

Mémoire de Master

Présenté par :

- **CHELGHOUM Nacer Eddine**

- **BENALI Laid**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie
Spécialité : Chimie des matériaux*

Thème :

Suivi des paramètres physico-chimiques du
sucre blanc au niveau de la raffinerie du
complexe agro-alimentaire de CEVITAL.

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mr. BEZZI Nacer	Chimie	Examineur
Mr. HENACHE Zahir	Chimie	Examineur
Mme. BARKA Fatiha	Chimie	Encadreur

2020-2021

Remerciements

Nous tenons à remercier le Bon Dieu, tout Puissant qui nous a accordé la puissance et la volonté pour terminer ce modeste travail. Nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude.

A notre promotrice Mme. BARKA Fatiha, pour ses précieux conseils et son orientation.

Nous remercions l'ensemble des membres de jury, qui nous ont fait l'honneur en acceptant d'examiner notre travail.

Nous remercions notre cher collègue Mr. BEN SADI Naim, gestionnaire de stock au niveau de l'unité de sucre, CEVITAL.

Nos vifs remerciements s'adressent également à toute l'équipe de laboratoire e l'unité 3000T et 3500T de CEVITAL ; qui nous a beaucoup aidé. En particulier Mr. BIRM Samir, chef de département de contrôle de qualité de sucre.

A tous nos enseignants qui se sont tellement donnés durant ces cinq ans de formation en nous transmettant ce riche savoir.

Comme nous adressons nos plus sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre recherche.

Nous vous seront toujours reconnaissants.

Dédicace

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez, vous fait plus que ce que des parents pourraient faire pour que leurs enfants suivent le bon chemin dans leurs vies et leurs études.

A mes très chères sœurs et mon frère Djaber.

A tous mes amis sans exceptions.

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin et à toute personne qui en bénéficiera de ce travail.

« Nacer Eddine »

J'ai le plaisir de dédier ce travail :

A mon cher père et ma chère mère qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, qui ont veillé à guider mes pas durant toute ma vie.

A mes chères sœurs ;

A mes chers frères ;

A toute ma famille ;

A mon bien-aimé ;

A tous mes amis.

« Laid »

Table des matières
Liste des abréviations**Liste des figures****Liste des tableaux****Présentation de la raffinerie de CEVITAL I****Introduction générale 1****Chapitre I : Généralités sur le sucre**

I.1. Betterave sucrière 2

I.1.1. Description de la betterave sucrière 3

I.1.2. Culture de la betterave..... 4

I.1.3. Procédé général d'extraction 4

I.2. La canne à sucre 5

I.2.1. Description botanique de la canne à sucre 6

I.2.2. Composition principale de la canne à sucre 7

I.2.3. Sucre roux 7

I.2.3.1. Procédé d'extraction du sucre roux 7

I.3. Généralités sur le saccharose..... 10

I.3.1. Les propriétés de saccharose

I.3.2. Les propriétés physico-chimiques du saccharose..... 11

I.3.2.1. Les propriétés physiques 11

I.3.2.2. Les propriétés chimiques 12

I.4. Les variétés de sucre 13

I.5. Notions générales de la chimie sucrière 14

I.5.1. Le Brix 14

I.5.2. La pureté 14

I.5.3. La polarisation 14

I.5.4. La solubilité 15

I.5.5. La colorimétrie 15

I.5.6. La saturation 15

I.5.7. La densité..... 15

I.5.8. Les non sucres 15

Chapitre II : Technologies de raffinage du sucre roux de canne

II.1. Raffinage de sucre roux	16
II.1.1. Section 1 : Affinage et Refonte	16
II.1.1.1. Affinage	16
II.1.1.2. Refonte	16
II.1.2. Section 2 : Épuration Calco-Carbonique	16
II.1.2.1. La première carbonatation	17
II.1.2.2. La deuxième carbonatation	18
II.1.3. Section 3 : Filtration	19
II.1.4. Section 4 : Décoloration	21
II.1.5. Section 5 : Concentration	21
II.1.6. Section 6 : Cristallisation	21
II.1.6.1. La cristallisation des hauts produits (HP)	22
II.1.6.2. La cristallisation des bas produits (BP)	23
II.1.7. Section 7 : Séchage et maturation	24
II.1.8. Section 8 : Stockage et conditionnement	24
II.2. Normes et qualité du sucre blanc	27
II.2.1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations	27
II.2.2. Les critères de qualité du sucre blanc	28
II.2.2.1. L'aspect	28
II.2.2.2. La coloration en solution	29
II.2.2.3. La teneur en cendres	29
II.2.3. La couleur critère d'évaluation de la qualité	29
Chapitre III : Partie pratique	
Partie A-matériels et méthodes	
III.1. Prélèvement des échantillons	30
III.2. Méthodes d'analyse des produits intermédiaires	30
III.2.1. Le Brix	30
III.2.2. La polarisation	31
III.2.3. La pureté	32
III.2.4. La colorimétrie	32
III.3. Méthodes d'analyse du produit fini	34
III.3.1. Protocole de dosage de l'humidité	35
III.3.2. Détermination des cendres conductimétriques	35

III.3.3. Protocole pour l'analyse du dosage de la granulométrie.....	36
III.3.4. Protocole pour la mesure du pH.....	38
Partie B-résultats et discussions	
III.4. Etudes de l'évolution des paramètres physico-chimiques des produits intermédiaires	39
III.4.1. Evolution du °Brix durant le processus de raffinage du sucre roux	39
III.4.2. Evolution de la pureté durant le processus de raffinage du sucre roux.....	41
III.4.3. Evolution de la couleur durant le processus de raffinage du sucre roux.....	42
III.4.4. Evolution de pH durant le processus de raffinage du sucre roux	43
III.5. Etudes de l'évolution des paramètres physico-chimique de produit fini	45
III.5.1. Humidité.....	45
III.5.2. Polarisation.....	46
III.5.3. Couleur.....	47
III.5.4. teneur en cendres conductimétriques	48
III.5.5. granulométrie	49
III.5.5.1. Ouverture moyenne.....	49
III.5.5.2. Coefficient de variation.....	50
III.5.5.3. Granulométrie des produits fines	51
Conclusion générale	52
Références bibliographiques	III
Annexe.....	VI

Liste des abréviations

ALC : Alcalinité.

BP: Bas Produits.

BPF: Bonnes Pratiques de Fabrication.

CEE: Communauté Economique Européenne.

C₁₂H₂₂O₁₁ : Molécule de saccharose.

FAO: Food and Agriculture Organisations.

H%: Pourcentage d'humidité.

HP: Hauts Produits.

ICUMSA : International Commission for Unification Methods for Sugar Analysis.

JORA: Journal Officiel de la Réglementation Algérienne.

mNS : Masse du Non-Sucre.

MS : Matière Sèche.

µm : micromètre.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Qs : Qualité de sucre.

R (n) : Sucre de nième jet.

SD1 : Sirop issu de la première décoloration.

SD2 : Sirop issu de la deuxième décoloration.

t/j : Tonne par jour.

SF : Sirop filtré.

LSA : Liqueur standard A.

LSB : Liqueur standard B.

SR : Sirop de refonte.

SC : Sirop concentré.

SBA : Sucre blanc A.

ERS : Egouts riches en saccharose.

EPS : Egouts pauvres en saccharose.

JC : Jus chaulé.

LC : Lait de chaux.

Liste des figures

Figure 01 : L'organigramme du complexe CEVITAL	II
Figure 02 : La betterave sucrière	03
Figure 03 : Cycle de la culture de la betterave sucrière	04
Figure 04 : Schéma de procédé de fabrication du sucre extrait de la betterave	05
Figure 05 : canne à sucre	06
Figure 06 : Différentes parties de la canne	06
Figure 07 : Procédé d'extraction du sucre roux.....	08
Figure 08 : Structure du saccharose	10
Figure 09 : L'organisation de l'atelier d'épuration calco-carbonique du complexe industriel CEVITAL	19
Figure 10 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à bougies	19
Figure 11 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre a pressé.....	20
Figure 12 : Atelier de cristallisation.....	22
Figure 13 : Cycle de Cristallisation des hauts produits en 3 jets	23
Figure 14 : Diagramme du cycle de cristallisation des produits de basse pureté.....	24
Figure 15 : Schéma simplifié du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL	26
Figure 16 : Photographie du réfractomètre.....	31
Figure 17 : Photographie du polarimètre	32
Figure 18 : Photographie de la pompe sous-vide	33
Figure 19 : Photographie de spectrophotomètre	33
Figure 20 : Variation du °Brix dans les différentes sections de raffinage du sucre	39
Figure 21 : Variation de la pureté dans les différentes sections de raffinage du sucre	41
Figure 22 : Variation de couleur dans les différentes sections de raffinage du sucre	42
Figure 23 : Variation de pH dans les différentes sections de raffinage du sucre	43
Figure 24 : Résultats du suivi de la stabilité de l'humidité.....	45
Figure 25 : Résultats du suivi de la stabilité de la polarisation du sucre blanc.....	46
Figure 26 : Résultats du suivi de la stabilité de la couleur du sucre blanc.....	47
Figure 27 : Résultats du suivi de la stabilité de la teneur en cendres du sucre blanc	48
Figure 28 : Résultats du suivi de la stabilité de l'ouverture moyenne du sucre blanc.....	49
Figure 29 : Résultats du suivi de la stabilité du coefficient de Variation du Sucre blanc	50
Figure 30 : Résultats du suivi de fines du sucre blanc	51

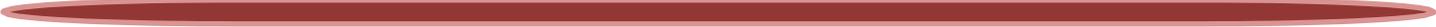
Liste des tableaux

Tableau 1 : Etat de l'art de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière	02
Tableau 2 : Composition moyenne de la betterave sucrière.....	03
Tableau 3 : Répartition des constituants de la canne à sucre.....	07
Tableau 4 : Composition du liquide sucré « vesou ».....	09
Tableau 5 : Principales réactions de transformation de la chaux	18
Tableau 6 : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne.....	27
Tableau 7 : Normes Codex Alimentarius pour le sucre blanc	27
Tableau 8 : Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE	28
Tableau 9 : Paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffinage.....	30

Listes des tableaux insérés en annexes

Tableau 1 : Résultats détaillés de brix des produits intermédiaires durant 5 jours.....	VI
Tableau 2 : Résultats détaillés de la pureté des produits intermédiaires durant 5 jours	VII
Tableau 3 : Résultats détaillés de la polarisation des produits intermédiaires durant 5 jours.	VIII
Tableau 4 : Résultats détaillés de la couleur des produits intermédiaires durant 5 jours.....	IX
Tableau 5 : Résultats détaillés de pH des produits intermédiaires durant 5 jours.....	X
Tableau 6 : Résultats détaillés de quelques paramètres de produit fini.....	XI

**PRESENTATION
DE LA RAFFINERIE DE
CEVITAL**



Présentation de la raffinerie de CEVITAL

La raffinerie de sucre « CEVITAL » est implantée dans l'enceinte portuaire de Bejaia d'une capacité de production de 3000 tonnes/jour. Elle occupe de ce fait une place importante dans l'économie locale et nationale. La raffinerie satisfait les besoins nationaux en sucre cristallisé et a commencé à exporter vers les pays maghrébins et méditerranéens.

La raffinerie est équipée d'un matériel très sophistiqué que ce soit les sections de raffinage de sucre ou les laboratoires pour suivre et effectuer les différentes analyses nécessaires. La société CEVITAL joue un rôle important dans l'économie (2000 emplois directs en 4 ans et demi). D'autre part, elle est considérée comme l'un des meilleurs contribuables du secteur privé à l'échelle nationale.

Le complexe industriel CEVITAL comprend trois grandes unités de production, qui sont :

- La raffinerie d'huile, avec une capacité de production de 1800 t/j ;
- La margarinerie et graisses végétales, avec une capacité de production de 600t/jour ;
- La raffinerie de sucre, avec une partie de production 1600 t/jour, et une autre partie à 3000 t/j [1].

