande raffinerie de sucre au monde. De 600 000 tonnes à sa création en 2003, sa capacité de production a progressivement augmenté pour atteindre 2 millions de tonnes en 2012, puis 2,7 millions de tonnes en 2014.

Cette industriels importent aujourd'hui quasiment exclusivement du sucre de canne brut taxé à 5 % et destiné à être raffinée pour la consommation locale et l'exportation. Le sucre blanc, taxé à 30 %, a vu ses importations passées de 897 000 tonnes en 2001 à seulement 32 000 tonnes en 2017 (**Belaid, 2016**).

L'objectif de la raffinerie du sucre est d'aboutir un produit final de bonne qualité ; un des critères de qualité les plus importants est la couleur du sucre qui est due à la présence de pigments et d'impuretés.

Notre travaille a été réalisé au niveau du laboratoire physicochimique de la raffinerie de sucre 3500T au niveau du complexe Cevital qui consiste à suivre l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage de sucre roux et de comprendre

L'influence de la décoloration sur l'évaluation de la conformité du sucre blanc produit. On s'est focalisé sur à l'étude de l'étape de décoloration du sucre blanc ; nous avons opté pour le plan suivant : un premier chapitre portant sur les « Généralités sur le sucre ainsi que son extraction ». Ensuite, un 2ème chapitre consacré au « Raffinage du sucre » ; puis, un 3ème chapitre dédié entièrement à la « La décoloration » ainsi que sur le matériel et les différentes méthodes utilisées au niveau du laboratoire et enfin nous exposerons l'analyse et l'interprétation des résultats de notre étude.

PARTIE
THÉORIQUE

CHAPITRE I
GÉNÉRALITÉS SUR LE
SUCRE

I.1. La canne à Sucre

I.1.1 Historique

Il n'existe aucune trace archéologique de la date et du lieu où l'homme a commencé à cultiver la canne à sucre, mais cela s'est probablement produit il y a environ 10 000 ans dans ce qui est aujourd'hui la Nouvelle-Guinée. L'espèce domestiquée était le *Saccharum robustum*, que l'on trouvait en peuplements denses le long des rivières. Les habitants de la Nouvelle-Guinée étaient parmi les agriculteurs les plus inventifs que le monde ait connus. **(Hancock, 2021).**

La culture de la canne à sucre s'est déplacée régulièrement vers l'est dans le Pacifique, s'étendant aux îles Salomon adjacentes, aux Nouvelles-Hébrides, à la Nouvelle-Calédonie et finalement à la Polynésie. La culture de la canne à sucre a également progressé vers l'ouest en Asie continentale, en Indonésie, aux Philippines, puis en Inde du Nord **(Hancock, 2021).**

La canne à sucre était depuis des lustres simplement mâchée comme une friandise, et ce n'est qu'il y a environ 3 000 ans que les Indiens ont commencé à presser les cannes et à produire du sucre. Tout a changé lorsque Darius Ier (r. 522-486 avant J. C.), souverain de l'empire perse achéménide, a envahi l'Inde en 510 avant J. C. Les vainqueurs ont ramené la technologie en Perse et ont commencé à produire leur propre sucre. La canne à sucre ou "roseau persan" a été introduite par les musulmans en Égypte en 710, où elle est devenue la source de sucre la plus recherchée au monde. Les Arabes ont également introduit le sucre à Chypre, en Crète et en Sicile au début des années 800 **(Hancock, 2021).**

Les Portugais ont fini par prendre le contrôle de la production mondiale de sucre au 15^e siècle, comme un sous-produit économique de leur exploration et de leur colonisation des îles de l'Atlantique le long de la côte africaine. Au 17^e siècle, le centre de la production de sucre a commencé à se déplacer vers les Caraïbes sous contrôle espagnol, d'abord à Saint-Domingue, puis, dans une moindre mesure, à Cuba et à Porto Rico. Christophe Colomb avait introduit la canne à sucre dans la région lors de son deuxième voyage en 1493

Le Brésil est à nouveau le premier producteur de sucre au monde, suivi de l'Inde, de l'UE, de la Chine, de la Thaïlande et des États-Unis.

I.1.2. Définition

La canne à sucre est une graminée tropicale de la famille des *Poaceae* du genre *Saccharum*, ce genre regroupe de nombreuses espèces toutes sauvages comme *Saccharum spontaneum* ou *Saccharum barberi*, sauf *Saccharum officinarum*.

La canne est cultivée pour ses tiges qui contiennent un jus sucré dont on tire le saccharose ou sucre cristallisable. Elle est également utilisée en consommation directe, canne de bouche. De plus, elle est parfois cultivée comme canne fourragère (consommation en vert ensilage) (Arzate, 2005).



Figure 1 : Canne à sucre (Mary Ellen Elise, 2022).

I.1.3. Description botanique de la canne à sucre

La canne à sucre est une plante vivace qui a l'allure d'un roseau. Elle peut atteindre entre 2 et 5 m de haut et son rhizome est pourvu de racines denses et profondes, qui assurent son maintien et sa stabilité.

La plupart des racines s'enfoncent à environ 50 cm de la surface dans un périmètre de 2 à 5 m de la souche. Pourvues de poils adsorbants, elles assurent la nutrition de la plante en l'approvisionnant en eau et sels minéraux (Pislor, 2011).

La tige de canne à sucre atteint 2 à 5m de hauteur pour un diamètre de 2 à 4 cm. Se compose d'une succession de nœuds plus ligneux, où sont implantés les yeux (bourgeons).

La haute de la tige Porte des feuilles à gaines enveloppantes, alternées atteignant 1 à 2 m de long et 3 à 8 cm de large, Le chou est la partie en croissance de la plante (Pislor, 2011).

Au stade de la floraison, soit à la fin de la croissance, la canne présente une panicule argentée de 50 cm à 1 m de long. L'apparition de la floraison marque la fin de la croissance de la plante et le début d'une augmentation sensible de formation de saccharose qui se déclenche sous l'action de la sécheresse et de la fraîcheur nocturne.

Le saccharose s'accumule dans la tige comme réserve énergétique sa teneur est comprise entre 12 et 15 % (**Hubert, 1968**).

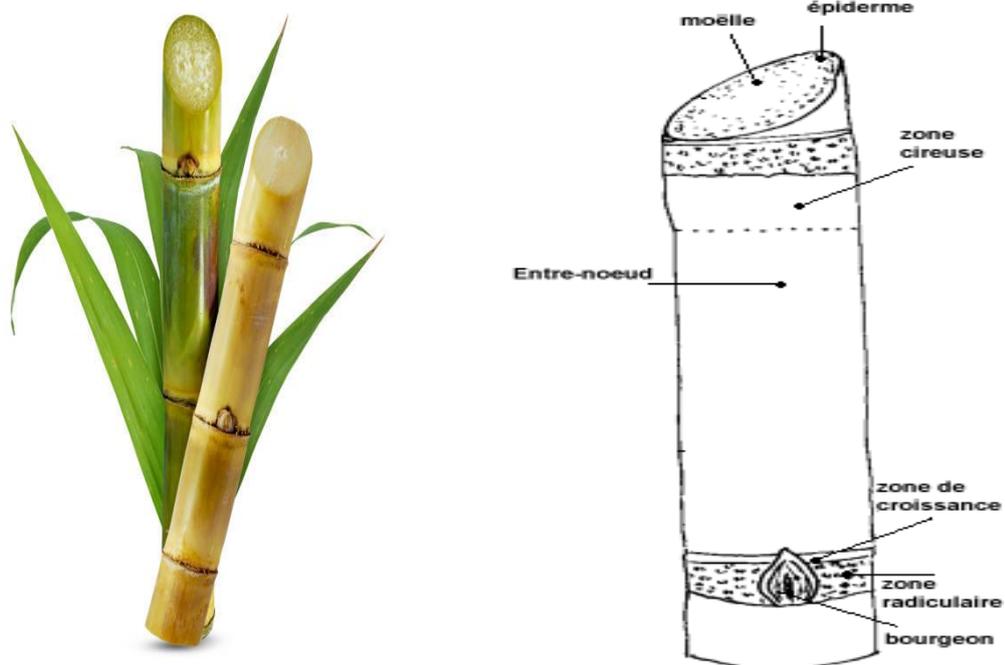


Figure 2: Coupe de la canne à sucre (Anny Ta, 2022)

I.1.4 Composition

La composition de la canne à sucre peut varier Selon l'état de maturité de la plante, ses principaux constituants sont le sucre et les fibres.

Tableau 1 : Composition moyenne de la canne à sucre (Arzate, 2005).

Composants	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Autres	02
Total	100

I.1.5. Procédé d'extraction

I. 1.5.1. Extraction de jus

A. Extraction

Les Cannes à sucre, réceptionnées à la sucrerie, sont défibrées avant d'être pressées dans le but d'extraire le jus sucré contenu dans la tige L'extraction s'effectue à l'aide de cinq moulins ou de deux moulins associés à un diffuseur afin de récupérer la majorité du saccharose présent initialement dans la moelle de la tige. Les jus obtenus au cours de ces différentes étapes sont mélangés afin de donner un jus brut appelé « vesou ».

Les moulins permettent d'extraire 92 % à 96 % du saccharose contenu dans les tiges de canne. Le vesou est de couleur brune assez trouble avec une composition et une qualité qui varient selon la variété et la qualité de la canne (Arzate, 2005).

B. Epuration

Le vesou qui contient un grand nombre d'impuretés est d'abord épuré par tamisage et ensuite par chauffage et par ajout de chaux. Une alcalinisation progressive du vesou jusqu'à un pH supérieur à 8 a donc lieu (Arzate, 2005).

Vesou est porté à ébullition afin de favoriser la floculation des impuretés résiduelles (boues) **(Romain et al., 2007)**.

C. Evaporation et cristallisation

Le jus clair subit un chauffage dans des évaporateurs à pression réduite, l'eau s'élimine sous forme de vapeur et le sirop est formé. La cristallisation est effectuée en trois étapes appelées jets **(Rousseau et al., 1990)**.

Elle consiste à chauffer le sirop pour qu'il se concentre de plus en plus jusqu'à la sursaturation afin de obtenir une masse cuite et les cristaux apparaissent **(Arzate, 2005)**.

D. Malaxage et turbinage

Cette étape consiste à malaxer et turbiner la masse cuite dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop épuisée ce qui permet d'obtenir trois jet de sucre **(Arzate, 2005)**.

Le sucre blanc commercialisé ne sort que du premier jet, les deuxièmes et troisièmes jets ne produisent que du sucre roux **(Deminiac, 1991 ; Rageot et Rene, 2004)**.

E. Séchage

Cette étape consiste à faire sécher les cristaux de sucre dans des granulateurs à tambour **(Arzate, 2005)**.

F. Emballage et entreposage

Le sucre brut obtenu est stocké dans des silos, avant d'être consommé localement ou exporté. Pour l'exportation, le sucre brut est entreposé en piles plusieurs jours et même plusieurs semaines, jusqu'à ce qu'il soit chargé sur les navires. Il est importé en vrac par cargo, pouvant transporter plus que 40 000 tonnes à la fois **(Arzate, 2005)**.

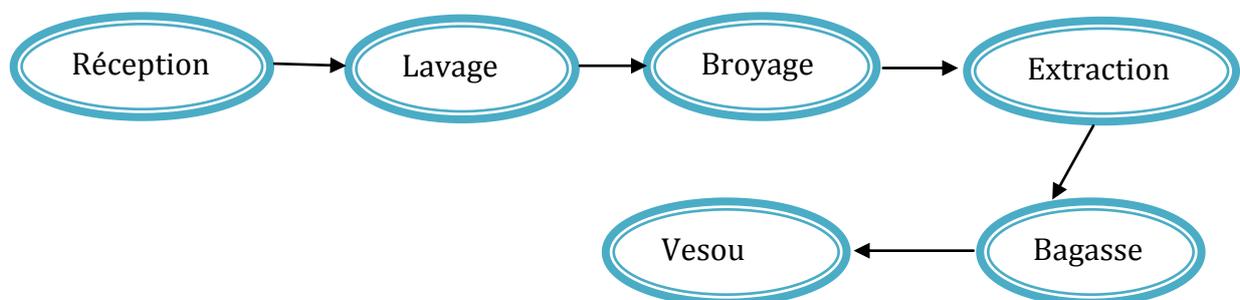


Figure 3 : Procédé de l'extraction du sucre roux (Odeadom, 2005).

I.2. Définition du saccharose

Est un sucre issu de la betterave sucrière ou de la canne à sucre composé de fructose et de glucose, connu pour son goût doux et sucré particulièrement apprécié. Le saccharose est l'unique composant du sucre, quel que soit sa forme (cristallisé, semoule, en grains, en carrés...).

I.3. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques

I.3.1. Physiques

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline. À l'état pur, il est blanc, inodore et, évidemment, au goût sucré (Arzate, 2005).

I.3.1.1. Aspect

Le sucre du commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdes) non hygroscopique. Son humidité est très faible, de l'ordre de 0,05%, et sa stabilité au stockage est très grande (Beck et al., 1999).

I.3.1.2. Température de fusion

Le saccharose est exceptionnellement stable sous sa forme cristalline à température ambiante. Cette forme fond entre 160 °C et 186 °C donnant des sucres invertis et des substances colorées. La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre (Asadi, 2007).

I.3.1.3. Activité de l'eau

Une autre propriété importante du saccharose 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 (Arzate, 2005).

Cette propriété est à la base de l'humectance du sucre qui permet aux gâteaux, pains et biscuits contenant du sucre d'offrir une bonne résistance au dessèchement et de rester moelleux plus longtemps (Mathlouthi, 2004).

I.3.1.4. Pouvoir rotatoire

Le saccharose en solution est une molécule optiquement active (chirale). Elle dévie le plan de la lumière polarisée vers la droite. C'est une substance d'extrogyre. Le saccharose 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 (Mathlouthi, 2004).

Le pouvoir rotatoire spécifique du saccharose (en °) pour une concentration en g/cm^3 et pour la longueur d'onde de la raie D du sodium égale à 589.4 nm à 20°C est de:

$[\alpha]_{\text{D}}^{20} = 66.59^\circ$ L'effet de la température t est corrigé par la formule suivante :

$$[\alpha]_{\text{D}}^{t^\circ} = [\alpha]_{\text{D}}^{20} (1 - 0.000184 (t-20))$$

I.3.1.5. 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 (**Doucet j, 1992**).

I.3.2. Chimiques

I. 3.2.1. Structure

Selon la nomenclature officielle IUPAC- IUB le saccharose est un α -Dglucopyranosyl-(1-2)- β -D-fructofuranoside. La configuration spatiale de la molécule est donnée par la **Figure 5**.

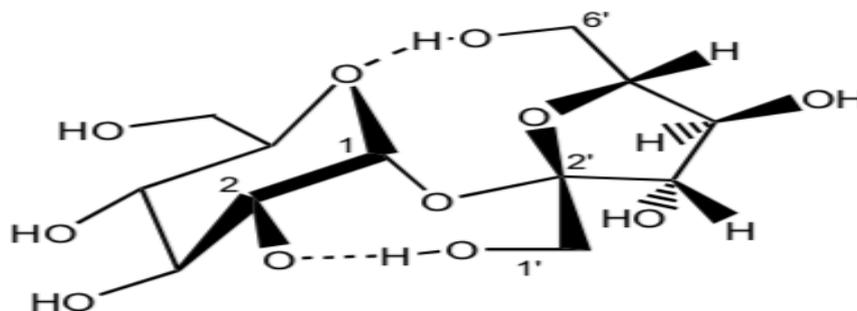


Figure 4 : Molécule de saccharose dans le cristal (**Brown et Levy, 1963**).

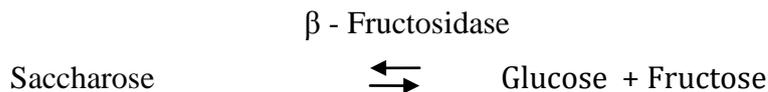
La structure du saccharose regroupe huit fonctions hydroxyles dont trois sont primaires (C-6, C-6', C-1') et les cinq autres sont secondaires (C-2, C-3, C-3', C-4, C-4'). La structure cristalline est consolidée par deux liaisons hydrogène intramoléculaires (O2...HO1') et (O5...HO6') (**Mathlouthi, 2004**).

La molécule de saccharose est formée d'une molécule de fructose et d'une molécule de glucose lié entre elles par une liaison glycosidique. Ces deux monosaccharides sont pourtant

beaucoup plus réactifs que le saccharose lui-même. En fait, ce sont des sucres réducteurs en raison de leur capacité d'agir en tant qu'agents réducteurs chimiques (Mathlouthi, 2004).

I.3.2.2. Hydrolyse enzymatique

Le saccharose peut s'hydrolyser facilement sous l'action d'une enzyme (invertase) des levures: la β - Fructosidase à pH 4,5. Cette enzyme hydrolyse spécifiquement les liaisons β - D Fructofuranosique (Mathlouthi, 2004).



I.3.2.3. Décomposition acide

En milieu acide, la molécule de saccharose se décompose par hydrolyse en D-glucose et D-fructose. La décomposition des hexoses se poursuit par la perte de molécules d'eau et la formation d'hydroxyméthyl-furfural (Mathlouthi, 2004).

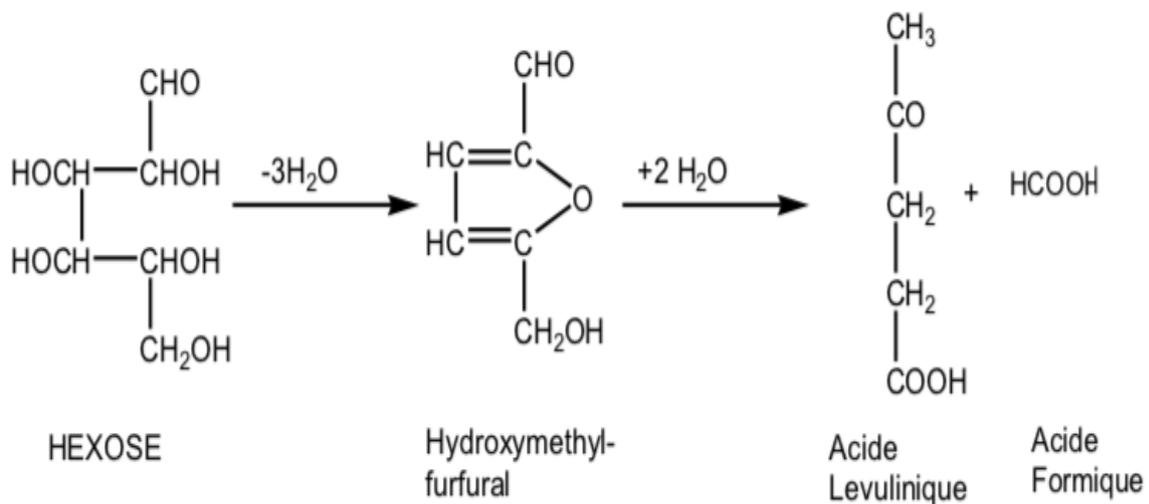


Figure 5: Décomposition du saccharose en présence d'acides (Mathlouthi, 2004).

I.3.2.4. Décomposition alcaline

La décomposition du saccharose en milieu alcalin débute par une étape de rupture de la liaison glycosidique et formation de D-glucose et D-fructose. Pour des faibles teneurs en base, les monosaccharides tels que le D-glucose se transforment en d'autres monosaccharides (D-fructose, D-mannose...). Pour des fortes teneurs en base, les monosaccharides se ré-arrangent

en des chaînes ramifiées pour former des acides pouvant aboutir à la formation d'acide lactique.

A haute température (environ 100°C) et toujours en milieu alcalin, les monosaccharides se transforment en glycéraldéhyde puis acide lactique (**Mathlouthi, 2004**).

- **Remarque**

L'alcalinisation du saccharose s'accompagne d'un changement de couleur allant du jaune au brun. Cette coloration peut être attribuée à la présence de PDAH (Produits de dégradation alcaline des hexoses) (**Mathlouthi, 2004**).

I.3.2.5. Pureté

La pureté du saccharose cristallisé s'élève à plus de 99.9%, les non sucres présents étant constitués pour l'essentiel par de l'eau (**Arzate, 2005**).

I.4. Qualité organoleptique

Les qualités organoleptiques des aliments sont l'ensemble des propriétés perçues par les organes des sens qui nous permettent de les connaître et de les apprécier.

Tableau 2: Pouvoir sucrant et la flaveur de certains glucides

Glucides	Saveur sucre	Flaveur
Oses:		
Glucose	61-70	Sucrée, arrière goût amer
Fructose	130-180	Sucrée, pure, fruitée
D-holosides:		
Saccharose	100	Sucrée, pure
Lactose	15-30	Sucrée, modéré, fruitée
Mélanges et sirops		
Sirop de sucre inverti isoglucose (sirop de glucose	105	Sucrée
Riche en fructose)	100-160	Sucrée

I.5. Qualité bactériologique

Le sucre sec contient une teneur faible d'eau d'après les résultats d'analyses on constate que l'activité de l'eau se stabilise entre 0.2 et 0.3 afin d'éviter le développement des micro-organismes (0,6-0,7 aw) donc le sucre est conforme de point de vue microbiologique mais il faut prendre considération les bonnes pratique de fabrication principalement d'hygiène et un stockage adapté (**Tianen, 2007**).

CHAPITRE II
RAFFINAGE DE SUCRE
ROUX

II. Raffinage du sucre roux

Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL, est principalement axé sur l'élimination des composés colorés, sous forme de particules légères mélangées aux cristaux de sucre telles que la poussière, les fibres végétales ou autres qui altèrent la qualité du produit final (Cartier, 1999). Celui-ci comporte les sections suivantes ;

II.1. Réception

Un camion sera déchargé dans une trémie et le sucre roux est transporté à l'aide des bandes transporteuses pour être stockés dans des silos dont la capacité est de 75 00 tonnes, Une fois le sucre est réceptionnée, Le pesage se déroule sur un pont à bascule. Après la pesée, un échantillon du chargement est prélevé afin d'être analysé (Driss, 2008).

II.2. Empattage

Le sucre est transféré vers l'empâteur grâce à des bandes transporteuses menues d'un aimant pour éliminer les matières métalliques. Puis pour isoler les grosses impuretés par un tamis (pierres, insectes, plastique).en suite il passe à un empâteur, dans laquelle on rajoute une solution des « eaux sucrées » afin de former une pâte qui sera fondé par la suite (Schick, 2011)

II.3. Refonte

Le sucre affiné est fondu dans un fondoir à une température de 85°C avec une eau sucrée pour atteindre un Brix de 70% (Asadi, 2007).

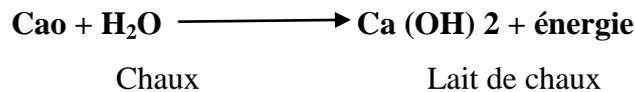
II.4. Chaulage

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 (Belhamri, 2005).

Le chaulage s'effectue comme suit :



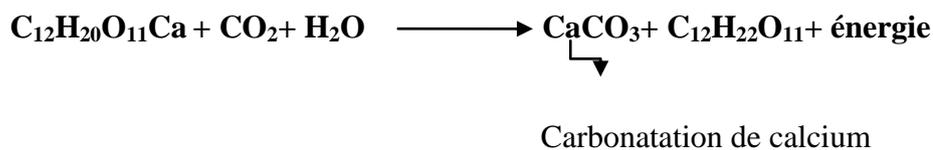
NB : Le lait de chaux est préparé par un mélange de la chaux industrielle et le petit jus (eau sucrée) récupéré lors de la filtration (**Burzawa, 1999**). La réaction effectuée comme suit :



II.5. Carbonatation

La carbonatation a pour but d'éliminer les non sucres du jus et de retenir éventuellement des particules insolubles, passées accidentellement à la refonte, la chaux combinée à celle du dioxyde de carbone, produit un précipité de CaCO_3 qui piège, précipite, et détruit le non sucre (**Decloux et al., 1999**).

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 (**Burzawa, 1999**). La réaction effectuée comme suit :



II.5.1. 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 (CaCO_3), le pH à l'intérieur de la première chaudière est compris entre 9,2 et 9,5. Des particules de CaCO_3 en suspension dans le jus ont la particularité d'adsorber sur leurs surfaces certaines particules non sucres qui se trouvent en solution, essentiellement les colloïdes provenant de la décomposition du sucre inverti, car ils sont chargés négativement et la suspension de CaCO_3 est chargée positivement (**Burzawa, 1999**).

II.5.2. 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 (**Chi Chou et Chen, 1993**).

Le pH de la deuxième carbonatation doit être légèrement basique de 8,1 à 8,2 (**Burzawa, 1999**).

II.5.3. Troisième carbonatation

Après la deuxième carbonatation, on obtient un jus (SC2) qui contient encore des impuretés et du carbonate de calcium non précipité. Cette étape a pour but d'éliminer le

maximum de molécules de carbonate de calcium. On obtient un jus Claire (SC3) d'un pH proche de la neutralité et une alcalinité de 5.5 g CaO/L (**Burzawa, 1999; MOR, 2009**).

A la fin de la 3^{ème} carbonatation, le sirop obtenu est appelé Sirop carbonaté.

II.6. Filtration

Le but de la filtration est d'éliminer le carbonate de calcium en suspension dans le sirop carbonaté et de récupérer le petit jus (**Rachedi, 2002**).

Le CaCO₃ est séparée par une filtration sur filtres à bougies autonettoyants et le sirop filtré est envoyé vers la décoloration. La boue résultante passera par un filtre à presse pour récupérer le sucre résiduel sous forme de petit jus. Les boues (ou écumes) sont évacuées et utilisées pour la fertilisation du sol (**Hamachi, 2003**).

II.7. Décoloration

La décoloration est l'opération permettant d'éliminer la majorité des colorants résiduels, le sirop résultant étant clair (**Neill, 2004**).

II.8. 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 (**Hugot, 1987**). Le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite (évaporation à simple effet). L'eau s'élimine sous forme de vapeur et le sirop est obtenu (**Arzate, 2005**).

II.9. Cristallisation

La cristallisation du sucre est une opération qui permet d'extraire le saccharose en solution dans le jus concentré (**Gromdin-Perez et al., 2005**).

Elle s'effectue dans des cuites fonctionnant sous vide, ces cuites assurent la transformation du sirop en masse cuite (égout mère + cristaux de sucre) par évaporation et en

3 étapes appelées jets, chaque jet comprend est constitué de 2 étapes : cuisson, malaxage et essorage ou turbinage (**Schick, 2011**).

II.9.1. Cuisson

Cette phase finale de cuisson permet d'évaporer l'eau, 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 nommé masse cuite dont le liquide entourant les cristaux appelé eau mère puisqu'il nourrit le cristal (**Decloux, 2003**).

II.9.2. Malaxage et Turbinage

La masse cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop d'égout. On obtient le sucre de premier jet (R1). Les sirops d'égout sont malaxés et turbinés à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet (R2), puis ses sirops d'égout sont aussi malaxés et turbinés une seconde fois. On obtient le sucre de troisième jet R3 et la mélasse, le sucre de troisième jet peut être refondu pour être mélangé en premier jet (**Rageot et Rene, 2004**).

II.10. Séchage

Les cristaux de sucre sont séchés dans des granulateurs à tambour afin de réduire le taux d'humidité du sucre cristallisé à une valeur permettant une bonne conservation et la prise en masse (**Mathlouthi, 2004 ; Arzate 2005**).

II.11. Maturation

Le temps de maturation du sucre est de 48h. Un air conditionné circule à l'intérieur des silos dans le but de maintenir le sucre dans de bonnes conditions de température et d'humidité et pour que le sucre soit fluide au moment de la vidange des silos (**Rachedi, 2002**).

II.12. Stockage et conditionnement

Le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement où il peut être directement ensaché ou conditionné en morceaux ou stocké en silos celui ci est en apparence sec et fluide (**Romain et al., 2007**).

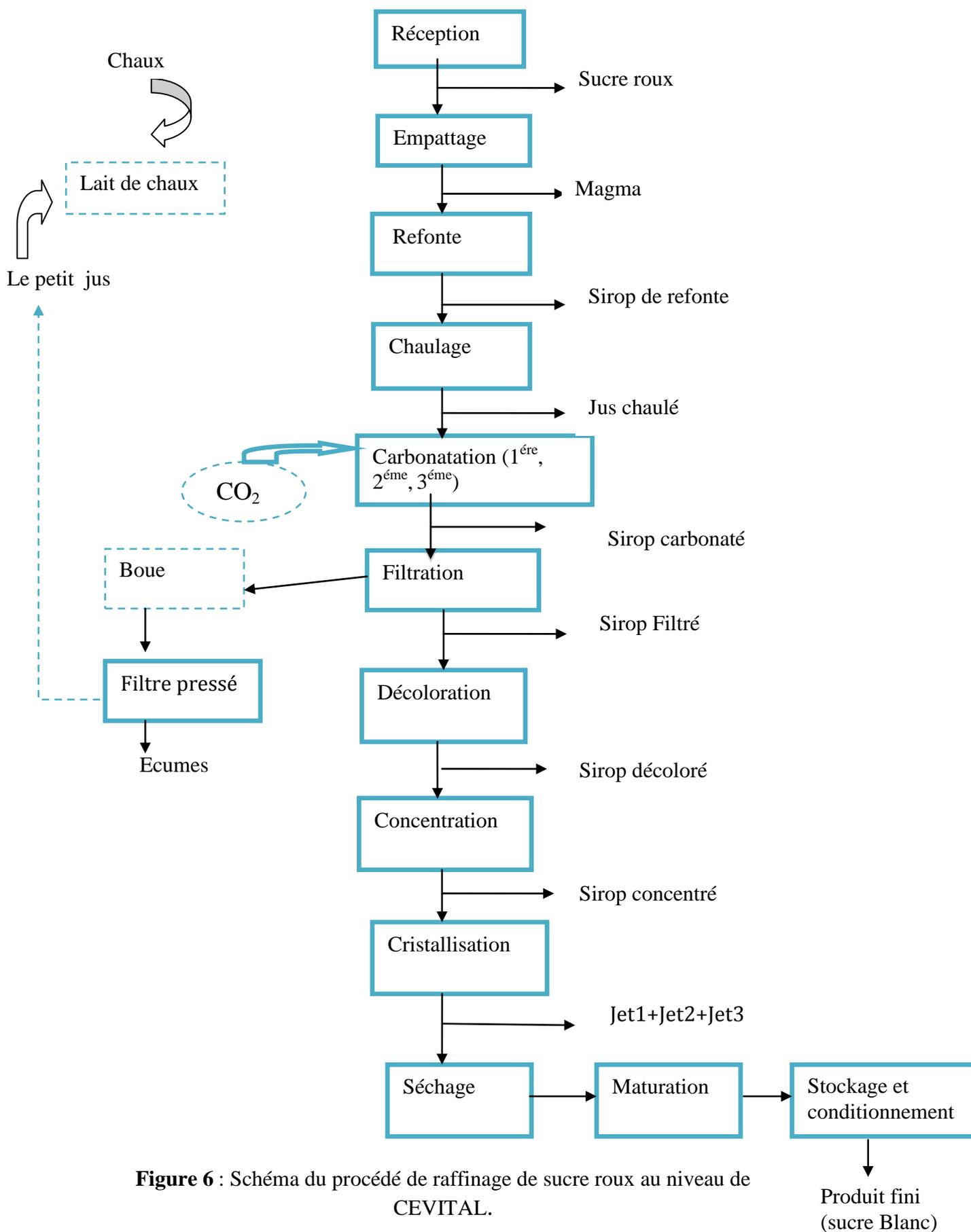


Figure 6 : Schéma du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL.

CHAPITRE III
LA DÉCOLORATION

La coloration constitue un critère important de jugement de qualité du sucre, et de plus la présence des colorants dans le sirop réduit la vitesse de cristallisation en empêchant le saccharose de se cristalliser et donc une perte en sucre. La phase de décoloration a pour but d'éliminer la couleur parmi les autres impuretés organiques qui colorent la liqueur de sucre, et cela afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique (**Ellise, 2004**).

A noter que la majorité des cendres sont éliminées par l'affinage et par la carbonatation, d'où la décoloration est très importante dans le processus du raffinage du sucre.

III.1. Principaux colorants présents dans le sucre à canne

Les colorants en sucrerie sont classés selon leur origine en deux grandes familles : les colorants naturels provenant directement des plantes sucrières et des colorants de fabrication formés lors de l'extraction et la purification de saccharose (**Mersad, 2001**).

III.1.1. Les colorants naturels

Ces colorants se retrouvent dans le jus après découpage et broyage, ce sont principalement des molécules dérivées des phénols et sont minoritaires en raffinerie (**Theoleyre et al., 1999**). Ils sont caractérisés par une faible masse molaire (**Kelly et Brown, 1978**).

Parmi ces colorants naturels, ce sont les flavonoïdes qui contribuent le plus à la coloration du sucre roux. Ils ont la particularité d'être sensible au pH, et les chlorophylles qui sont éliminées par clarification (**Smith et Paton, 1985**). Les autres molécules colorées de la canne sont constituées par les sucres réducteurs, les acides aminés et d'autres composants phénoliques qui participent à la formation de colorants uniquement lors du procédé de fabrication (**Decloux et al., 1999**).

III.1.2. Colorants formés lors du processus

Ces les colorants qui se forment au cours des procédés d'extraction et de purification du saccharose et même lorsque le saccharose est sous forme cristalline, stockés dans des silos (**Shore et al., 1984**). Ils sont la production de nombreuses réactions entre précurseurs présentes initialement dans les plantes sucrières. Ils sont classés selon leurs mécanismes de formation en quatre groupes:

III.1.2.1. Les mélanoidines

Les mélanoidines sont, par définition, des colorants à hauts poids moléculaires issus de la réaction Maillard. Elles sont issues de la condensation entre un composé à fonction carbonyle et une amine, suivie de différentes réactions pour finalement aboutir à des polymères colorés et des composés volatils odorants (**Cheftel et Cheftel 1980**).

III.1.2.2. Mélanines

Les mélanines sont des pigments sous forme de polymères d'indole, brun noir de haut poids moléculaire formés par oxydation enzymatique (brunissement enzymatique), cette réaction est catalysée par des polyphénoloxydase (PPO) (**Chichester, 1972**), et favorisée par l'oxygène et l'augmentation de la température, le pH ainsi que les métaux de transition (**Belhamri, 2005**).

III.1.2.3. Caramels

En sucrerie les caramels sont formés d'après l'hydrolyse de saccharose en invertis (glucose et fructose, ces derniers subissent sous l'action de la chaleur, une série de réactions de déshydratations et une cyclisation (**Kroh, 1994**).

Ces colorants ont un intérêt considérable en industrie alimentaire, ils sont utilisés comme additifs et leur formation n'est pas influencée par les variations pH (**Mersad et al., 2003**).

III.1.2.4. Les Produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH)

Les PDAH sont des colorants produits par dégradations des holosides (ex : hexoses) en milieu alcalin, cette production est en continue durant tout le processus sucrier, en particulier sur les surfaces de chauffage (**Cortes, 2007**).

En milieu acide et sous l'effet de la chaleur, le saccharose se décompose en sucre inverti ou hexoses. En milieu alcalin un autre chauffage aura lieu et ces composés se dégradent en divers acides organiques (ex : acide oxalique) et en pigment brun, ces derniers dépendent de la température, de la durée de chauffage, de l'alcalinité employée et de la composition des hexoses issues de la décomposition du saccharose (**Bento et Sa, 1998**).

III.2. Procédé général de la décoloration

La décoloration est une phase importante dans la transformation du sucre roux en sucre blanc car elle permet de décolorer le sirop filtré, qui sera à l'entrée de cette section avoisinante qui est de 600 ICUMSA au maximum. Par ailleurs le taux de décoloration moyen par cycle est estimé à 80%. L'installation existante comprend les éléments suivants :

- Un poste de décoloration sur résines composées de 3 colonnes, diamètre 3 300 mm, 21 m³ de résines par colonne
- un poste de préparation et retraitement des saumures de régénération.