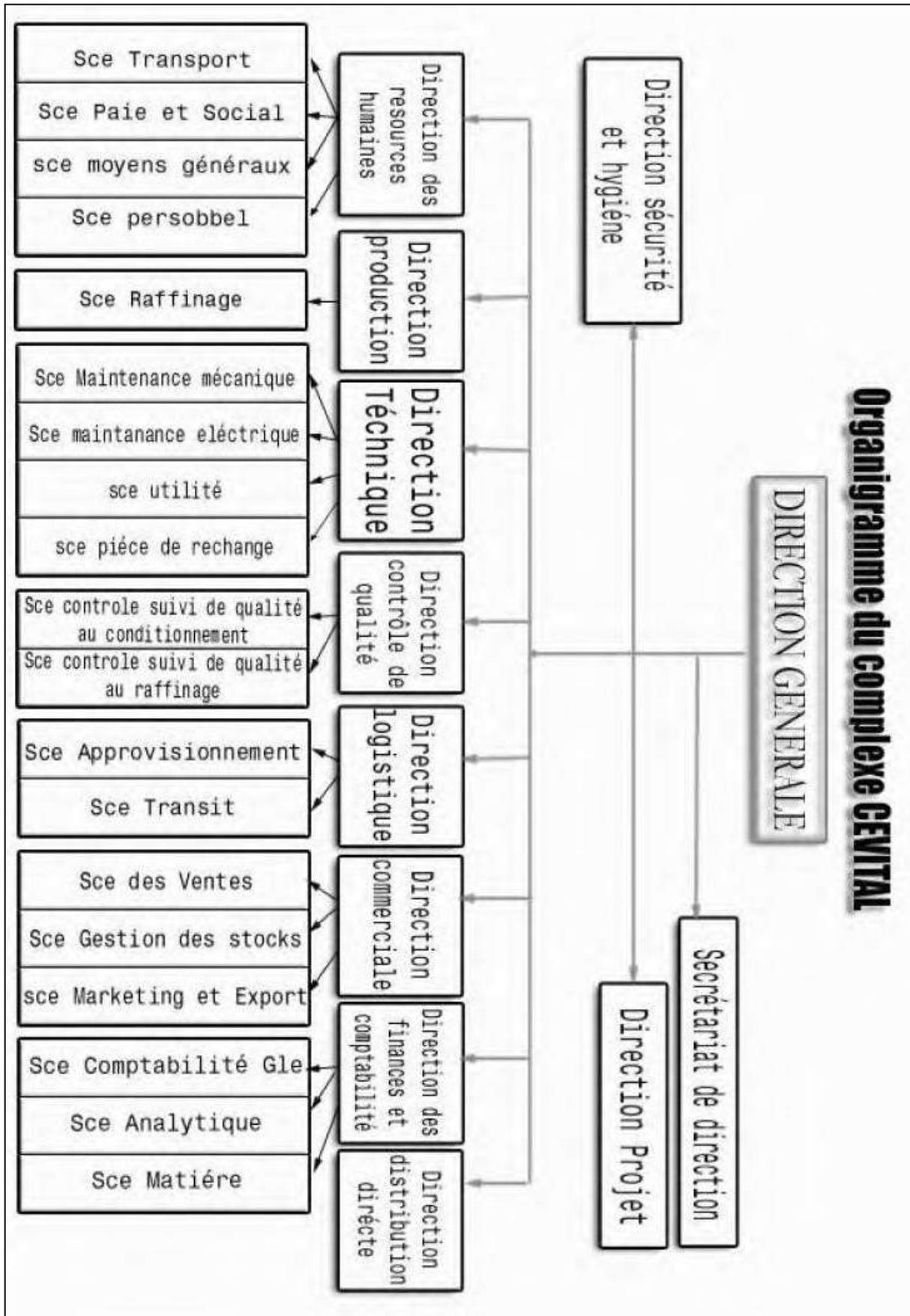
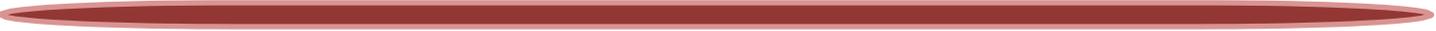


Figure 1 : L'organigramme du complexe CEVITAL [1]

INTRODUCTION

GENERALE



Introduction générale

L'industrie sucrière est considérée comme une industrie mature fondée sur les principes de base du développement au 21^e siècle. L'industrie subit des changements, y compris le développement technologique et l'économie d'énergie. Elle a toujours été au centre des progrès scientifiques et technologiques. Le sucre est extrait de nombreuses plantes, principalement de la canne à sucre et de la betterave sucrière. La canne à sucre « *Saccharum officinarum* », est une graminée principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. Depuis la préhistoire, la canne à sucre et le miel furent longtemps les seules sources de sucre de l'humanité. Elle contient jusqu'à 16% de saccharose dans ses tiges [2], dont, jusqu'à 96 % peut être extrait lors d'un processus industriel.

La production de sucre nécessite une première transformation en sucrerie et une seconde en raffinerie. Pour cette raison plusieurs entreprises existent dans le monde pour traiter le sucre sous ses diverses formes (cristallisée, liquide, morceaux...) et chacune d'entre elles cherche à améliorer la qualité de son produit. C'est le cas du complexe agro-alimentaire de CEVITAL. Dans le but de satisfaire la demande nationale en sucre, le complexe agro-alimentaire CEVITAL a mis en place à Bejaïa deux raffineries, l'une d'une capacité de 3000 t/j, et l'autre de 3500 t/j.

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

Le travail pratique de ce mémoire, qui a été effectué au sein de la raffinerie de sucre 3000 t/j et 3500 t/j de Cevital, consiste dans la première partie à faire une synthèse littéraire sur la technologie sucrière de canne. Dans ce travail, un bref historique du sucre de canne est présenté suivi de généralités sur le sucre, des caractéristiques du saccharose et d'un aperçu sur la chimie sucrière ainsi que sur chacune des opérations du procédé d'extraction et du raffinage.

Enfin nous avons effectué un suivi tout au long de la chaîne de production de la raffinerie, en s'intéressant de plus près au produit fini, dans le but d'évaluer la qualité du sucre blanc produit par le complexe CEVITAL.

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LE SUCRE



Chapitre I : Généralités sur le sucre

Toutes les plantes vertes produisent du sucre (saccharose) grâce à la photosynthèse. Le sucre est un produit alimentaire de saveur douce extrait principalement de la canne à sucre (15 à 20% dans sa tige) et de la betterave sucrière (14 et 19% dans sa racine). Le sucre est constitué de molécules de saccharose (Glucose + Fructose).

Il est également possible d'obtenir du sucre à partir d'autres plantes ainsi le dattier, le sorghosucré et l'érable du Canada sont des sources de Saccharose.

Le processus d'extraction et de purification des sucres à partir de la betterave et de la canne à sucre permet de produire une grande variété de sucre.

I.1. Betterave sucrière

Les premiers travaux et la découverte de l'extraction du sucre à partir de betteraves a commencé au XVIIème siècle. Un siècle et demi plus tard, en 1747, Andreas Marggraf apporte la première preuve véritable au sujet du sucre contenu dans la betterave. Il parvient à extraire le sucre à partir des tranches minces de betterave, en utilisant l'alcool et en favorisant la cristallisation dans une fiole au repos où les cristaux sont récupérés après plusieurs semaines. Ce qui a inspiré plusieurs chercheurs à faire de véritables évolutions dans le domaine tel que représenté dans le tableau 1 afin d'arriver à des processus industriels actuels très élaborés pour la transformation sucrière.

Tableau 1: Etat de l'art de l'extraction du sucre à partir de la betterave sucrière [2].

Travaux scientifique	Caractère scientifique
Olivier de serres (17ème siècle)	<ul style="list-style-type: none"> • Forteteneur en sucre de la betterave
Andreas marggraf(1747)	<ul style="list-style-type: none"> • Première preuve véritable au sujet du sucre contenu dans la betterave
Frauz karl Achard (1799)	<ul style="list-style-type: none"> • Projet expérimental pour la culture de la betterave et la production de sucre
Delessert (1811)	<ul style="list-style-type: none"> • Production des cristaux de sucre de bonne qualité
David Lee Child (1838)	<ul style="list-style-type: none"> • Première usine a été mise en fonctionnement dans l'état de Massachusetts

La carte d'identité de la betterave sucrière**(Figure 2)****Nom :** Betterave sucrière**Nom scientifique :** Beta vulgaris**Famille :** Chénopodiacées**Origine :** Europe centrale**Figure 2 :** La betterave sucrière [2].**I.1.1. Description de la betterave sucrière**

La betterave sucrière mesure au total environ 50 cm de hauteur, ses feuilles sont réparties en bouquet et constituent le laboratoire où se fabrique le sucre grâce à la photosynthèse. La racine est le magasin de réserve où s'accumule le sucre élaboré dans le bouquet foliaire. Elle est rugueuse et de forme conique, blanche ou grise, et mesure 15 à 35 cm de long.

La région du collet (point d'insertion des feuilles sur la racine) contient du sucre un peu plus difficilement extractible. La partie renflée de la racine est la plus riche en sucre. La racine est parcourue par deux sillons saccharifères bien accusés, propres à la betterave sucrière. Des radicelles latérales s'insèrent sur la racine principale. Le pivot s'enfonce profondément dans le sol, jusqu'à 2 m de profondeur.

La betterave sucrière récemment récoltée contient 75,9 % d'eau, 2,6 % de composants non- sucrés (protéines, pectines, minéraux (potassium et sodium), acides organiques,.. etc.), 16,0 % de sucre et 5,5 % de pulpe (Tableau 2). La pulpe est composée de cellulose insoluble, d'hémicellulose et de pectine [3].

Etant donné que l'uniformité et la qualité biologique des semences de betterave sucrière sont de la plus haute importance pour les planteurs, une étude turque [4].

Tableau 2: Composition moyenne de la betterave sucrière (Pennington et Baker, 1990) [2].

Composant	Teneur (%)
Eau	75.9
Non-sucrés	2.6
Sucre	16.0
Pulpe	5.5
Total	100.0

I.1.2. Culture de la betterave

Dès que le sol est sec, en mars ou avril, les agriculteurs entreprennent les semailles. Avec des appareils permettant l'ensemencement individuel, les graines, qui se présentent sous forme de pastilles rondes, sont enfouies dans le sol à intervalles de 16 à 20 cm. Par temps favorable, les premières pousses apparaissent déjà après deux semaines. En l'espace d'environ 180 jours, elles se développent pour devenir de belles betteraves pesant entre 700 et 2000 g. (Figure3).

Jusqu'à 90 000 plantes de betterave poussent sur un hectare. Leur teneur en sucre varie entre 16 et 20% et l'on en retirera entre 8000 et 12 000 kg de sucre. Cette quantité suffit pour couvrir les besoins annuels de 250 consommateurs. Les betteraves sucrières, qui sont des plantes à rendement élevé, ont besoin d'un bon apport en substances nutritives. Les mauvaises herbes sont combattues le plus tôt possible et de manière sélective, ce qui permet de limiter les coûts et de ménager les betteraves [5].

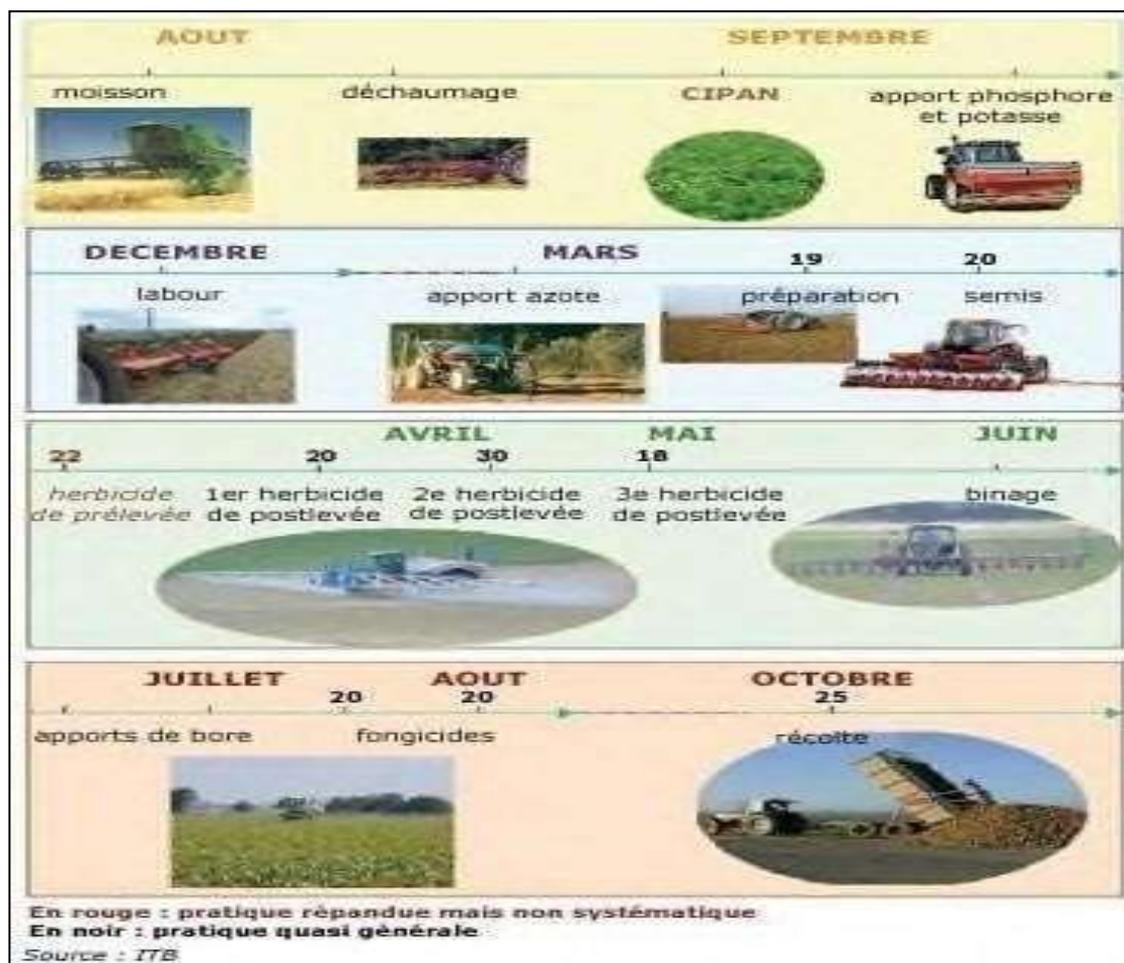


Figure 3 : Cycle de la culture de la betterave sucrière [5].