Pour faire face à l'augmentation de capacité, il est nécessaire d'ajouter au système existant deux colonnes de diamètre 3 600 mm à double compartiment supplémentaires.

La nouvelle unité de décoloration est donc composée de cinq colonnes à double compartiment, avec un volume total de 21 m³ par colonne et une pression d'alimentation jusqu'à 8 bars. Ce système permet de traiter les sirops de refonte de caractéristiques variables en couleur et en concentration.

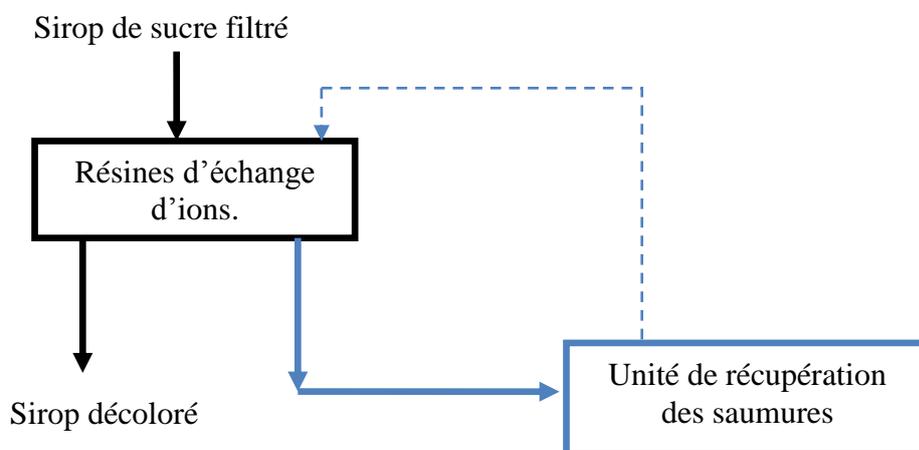


Figure 7: Schéma de la section décoloration au sein du complexe CEVITAL
(Applexion, 2006).

La technique utilisée pour éliminer les colorants des sirops de sucre de canne au niveau de la raffinerie CEVITAL est basée sur des colonnes résines d'échangeuses d'ions, leur mode de fonctionnement s'effectue en série et en parallèle comme suit :

a. Mode en série

Consiste le passage du sirop par le bas de la colonne A pour former un sirop pré décolore, celle ci se nomme première décoloration, compte à la dernière décoloration se fait dans la colonne B, ce système permet un rendement très élevé par rapport au mode parallèle.

Lorsque l'une de ces colonnes est saturée, elle est remplacée par une colonne initialement en étape de régénération (Colonne C) (Anonyme, 2007).

b. Mode en parallèle

Ce mode se caractérise par le passage du sirop dans les deux colonnes de décoloration

Figure 9. (A et B) par le bas, nécessite un débit élevé, celui-ci permet d'avoir une qualité de sirop moins bonne. Pour éviter la saturation des deux colonnes, un temps de décalage entre la première et la deuxième colonne est nécessaire afin de pouvoir la remplacer par la colonne régénérée C (Anonyme, 2007).

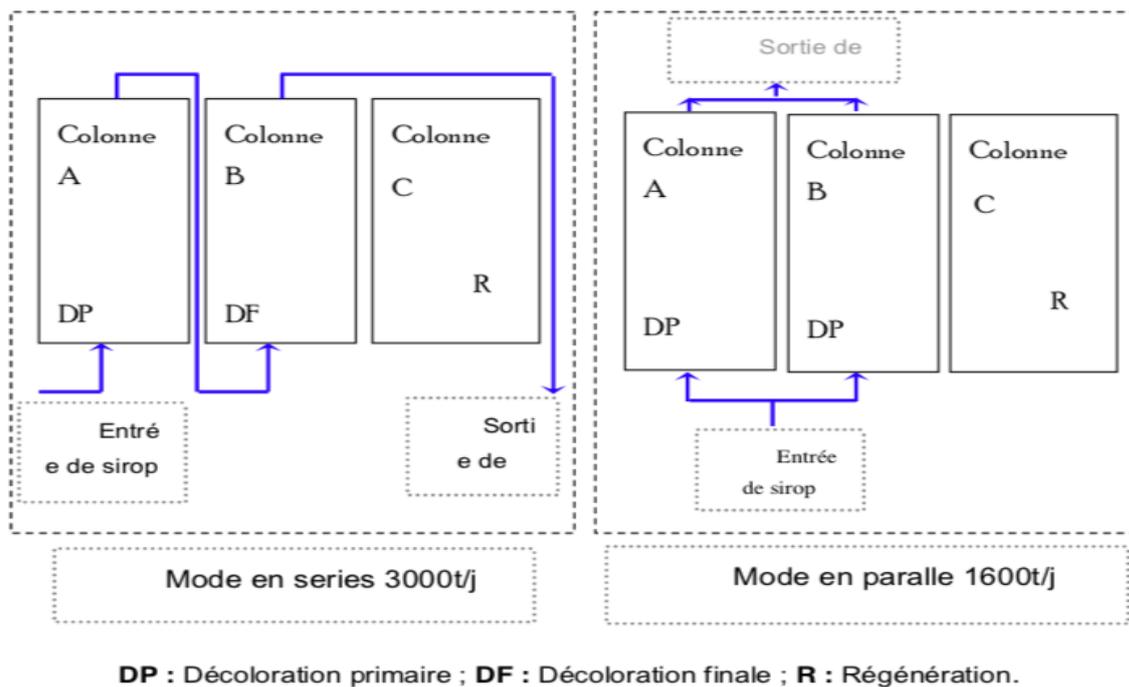


Figure 8 : Schéma illustrant les modes de fonctionnement des trois colonnes de décoloration de l'organisme CEVITAL, en série et en parallèle (Anonyme, 2007).

III.3. La résine échangeuse d'ion

Une résine échangeuse d'ions est un solide insoluble, constituée par un squelette macro moléculaire de poids moléculaire élevé ; qui donne à cette résine des caractéristiques mécaniques de résistance au frottement, à la compression, à l'élasticité et à la résistance chimique et thermique permettant de supporter les diverses sollicitations au cours de leurs employ.

Au contact d'une solution, la résine peut échanger les ions qu'il contient avec d'autres ions de même signe provenant de la solution. Cette propriété a été reconnue depuis longtemps à des silico- aluminates naturels appelés « zéolithes » ; dans ces composés, des ions alcalins ou alcalino- terreux sont logés dans les cavités d'un réseau polymère anionique et peuvent être échangés avec d'autres cations lors du contact avec une solution (**Rachedi, 2002**).

Les résines utilisées pour la décoloration du sucre sont différent par leur squelette, ce sont des Copolymères de styrène et de di vinylbenzène ou d'acide acrylique et de di vinylbenzène présentant un comportement très hydrophobe. Sur ce « squelette » sont greffées des fonctions amines quaternaires. Cette fonction constitue un pole hydrophile et confère à la résine son caractère de résine anionique forte, c'est-à-sa capacité à fixer les ions négatifs (Cl^- , OH^- , SO_4^{2-}) présents dans la solution dans laquelle ils sont immergés. La basicité des groupements fonctionnels de la résine permet l'élimination de tous les anions y compris ceux faiblement dissociés. La structure macroporeuse à larges pores, liée à la forte basicité du groupement fonctionnel, permet l'élimination des molécules organiques même à haut poids moléculaire. La séparation des constituants d'un mélange repose sur leurs différences d'affinité vis-à-vis de la résine échangeuse.

Au niveau du complexe CEVITAL, la résine utilisée est un copolymère anionique fortement basique à structure polystyrénique macroporeuse (**Rachedi, 2002**).

III.4. Mécanismes d'action de la résine

Selon **Theoleyre et ses collaborateurs, (1999)**. Deux mécanismes interviennent lors d'une décoloration sur résine:

- Interaction hydrophobe entre les chaines carbonées du polymère et du colorant Il s'agit de liaisons faibles (adsorption physique) (**Bento et Sa, 1998**).

- Échange d'ions, ou échange entre les ions Cl initialement fixés sur la résine et les acides organiques (colorants) présents dans la solution à décolorer.

III.5. Les étapes de fonctionnement d'une résine d'un cycle

III.5.1. Production

Le produit sortant de la colonne est envoyé vers le bac de sirop décoloré. La production est résumé en 2 étapes: Production une, production deux uniquement pour une raison d'automatisme. La fin de la production provoque le détassage de la colonne qui était en attente (**Applexion, 2006**).

A. Attente

C'est le point de départ du cycle automatique et de retour en fin de cycle de fonctionnement (**Applexion, 2006**).

B. Détassage

Cette séquence détasse la résine et permet de limiter sa perte de charge, se fait par un courant d'eau ascendant dans la colonne (du bas vers le haut) (**Applexion, 2006**).

III.6.2. Ensucrage: On distingue deux types d'ensucrage :

A. Premier Ensucrage

La résine de la colonne après sa régénération et rinçage sera prête à traiter le produit. Le jus envoyé à travers de la résine, « pousse » l'eau contenue dans celle-ci. Dans un premier temps, l'eau recueillie à la sortie de la résine anionique ne contient pas de sucre (propre) est récupérée dans le bac d'eaux récupérées. Puis celle ci sera utilisée ultérieurement lors de la phase de régénération (**Applexion, 2006**).

B. Deuxième Ensucrage

L'eau sortant de la colonne s'enrichit de plus en plus en sirop. Puis, sont dirigées vers un bac d'eau sucrée (**Applexion, 2006**).

III.6. Régénération de la résine

Pendant la phase de décoloration, la résine se charge en matières colorantes et en anions divers. Elle se sature au cours du temps, et la coloration du produit traité augmente progressivement. Il est alors nécessaire d'extraire les impuretés retenues pour retrouver la

capacité initiale de la résine de décoloration : la colonne entre en phase de régénération. Une solution de chlorure de sodium (NaCl) en milieu basique (NaOH) permet de retirer les matières colorantes qui ont été fixées par les résines au cours des cycles de production. La régénération se fait à contre-courant (down-flow) pour éviter la pollution des couches supérieures des lits de résines (qui sont moins polluées) par les colorants déplacés des couches inférieures (les plus polluées) au cours de la régénération (**Figure 10**).

Ce principe de fonctionnement nous permet d'assurer une meilleure régénération des résines et donc une plus grande efficacité lors des étapes de production. Le taux de régénération considéré est le suivant :

- Concentration 100 g/litre NaCl: taux de régénération 180 g NaCl 100 % par litre de résine.
- Concentration 10 g/litre NaOH : taux de régénération 18 g NaOH 100 % par litre de résine (**Applexion, 2006**).

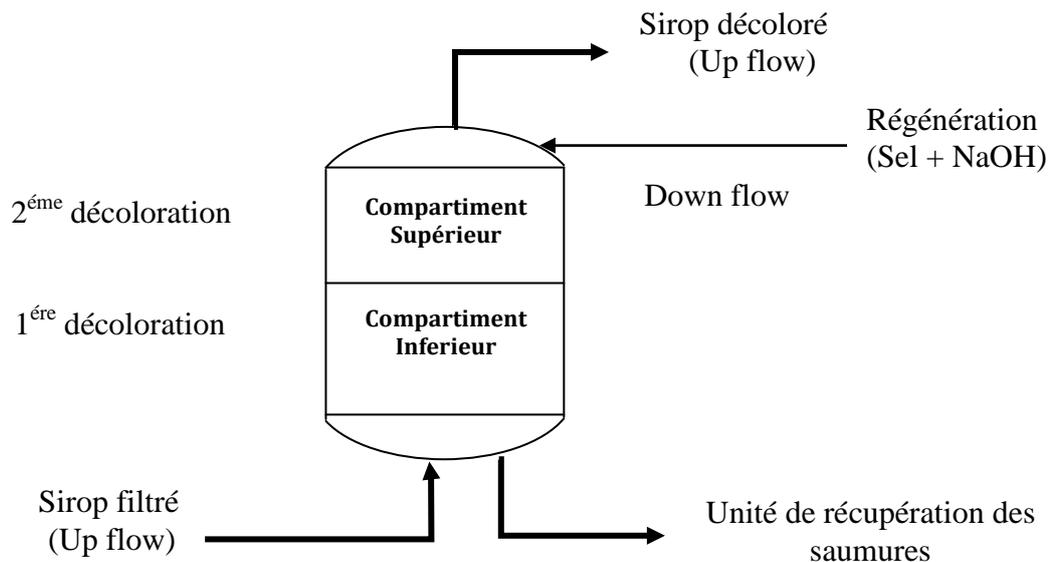


Figure 9 : Schéma de régénération à contre courant d'une colonne de décoloration au sein de l'entreprise (**Bento et Sa, 1998**).

III.7. Dépollution

Il est nécessaire de procéder à une dépollution de la résine après une régénération. Cette dépollution est effectuée grâce à l'injection d'une solution d'acide à 1% suivi d'un rinçage. Dans ce cas, il est important de faire deux régénérations à la saumure basique .

La fréquence des dépollutions dépend essentiellement de la qualité du sirop entrant dans l'unité de décoloration. On peut cependant estimer cette fréquence à une dépollution acide tous les 10 cycles environ (**Applexion, 2006**)

III.8. Définition de l'inerte

C'est un polymère inerte dont la densité est inférieure à celle de l'eau, si bien qu'elle flotte et peut être utilisée comme couche supérieur d'une colonne afin de protéger les collecteurs en empêchant le contact entre la résine et les buses (supérieur/inferieur) pour maintenir une pression ($< 1\text{Bar}$) à l'intérieur de la colonne (**Applexion, 2006**).

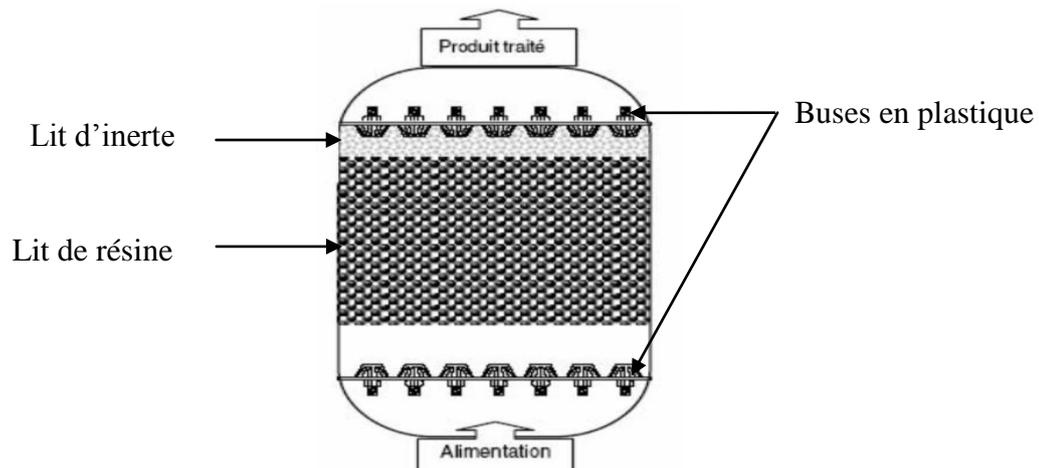


Figure 10 : Schéma illustrant installation de l'inerte responsable de la protection des collecteurs. (**Applexion, 2006**).

III.9. Caractéristiques de la résine (Amberlite XA 4041Cl)

L'étape de décoloration du sirop filtré au niveau de raffinerie CEVITAL , s'effectue avec une résine anionique de marque AMBERLITE XA 4041 Cl.

Les principales caractéristiques de cette résine sont illustrées sur le tableau 3 ci dessous:

Tableau 3: Caractéristiques de la résine Amberlite XA 4041Cl (Applexion, 2006)

Squelette	Co-polymere
Groupeement fonctionnel ionique	(CH ₃)N ⁺ Chlorure
Rétention d'humidité.	58 à 64%
Densité	0,5 à 1,08
Régénérant	NaCl , NaOH
Débit du sirop	84m /h

III.10. Avantages et inconvénient des résines

Les colonnes de décoloration sont menus des résine anioniques fortement basique sous la forme Cl (Tableau 4) :

Tableau 4: Avantages et inconvénients de la résine (Applexion, 2006).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Elimination complète des anions (incluants la silice et CO₂). • Cout initial faible. • Efficacité et qualité variables. • Cinétiques excellentes. • Rincages court. 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance faible aux pollutant • Vie limité • Instabilité thermodynamique.

PARTIE
PRATIQUE

*MATÉRIELS ET
MÉTHODES*

Notre stage pratique est réalisé au niveau complexe CEVITAL, ce qui nous a permis de suivre l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des différents échantillons recueillis au niveau de l'atelier de production.

L'objectif de cette tâche est de contrôler la fabrication du produit et assurer sa qualité.

I.1. Échantillonnage et prélèvement

Le prélèvement consiste à ouvrir la vanne permettant de recueillir une quantité aliquote d'échantillon. Les échantillons sont récupérés dans des flacons en plastique de 500ml puis étiquetés et immédiatement transportés au laboratoire pour analyser. Les échantillons prélevés à travers les différentes sections sont représentés sur le tableau 5 :

Tableau 5 : Les différentes analyses effectuées aux divers produits

Analyse / produits	Sucre roux	Sirop de refonte	Sirop filtré	Sirop décoloré	Liqueur standard 1	Sucre de jet 1	Sucre blanc
Brix		+	+	+		+	
Polarisation	+	+	+	+		+	+
pH		+	+	+	+		
Pureté		+	+	+		+	+
Couleur	+	+	+	+	+	+	+
Humidité	+						+
Sucres invertis							+
Cendres conductométriques							+
Granulométrie							+

I.2. Analyses physico-chimiques

I.2.1. Le Brix

Le Brix est le rapport entre la quantité de matière sèche contenue dans l'eau et la quantité de solution, il est exprimé en pourcentage par la formule suivante (Afisuc, 2002).

$$\text{Brix}(\%) = \frac{\text{Quantité de matière sèche(g)} \times 100}{\text{quantité de solution(g)}}$$

$$\text{Ou Brix} = \frac{\text{Ms} \times 100}{\text{Ms} + \text{E}} \quad \text{E: Eau, Ms : Matière sèche}$$

- **Mesure de Brix**

La détermination de Brix est réalisée par mesure de l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre thermostat. Certains appareils disposent d'une compensation de température. Il convient tout de même de réaliser une lecture autour de 20°C afin que la correction liée à la température soit la plus faible possible, 50g ± 5g de l'échantillon à analyser sont dilués avec de l'eau distillée à 1 / 5 à l'aide d'un diluteur automatique ainsi les résultats obtenus sont exprimés soit en gramme par millilitre (g /ml) ou par pourcentage de matière sèche (%) présente dans la solution (MCG, 2008).

$$\text{Brix} = \text{Lecture au réfractomètre} \times \text{Dilution}$$

I.2.2. Polarisation

Les matières sèches d'une solution contiennent de sucre (S) et le non sucre (NS)

$$\text{Ms} = \text{S} + \text{NS}$$

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

La polarisation constitue la teneur en sucre d'une solution. C'est le rapport entre la quantité de sucre contenue dans la solution et la quantité de solution (Afis, 2002).

- **Mesure de la polarisation en solution**

Toutes les molécules optiquement actives, sont capables de dévier le plan d'une lumière polarisée. La détermination de la polarisation des dilutions est effectuée par mesure de la rotation optique de la solution avec un polarimètre (MCG, 2008).

Les résultats obtenus sont exprimés soit en gramme par millilitre (g /ml) ou par pourcentage :

$$\text{Polarisation} = K \times (\text{Lecture au polarimètre} \times \text{Dilution})$$

$$\text{Avec } \begin{cases} K = 0.20 \text{ si le poids normal du saccharimètre est à } 20 \text{ g.} \\ K = 0.26 \text{ si le poids normal du saccharimètre est à } 26 \text{ g.} \end{cases}$$

I.2.3. Pureté

La pureté définie la quantité de sucre (S) contenue dans la matière sèche (MS), elle est exprimée en pourcentage (**Rachedi, 2002**).

$$\text{Pureté \%} = \text{Quantité de sucre (g)} \times 100 / \text{Matière sèche (g)}$$

- **Mesure de la pureté**

La pureté est définie par le rapport entre la teneur en saccharose et la teneur en matière Sèche (MS) :

$$\text{Pureté \%} = \text{Polarisation} \times 100 / \text{Brix}$$

I.2.3.1. Détermination de la pureté des sirops de fonte, filtré et décoloré

- **Mode opératoire**

Verser une quantité 50-60 g de sirop dans un pot, puis effectuer une dilution de 05 pour les sirops, ensuite laisser agiter sur l'agitateur magnétique jusqu'à dissolution et homogénéisation totale du produit sur agitateur, après verser environ 100ml de la solution préparée dans un refractomètre, puis faire une lecture du Brix à 20°C, environ 100ml de la solution dans le polarimètre, à la fin lire la polarisation à l'échelle de 26 g (**MCG, 2008**).

A). **Mesure de pH des sirops**

Selon l'OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale) le pH est défini comme le cologarithme de l'activité ionique de l'ion hydronium.

$$\text{pH} = - \log [\text{HO}_3^+]$$

Le pH d'une solution est déterminé par lecture directe sur un appareil pH mètre munie d'une électrode combinée en verre. La valeur obtenue doit être dans l'intervalle [6,80-7,20] (**MCG, 2008**).

I.2.4. Colorimétrie

Elle est basée sur la diminution de la densité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser. La couleur de la solution est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance mesurée à 420 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (ICUMSA, 1994).

I.2.4.1. Détermination de la couleur des sirops filtre, décoloré 1et2, liqueur standard 1

- **Mode opératoire**

Peser une quantité de 50 à 60g pour chaque sirop à l'aide d'une balance de précision, puis réaliser des dilutions de (1/5) à l'aide d'un diluteur. Après dilution et agitation, les différents échantillons sont filtrés à travers une membrane filtrante (filtre plissé standard), le filtrat est récupéré dans un bécher propre et sec. le pH du filtrat est ensuite ajusté à 7 ± 0.1 par l'ajout de fines gouttelettes de solutions de NaOH 0.1N ou d' HCl 0.1N, ensuite l'absorbance de la solution est mesurée par un spectrophotomètre à 420nm UV visible, dans une cuve en quartz d'un trajet optique de 1cm, afin de calculer la couleur de la solution à l'aide des valeurs du Brix et de polarisation par la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre (MCG, 2008).

- **Expression des résultats**

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times A_s}{B \times C}$$

As : Absorbance de la solution à 420nm

B : Épaisseur (1cm) de la cellule (Trajet optique à l'intérieur de la solution)

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

Remarque

La cellule de mesure doit être propre et les parois (que traverse le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes, de plus elle doit être rincée avec la solution de sucre avant d'être remplie tout en évitant l'introduction de bulles d'air (MCG, 2008).

I.2.4.2. Détermination de la couleur de sirop de refonte

- **Mode opératoire**

Verser une quantité de 50 à 60g de sirop de refonte dans un pot, puis effectuer une dilution de (1/5) à l'aide d'un diluteur, l'échantillon doit être filtré à l'aide d'une terre infusoire sur papier filtre dans un entonnoir, le filtrat est récupéré dans un bécher propre et sec. et son pH est ajusté à 7 ± 0.1 par l'ajout de fines gouttelettes de solutions de NaOH 0.1N

ou d' HCl 0.1N, puis avec un spectrophotomètre UV visible, l'absorbance de la solution est mesurée à 420nm dans une cuve en quartz d'un trajet optique de 1cm, afin de calculée la couleur de la solution a laide des valeur du brix et de polarisation par la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre (MCG, 2008).

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés de la même manière que précédemment

I.2.4.3. Détermination de la couleur de masse cuite R1 et Sucre blanc

Le sucre blanc est dissous dans l'eau, la solution est filtrée à travers une membrane filtrante de 0.45 µm de porosité. L'absorbance de la solution filtrée est mesurée à une longueur d'onde de 420 nm et la couleur de la solution est calculée.

- **Mode opératoire**

Peser 50g de sucre blanc et ajuster à 100g avec de l'eau distillé puis dissoudre le sucre, puis filtrer à travers une membrane filtrante avec un filtre de 0,45 µm de porosité, récupérer le filtrat dans un bêcher propre et sec puis lire l'absorbance de la solution à 420 nm dans une cellule de 5cm, après avoir fait le zéro base, avec de l'eau distillé filtré dans la même cellule, en dernier on rince la cellule avec le filtrat avant de la remplir (en évitant les bulles d'air) (Mcg, 2008).

Expression des résultats

$$\text{Couleur ICUMSA} = 1000 \times A_s / B \times C$$

As : Absorbance de la solution à 420nm

B : Épaisseur (1cm) de la cellule (Trajet optique à l'intérieur de la solution)

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

Remarque : L'ajustement de pH avec les solutions NaOH et Hcl doit respecter ces deux conditions :

- pH de solution basique en ajoute Hcl.
 - pH de solution acide en ajoute NaOH
- } **Selon 6,80-7,20**

*RÉSULTATS ET
DISCUSSION*

II.1. Évolution des paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage

Les résultats de la mesure des différents paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage sont illustrés dans des tableaux en annexe.

II.1.1. Évolution du Brix au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution du Brix au cours du processus de raffinage sont illustrés dans la figure 11 ci-après.

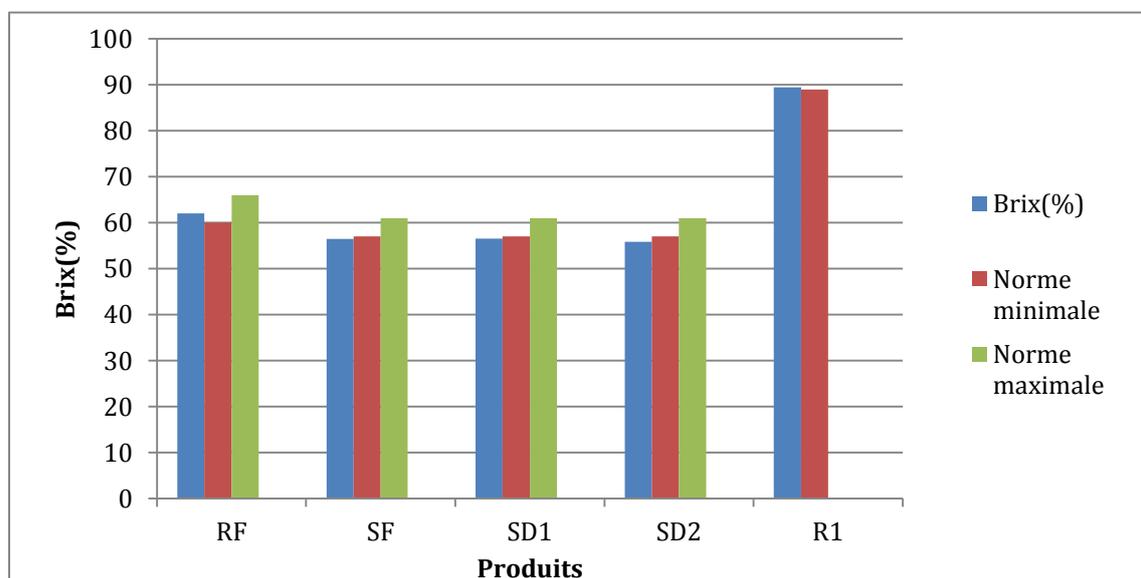


Figure 11 : Suivi du Brix au cours du raffinage du sucre

D'après le graphe (figure 11), le Brix du sirop de refonte (RF) analysé est de 61.19 %, cette valeur est très proche de la norme minimale établie par CEE [60 – 66%], selon **Donovan (2003)**, le Brix du sirop de refonte doit être d'environ 65 %, Ceci est dans le but de faciliter et d'augmenter le rendement de la filtration.

Le taux de Brix diminue légèrement à partir du sirop de refonte jusqu'au sirop filtré (SF) (56.48 %). Ceci est due à la dissolution des cristaux de sucre ainsi qu'à l'élimination des impuretés issues du sirop au cours de la carbo-filtration par le carbonate de calcium et les filtres à bougies (**Vu, 2020**).

D'après les résultats obtenus, on constate que le Brix reste constant du sirop filtré (SF) (56.48%) jusqu'au sirop décoloré (SD1 et SD2) (56.51%, 55.82%), ceci est due à la rétention des impuretés et colorants organiques par la résine échangeuse d'ions. Puis augmente progressivement au niveau du concentrateur (SC) pour atteindre un Brix de 66.46 % à cause de l'évaporation d'eau sous l'effet de l'augmentation de la température pour atteindre la saturation qui va faciliter la cristallisation (Donovan, 2003 ; Mathlouthi et Rogé, 2004).

Conte aux Brix de la masse cuite (R1) atteinne son maximums (89.48%) sous l'effet de l'abaissement de la température lors du malaxage pour éviter la dissolution du saccharose et lors de la séparation des cristaux de sucre de l'eau mère épuisée.

II.1.2. Évolution du pH au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution du pH au cours du processus de raffinage sont représentés dans la figure 12 ci-après.

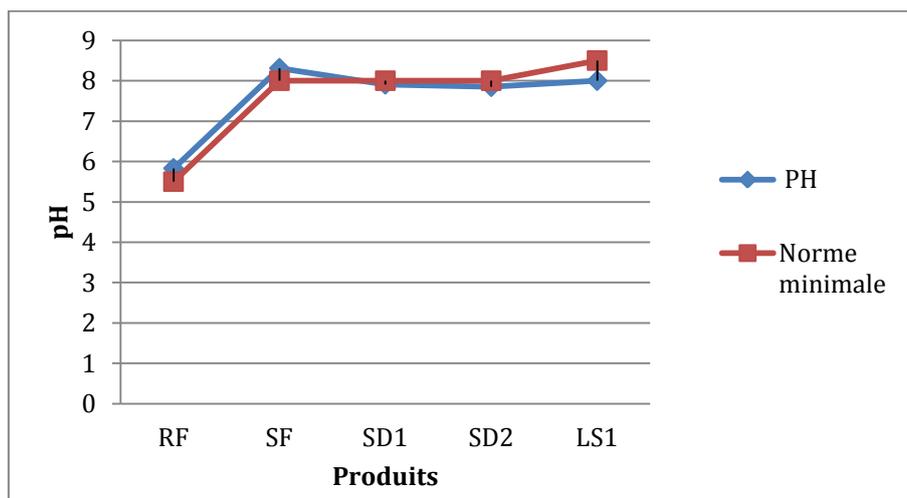


Figure 12 : Suivi du pH au cours de raffinage du sucre

D'après la figure 12, une légère augmentation du pH est enregistrée allant des échantillons sirop refonte (5.83) au sirop de filtré (8.31), cette augmentation peut s'expliquer par la présence des impuretés chargées inclus dans les cristaux de sucre lors de sa dissolution dans le fondoir.

Le pH se stabilise au cours de la filtration et de la décoloration, ceci est due à la rétention des impuretés et le calcium en excès par le filtre à bougie d'une part et le gâteau qui se forme à l'extérieur du filtre au fur et à mesure de la filtration d'autre part.

Après la décoloration, le pH reste toujours stable et neutre environ 7.85 en allant du sirop décoloré (SD1 et SD2) à la liqueur standard 1 (LS1), ceci est pour favoriser la cristallisation.

II.1.2.1. Évolution du pH des sirops filtré et décolorés 1et 2

La figure 13, représente l'évolution de pH pour les sirops SF, SD1, SD2 au cours du 15 jours

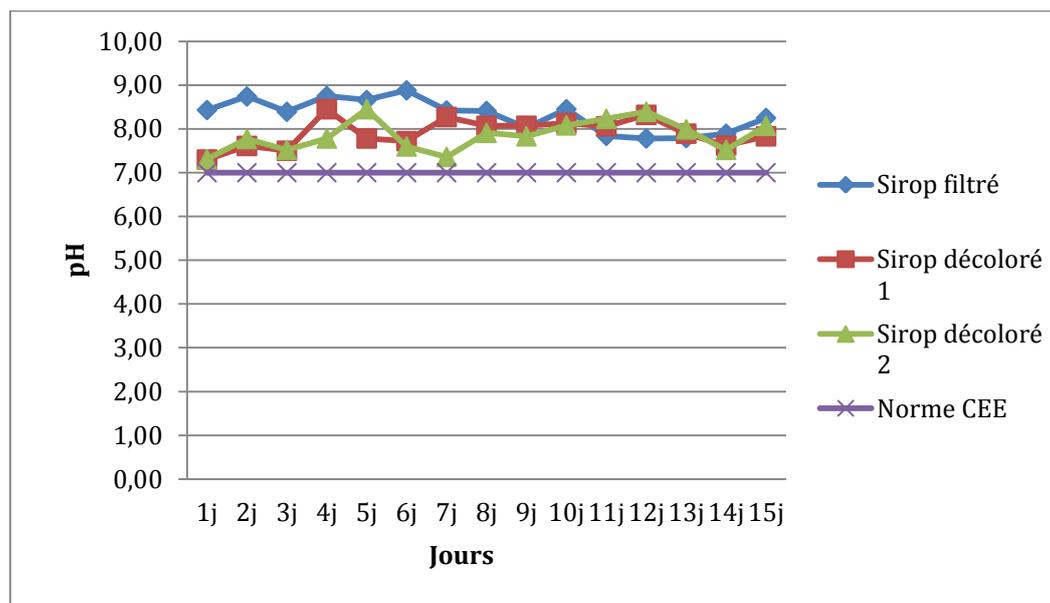


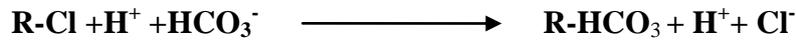
Figure 13: Suivi du pH des sirops filtré, décolorés 1 et 2

Lors de la décoloration il faut prendre en considération un paramètre très important qui est le pH, ces valeurs doivent être supérieures à 7 (valeur minimale) ; une valeur inférieure à 7 est un indicateur d'un problème au niveau de processus. Les résultats de pH du sirop filtré présentent une stabilité, elles varient entre **7.78 - 8.88** dans l'intervalle de la norme qui s'explique par l'élimination de la chaux.

De plus le pH de SD1 est similaire au pH de SD2, Cependant certaines valeurs de SD1 se trouvent supérieures à SD2, ceci est le résultat de l'entrée d'une nouvelle colonne en production (la colonne épuisée doit être remplacée à cause de la présence des molécules de la soude NaOH qui restent dans la colonne après régénération de la résine pour éviter le contact avec le sirop filtré (**Dechow, 1989**)).

Les molécules d'acide carbonique (H_2CO_3) présentes dans le sirop issu de la carbonatation, subissent une ionisation qui libère des protons H^+ ensuite les HCO_3^- seront captés par la résine qui présente une grande affinité. Les protons H^+ libres provoquent une

diminution du pH du milieu et par conséquent le pH de sirop décoloré (Dechow, 1989). Ceci est expliqué comme suit :



En effet, une bonne maîtrise du pH se traduit par un bon déroulement du procédé de décoloration.

II.1.3 Évolution de la pureté au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution de la pureté au cours du processus de raffinage sont illustrés dans la figure 14 ci-dessous :

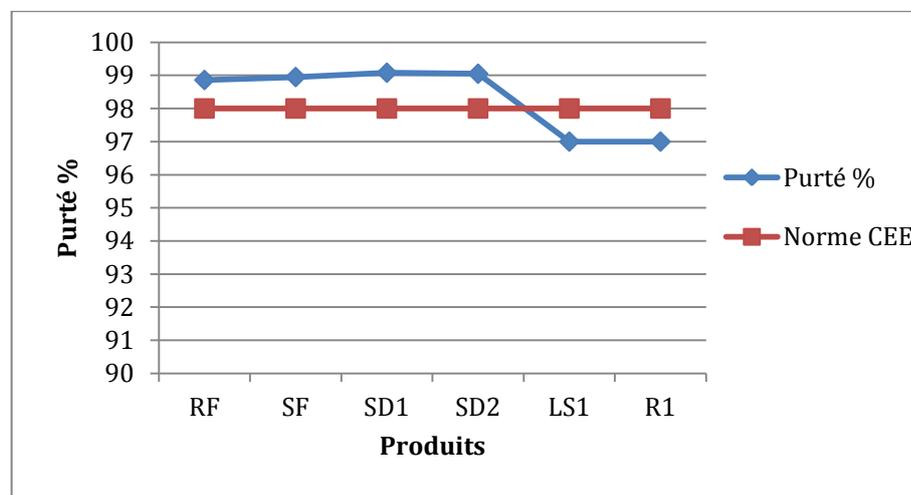


Figure 14 : Suivi de la pureté au cours du raffinage du sucre

Le graphe (Figure 14) montre une certaine stabilité au cours de toutes les étapes (sirop de refonte jusqu'à masse cuite R1) avant la cristallisation, réellement elle passe de 98,86 % à 99,05 % après la décoloration. Cette légère augmentation de la pureté traduit une très bonne épuration du sirop de refonte dont une élimination de 0,35% d'impuretés parmi 1,13% contenant dans le sucre roux.