I.1.3. Procédé général d'extraction

Le procédé de fabrication (Figure 4) peut être décrit selon plusieurs étapes :

- La réception et le stockage,
- L'alimentation de l'usine et le lavage,
- Le découpage et l'extraction du jus,
- Le pressage et le séchage des pulpes,
- L'épuration des jus,
- La concentration des jus
- La cristallisation du sucre,
- Le séchage et conditionnement du sucre [6].

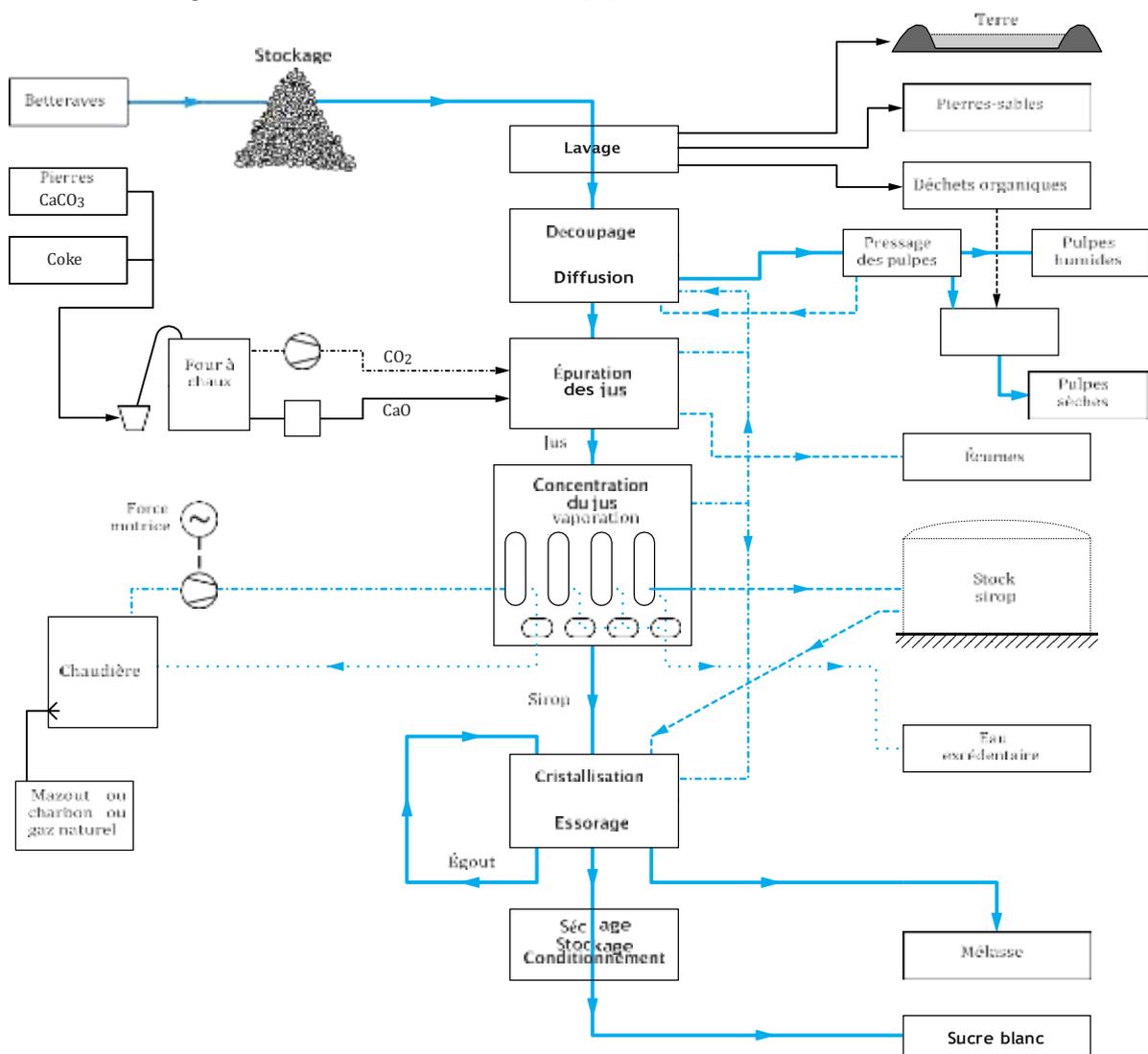


Figure 4: Schéma du procédé de fabrication du sucre extrait de la betterave [6].

I.2. La canne à sucre

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

Elle contient jusqu'à 16% de saccharose dans sa tige, dont jusqu'à 96% peut être extrait lors d'un processus industriel [7].



Figure 5 : Image de la canne à sucre [7].

I.2.1. Description botanique de la canne à sucre

La plante possède des racines denses qui peuvent s'enfoncer profondément dans le sol; elles sont pourvues de nombreux poils absorbants. Les tiges peuvent atteindre entre 2,5 à 4 m de hauteur et 1,5 à 6 cm de diamètre.

Les tiges sont structurées en tronçons de 10 à 20 cm (les entre nœuds) séparés par les nœuds où les feuilles prennent naissance. Les feuilles sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1 m de longueur sur 2 à 10 cm de largeur. Elles sont au nombre de 10 sur les plantes en pleine croissance.

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, mais sa répartition n'est pas égale et le sommet de la plante est d'une moindre teneur en sucre [2].

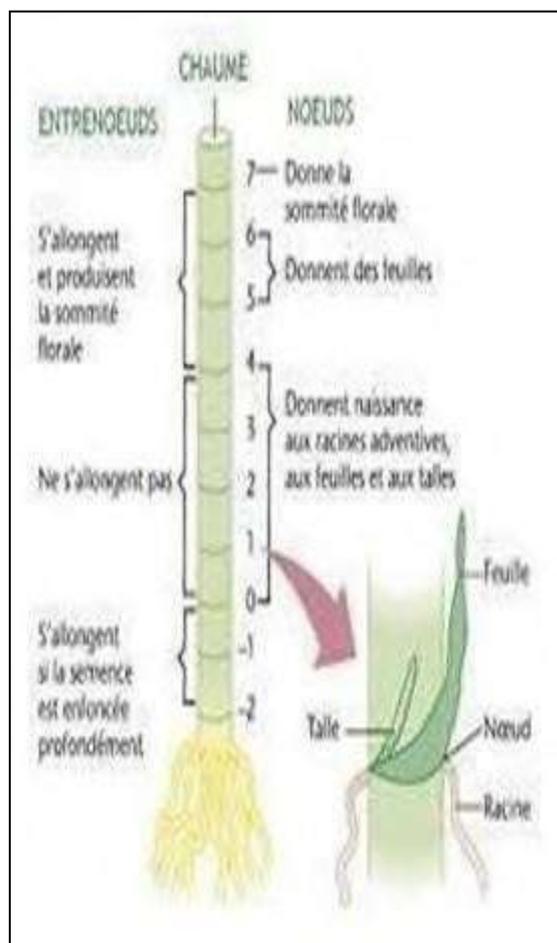


Figure 6 : Différentes parties de la canne [2].

I.2.2. Composition principale de la canne à sucre

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. Le tableau 3 donne la composition moyenne de la canne à sucre. Selon l'état de maturité de la plante, la teneur en fibres peut varier de 10 à 18%, la quantité d'eau de 72 à 77% et le saccharose de 12 à 16%.

Après extraction, une tonne de canne produit environ 250 à 300 mg de débris, soit entre 25 et 30% de la matière première [2].

Tableau 3: Répartition des constituants de la canne à sucre [2].

Composant	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Total	100.0

I.2.3. Le sucre roux

Le sucre roux est extrait directement du jus de la canne à sucre pressé, filtré et concentré. C'est un sucre complet auquel on a plus ou moins enlevé la mélasse par centrifugation. Le sucre est ensuite séché et refroidi afin d'optimiser sa conservation. Les morceaux sont obtenus par moulage d'un sucre cristallisé humidifié à chaud, suivi d'un séchage qui soude les cristaux entre eux [2].

Il est caractérisé par des cristaux de saccharose recouverts d'une pellicule de mélasse de canne. Le sucre roux de canne est constitué de 94 à 98,5% de saccharose, il comprend également diverses impuretés.

Au niveau des raffineries de sucre, le sucre roux constitue la matière première qui va subir plusieurs étapes de transformation pour aboutir à un produit final qui est le sucre blanc, commercialisable.

I.2.3.1. Procédés d'extraction de sucre roux

L'objectif des sucreries est de partir d'une matière première la plus pure possible et de produire, avec un rendement optimum, un sucre de qualité. La sucrerie est donc principalement une industrie de séparation et de purification. Un grand nombre d'opérations unitaires de séparation sont ainsi mises en œuvre [6].

Le schéma de la figure 6 résume les étapes de l'obtention du sucre roux de canne.

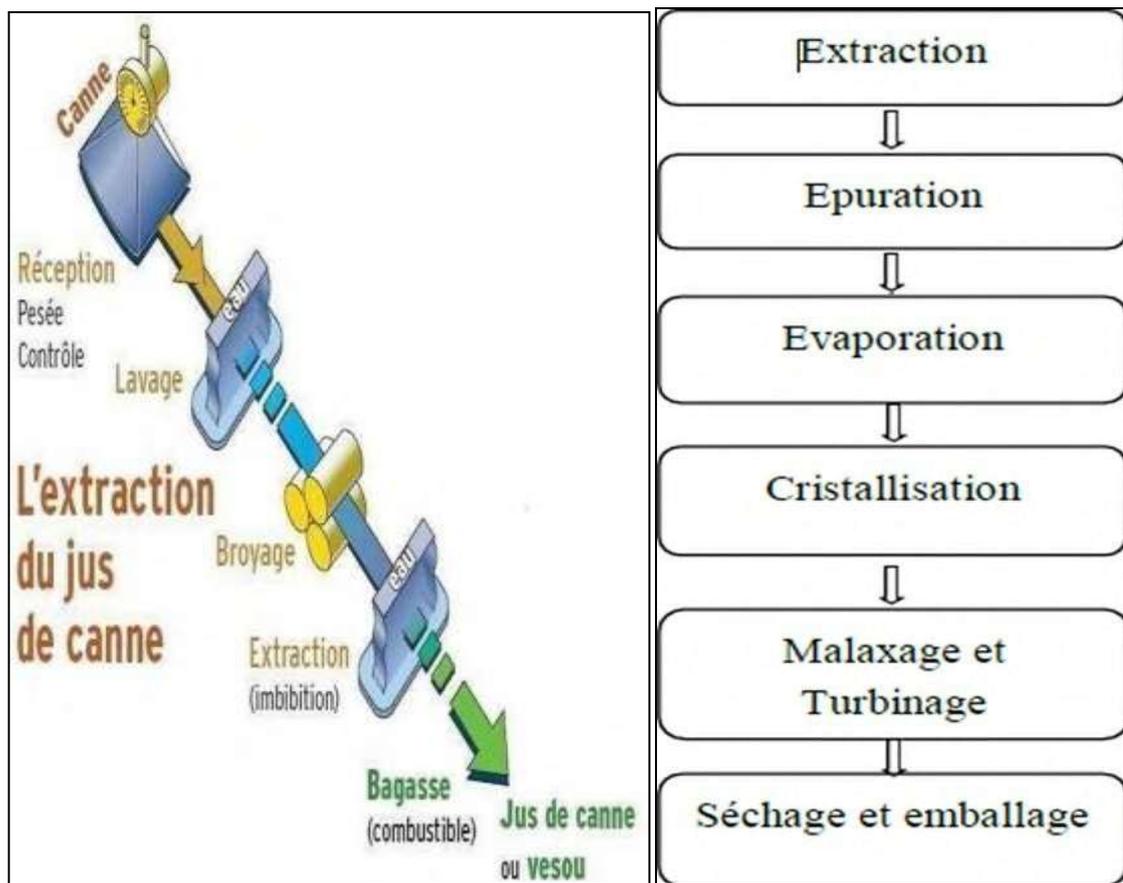


Figure 7 : Procédé de l'extraction du sucre roux [6].

a. Réception et préparation des plantes

La réception des cannes se fait directement à la balance de la sucrerie. Les plantes sont acheminées par un tapis roulant vers un lavoir, pour éliminer la terre, les poussières, les pierres et les herbes, puis vigoureusement lavées dans un fort courant d'eau [6].

b. Extraction

Lors de l'extraction, les morceaux de la canne à sucre passent dans une série de trois moulins cylindriques montés en triangles et tournant lentement (4 à 6 tr/min). La canne subit deux broyages dans chaque moulin donnant ainsi un liquide sucré « vesou ».

Ce liquide est récupéré au-dessous de l'ensemble de moulin et analysé au laboratoire afin de déterminer sa teneur en sucre. Les moulins permettent d'extraire 92 à 96% du saccharose contenus dans les tiges de canne [8].

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 [2]. Le tableau 4 illustre la composition du liquide sucré.

Tableau 4 : Composition du liquide sucré « vesou » [2].

Composant	Teneur (%)
Eau	80-85
Saccharose	10-18
Sucrés réducteur	0.3-3
Composant organiques	0.7-3
Composant inorganiques	0.2-0.6
Total	100

c. Epuration

Le vesou contient un grand nombre d'impuretés. Il est d'abord épuré par tamisage pour enlever les particules ligneuses, ensuite par chauffage et par l'ajout de chaux (Chaulage) [2].

Le vesou est porté à ébullition afin de favoriser la floculation des impuretés résiduelles (boues).

d. Evaporation

Le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite (évaporateurs à simple effet). L'eau s'élimine sous forme de vapeur pour l'obtention de sirop [2].

e. Cristallisation

Le sirop est chauffé à une température de 55°C et à pression réduite. Il se transforme en une masse pâteuse « masse-cuite » qui renferme des cristaux de sucre et un liquide visqueux appelé « liqueur- mère » [2].

f. Malaxage et turbinage

La masse cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop épuisé. On obtient le sucre de premier jet et le sirop épuisé est malaxé et turbiné à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet [2].

g. Séchage et Emballage

Le sucre cristallisé blanc évacué du fond de la turbine est séché puis refroidi. Il est ensuite tamisé, classé et pesé, puis dirigé vers l'atelier d'ensachage ou vers les vastes silos (plusieurs milliers de tonnes) où il est conservé en vrac [2].

I.3. Généralités sur le saccharose

Réglementairement, la dénomination du sucre au singulier est exclusivement réservée au saccharose. Toutes les plantes vertes peuvent être utilisées pour extraire le sucre. Ce sont les seuls organismes qui vivent de manière indépendante. On les appelle des autotrophes ; elles utilisent, grâce à la chlorophylle, l'énergie solaire pour transformer le dioxyde de carbone de l'air et de l'eau du sol, en matière organique, en particulier en glucides [9].

Les nutriments synthétisés par les cellules chlorophylliennes, principalement le saccharose sont ensuite exportés dans le phloème, qui est un tissu vasculaire végétal [10].

Afin de les stocker sous forme de solution aqueuse dans les cellules, sans en modifier la composition de saccharose. Ces plantes accumulent le sucre, au niveau de la racine pour la betterave ou de la tige pour la canne [11].

Le sucre, ou saccharose, est une molécule organique composée de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O). Le saccharose ou sucrose est un oligosaccharide. Il résulte de l'union par une liaison osidique d'une molécule de D-glucose (α -D-glucopyranosyl) en position 1, et une molécule de D-fructose (β -D-fructofuranoside) en position 2 (Figure 8). Sa formule chimique brute est $C_{12}H_{22}O_{11}$, avec une masse molaire de 342,30 g/mol [12].

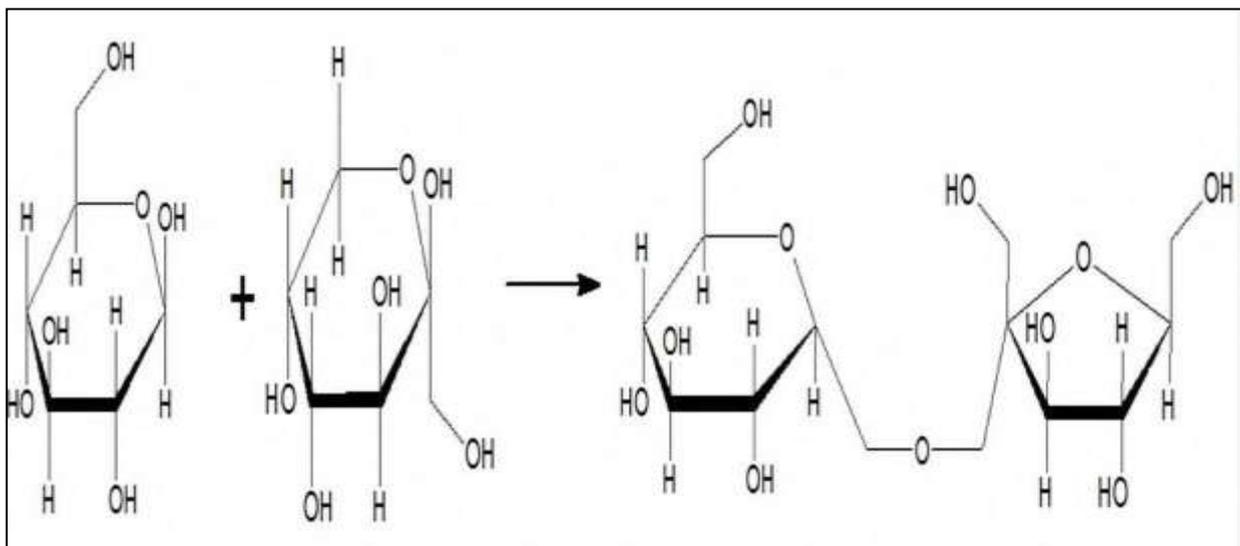


Figure 8: Structure de saccharose [12].

I.3.1. Les propriétés de saccharose

Le sucre n'est pas seulement ajouté pour donner un goût sucré aux aliments puisque le sucre contient de l'énergie (4 cal/g) c'est un édulcorant nutritif. Il a de nombreuses propriétés fonctionnelles qui améliorent l'aspect sensoriel des aliments et leur salubrité. Par exemple, le sucre peut réduire la sensation désagréable du goût amer, ce qui rend les aliments comme le

chocolat et la limonade plus agréables. Il joue un rôle d'agent de conservation des aliments et fermentatif [13].

I.3.2. Les propriétés physico-chimiques de saccharose

I.3.2.1. Les propriétés physiques

a. L'aspect

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline à l'état pur. Il est blanc inodore et évidemment, un goût sucré.

b. La 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 [14].

c. La température de fusion

Chauffé à sec, un cristal de sucre commence à fondre vers 160-170 °C, son point de fusion est précisément de 186 °C et il faut dépasser les 190-200 °C pour voir apparaître le caramel [14].

d. La solubilité

Le sucre est très soluble dans l'eau, à température ambiante. On peut dissoudre jusqu'à 200 g de sucre dans 100 ml d'eau. On obtient ainsi une concentration de 66 % et plus la température augmente plus elle accepte une grande quantité de sucre [14].

e. La densité

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

L'intervalle de cette variation est étroit et se situe autour de 0,8. Ceci se traduit par une masse volumique globale de 0,8 à 0,9 g/cm³ pour la majorité des produits [2].

f. La viscosité

La viscosité, ou résistance à l'écoulement, de n'importe quel fluide est une mesure primordiale du point de vue manipulation des fluides. Elle est une caractéristique du produit final et elle est très importante pour le contrôle du procédé. La viscosité d'une solution de saccharose augmente de façon non linéaire avec la teneur en solides et diminue rapidement

avec l'augmentation de la température. De façon générale, la viscosité augmente avec la diminution de la pureté du saccharose [2].

g. Le 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 dextrogyre. 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.

Le pouvoir rotatoire spécifique du saccharose en solution, en degré pour une concentration en g/cm³ et pour la longueur d'onde de la raie égale à 589,4 nm à 20 °C [8].

I.3.2.2. Les propriétés chimiques

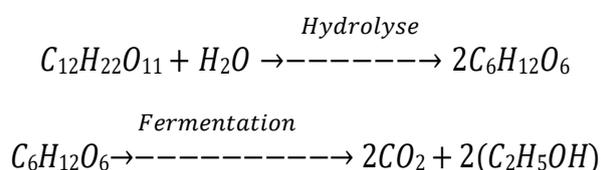
a. L'inversion

Le saccharose n'est pas un sucre réducteur qui est stable dans les solutions neutres jusqu'à 100°C. Le fructose se décompose au-dessus de 60°C, le glucose et le fructose sont instables dans les solutions acides. Le saccharose s'inverse ou se décompose en ses deux monosaccharides (le glucose et le fructose), la vitesse de réaction augmente avec l'acidité et la température. Industriellement, le sucre inverti est obtenu par l'action de la chaleur sur une solution de saccharose en présence d'un catalyseur (acide tartrique ou citrique) ou encore par l'action d'une enzyme spécifique [2].

b. La fermentation

Le saccharose est fermentescible. Il sert de substrat aux micro-organismes qui vont produire une grande variété de produits organiques dont l'alcool éthylique. Les réactions ci-dessous représentent des exemples de réactions d'hydrolyse et de fermentation de sucres.

La production d'éthanol se réalise par fermentation du sucre contenu dans la mélasse par des levures de type saccharomyces cereviside. Selon les micro-organismes utilisés pour fermenter le saccharose, les produits obtenus sont différents [15].



I.4. Les variétés de sucre

Le sucre est retrouvé en une large variété de formes et de couleurs, des présentations les plus classiques aux spécialités modernes. L'univers du sucre de canne se compose de huit

variétés aux saveurs, arômes et usages spécifiques [2].

I.4.1. Le sucre blanc cristallisé

Il est le plus pur, puisqu'il est constitué à 99,9 % de saccharose. Il est recueilli dans les turbines après concentration sous vide et cristallisation des sirops, au stade final de l'extraction en sucrerie. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros [2].

I.4.2. Le sucre en poudre, semoule

Il est obtenu après broyage et tamisage du sucre cristallisé blanc. Il se présente en cristaux d'environ 0,4 mm [2].

I.4.3. Le sucre glace

Il est une poudre blanche impalpable obtenue par le broyage extrêmement fin du sucre cristallisé blanc. De l'amidon est ajouté afin d'éviter son agglomération. Ses grains sont tellement fins que c'est le sucre qui se dissout le plus rapidement. Il se présente sous forme de cristaux inférieurs à 0,15 mm [2].

I.4.4. Le sucre en morceaux

Il est formé par compression et moulage de cristaux de sucre blanc ou brun encore chauds et humides. Le sucre en morceaux se présente sous la forme de dominos de taille variable [3].

I.4.5. Le sucre en cubes

Blanc ou brun, il est issu du concassage de lingots de sucre de canne, eux-mêmes obtenus par réhumidification, moulage et séchage des cristaux de sucre [2].

I.4.6. Le sucre pour confiture

C'est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits. C'est un sucre cristallisé auquel sont ajoutés des ingrédients qui facilitent la prise des préparations (pectine naturelle de fruits, acide citrique) [2].

I.4.7. La cassonade

C'est un sucre cristallisé brun obtenu directement à l'issue de la première cuisson du jus de canne. Moins pur que le sucre cristallisé blanc, ce sucre brun contient environ 95 % de saccharose ainsi que des impuretés résiduelles (sels minéraux, matières organiques) qui lui donnent sa couleur et ses notes aromatiques [2].

I.4.8. Le sucre candi

Il résulte de la cristallisation, pendant 10 à 12 jours, d'un sirop très pur concentré et chaud. Le sirop est ensuite refroidit lentement à température ambiante. C'est la caramélisation qui lui donne sa couleur brune caractéristique [2].