Le reste des impuretés non éliminées provoque après concentration une légère diminution de la pureté pour atteindre (99,05 %) pour la liqueur standard 1 (LS1) et cela se traduit par l'évaporation d'eau en excès et la concentration du sirop.

Lors de la cristallisation, la pureté des liqueurs standard diminue progressivement vers des valeurs plus basses pour atteindre la valeur 97% ceci est dû à l'accumulation des impuretés

après la séparation du sucre cristallisé lors de l'essorage dans les égouts, tandis que la pureté des masses cuites diminue au-dessous de la norme minimale, cette diminution s'explique par la concentration des impuretés contenant dans l'eau mère suite à la cristallisation du saccharose.

II.1.4. Évolution de la couleur du sucre roux (brute) et sirop de refonte (RF)

Le graphe illustré sur la figure 15, représente le suivi de l'évolution de la couleur du sucre roux et le sirop de refonte, celui-ci est le résultat d'une étape nommée l'empattage.

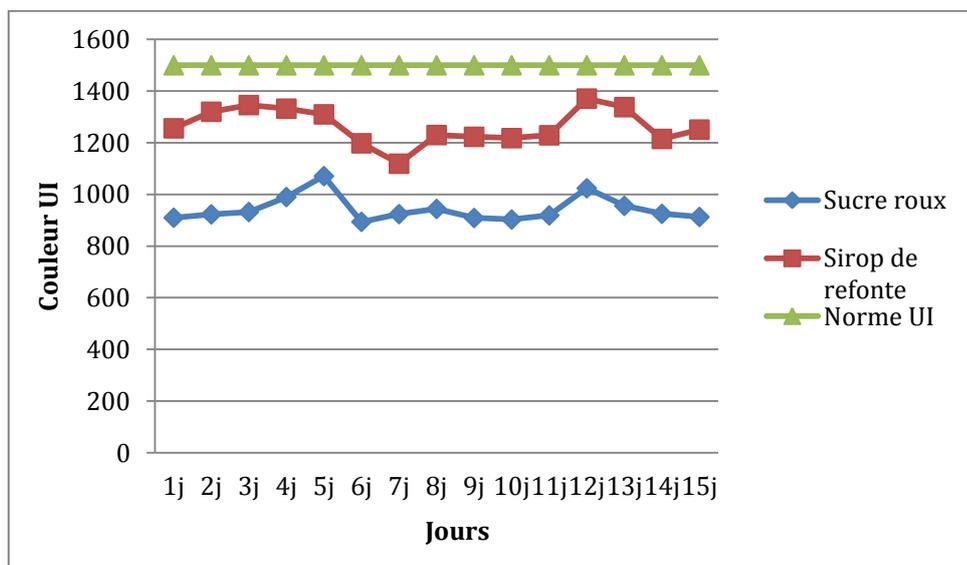


Figure 15 : Suivi de la couleur du sucre roux et sirop de refonte

Les analyses des deux courbes montrées dans la figure 15, révèlent que les valeurs de sucre roux varient entre **903-1071UI** cela est dû aux différentes impuretés rentrant dans la composition de ce sucre, lors de son transfert et sa fabrication mais cette valeur reste toujours inférieure à la limite **1500 UI**.

Pour le sirop de refonte, les valeurs varient entre **1119-1371UI**, cette augmentation par rapport à la coloration de la matière première peut être liée à la présence des polysaccharides non éliminés par la clarification ou à l'ajout des liqueurs et sirops, pour cela il doit être acheminé vers une autre section (carbonatation) pour subir un traitement avec la chaux.

II.1.5. Évolution de la couleur de sirop filtré SF

La figure 16 montre l'évolution de couleur du sirop filtré au cours des 15 jours.

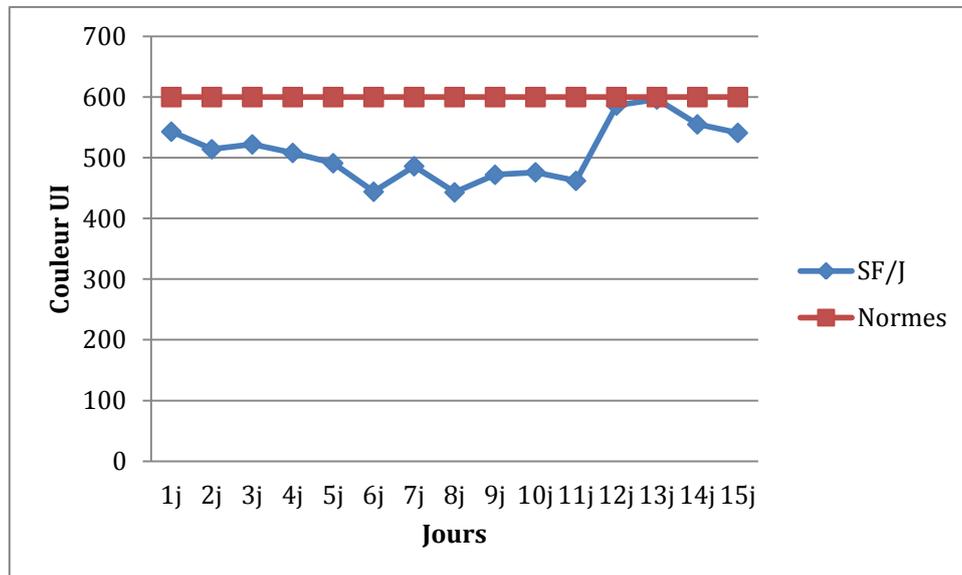


Figure 16: Suivi de la couleur de sirop filtré

Au regard de nos résultats (figure 16), il apparait que les valeurs de la couleur des sirops filtré évoluent aléatoirement en fonction de temps avec des valeurs comprise entre **443** et **596 UI**, ainsi la valeur de la couleur de sirop filtré est aux alentours de **600UI Max**. La variation de la coloration de sirop filtré dépend de, La couleur de la matière première (sucre roux) < **800 UI**, temps de séjour de sirop dans les colonnes; sa diminution provoque une augmentation de la couleur de SF), et la couleur du sucre (A) extrait à partir de la cristallisation des bas produits, dans le fondoir; car une simple élévation de la couleur engendre une élévation subite de la coloration du (SF).

La stabilité et le bon déroulement de processus de raffinage, qui est lié à l'instabilité de la carbonatation, qui influe négativement sur la couleur, à la qualité d'α-amylase Injectée pour avoir une bonne filtration, et à une mauvaise filtration qui influe directement sur la couleur du SF.

II.1.6. Évolution de la couleur des sirops décolorés 1 et 2

Le sirop filtré subit une décoloration à travers deux lignes pour donner un sirop décoloré, la première ligne produit sirop décoloré 1 (SD1) et la deuxième ligne le sirop décoloré 2 (SD2). L'évolution de leur couleur est représentées dans la figure 17 :

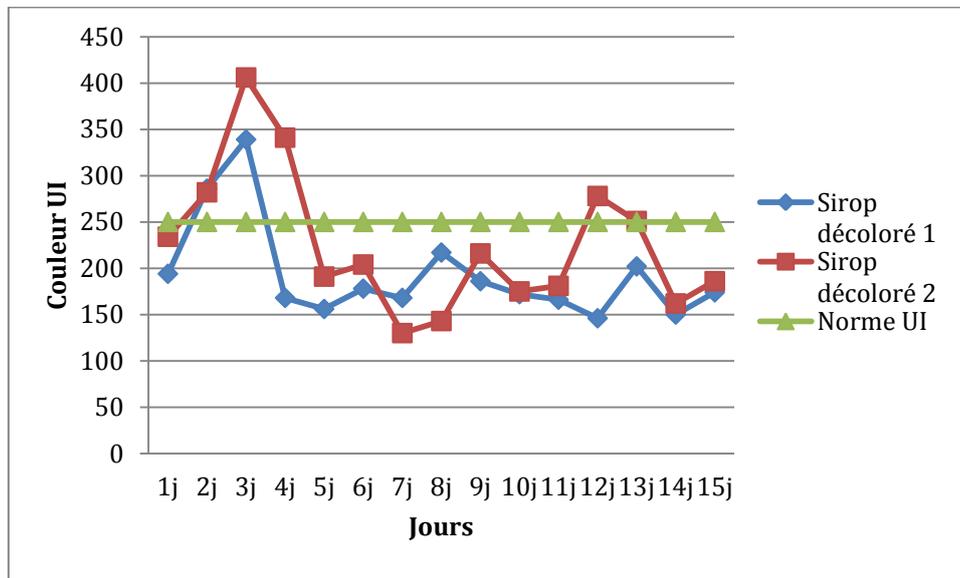


Figure 17: Suivi de la couleur des deux sirops décolorés 1 et 2

L'évolution de la courbe (figure 16) de sirop décoloré 1 (SD1), présente une certaine stabilité, les valeurs de la couleur sont comprises entre **146-217 UI** avec quelques variations importantes citant des pics **286 - 339 UI** au cours de 2 et 3^{ème} jour respectivement. Cela peut être lié au sirop filtré en termes de couleur et de son débit d'entraînement, à la qualité de la résine (âge), et au temps de séjour de la colonne en régénération.

Par ailleurs, les valeurs obtenues concernant la couleur du sirop décoloré 2 (SD2) varient entre **130-234 UI** avec l'apparition des pics **282, 406, 341, 287, 251 UI** au cours de 2, 3, 4, 12, 13^{ème} jours respectivement.

Cette instabilité peut être expliquée par le temps de séjour de sirop dans les colonnes, les conditions de fonctionnement de la résine, et la diminution de la disponibilité des groupements fonctionnels à cause de la saturation de la résine.

- **Comparaison entre le sirop filtré et le sirop décoloré 1**

Au regard de nos résultats présentés sur la figure 18, il apparait que l'évolution de la courbe SD1 suit le même approche que celle de sirop filtré. Cependant, les valeurs de la couleur restent toujours différentes.

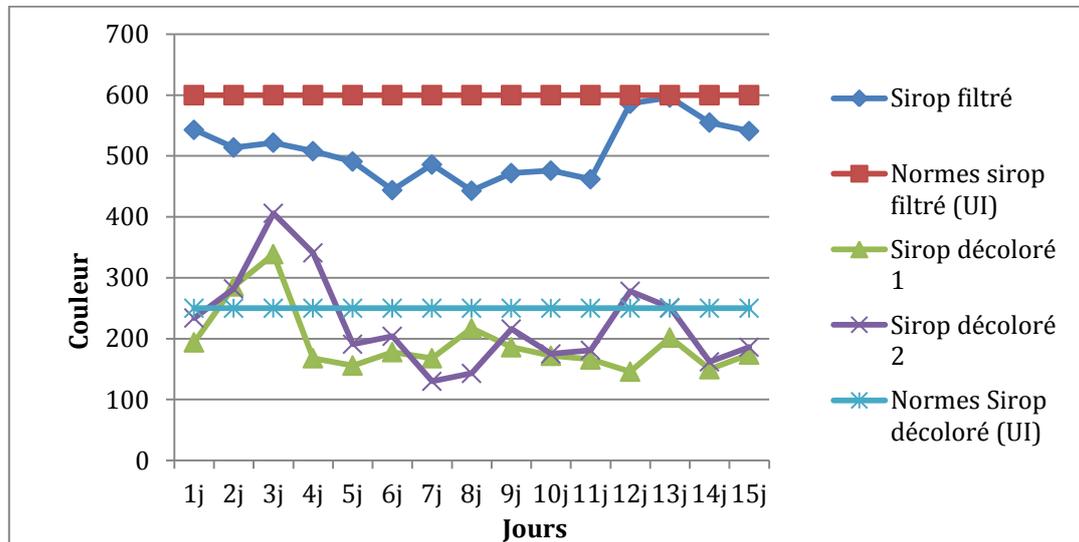


Figure 18 : Suivi de la couleur du sirop filtré avec les sirops décolorés 1 et 2

En outre, la courbe du SD2 reflète celle de SF en terme d'acheminement sauf à quelques variations causés par l'intervention de certains facteurs cités précédemment.

Globalement, les variations de la couleur des sirops décolorés est liées en 1^{er} lieu à celle de sirop filtré, la diminution de la coloration de sirop filtre se fait grâce à l'élimination de la majorité des impuretés piégées dans les filtres à bougies.

Elle diminue encore plus lors de la décoloration ceci est due à la continuation de l'élimination des impuretés particulièrement la résine, la capacité de la décoloration de cette dernière dépend de quelque facteurs qui rentrent en joue, tels que le taux de clarification de la refonte, la nature des colorants (certains colorants sont difficiles à éliminer), régénération et conditions de fonctionnement, notamment des impuretés colloïdales ou en suspension.

II.1.7. Taux de décoloration (TD1 et TD2)

La figure 19, représente l'évolution des taux de décoloration (TD) de chaque sirops SD1 et SD2 et les résultats sont exprimées en pourcentage (%) et calculés par la formule suivante :

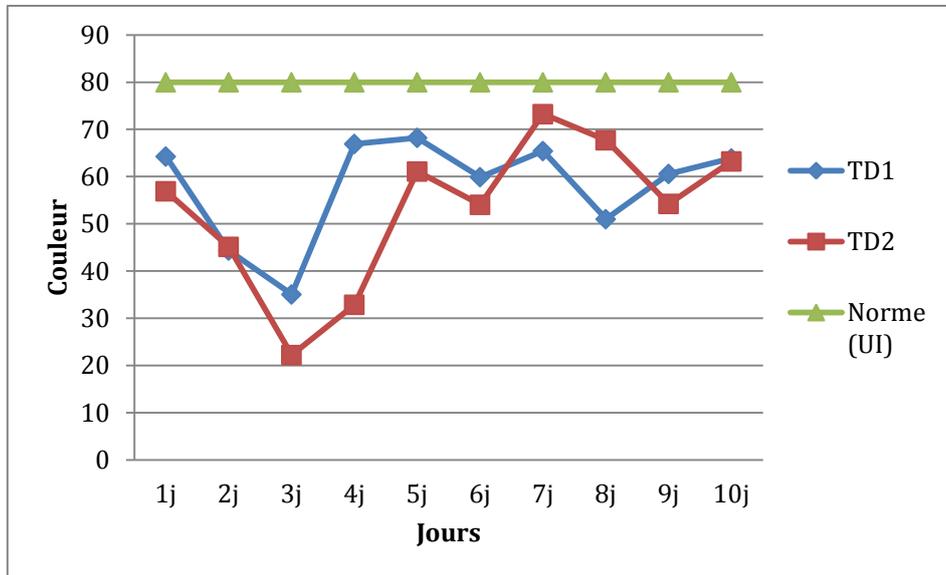


Figure 19: Suivi des taux de décoloration des deux sirops décolorés 1et 2

D'après le graphe (figure 19), on constate une instabilité de taux de décoloration (TD1), les valeurs sont comprises entre 35,06 et 68,23 %, mais elles restent toujours inférieure au taux estimé qui est d'environ 80 % ; ce qui caractérise la mise en fonction d'une résine qui à tendances à s'épuiser rapidement.

D'autre part, les résultats de taux de décoloration (TD2), montre des valeurs qui varient entre 22,22 et 73,25% et qui reste toujours au dessous de la limite inférieure. Les variations dans le taux de décoloration pour les deux sirops sont probablement dues à, La variation du débit du sirop filtré entrant dans les colonnes de décoloration, les pertes de charge dues au colmatage des résines par des matières en suspension, mauvaise filtration du sirop en amont des colonnes ou de l'eau de régénération ou de la saumure) ou bien l'entrée de nouvelles colonnes en production d'un temps à l'autre (une fois régénérée et mise en production, la colonne fournit un maximum de son rendement).

II.1.8. Évolution de la couleur de liqueur standard 1

Les résultats d'évolution de la couleur au niveau du concentrateur au cours du temps sont représentés dans la figure 20 :

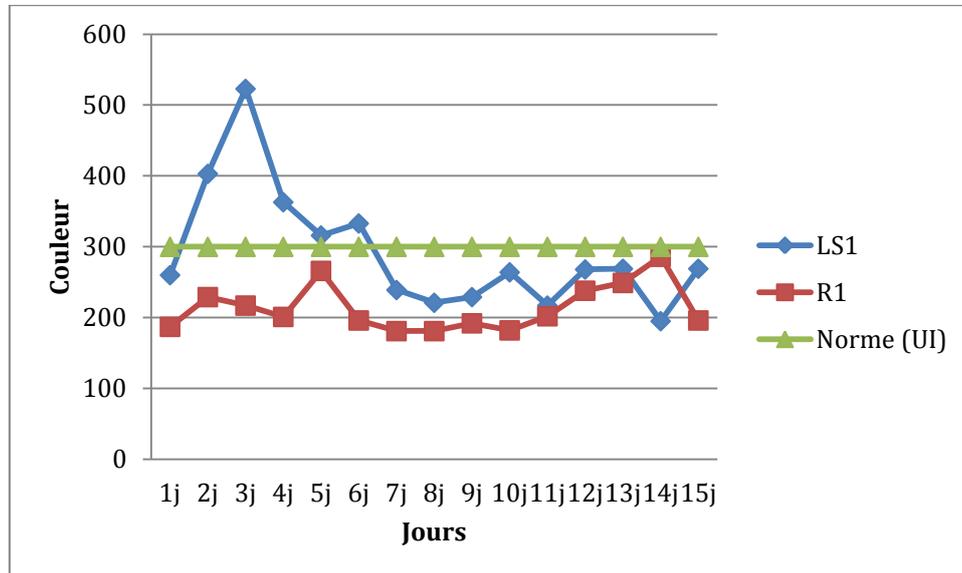


Figure 20 : Suivi de la couleur liqueur standard 1 et masse cuite R1.