I.5. Notions générales de la chimie sucrière

I.5.1. Le Brix

La détermination des matières sèches des produits sucrés est réalisée par mesure de l'indice de réfraction à 20°C. La teneur en matières sèches pour 100 grammes de solution a en degrés Brix (°Brix). Lorsqu'on chauffe une solution, l'eau s'évapore et lorsqu'elle est totalement évaporée, il reste les matières sèches (MS) puisque elle est constituée d'eau et de matières sèches. Le Brix est le rapport entre la quantité de matière sèche (MS) contenues dans la solution et la quantité de la solution, il est exprimé en pourcentage par la formule suivante : [16]

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

Ou

$$\text{Brix} = \frac{MS \times 100}{MS} + \text{Eau}$$

I.5.2. La pureté

La pureté du saccharose cristallisé s'élève à plus de 39 %, les non-sucre présents étant constitués pour l'essentiel par de l'eau. La pureté définit la quantité de sucre (Q_s) contenue dans la matière sèche (MS) [16].

$$\text{La pureté} = \frac{Q_s(g)}{MS(g)}$$

I.5.3. La polarisation

La teneur en saccharose se mesure par polarimétrie (polarimètre thermostat à 20°C [12]. La polarisation d'une solution de sucre est le rapport entre la quantité de sucre contenue dans la solution et la quantité de solution. Elle est généralement exprimée en pourcentage par la formule suivante [16].

$$\text{Polarité} = \frac{\text{quantité de sucre}(g)}{\text{quantité de solution}(g)}$$

Où : $\text{Quantité de solution} = (MS) + (NS) + (E)$

Avec : $MS = S + NS$

Sachant que :

$m(MS)$: masse de la matière sèche ; $m(NS)$: masse des non sucré ; et $m(E)$: masse d'eau.

I.5.4. La solubilité

Le saccharose doit sa grande solubilité dans l'eau à sa structure spécifique. Elle s'obtient en divisant la quantité (Q) de sucre dissout par la quantité (Q') d'eau dans laquelle elle a été dissoute selon la formule suivante : [16]

$$\text{La solubilité} = \frac{Q \text{ sucre dissout (g)}}{Q' \text{ eau (g)}}$$

I.5.5. La colorimétrie

La couleur du sucre cristallisé est déterminée selon la méthode décrite par l'ICUMSA, méthode GS 2/3-9 (2005). La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre. Elle est basée sur la diminution de la densité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser. Le résultat est exprimé en unité ICUMA (UI) [17].

I.5.6. La saturation

Une solution de sucre dite saturée à une température donnée, lorsqu'elle est mise en présence de cristaux de sucre. Ces derniers ne se dissolvent pas et ne grossissent pas. En dessous de cette concentration en sucre, la solution est dite non-saturée, les cristaux peuvent encore se dissoudre. La saturation est le rapport de la quantité maximale de sucre dissoute sur la quantité d'eau à une température T (°C). Elle est déterminée par la formule suivante :

$$S = MS/QE$$

Avec ; *MS* : masse de sucre, et *QE* : quantité d'eau [16].

I.5.7. La densité

La densité d'une substance est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique de l'eau. La masse volumique s'exprime en kg/m³. Pour le saccharose, elle est mesurée à 15°C, et sa valeur est de 1587,9 Kg/m³ [18].

I.5.8. Les non-sucre

Les non sucres sont constitués de cendres et de matière organique. Si l'on procède à l'évaporation totale de l'eau, il ne reste que la matière sèche [18].

$$MS = S + NS = S + \text{matière organique} + \text{cendres}$$

CHAPITRE II
TECHNOLOGIES DE RAFFINAGE DU
SUCRE ROUX DE CANNE



La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrerie, elle traite des sucres roux de canne, des sucres bruts de betterave et des sirops de sucrerie.

Le but du raffinage est d'éliminer les impuretés (sels minéraux, matières organiques) que contient le jus sucré (sucre roux + eau) pour arriver à un sucre commercial titrant plus de 99% de saccharose. Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL comporte huit sections (Figure 15).

II.1. Raffinage de sucre roux

II.1.1. Section 1: Affinage et Refonte

II.1.1.1. Affinage

L'affinage ou l'empattage est une opération qui consiste à un malaxage de sucre roux avec un sirop chaud légèrement sous saturé donnant un produit appelé magma d'affinage d'un °Brix variant de 80 à 85% [19].

Cette étape a pour objectif de permettre à la couche superficielle des cristaux (la plus impure) de se dissoudre [20]. Environ 50% des colorants sont éliminés pendant l'affinage [21]. Au niveau de CEVITAL, cette étape a été temporairement supprimée vu que le sucre roux importé a une couleur relativement inférieure, pouvant atteindre 800 UI.

II.1.1.2. Refonte

Le sucre affiné passe dans des turbines d'affinage pour être débarrassé des impuretés et matières colorantes sur la surface des cristaux, puis refondu dans un fondoir avec de l'eau sucrée et chaude à 850°C pour atteindre un °Brix de 70%, formant « un sirop de refonte » [22]. Le sirop de refonte obtenu est acheminé vers le bac de contact avant de subir une épuration par chaulage et carbonatation [23].

II.1.2. Section 2: Épuration Calco-Carbonique

Dans la majorité des raffineries, on utilise le procédé calco-carbonique qui est le procédé le plus économique pour une usine de grande capacité.

Le sirop de refonte est traité par une solution de chaux (lait de chaux), qui a pour but d'éliminer par décantations et filtration les impuretés dissoutes ou en suspension dans le sirop. Cette chaux est ensuite saturée au moyenne de dioxyde de carbone (CO₂). La combinaison de la chaux et de dioxyde de carbone conduit à la formation d'un précipité de carbonate de calcium (CaCO₃) qui piège les substances non sucres (Figure 9) [6].

II.1.2.1. La préparation de lait de chaux

Le lait de chaux est constitué d'un mélange de chaux industrielle et du petit jus provenant de la filtration. On utilise le petit jus car la chaux se dissout plus facilement dans une eau sucrée afin d'augmenter sa solubilité et de minimiser la quantité d'eau dans le procès. Le mélange est homogénéisé et agité afin d'éviter la décantation de la chaux (Tableau 5) [22].

II.1.2.2. Le chaulage

Le sirop de refonte est chauffé à une température de 80 à 90 °C dans un échangeur de chaleur et mélangé avec le lait de chaux pour obtenir un jus chauffé qui sera mélangé avec le gaz carbonique [24].

Le chaulage assure les réactions de dégradation, coagulation, floculation et la précipitation et apporte une charge suffisante de chaux qui carbonatée, servira de support de filtration (Tableau 5) [25].

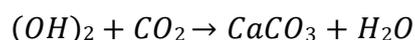
II.1.2.3. La carbonisation

Le jus obtenu après diffusion contient une grande quantité de sucre, mais également des impuretés, la carbonatation provoque d'une part à la précipitation de la chaux sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3), support d'adsorption des impuretés et d'autre part, elle permet de neutraliser le milieu [25].

Le mélange (jus chaulé, CO_2) s'effectue dans les chaudières de carbonatation, il s'agit de faire barboter le dioxyde de carbone dans le sirop afin d'avoir la meilleur efficacité de réaction. Le point optimum de carbonatation est obtenu pour un pH de 11.10 à 11.20 et une alcalinité de 5.5 g CaO/l et la température varie de 80 à 82 °C (Figure 8) [6].

II.1.2.3.1. La première carbonisation

La première carbonatation sert à précipiter la chaux en excès dans le jus sous forme de CaCO_3 , sur les cristaux de carbonate naissants adsorbent les impuretés et plus particulièrement les colorants provenant de la décomposition de sucre invertis produit de dégradation alcaline des hexoses (PDAH). Pratiquement, le jus chaulé est réchauffé puis barboté au CO_2 selon la réaction [26].



II.1.2.3.2. La deuxième carbonisation

La deuxième carbonatation a pour rôle d'éliminer le maximum de calcium encore en solution dans les sirops de la première carbonatation [25]. La réaction se résume comme suit :

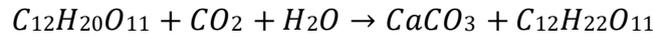


Tableau 5 : Principales réactions de transformation de la chaux [25].

Préparation de lait de chaux	$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 159 \text{ KCal}$ Lait de chaux
Chaulage	Saccharose + lait de chaux \rightarrow saccharate de chaux
1ère et 2ème carbonations	Saccharate de chaux + $CO_2 \rightarrow CaCO_3 + \text{saccharose} + H_2O + 276 \text{ Kcal}$

- **Le temps rétention**

Le temps de rétention n'est vraiment important que pour la première chaudière où presque la totalité du $CaCO_3$ (90 %) se précipite. Pour un maximum de filtrabilité, un temps de rétention à ce niveau de carbonatation ne pourrait être inférieur à 45 minutes.

- **Le pH**

Pour un maximum de filtrabilité le pH de la première carbonatation ne doit pas dépasser 10. Un compromis satisfaisant entre le pH et l'absorption du CO_2 peut être atteint à un pH de 9,5.

- **Le Brix et la température**

Ces deux paramètres n'affectent pas uniquement la viscosité du sirop dont l'influence est observable sur le taux de filtration mais aussi la qualité des particules de $CaCO_3$ précipitées. Le degré de conglomération des particules de $CaCO_3$ précipités augmente avec une température avoisinant 82 °C et décroît pour un Brix particulièrement supérieur à 60.

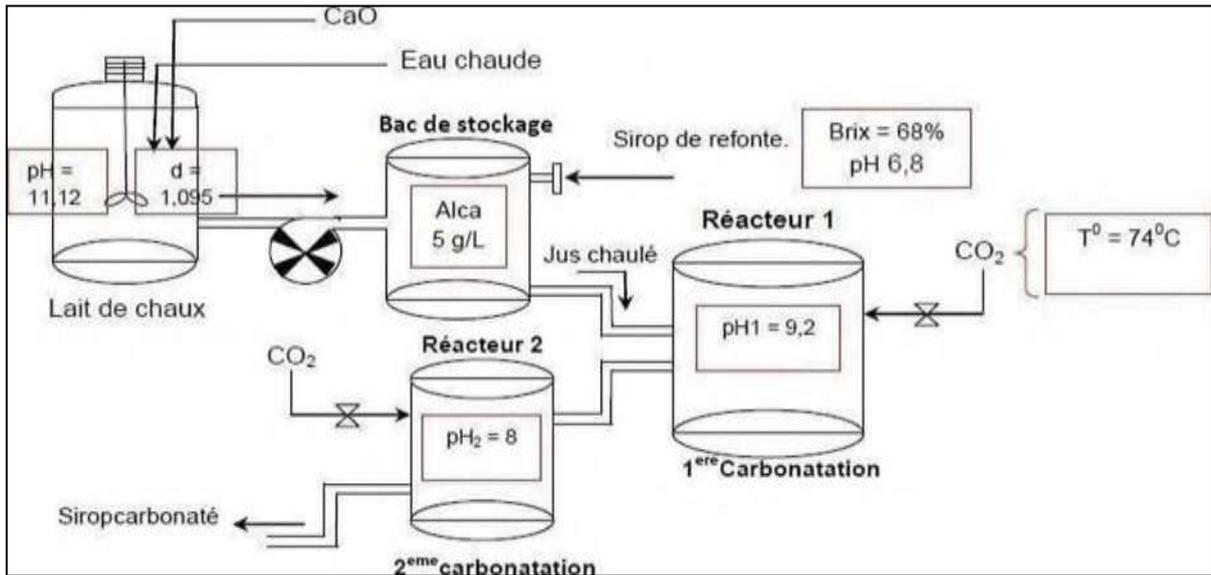


Figure 9 : L'organisation de l'atelier d'épuration calco-carbonique du complexe industriel CEVITAL [1].

II.1.3. Section 3 : Filtration

Le précipité formé durant la carbonatation est séparé par filtration. Le sirop carbonaté passe à travers des filtres à bougies et ressort du support filtrant sous forme d'un liquide, (Figure 10). Tandis que les impuretés sont retenues. Le sirop est envoyé vers un bac tampon muni d'agitateurs pour éviter toute décantation puis envoyé vers un autre bac tampon pour subir la décoloration [22].

Les boues (ou écumes) sont évacuées et utilisées pour l'amendement du sol (engrais) [26].