Après l'étape de la concentration suit l'étape de la cristallisation dont on distingue les hauts produits (LS1, LS2, LS3) ainsi que les bas produits.

Le LS1 est un sirop concentré conservé dans un bac (liqueur standard) plus les égouts riches du turbinage de masse cuite 1. La variation de la couleur LS1 dépend de la couleur du sirop concentré et la couleur des égouts riches issue du turbinage.

Selon les résultats de la courbe (figure 19), on remarque que la couleur augmente progressivement pour atteindre un pic de au 3^{ème} jour (**523 UI**), cela s'explique par l'élévation du pH ou bien la décoloration insuffisante des sirops. L'élévation de la couleur au niveau des concentrateurs peut être liée aux deux phénomènes qui ont lieu:

- L'effet thermique qui engendre la formation des colorants.
- Le by-pass de la décoloration.

A partir des 7^{ème} jours jusqu'à au dernier jour on observe une diminution de la couleur et les deux courbes (LS1 et R1) se rapprochent. Ce qui permet de supposer que les turbines centrifugeuses assure une bonne élimination des impuretés grâce à une vitesse atteignant 1500 tr/mn, ainsi qu'une bonne cuisson.

II.1.9. Évolution la couleur masse cuite R1

La courbe de l'évolution de R1 (figure 20) montre une stabilité ceci est due essentiellement au concentrateur, car la variation de la coloration d'un sirop est en fonction de sa concentration

II.1.10. Liqueur standard 1 et masse cuite R1

D'après les deux courbes (figure 20) on déduit par la que la stabilité de la masse cuite est en fonction de la stabilité de LS1, la couleur de ce dernier influence directement la couleur de R1.

Au regard de nos résultats, on peut conclure que l'augmentation de la couleur pour les hauts produits (LS1, LS2, LS3,) et les bas produits, est due essentiellement à l'effets thermique au niveau des cuites, De ce fait des colorants se forment après chaque cuissons et par conséquent les produits se colorent de plus en plus et la pureté se diminue, à chaque progression dans le processus de raffinage.

II.2. Évolution de la conformité du sucre blanc

II.2.1. Évolution de la couleur du sucre blanc

La figure 21, montre l'évaluation de la couleur du sucre blanc au cours de 15 jours :

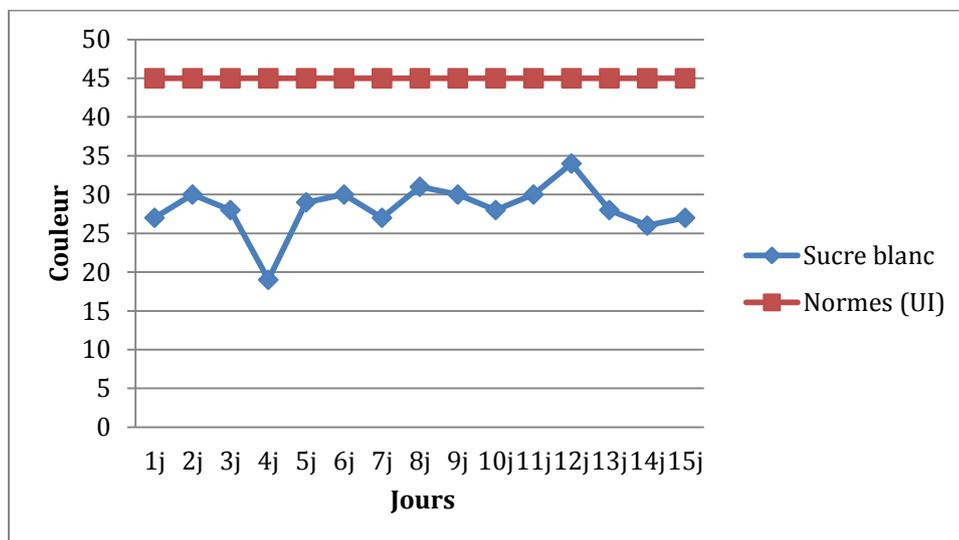


Figure 21 : Suivi de la couleur de sucre blanc en fonction du temps.

A partir de ce graphique (Figure 21), on constate que la coloration du sucre blanc varie entre **19-31 UI** ces valeurs sont inférieures à la limite, fixé par CEVITAL qui exige la

fabrication d'un sucre qui ne dépasse pas **35 UI** « spécifications internes » ce qui laisse déduire qu'il est conforme au norme. Le sucre blanc est obtenu par la combinaison des trois jets (sucres produits au cours de la section de cristallisation des hauts produits). La couleur de ces derniers influence directement la coloration du sucre.

On déduit que la coloration de LS1 influe automatiquement sur la coloration de la masse cuite R1 qui va se traduire à son tour dans la coloration du sucre blanc après turbinage et séchage qui sont les facteurs major de l'abaissement dans les valeurs de la coloration du sucre blanc.

II.2.2. Évolution de l'humidité du sucre blanc

II.2.2.1. Humidité sucre roux

La figure 22 représente les résultats de mesure de l'humidité

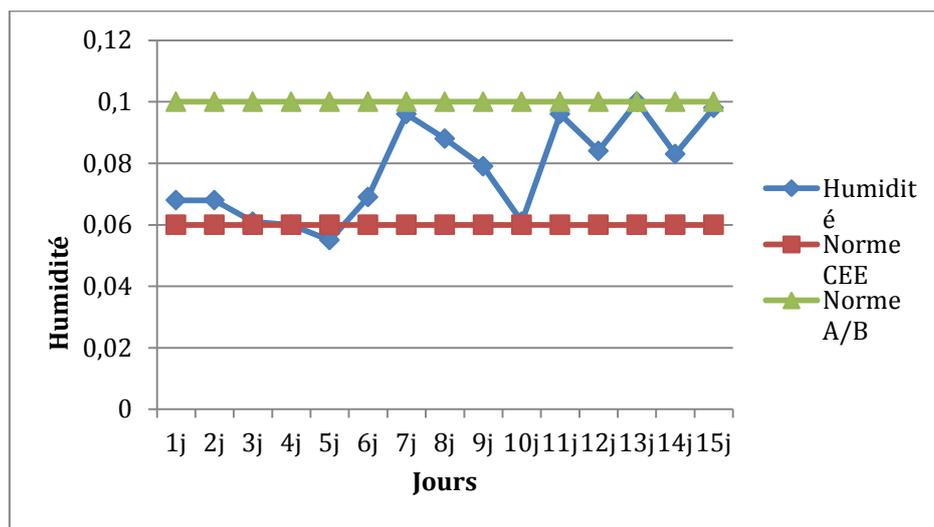


Figure 22 : Suivi de l'humidité du sucre roux

La figure 22 montre que les résultats de l'humidité du sucre roux sont largement supérieur aux valeurs représentant la norme CEE. Ceci est due a la présence d'eau dans le produit parcontre il est au dessous de la valeur qui représente la norme algérienne A/B Ceci nous mène à conclure que l'humidité du sucre roux de Cevital est conforme à la norme.

II.2.2.2. Humidité sucre blanc

Les résultats de la stabilité de l'humidité du sucre blanc au cours du temps sont représentés dans la figure 23 :

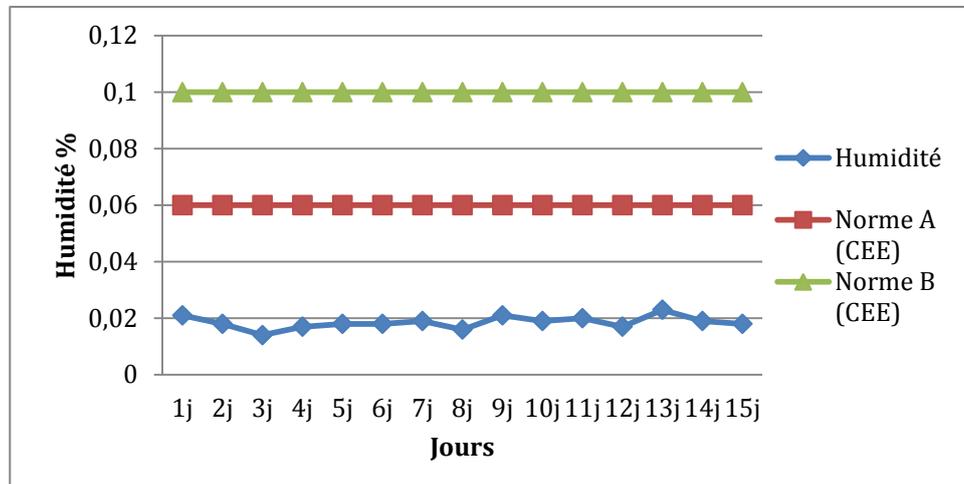


Figure 23 : Suivi de l'humidité du sucre blanc

Les valeurs d'humidité montrée ci-dessous (Figure 23) sont inférieure à la norme fixé par CEE (0.06) et celle de la réglementation Algérienne (0.1%). Ce résultat est obtenu grâce à l'effet de deux paramètres essentiels :

- Séchage (contact intensif air chaud et sec).
- La maîtrise des conditions de refroidissement.

D'après Févier et Perret (2001), le stockage du sucre en vrac exige un taux d'humidité inférieur à 0.05 % lors du remplissage du silo, afin d'éviter l'agglomération et la prise en masse des cristaux.

L'humidité est un critère qui permet d'évaluer la qualité du sucre blanc, la diminution de l'activité d'eau permet de prolonger la durée de conservation en empêchant la croissance du micro-organisme et donc l'altération du produit (Mehlouthi et Rogé, 2001).

II.2.3. Évolution des sucres invertis

La figure 24 représente les résultats du suivi de la teneur en sucre invertis (réducteurs) durant 15 jours :

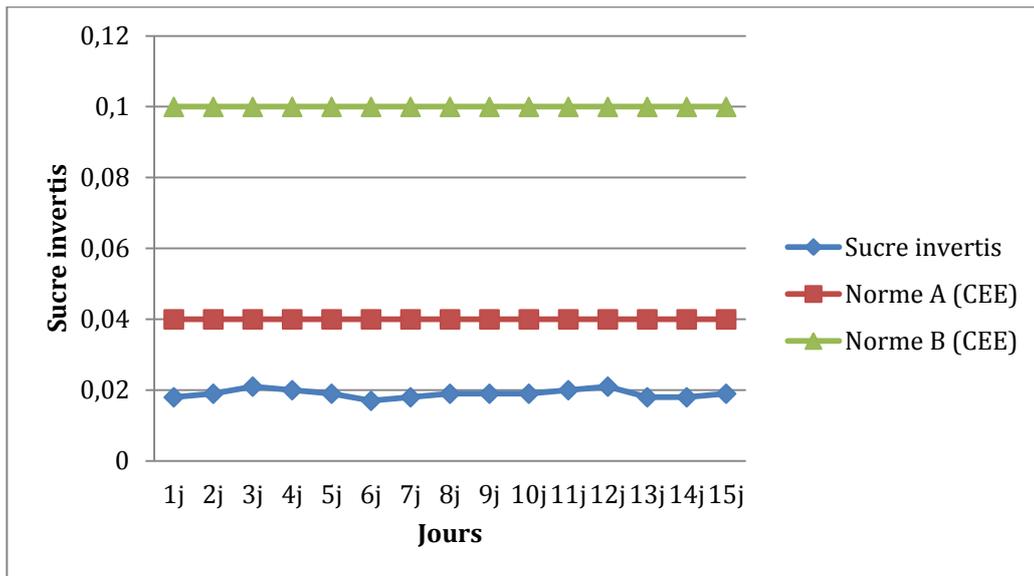


Figure 24 : Teneur en sucres invertis du sucre blanc

Les valeurs des sucre invertis représentés dans cette courbe (figure 24) varie entre 0.017 et 0.021%, alors la que la norme A CCE exige une valeur maximale de 0.04% et celle de la réglementation Algérienne est de 0.1%, cela confirme que nous résultats reste dans le cadre de ces normes.

II.2.4. Évolution de la pureté du sucre blanc

La figure 25, représente les valeurs de la pureté du sucre blanc par rapport à la norme

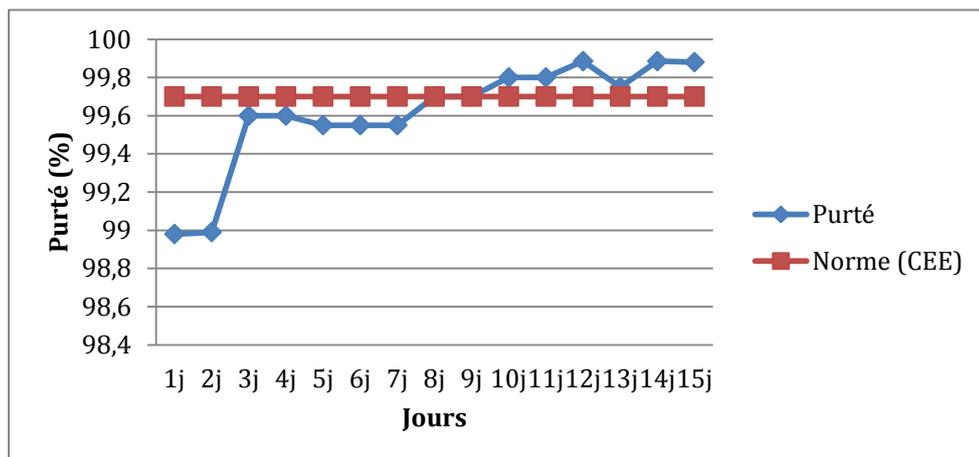


Figure 25 : Suivi de la pureté du sucre blanc.

Ces valeurs varient entre 98.98 - 99.885 % alors que la norme est de 99.7% ; cette augmentation n'affecte pas notre sucre mais par contre c'est un indicateur de sa conformité.

II.2.5 Évolution de la granulométrie du sucre blanc

a)- Ouverture moyenne (OM)

La figure 26 représente les résultats du suivi de la conformité de l'ouverture moyenne (OM) de la granulométrie du sucre blanc par rapport aux normes ICUMSA.

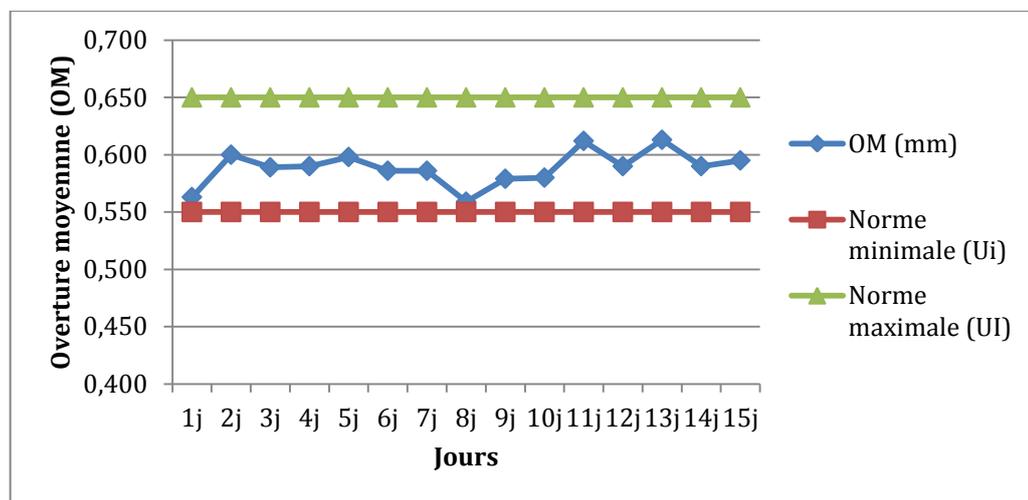


Figure 26 : Suivi d'ouverture moyenne du sucre blanc.

La figure 26 représente l'OM des échantillons analysés se trouvant entre les deux courbes d'ICUMSA (Min et Max). Alors, on déduit du point de vue OM de la granulométrie, le sucre blanc de CEVITAL est conforme aux normes ICUMSA.

Le sucre de CEVITAL est largement conforme aux normes algériennes spécifiques A (0.50 min) et B (0.70 max).

b)- Coefficient de variation (CV)

La figure 27 représente les résultats du suivi de la conformité du coefficient de variation (CV) granulométrique du sucre blanc par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B et ICUMSA.

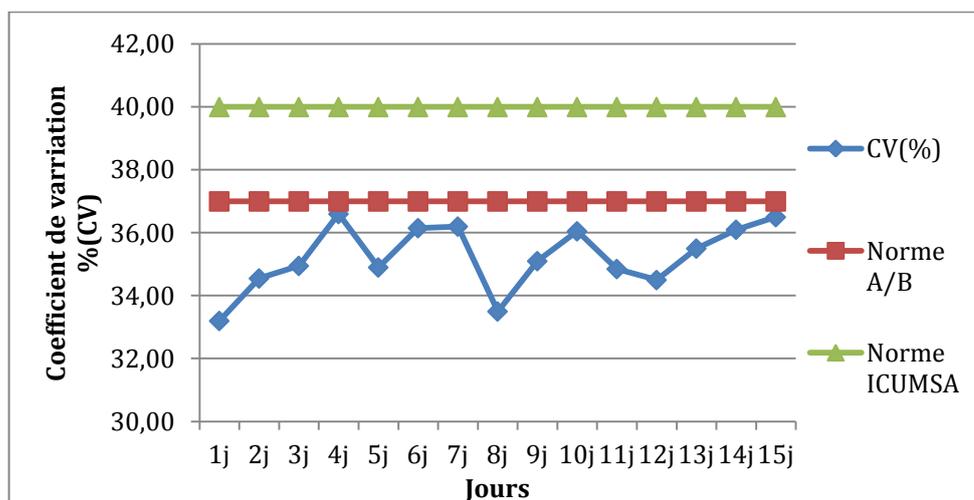


Figure 27 : Suivi du coefficient de variation du sucre blanc.