- (1) Mise à la pression atmosphérique
- (2) Recirculation + Filtration
- (3) Concentration
- (4) Vapeur (entrée et sortie)
- (5) Vidange

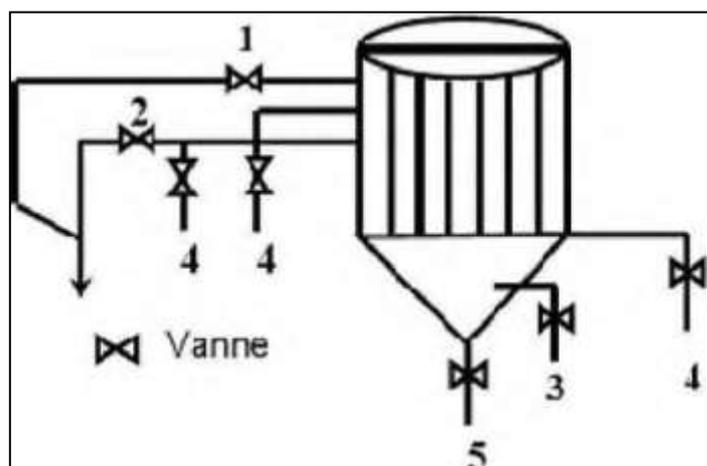
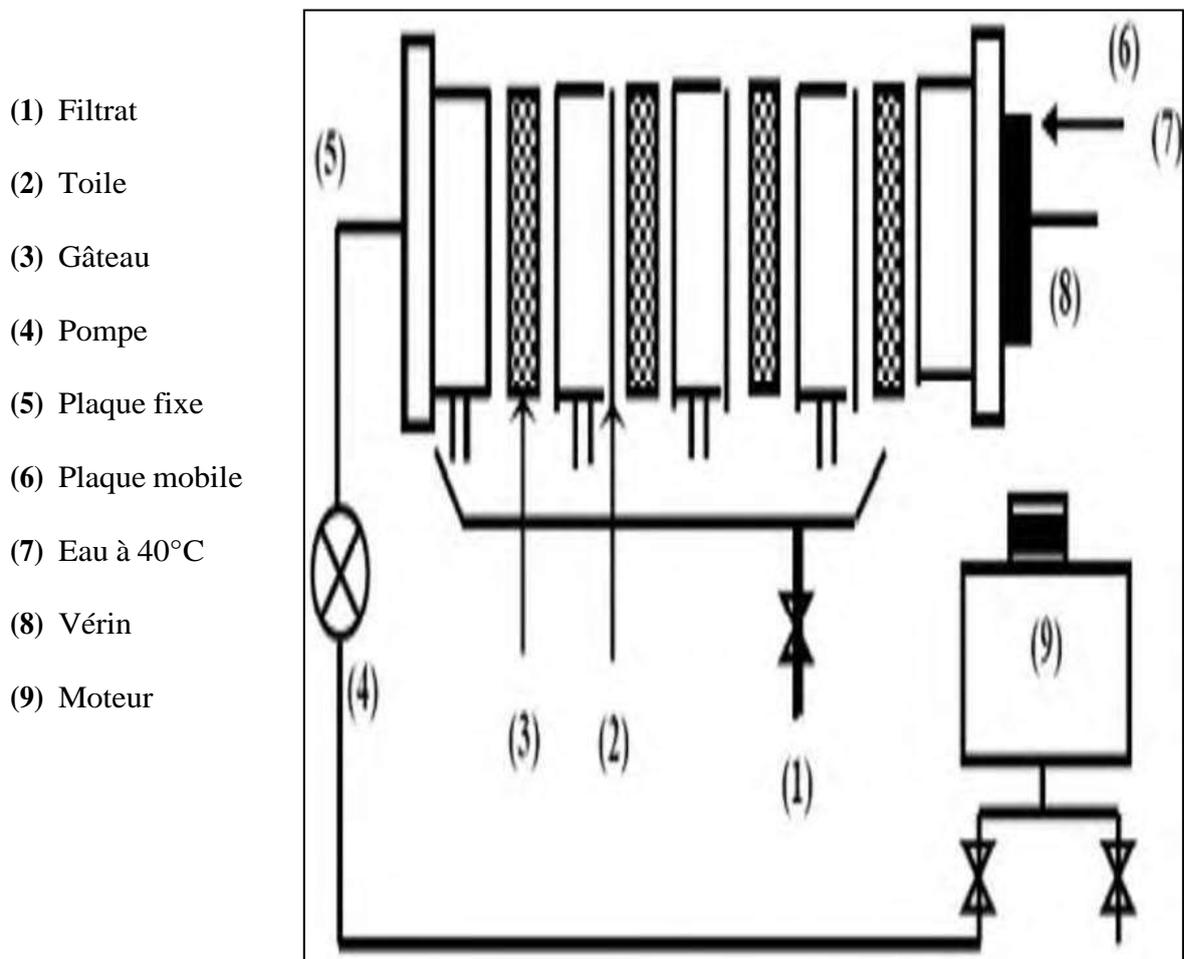


Figure 10 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à bougie [26].

Au fil du temps, la vitesse de filtration diminue sous l'effet de l'augmentation des pertes de charge, ainsi le filtre passe en vidange pour renouveler la filtration. Le sirop carbonaté arrive au niveau du tank pour la filtration, une circulation de vapeur d'eau permet la vidange de la pré-couche, une fois formée. Cette dernière est par la suite vidangée.

Après avoir vidangé le filtre, la boue résultante contenant du sucre résiduel passe dans le filtre à presse, et qui subira un déssucrage (Figure 11). Le gâteau obtenu est lavé avec de l'eau chaude et on obtient de l'eau sucrée qu'on appelle « petit jus » et les boues finales constituant un gâteau solide appelé « écumes » utilisé comme amendement en agricultures. [27].



- (1) Filtrat
- (2) Toile
- (3) Gâteau
- (4) Pompe
- (5) Plaque fixe
- (6) Plaque mobile
- (7) Eau à 40°C
- (8) Vérin
- (9) Moteur

Figure 11 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à presse [27].

II.1.4. Section 4 : Décoloration

La décoloration est l'opération permettant d'éliminer la majorité des colorants résiduels, le sirop résultant étant clair [28].

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

- L'intensité de la couleur du sucre;
- Le temps de séjour de la résine;
- La hauteur totale du lit de résine.

La couleur du sirop qui est de l'ordre de 1000 ICUMSA sera ramenée jusqu'à 200 voire 100 ICUMSA après la décoloration [27].

II.1.5. Section 5 : Concentration

Avant la cristallisation, il faut amener le jus à une concentration la plus proche possible de la valeur correspondant à la saturation du sucre en cristallisation [29].

La concentration a lieu dans un évaporatoire. Les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour des besoins de chauffage durant le processus. Le jus est ramené à une température d'ébullition afin d'éliminer l'eau entraînant ainsi, sous forme d'un sirop, entre 60 à 70 % de saccharose.

Le sirop a environ 58 % de Brix avant la concentration et se trouve à la sortie du concentrateur à un Brix de 72 %. Ce sirop va entrer dans le processus de cristallisation. Pour cela, il est traversé dans une cuve sous vide à une pression d'environ 0,2 bar [8].

II.1.6. Section 6 : Cristallisation

La cristallisation est la dernière étape de transformation du sirop de canne. Cette opération unitaire consiste en un changement de phase liquide-solide réalisé suivant un protocole défini par l'industrie et dans des conditions thermodynamiques précises. Le sirop est chauffé sous pression réduite dans des chaudières alimentées avec une vapeur à basse pression. Une masse cuite est alors obtenue, elle est composée d'une phase solide (les cristaux) et d'une phase liquide (la liqueur mère) [30].

NB: Chaque jet comprend trois étapes principales : la Cuisson, le Malaxage et l'Essorage. (Figure 11).

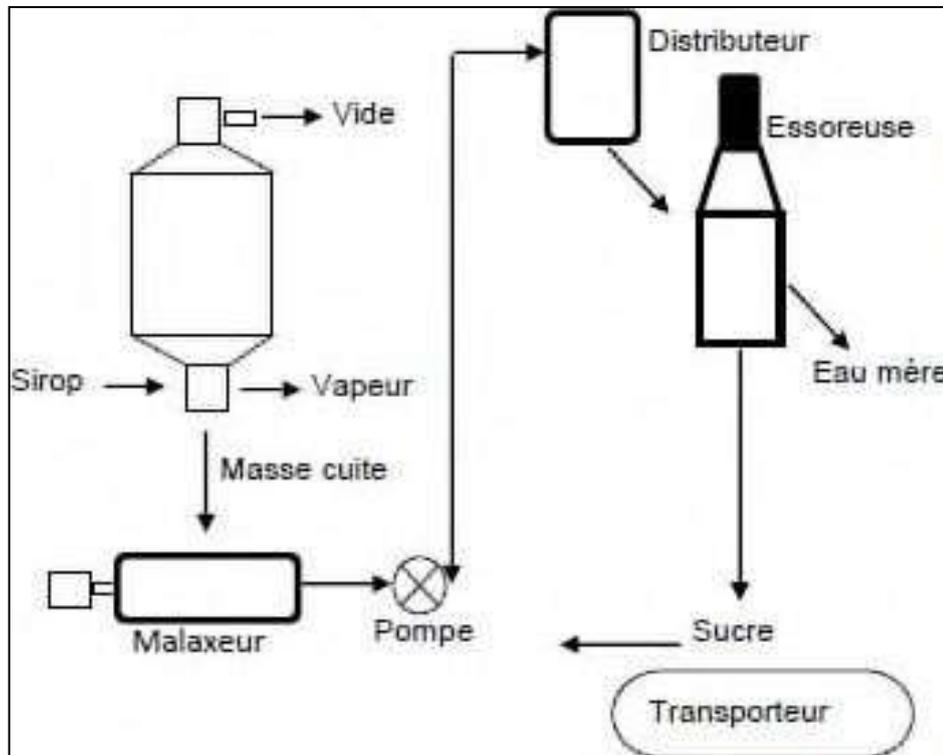


Figure 12 : Atelier de cristallisation [29].

II.1.6.1. La cristallisation des Hauts Produits (HP)

La cristallisation fractionnée est une opération physique qui permet l'extraction et la purification du sucre contenu dans le sirop [29]. La cristallisation du saccharose se fait selon une chronique qui met en jeu deux paramètres : La couleur et la pureté [31]. C'est selon ces deux paramètres que le nombre de jets est déterminé. Le cas le plus répandu est souvent la cristallisation en trois jets (Figure 13).

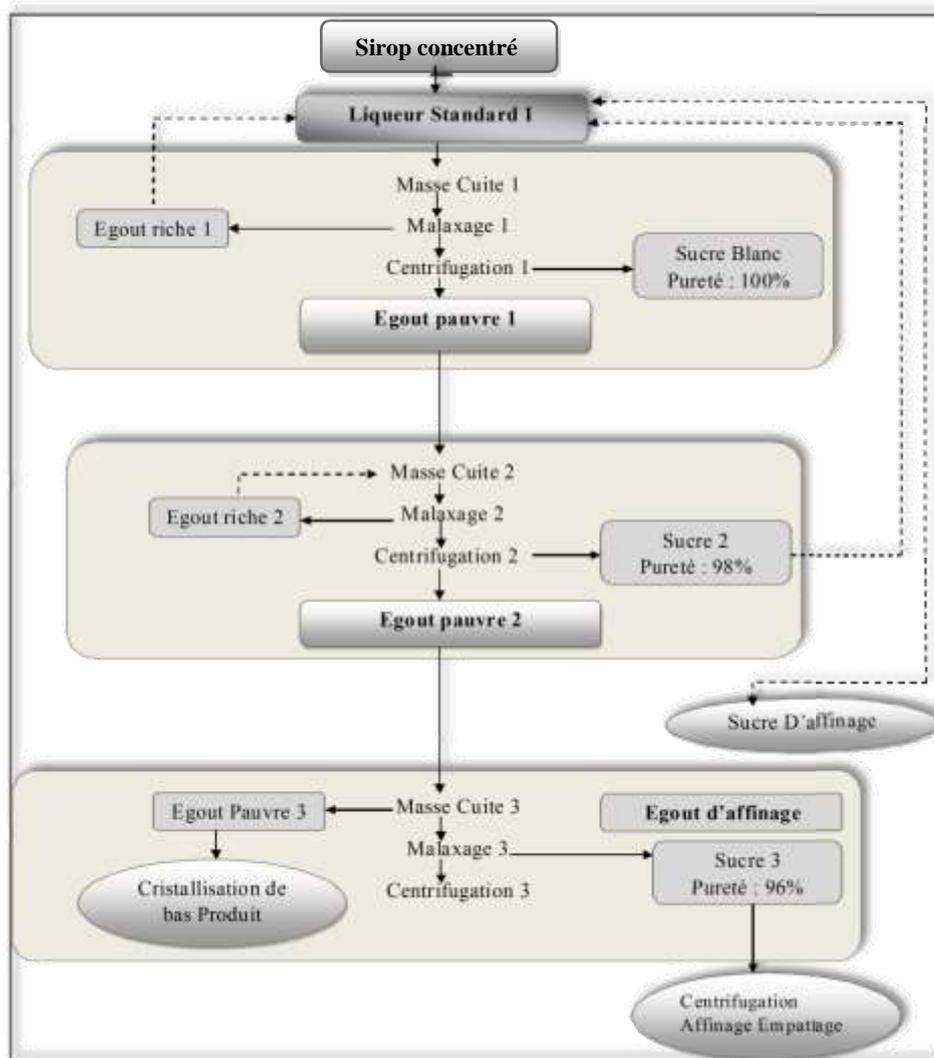


Figure 13: Cycle de Cristallisation des hauts produits en 3 jets [31].