D'après la figure 27, les résultats du CV exprimés en % des échantillons testés sont tous au dessous des normes spécifiques algériennes (A et B) et celle d'ICUMSA, par conséquent, le CV de la granulométrie du sucre blanc analysé est conforme aux normes algériennes et ICUMSA.

CONCLUSION

Dans les industries sucrerie, la présence des colorants est devenue plus en plus préoccupante dont le mélange est composé de plusieurs constituants rendant leur mesure et évaluation difficile, ils sont considérés comme des impuretés à éliminer.

Dans le cadre de cette étude nous avons pris en considération toute la chaîne de raffinage et précisément l'étape de décoloration qui fait appel à la résine échangeuse d'ions afin de suivre l'évolution de la couleur du sucre roux de canne, ainsi que la couleur du produit fini, à savoir le 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 décoloration qui est une étape déterminante, dont elle joue un rôle considérable dans le processus de raffinage.

Au terme de travail réalisé au niveau de la raffinerie de sucre « CEVITAL », nous avons permis de faire les constatations suivantes :

- _ Le sirop de sucre produit au niveau du complexe CEVITAL est de bonne qualité, du point de vue physico-chimique au vu de la conformité des différents paramètres (le taux de décoloration, le Ph, la couleur) avec les normes réglementaires.
- _ Diminution de plus de 50 % de la couleur, et ce grâce à la décoloration sur résine.
- _ sucre blanc « CEVITAL » et de bonne qualité et répond aux normes algériennes et internationales.
- _ Le turbinage, qui est une étape ultime, permet d'atteindre la couleur souhaitée.
- _ Le sucre blanc provenant des différents jets est de qualité acceptable en ce qui concerne le critère de couleur.

Les résultats de ce travail sont intéressants et confirment ainsi la production d'un sucre blanc de haute qualité ceci est attribué certainement à la maîtrise et l'efficacité des systèmes de raffinage.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

Afisuc, (2002). Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières .Epuration, (EAO), p. 51.

Anonyme, (2007). L'aventure de sucre (www.aefe.fr).

Anny Ta, (2022). (www.shutterstock.com).

Applexion, (2006). Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante. Manuel opératoire CEVITAL-ALGERIE. FORM 002A.

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.

Asadi M, (2007). Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p.

B

Beck C, Cardon N, Deldon D, Fuchs P, Gaillard J, Guillaumie A et

Liefoghe C, (1999). La filière confiserie. Thèse Université de Technologie de Compiègne. Qualimapa : France, pp. 23-27.

Belaïd D, (2016). La culture de la betterave à sucre et la production de sucre en Algérie. Ingénieur Agronome. Collection dossiers agronomiques.

Belhamri R, (2005). Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières: Etude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le processus sucrier (Doctoral dissertation, Reims).

Bento M et Sa S, (1998). Study of HMW compounds in sugar liquors from carbonatation and ionexchange resins, using gpcchromatography with an evaporative light scattering detector. Sugarprocessingresearchconference, Georgia, p 247.

Brown et Levy, (1963). Sucrose. In: « precise determination of crystal and molecular structure by neutron diffraction ».Ed. science (141).pp. 921-923.

Bubnik Z et Kadlec P, (1995). La solubilité du saccharose. In Le saccharose : « Propriétés et applications » (Mathlouthi M. et Reiser P). Ed. Polytechnica, pp. 106 – 129

Burzawa E, (1999). Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6ème symposium. Reims, 10p.

Burzawa, Emilie, (1999). Rappel des bases de l'épuration Calco-carbonique. Association AVH 6ème Symposium. Reims, mars, p 5-7.

C

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, pp171-193.

Cheftel J C , Cheftel H, (1980). Brunissement enzymatique et brunissement non enzymatique. In : Introduction a la biochimie et a la technologie de l'aliments.p333-363, Lavoisier Techniques et Documentation –Ingenieurs Praticiens, paris

Chen J C P & Chou CC, (1993). Cane sugar handbook : a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 12th edition. Canada : John Wiley & Sons, Inc.p1120.

Chichester C O, (1972). The chemistry of plant pigments.p218, Academic press, NewYork –London. Colletotrichum falcatum Through Transcriptomic Approach.

Cortes, Corte A, (2007). Direct white sugar production : optimization and chemical regeneration of fixed-bed activated carbon adsorbers. Biological and Agricultural Engineering. Master of science, p. 6-8.

D

Dechow F J, (1989). Separation and purification techniques in biotechnologie (pp357-358).Park Ridge: Noyes publication.

Decloux M, (2003). Procédés de transformation en sucrerie (partie 2). Filière de production:Produits;origine végétale (Réf. Internet ti700). Techniques de

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, pp. 58-63.

Deminiac M, (1991). Biotechnologie des levures. In : « utilisation des levure en fermentation alcoolique industrielle ». Ed .Technique et documentation.

Donovan M, (2003).SUGAR Refining of Sugarbeet and Sugarcane. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2nded. pp5659-5665

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, p. 258 – 269.

Driss K, (2008).Perfectionnement raffinerie, Cosumar, chapitre 2, page 131-154.

E

Ellis B, (2004). Modeling of cane Sugar Colorant Removal in Packed Ion Exchange Columns and an Investigation into Pretreatment Methods, Louisiana State University. Master of science, p.249.

F

FAO, (1994).Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea

FOOD OUTLOOK/FAO, (2020). BIENNIAL REPORT ON GLOBAL FOOD MARKETS

G

Grondin-Perez B, Benne M, Bonnecaze C et Chabriat J P, (2005). Industrial multi-step forward predictor of mother liquor purity of the final stage of a cane sugar crystallisation plant. Journal of food engineering. 66(3) :p361-367.

H

Hamachi M, Gupta B B et Ben-Aim R, (2003). Ultra filtration: a means for decolorization of cane sugar Solution. Séparation and Purification Technology.pp. 235-239.

Hancock J, (2021). Sugar & the Rise of the Plantation System. World History Encyclopedia. Retrieved from <https://www.worldhistory.org/article/1784/sugar--the-rise-of-the-plantation-system/>.

Hubert, (1968). Fiche technique d'Agriculture speciale.p01.

I

ICUMSA méthode GS 1/3/4/7/8-13, (1994). The Determination of Conductivity Ash in Raw Sugar, Brown Sugar, Juice, Syrup and Molasses – Official.

K

Kelly F et Brown D, (1978). Thermal decomposition and color formation in aqueous sucrose solutions. Sugar Tech (p 48).Reviews.

Krouh, (1994). Caramelisation in food and beverages. Food Chemistry, 51:p373-379.

M

Mary Ellen Elise, (2022). Sugarcane pruning guide, cutting back sugarcane: Do You Need To Prune Sugarcane.

Mathlouthi M et Belhamri R, (2004). Sucrose crystal growth and shape: Effect of impurities on sucrose crystal shape and growth. Laboratoire de Chimie Physique Industrielle, Faculté des Sciences, Université de Reims, 12p.

Mathlouthi M et Rogé B, (2001). Water content, water activity and water structure: three approaches to water/food interactions-application to the storage stability of crystalline sugar in silo. Food science technology. ZuckerIndustrie, 126(11) :p880-884.

MCG (Manuel de Connaissances Générales), (2008). **CEVITAL spa**.

Mersad A, Lewandowski R , Heyd B , &Decloux M, (2003). Colorants in the sugar industry. Int. SugarJnl, 105(1254) : p269-281.

Mersad, (2001). Colorants en sucrerie: Détermination de leurs masses molaires et leurs caractéristique spectrométriques en vue d'une meilleure évaluation de leur rétention par filtration tangentielle. Thèse de doctorat, Génie des procédés, L'ENSIA, Massy

MOR, (2009). Manuel opératoire de raffinerie.

N

Neill T, (2004). Sugar quality .In "Sugar Trading Manual (STM)" Jonathan Kingsman. Ed: Wood Head Publishing Limited. Cambridge England, p285-300.

O

Odeadom [En ligne](2005). Disponible en site :

<http://www.odeadom.fr/wpcontent/uploads/2007/01/depliant-csr.pdf>.

P

Pislor, (2011). Extraction d'un acide organique a Partir de Co-produits issue de Industrie de la canne a sucre.These.p7.

R

Rachedi N, (2002). Précèdes de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation, pp. 1-30.

Rageot M, Rene L, (2004). Procédure de fabrication du sucre. Le sucre (4).pp. 1-4.

Reiser P, Reiser P, Birch G et Mathlouthi M, (1995). Propriétés physiques. In : « Le Saccharose Propriétés et Applications ». Ed. Polytechnica, Paris. pp. 197-235.

Romain J, Thomas C, Pierre S et Gérard B, (2007). Science des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, 449p.

Romain J, Thomas C, Pierre S, Gerard B, (2007). Science des aliments. Ed. Tec et Doc Lavoisier, p. 449.

Rousseau G, Rovel B et Metche M, (1990). Cristallisation et qualité des sucres : Industrie Alimentaire et Agricole 4(78), pp. 629 – 636.

S

Schick R, (2011). Technologies sucrières, les procédés de l'industrie sucrière, chapitre 6, page 168-226.

Smith P et Paton N H, (1985). Sugar cane flavonoids. Sugar Technology Reviews (p142). Solution. New York: Marcel Dekker. (Shore *et al.*, 1984).

T

Tianen T, (2007). Raffinerie Tirlemontoise s.a. Ed. Avenue de Tervueren, 182-B-1150 Bruxelles – Belgique. 2p.

V

Viswanathan R, Prasanthen, Krishna N, Malathi P, (2017). Unraveling the Genetic Complexities in Gene Set of Sugar cane Red Rot. Pathogen.

Vlitos A J, (1995). Economical aspects of sugar. In *Sucrose* (pp. 1-10). Springer, Boston, MA.

Vu T, Le-Blanc J, Chou CC, (2020). Clarification of sugarcane juice by ultrafiltration membrane: Toward the direct production of refined cane sugar. *Journal of Food Engineering*, 264 :109682.

W

Warrant C, (2019). Calibration du modèle de prévision de rendement Aquacrop pour la canne à sucre (SACCHARUM OFFICINARUM)-Variété N14-au Sénégal.

ANNEXE

Présentation de l'entreprise Cevital

Historique

Première entreprise privée algérienne créée en 1998 par Mr ISAAD REBRAB à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversée d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

Situation géographique

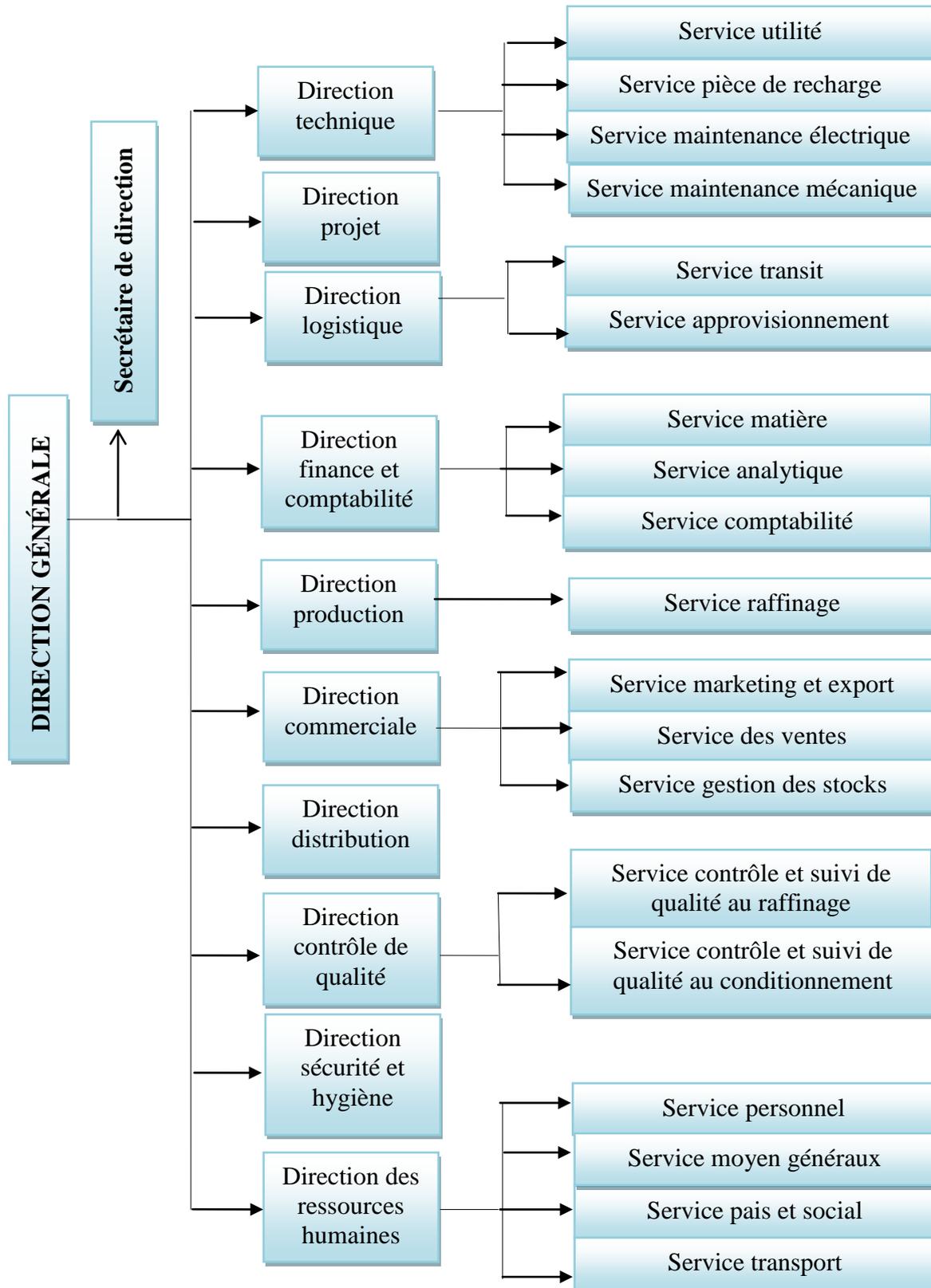
Le complexe CEVITAL se situe au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du Sud-ouest de cette ville et répartie sur une superficie de 45000m², à proximité de la rase nationale N°09. Elle se trouve proche du port et de l'aéroport ce qui lui donne un avantage de proximité économique.

Principales activités de CEVITAL

Le complexe CEVITAL a débuté son activité par conditionnement de l'huile en décembre 1998. Il est devenu fonctionnel en Août 1999 après le lancement des travaux de génie civil de la raffinerie.

L'ensemble des activités de CEVITAL est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre sont comme suit :

- Une unité du sucre liquide
- Une raffinerie d'huile
- Deux raffineries du sucre
- Une margarinerie
- Une unité de conditionnement minéral
- Une unité de fabrication et de conditionnement de boissons
- Une unité de fabrication de chaux calcinée
- Une conserverie

**Figure 1** : Organigramme de l'entreprise Cevital

Dosage de l'humidité

Méthode ' ICUMSA '

Le principe de la méthode consiste à sécher le sucre à l'étuve 105°C suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées.

Mode opératoire :

- ⇒ Le récipient ouvert et son couvercle sont séchés à l'étuve à 105°C pendant 30 min, puis refroidit au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- ⇒ On pèse aussi (m_1) à $\pm 0.0001g$, puis on met 20 à 30g d'échantillon (du sucre), en remettant le couvercle et on pèse (m_2) à $\pm 0.0001g$ l'épaisseur de l'échantillon ne doit pas dépasser 1 cm.
- ⇒ On remet le récipient ouvert à l'étuve pendant 3 heures, et on replace le couvercle, en le refroidissant au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- ⇒ Enfin, on pèse (m_3) à $\pm 0.0001g$.

Expression des résultats :

$$\text{L'humidité (H) ; Perte au séchage \%} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

m_1 : masse de la capsule vide .

m_2 : masse de l'échantillon avant étuvage .

m_3 : masse de l'échantillon.

Mesure de la granulométrie :

Méthode ' ICUMSA'

Cette méthode a pour objet de mesurer la dimension et l'hétérogénéité des cristaux de sucre. Le sucre étudié est passé à travers une série de tamis dans des conditions bien déterminées, le sucre restant dans chaque tamis et dans le fond est pesé.

Mode opératoire

- ⇒ Mélanger soigneusement le sucre pour le rendre homogène au maximum,
- ⇒ Peser une quantité de 80 à 100 g de sucre.
- ⇒ Peser préalablement les tamis à différents pores.
- ⇒ Placer les tamis sur l'appareil (le granulomètre) selon un ordre croissant de diamètre.
- ⇒ Verser le sucre sur le premier tamis aux plus petits pores et laisser vibrer pendant 15 minutes, Peser chaque tamis en commençant par celui du haut.

Expression des résultats

Reporter les résultats sur un logiciel qui va donner la caractéristique de la granulométrie qui est :

$$CV = \frac{\text{abcisse (84\%)} - \text{abcisse (16\%)}}{2 \cdot (OM)}$$

- L'ouverture moyenne (**OM**) qui est la dimension moyenne des cristaux,
- Coefficient de variation (**CV**) qui caractérise la dispersion des cristaux.

Polarisation du sucre blanc : Méthode ' ICUMSA'

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

La solution de sucre à 26% est placée dans le saccharimètre calibré selon l'échelle internationale en Z° (degrés sucre) conformément aux spécifications de l'ICUMSA, la lecture se fait à 20 °C. La concentration exacte de solution est déterminée à partir de sa masse, en appliquant une correction de volume.

Mode opératoire :

- ⇒ Pèsent 26g \pm 0,001g de sucre blanc dans une fiole de 100 ml séchée et pesée (m_1)
- ⇒ Ajouter environ 60 ml d'eau distillée. On doit maintenir la température de la solution de sucre à 20°C en la mettant dans un bain d'eau.
- ⇒ Ajuster le volume de la solution exactement au trait de jauge avec de l'eau à 20 °C avec une pipette.
- ⇒ Sécher la paroi interne du col de la fiole avec du papier filtre. Après l'extérieur de la fiole et on la pèse à une précision de \pm 0.001g (m_2).
- ⇒ Vérifier le zéro du polarimètre .
- ⇒ Rincer le tube du polarimètre au moins 3 fois avec le filtrat. On remplit le tube du polarimètre avec la solution de l'échantillon à 20 °C, et on note la polarisation.

Expression des résultats :

$$\text{Teneur en sucre (\%)} = \frac{\text{Quantité de sucre} \times 100}{\text{Quantité de solution}}$$

La correction de la fiole : $m_2 - m_1$

M : masse

$$\text{Polarisation} = \text{polarisation lue} - \text{la correction}$$

On lit la polarisation qui est exprimée en [$^{\circ}$ S], puis on apporte la correction du volume de la solution ($m_2 - m_1$) à la polarisation.

Détermination des cendres conductimétriques : Méthode ' ICUMSA'

Les cendres conductimétriques dans les solutions a 28g / 100 g permettant de mesurer la concentration des sels solubles ionisés présents dans les solutions de faible conductivité.

Mode opératoire :

- ⇒ Peser $28 \pm 0,1$ g de sucre blanc dans un becher de 250 ml, ajuster à 100 g avec de l'eau distillée de conductivité $\leq 2 \mu\text{S} / \text{cm}$.
- ⇒ Mélanger soigneusement jusqu'à dissolution complète.
- ⇒ Mesurer la conductivité de cette solution à $20 \pm 0,2$ °C.
- ⇒ Mesurer la conductivité de l'eau distillée à $20 \pm 0,2$ °C

Expression des résultats :

La conductivité corrigée (c_{28}) de la solution à 28 g/ 100 g est :

$$C_{28} = C_{\text{mesuree}} - 0,35 C_{\text{eau}}$$

Et

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

Correction de temperature :

Si la mesure de la conductivité ne peut pas être faite à 20 °C, on apporte une correction de T° pour exprimer le résultat à 20 °C cette mesure ne doit pas excéder ± 5 °C.

La correction est donnée par :

$$C_{20} = C_{\text{Mesure}} / (1 + 0.026)(T_{\text{lue}} - 20)$$

.Dosage des sucres réducteurs dans le sucre blanc (Par la méthode EDTA de Knight et Allen):
Méthode ‘ ICUMSA’

La solution de sucre et le réactif alcalin cuivrique ajoutée, sont chauffées dans un bain d'eau bouillante. Les ions sont réduits en oxyde cuivreux par les sucres réducteurs présents. Après refroidissement les ions cuivriques résiduels sont titrés à l'EDTA en utilisant l'indicateur coloré murexide.

Mode opératoire :

- ⇒ Peser 5 g de sucre blanc dans un tube à essai, ajouter 5 ml d'eau distillée, agité jusqu'à dissolution complète.
- ⇒ Ajouter 5 ml de solution alcaline cuivrique, mettre le tube dans un bain d'eau bouillante pendant 5 min exactement.
- ⇒ Refroidir immédiatement le tube à l'eau courante, transvaser le contenu du tube et les eaux de rinçage dans un erlenmeyer et ajouter une pincée de murexide.
- ⇒ Titrer la solution avec de l'EDTA 0.005 mol/l jusqu'au virage du vert au pourpre et noter le volume de titrage T.

Expression des résultats:

La teneur en sucres réducteurs est calculée par comparaison de % en sucre réducteurs par rapport au volume de titrage. La lecture se fait à l'aide des valeurs suivantes :

Tableau 1: Table de correction pour la teneur en sucres réducteurs de sucre blanc

Volume de titrage T ml de solution d'EDTA	% sucres réducteurs
De 1.7 à 2.2	0.017
De 2.3 à 2.9	0.016
De 3 à 3.6	0.015
De 3.7 à 4.2	0.014
De 4.3 à 4.8	0.013
De 4.9 à 5.5	0.012
De 5.6 à 6.2	0.011
De 6.3 à 6.8	0.010
De 6.9 à 7.5	0.009
De 7.6 à 8.1	0.008
De 8.2 à 8.7	0.007
De 8.8 à 9.4	0.006
De 9.5 à 10.1	0.005
De 10.2 à 10.7	0.004
De 10.8 à 11.3	0.003
De 11.4 à 11.8	0.002

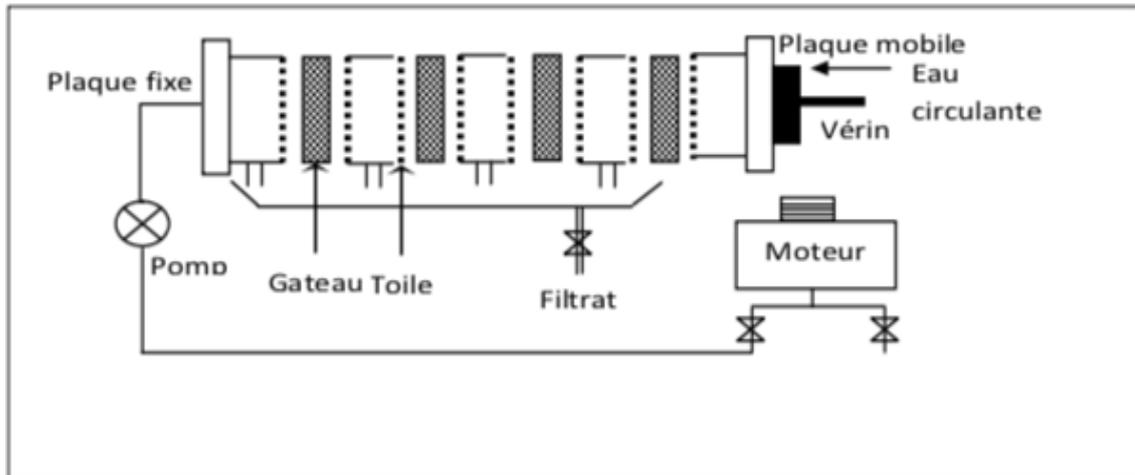


Figure 2: Fonctionnement d'un filtre à presse (Afisuc, 2002).

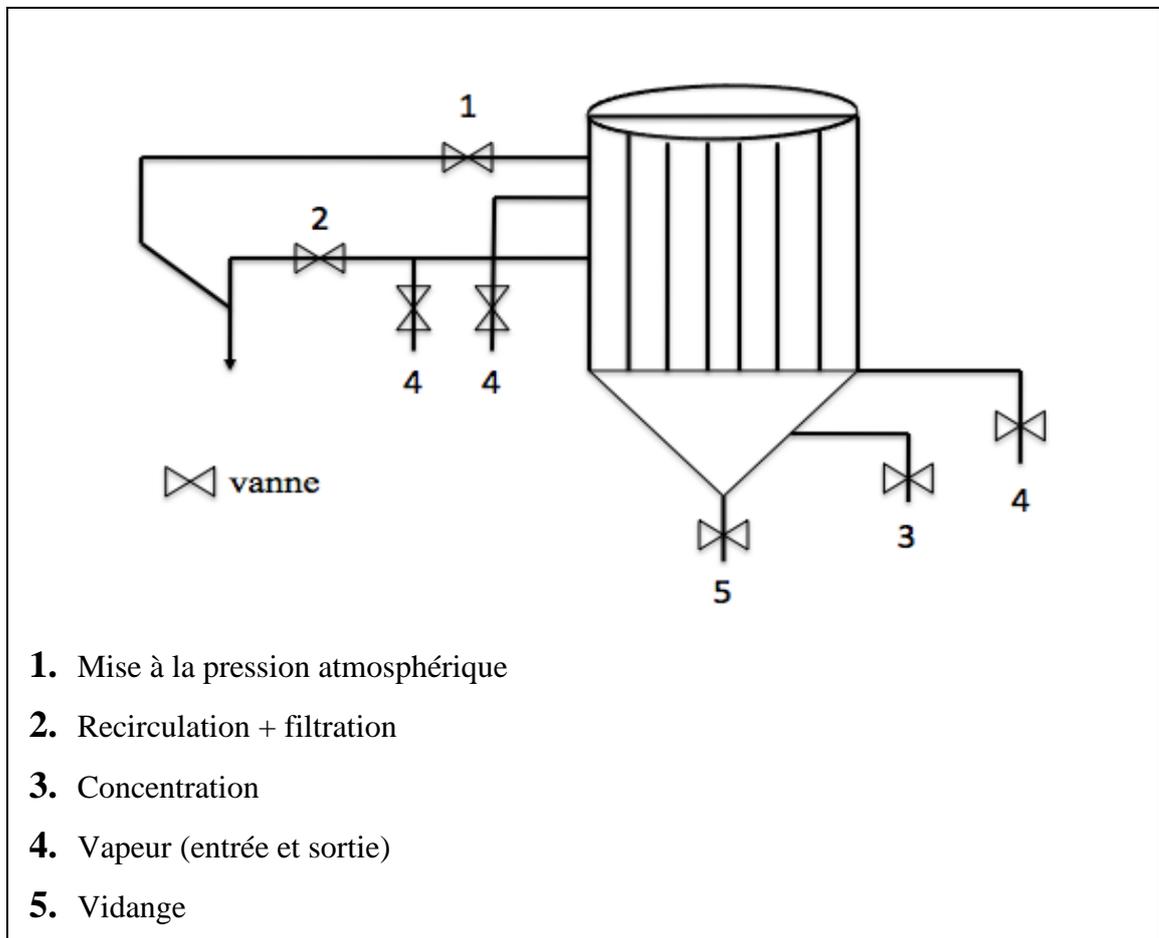


Figure 3: Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à bougie (Afisuc, 2002).

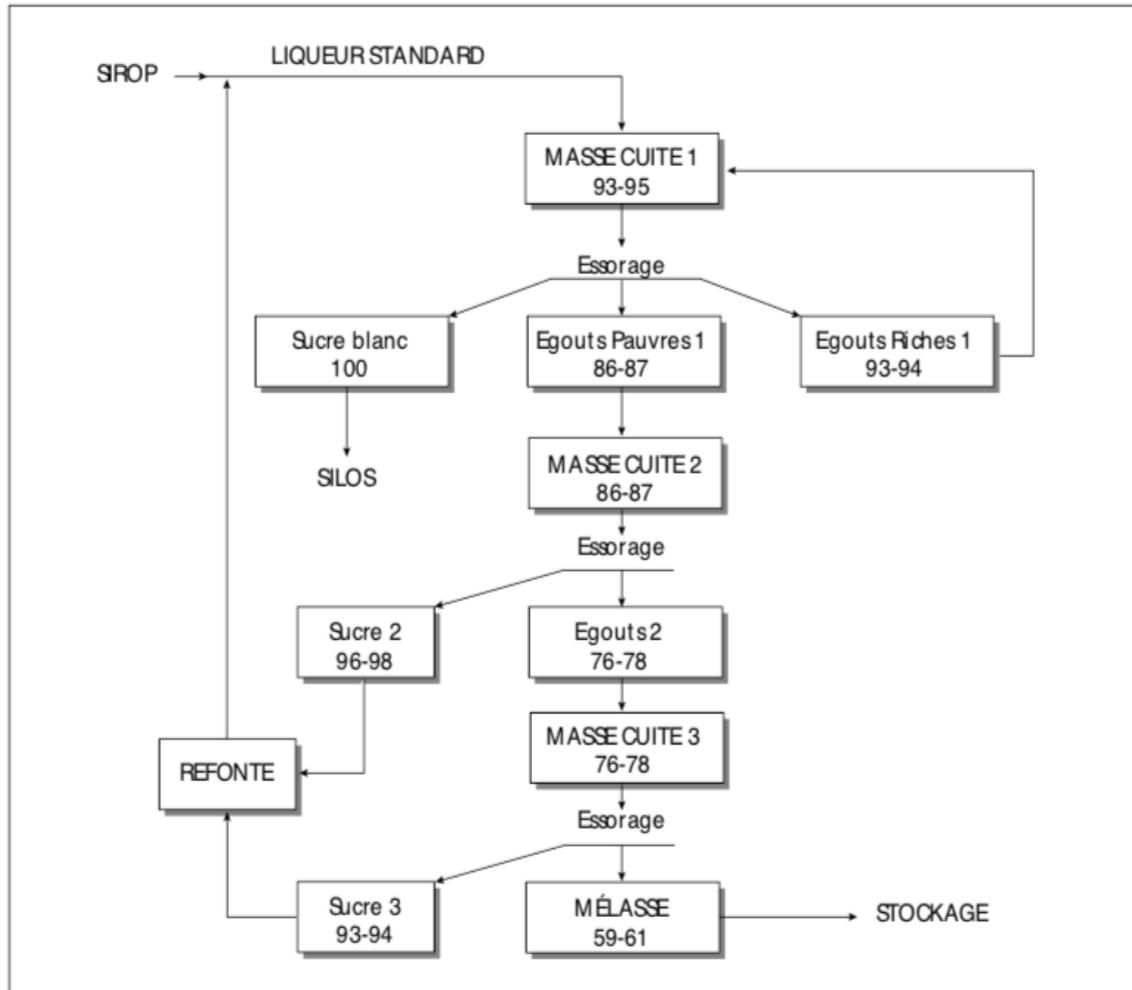


Figure 4: Cascade des puretés en 3 jets (Burzawa, 1994)

Tableau 2: Résultats d'évolution de Ph et purté des produit au cours de raffinage.

Produits	RF	SF	SD1	SD2	LS1	R1
Moyenne PH	5.83	8.31	7.91	7.85	8	
Normes UI	5.5	8	8	8	8.5	
Moyenne Purté	98.86	98.95	99.08	99.05	97	97
Normes UI	98	98	98	98	98	98

Tableau 3: Résultats d'humidité du sucre roux

Sucre roux	Humidité %
J1	0,068
J2	0,068
J3	0,061
J4	0,06
J5	0,055
J6	0,069
J7	0,096
J8	0,088
J9	0,079
J10	0,061
J11	0,096
J12	0,084
J13	0,1
J14	0,083
J15	0,098
Norme A	0,06
Norme B	0,1

Tableau 4: Résultats de la granulometrie du sucre blanc.

Granulometrie Jours	OM(mm)	CV(%)
1	0,563	33.20
2	0,600	34.55
3	0,589	34.95
4	0,590	36.60
5	0,598	34.90
6	0,586	36.15
7	0,586	36.20
8	0,559	33.50
9	0,579	35.10
10	0,580	36.05
11	0,612	34.85
12	0,590	34.50
13	0,613	35.50
14	0.590	36.10
15	0.595	36.50
Normes A/B	0.550	37
Normes ICUMSA	0.650	40

Tableau 5: Résultats d'analyse du sucre blanc

Sucre blanc	Pureté %	Humidité %	Invertis %
J1	98,98	0,021	0,018
J2	98,99	0,018	0,019
J3	99,6	0,014	0,021
J4	99,6	0,017	0,02
J5	99,55	0,018	0,019
J6	99,55	0,018	0,017
J7	99,55	0,019	0,018
J8	99,7	0,016	0,019
J9	99,7	0,021	0,019
J10	99,8	0,019	0,019
J11	99,8	0,02	0,02
J12	99,885	0,017	0,021
J13	99,75	0,023	0,018
J14	99,885	0,019	0,018
J15	99,88	0,018	0,019
Norme A	99,7	0,06	0,04
Norme B	99,7	0,1	0,1

Tableau 6: Résultats des analyses d'évolution de la couleur des produits.

Couleur Jours	Sucre roux	RF	SF	SD1	SD2	LS1	R1	Sucre Blanc
1	910	1256	543	194	234	260	187	27
2	923	1320	514	286	282	403	229	30
3	932	1346	522	339	406	523	217	28
4	990	1332	508	168	341	363	201	19
5	1071	1310	491	156	191	316	266	29
6	894	1198	444	178	204	333	196	30
7	924	1119	486	168	130	239	181	27
8	944	1230	443	217	143	221	181	31
9	909	1223	472	186	216	229	192	30
10	903	1218	476	172	175	264	182	28
11	919	1229	462	166	181	217	202	30
12	1024	1371	586	146	278	268	238	34
13	956	1338	596	202	251	269	249	28
14	925	1215	555	150	162	195	286	26
15	913	1251	541	174	186	269	196	27
Normes	1500	1500	600	250	250	300	300	35

Type d'analyse effectués et appareillages utilisés**Tableau 7 : Analyses et appareillages utilisés**

Analyse	Appareillages utilisés
Dilution	Diluteur automatique mené d'une balance de précision
Brix	Refractomètre
Polarisation	Polarimètre
pH	pH mètre
Couleur	Spectrophotomètre
Humidité	Dessiccateur en verre + étuve (105 °C)
Taux des sucres invertis	Titration par l'EDTA
Taux des cendres conductimétriques	Conductimètre
Granulométrie	Tamiseur de laboratoire
Filtration	Pompe à vide



Figure 5: Rafractomètre



Figure 6: Polarimètre



Figure 7 : Diluteur



Figure 8: Agitateur magnétique



Figure 9 : Pompe à vide

Résumé

Le raffinage du sucre roux est une nouvelle technologie introduite dans notre pays par le complexe industriel CEVITAL.

Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés, afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique. A cet effet, le complexe CEVITAL utilise une ligne de décoloration, dont le fonctionnement est régi par des résines échangeuses d'ions. Il est absolument nécessaire de caractériser les effets des paramètres de fabrication tout au long du processus et ainsi de contrôler la qualité du produit fini destiné au consommateur.

Les résultats des analyses physicochimiques, nous ont permis de détecter la présence de quelques points critiques qui peuvent nuire à la qualité finale du sucre blanc. Parallèlement, 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 : Raffinage, Décoloration, résine, sucre blanc.

Abstract

The refining of brown sugar is a new technology introduced in our country by the industrial complex CEVITAL.

The first objective of sugar refining is the elimination of color among other impurities, in order to produce a sugar of good color and crystallographic homogeneity. For this purpose, the CEVITAL complex uses a decolourization line, whose operation is governed by ion exchange resins. It is absolutely necessary to characterize the effects of the manufacturing parameters throughout the process and thus control the quality of the finished product intended for the consumer.

The results of the physicochemical analyses, allowed us to detect the presence of some critical points that can affect the final quality of white sugar. At the same time, the study has highlighted the crucial role of the conduct of a good decoloration and its direct impact on the final character of the finished product.

Key words : Refining, Decoloration, Resin, White sugar.