II.1.6.2. La cristallisation des Bas produits (BP)

La cristallisation des bas produits s'alimente des égouts issus de la cristallisation HP, généralement des égouts 3 [29]. Elle aboutit à « un sucre A » qui est acheminé avec des quantités modérées vers le fondeur (recyclage) et une mélasse qui est une matière première utilisée dans plusieurs secteurs agroalimentaires. (Figure 14). Il s'agit de :

- Production d'alcool ;
- Production des aliments de bétail ;
- Production des levures ;
- Fermentation.

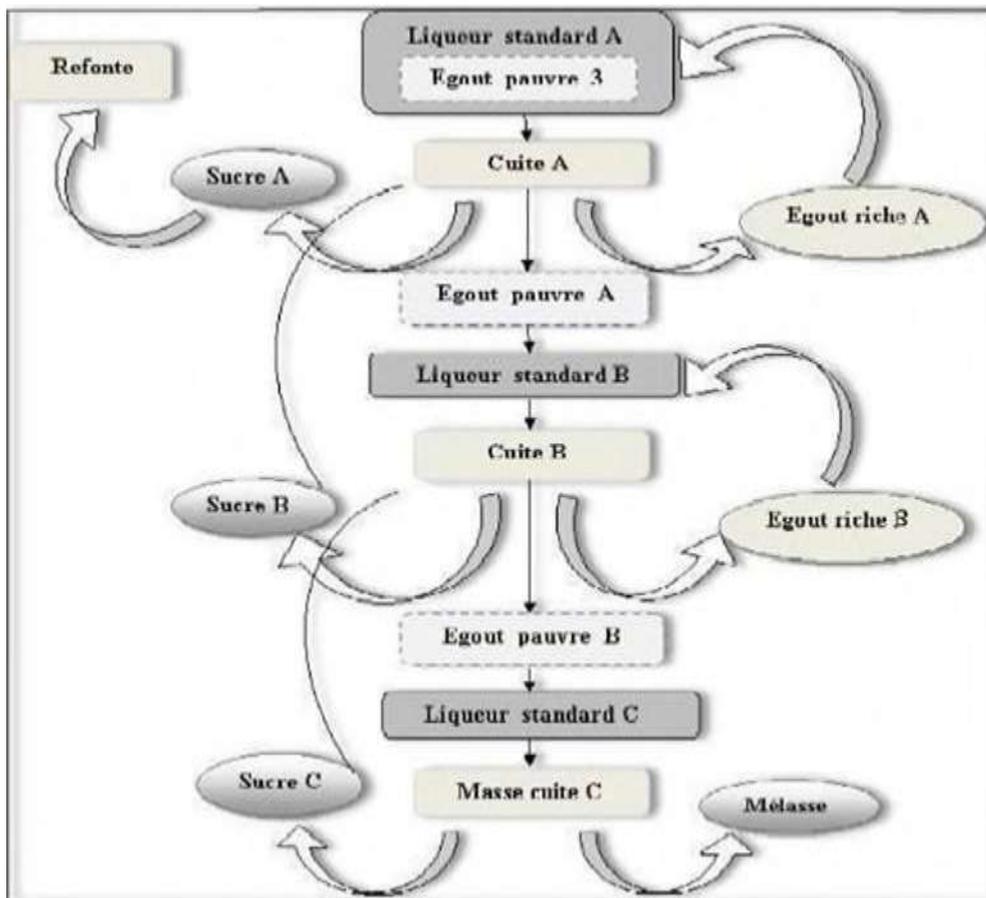


Figure 14: Diagramme du cycle de cristallisation des produits de basse pureté [29].

II.1.7. Section 7 : Séchage et Maturation

Le sucre cristallisé issu du premier jet est chaud (50 °C) il est transmis vers un sécheur pour ramener le taux d'humidité de 1 à 0,030 et 0,060%.

Au niveau du sécheur, le sucre y circule à contre-courant avec de l'air chaud à environ 91 °C, puis à contre-courant avec de l'air froid sec à 6 °C, pour refroidir le sucre et obtenir un équilibre stable en humidité et température ambiante [25].

II.1.8. Section 8 : Stockage et Conditionnement

Après séchage, 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. Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec et fluide, mais la cristallisation du sucre se poursuit au cours des premiers jours de stockage, s'accompagne d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos (maturation) [31].

Le sac destiné au conditionnement de 1Kg est en plastique hermétique avec une face interne en polyéthylène et une face externe en polypropylène et ceux de 50 Kg et 1000 Kg sont des housses en polyéthylène et polypropylène tissée en toile assurant la préservation des

qualités hygiénique, nutritionnelle et technologique du produit.

Il y a quatre silos de stockage d'une capacité de 3200 tonnes pour chacun dont les conditions de stockage recommandées sont :

- Température ambiante ;
- Humidité relative $\leq 65\%$ (à 20°C) ;
- Eviter les chocs thermiques et le contact avec des surfaces humides et la propreté de l'endroit du stockage.

La date limite d'utilisation optimale de sucre blanc est de deux ans après la date de son conditionnement [9].

La figure 15 représente un schéma simplifié du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL.

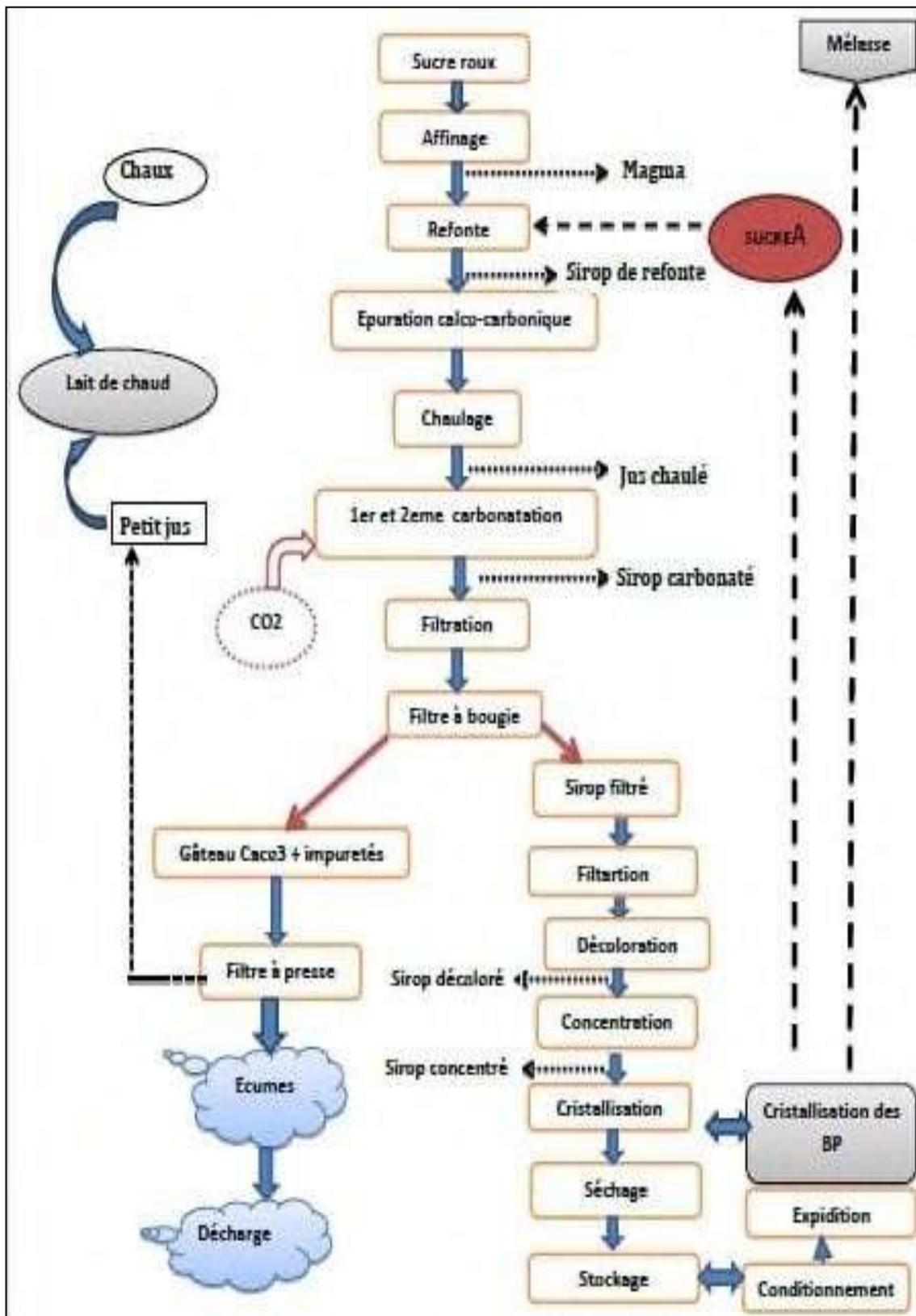


Figure 15 : Schéma simplifié du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL

[1].

II.2. Normes et qualité de sucre

Les produits alimentaires destinés à la consommation directe doivent respecter un certain nombre de règles de conformités établies par les organismes internationaux dans le but de protéger la santé des consommateurs [33].

II.2.1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations

Les sucres sont classés selon différents règlements et normes : CEE, Codex-Alimentarius et Journal officiel de la réglementation algérienne.

Le tableau 6 présente les différents critères permettant le classement des sucres, selon la réglementation algérienne.

Tableau 6 : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne [34].

Critères	Spécification A	Spécification B
Pouvoir rotatoire au minimum (polarisation) (%)	99.7	99.7
Teneur maximale en sucre réducteurs (% matière sèche)	0.04	0.1
Teneur maximale en cendre (% matière sèche)	0.04	0.1
Perte à la dessiccation (3heures à 105°C) au maximum	0.1	0.1
Couleur au maximum (UI)	60	100
Teneur maximale en Arsenic (mg/Kg)	1	1
Teneur maximale en Cuivre (mg/Kg)	2	2
Teneur maximale en Plomb (mg/Kg)	0.5	0.5

Le tableau 7 présente les critères de qualité d'un sucre blanc, selon les normes du codex alimentarius.

Tableau 7 : Normes Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS) [35].

Critères	Sucre blanc
Pureté minimale (%)	99.7 (polarisation)
Teneur maximale en sucre réducteurs (% matière sèche)	0.04 (inverti)
Humidité (%)	0.1
Teneur maximale en cendre (% matière sèche)	0.04
Coloration (ICUMSA, maximale)	60
Teneur maximale en SO ₂ (mg/Kg)	20
Teneur maximale en Arsenic (mg/Kg)	1
Teneur maximale en Cuivre (mg/Kg)	2
Teneur maximale en Plomb (mg/Kg)	1

Le tableau 8 résume les critères permettant le classement des sucres, selon la réglementation européenne.

Tableau 8: Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE [14].

Critères	Qualité type sucre blanc ou N°2	Qualité type sucre blanc raffiné ou N°1	Méthodes d'évaluation
Aspect	Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement	Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement	La vue
Polarisation minimale (%)	99.7	99.7	Polarimétrie
Taux d'humidité maximale (%)	0.06	0.06	Rapport de poids entre avant et après déshydratation
Teneur maximale en sucre inverti (%)	0.04	0.04	Titrage avec une solution d'iode
Somme maximale des points	≤ 22	≤ 8	/
Pour la teneur en cendres (%)	Max=15 (teneur en cendres max = 0.27%)	Max=15 (teneur en cendres max = 0.072%)	Mesure conductimétrique pour un Brix de 28° (0.018% de cendre=1point)
Pour la couleur	Max = 9 (couleur = 4.5 sur l'échelle de Brunswick)	Max = 6 (couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)	Comparaison avec des étalons (1 point=0.5 type de couleur)
Pour la colorisation en solution	Max = 6 (ou 45 ICUMSA)	Max = 3 (ou 22.5 ICUMSA)	Méthode ICUMSA 4- Mesures par spectrophotométrie en unités ICUMSA sur une solution d'un Brix de 50° (plus la solution est foncée, plus la valeur ICUMSA est élevée) 1point =7.5 unités ICUMSA

II.2.2. Les critères de qualité du sucre blanc

II.2.2.1. L'aspect

L'aspect ou la blancheur du sucre est déterminée suivant la méthode de l'Institut de Brunswick. Ce procédé consiste à comparer visuellement le sucre analysé, à une série de sucres témoins colorés artificiellement, sur une échelle croissante de 0 à 6. Le nombre de points à attribuer au sucre ainsi analysé, équivaut au double de la valeur trouvée par comparaison [24].

II.2.2.2. La colorisation en solution

On détermine l'absorption de la lumière sous une longueur d'onde, à la limite du visible et de l'ultraviolet d'une solution de sucre à contrôler, diluée dans l'eau distillée à une concentration de 50%. Cette solution filtrée, est examinée à l'aide d'une table à une concentration de 1% sous une épaisseur de 1cm et multipliée par 1000, et prend le nom de coloration ICUMSA (Commission Internationale d'Unification des Méthodes d'Analyses du Sucre). Cette coloration divisée par 7,5 donne le nombre de points [17].

II.2.2.3. La teneur en cendre

Généralement, les cendres correspondent au tiers des impuretés solubles totales contenues dans le sucre. La détermination du taux de sucres est basée sur la mesure de la conductivité électrique d'une solution de sucre à 28% [14].

II.2.3. La couleur critère d'évolution de la qualité

La couleur du sucre blanc constitue un des critères déterminants qui fondent la typicité du produit, celle-ci est une caractéristique forte sur laquelle le consommateur peut se baser pour faire son choix parmi plusieurs produits concurrents.

Différents aspects de la couleur peuvent être considérés : scientifique, technologique et commercial. Pour une définition commerciale des sucres et leur contrôle, les méthodes officielles ICUMSA sont utilisées. La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre à 50 °Brix préalablement filtrée sur une membrane de 0,45µm. Un point est attribué pour chaque 7,5 unités de la coloration exprimée en unités « ICUMSA », qui est la méthode de mesure utilisée à « CEVITAL » [36].

CHAPITRE III

A- MATERIELS ET METHODES



Chapitre III : Partie pratique

III.1. Prélèvement des échantillons

Cette étude réalisée au sein du complexe CEVITAL, en collaboration avec la raffinerie (3000T/J), et (3500 T/J) a consisté, d'une part, à suivre l'évolution et la conformité des différents paramètres de qualité du sucre blanc d'ensachage et d'autre part, suivre les analyses de tous les paramètres des différentes sections. Le tableau 9 représente les paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffinage ; comme suit :

Tableau 9: Paramètres physico-chimiques suivis au cours de raffinage.

Section	Echantillon prélevé	Paramètres étudiés
Affinage et refonte	Magma, Sirop de refonte (SR)	°Brix, pureté, couleur, pH.
Filtration	Sirop filtré (SF)	°Brix, pureté, couleur, pH
Décoloration	Sirop décoloré 1(SD1) Sirop décoloré 2 (SD2)	°Brix, pureté, Couleur, pH
Concentration	Sirop concentré (SC)	°Brix, pureté, couleur, pH
Cristallisation	Liqueur standard 1(LS1) Liqueur standard 2(LS2) Liqueur standard 3(LS3)	°Brix, pureté, couleur, pH
Séchage	Sucre blanc A(SBA)	°Brix, couleur, polarisation, humidité, teneur en cendres conductimétriques, granulométriques.

Partie A : Matériels et méthodes

III.2. Méthode d'analyse des produits intermédiaire

III.2.1. Le Brix

Le brix est le rapport entre la quantité de matières sèches contenues dans l'eau et la quantité de solution, il est exprimé en pourcentage par la formule suivante :

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

Ou
$$Brix = \frac{MS \times 100}{MS} + E$$

Dont ;

MS : Matière sèche ; *E* : Eau.



Figure 16 : Photographie du réfractomètre.

III.2.1.1. Mesures de brix

La détermination de la teneur massique en matière sèche du sucre (le brix) est réalisée par mesure de l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre thermostat à 20°C. 50g ± 5g de l'échantillon à analyser est diluée dans l'eau distillée à 1/5 à l'aide d'un dilueur automatique. Une quantité de la solution préparée est analysée par réfractométrie (Figure 16). Les résultats obtenus sont exprimés soit en gramme par millilitre (g/ml) ou par pourcentage de matière sèche (%) présente dans la solution.

III.2.2. La polarisation

Les matières sèches d'une solution contiennent des sucre (S) et de non sucre (NS). D'où :

$$MS = S + NS$$

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.

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



Figure 17 : Photographie du polarimètre.

III.2.2.1. Mesures de la polarisation en solution (ICUMSA méthode GS 1/2/3-1(1994))

Toutes les molécules optiquement actives (possédant au moins un carbone asymétrique), sont capables de dévier le plan d'une lumière polarisée. Cette déviation est proportionnelle à la teneur en substance à doser. La détermination de la polarisation des dilutions est effectuée par mesure de la rotation optique de la solution avec un polarimètre à partir des solutions précédemment préparées, la polarisation est directement lue sur le polarimètre à l'échelle de 26 g. (Figure 17).

Les résultats sont exprimés en (g, % ou mL) comme suit:

$$\text{Polarisation} = K \times (\text{lecture au polarimètre} \times \text{le facteur de dilution})$$

Avec : $K = 0.26$

III.2.3. La pureté

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

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

III.2.3.1. Mesures de la pureté

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

$$\text{Pureté} = \frac{\text{Polarisation} \times 100}{\text{Brix}}$$

III.2.4. La colorimétrie

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



Figure 18 : Photographie de la pompe sous-vide.



Figure19 : Photographie de spectrophotomètre (UV-Visible).

III.2.4.1. Mesures de la couleur en solution des produits intermédiaires (ICUMSA méthode GS 2/3-10)

La couleur de la solution est déterminée par une mesure de l'absorbance à 420 nm. A partir des échantillons prélevés, 50 à 60 g de chaque sirop sont pesées, puis des dilutions de 1/5 sont réalisées à l'aide d'un diluteur. Après dilution et agitation, les différents échantillons sont filtrés à travers une membrane filtrante (filtre plissé standard) (Figure 18), le filtrat est récupéré et son pH est ajusté à 7 ± 0.1 avec des solutions de NaOH (0.1 N) ou d'HCl (0.1).

A l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (Figure 19), l'absorbance de la solution est mesurée à 420 nm dans une cellule de 1 cm.

Les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times A_{420}}{B \times C}$$

Où :

A : Absorbance de la solution à 420 nm. ;

B : Longueur de la cellule en cm ;

C : Concentration de la solution en g/mL.

Remarque : Pour les bas produits, les analyses sont réalisées à une dilution de 1 /10.

III.2.4.2. Mesure de la couleur du sucre blanc (ICUMSA méthode GS 2/3-10)

Les mesures de la couleur de sucre blanc sont réalisées par les étapes suivantes :

- Peser 50g de sucre blanc et ajuster à 100g avec de l'eau distillé.
- Dissoudre le sucre, puis filtrer à travers une membrane filtrante avec un filtre de 0,45µm de porosité.
- Récupérer le filtrat dans un bécher propre et sec.
- 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, et rincer la cellule avec le filtrat avant de la remplir (en évitant les bulles d'air).

Les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{1000 \times A_s}{b \times c}$$

Où :

As : Absorbance de la solution à 420 nm ;

b : Epaisseur (5cm) de la cellule (chemin optique à l'intérieur de la solution) ;

c : concentration de la solution de sucre en g /mL.

Remarque :

L'analyse des différentes lectures effectuées (polarimétrie, réfractométrie et spectrométrie) est réalisée à l'aide d'un logiciel Cléopâtre, qui effectue les calculs et donne les résultats par la suite.

III.3. Méthodes d'analyse du produit fini

III.3.1. Protocole de dosage de l'humidité du sucre (ICUMSA Méthodes GS 2/1/3/9-15)

Objet : Cette méthode a pour objet de doser l'humidité libre (humidité présente à la surface des cristaux).

Principe : Le principe de la méthode est le séchage à l'étuve à pression atmosphérique et à une température de 105 °C suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées.

Mode opératoire

- Sécher le récipient couvercle ouvert à l'étuve à 105 °C pendant au moins 30 minutes.
- Refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- Peser aussi rapidement que possible M_1 à $\pm 0,0001$ g.
- Mettre aussi rapidement que possible 20 à 30 g d'échantillon, remettre le couvercle et peser $M_2 \pm 0,0001$ g l'épaisseur ne doit pas dépasser 1 cm.
- Remettre le récipient ouvert à l'étuve pendant 3h.
- S'assurer qu'il n'y a pas de perte physique de sucre.
- Replacer le couvercle et refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- Peser M_3 à $\pm 0,0001$ g.

Expression des résultats

Calcul de la perte au séchage :

L'humidité :

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

Où :

M_1 : masse de la capsule vide ;

M_2 : masse de l'échantillon avant étuvage ;

M_3 : masse de l'échantillon.

III.3.2. Détermination des cendres conductimétriques dans le sucre blanc (ICUMSA Méthodes GS 2/3-17)

Objet : On détermine la conductivité spécifique d'une solution de sucre blanc de 28 g /100g, on calcule les cendres équivalentes en utilisant un facteur conventionnel.

Principe : Les cendres conductimétriques dans les solutions à 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 bécher 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 :

$$C_{28} = C_{mesurée} - 0.35C_{eau}$$

Et

$$Cendre\ conductimétrique(\%) = 6 \times 10^{-4} \times C_{28}$$

Correction de température :

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 :

$$C_{20} = \frac{C_{mesurée}}{1 + 0.026(T_{lue} - 20)}$$

III.3.3. Protocole pour l'analyse du dosage de la granulométrie du sucre blanc Méthode (ICUMSA GS 3/2-17)

Objet : Cette méthode a pour objet la mesure de la dimension et de l'hétérogénéité des cristaux de sucre. Elle s'applique au sucre blanc sec commercialisé mais pas aux sucres ayant une distribution anormale, comme certains sucres tamisés ou des fines.

Principe : Le sucre étudié est passé à travers une série de tamis dans des conditions bien déterminées, et le sucre restant dans chaque tamis est dans le fond plein est pesé.

Mode opératoire :

- Sécher les tamis dans une étuve à 60°C.
- Laisser refroidir, et les peser vides : tare.
- Disposer les tamis de bas en haut dans l'ordre croissant d'ouverture de maille au-dessus du fond plein.
- Homogénéiser et subdiviser l'échantillon.
- Continuer la subdivision jusqu'à l'obtention d'un poids de 80 à 100 g.
- Placer sur le tamis supérieur la prise d'essai et tamiser 15 min.
- Peser ensuite successivement les quantités de sucre restant sur chacun des tamis puis sur le fond plein.
- Déterminer les poids cumulés des quantités passant par les tamis en commençant par le fond.

Expression des résultats

Détermination par la méthode graphique

- Sur un papier millimétrique, on porte en ordonnée les poids cumulés et en abscisse la taille des mailles en millimètres.
- On trace au milieu la droite joignant les points marqués en négligeant les points correspondant à moins de 10% et à plus de 90%.
- S'il y a plus de 20% retenus sur le tamis supérieur, ou plus de 20 % traversant le tamis inférieur, il est nécessaire de répéter l'analyse. En ajoutant des tamis supplémentaire.
- Le point d'intersection de la droite avec l'ordonnée 50 définie l'ouverture moyenne (O.M) ; c'est-à-dire, la dimension ou 50% de sucre en poids se trouve au-dessus de cette dimension 50% au-dessous.
- Le coefficient de variation (C.V) ou indice de dispersion autour de l'ouverture moyenne est donné par la formule

$$CV = \frac{(Abcisse\ 84\%) - (Abcisse\ 16\%)}{2 \times (OM)}$$

III.3.4. Protocole pour la mesure du pH référence : SNFS - Chapitre 1 : Méthode n° 17

Objet : Cette méthode a pour objet la mesure du pH des sirops et du sucre blanc en solution.

Principe : Le pH, caractéristique essentielle d'une solution, est défini par l'OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale) comme cologarithme de l'activité ionique de l'ion hydronium.

$$pH = -\log(H_3O^+)$$

Le pH de l'eau pure à 20°C définit la neutralité à pH 7.0.

Mode opératoire :

Après un rinçage soigné, les électrodes simples ou combinées sont placées dans la solution à mesurer de telle manière que le niveau de l'électrolyte interne dépasse d'environ 2 cm celui de la solution à étudier la solution analysée doit être légèrement agitée dans les mêmes conditions que pour l'étalonnage. Au bout d'un certain temps, la lecture se stabilise.

Le temps de réponse de l'appareil dépend de :

- La résistance interne de l'électrode; plus celle-ci est élevée, moins la réponse est rapide ;
- L'agitation et du renouvellement de la solution autour de l'électrode, du temps de stabilisation de la température interne de l'électrode.

Expression des résultats

La lecture est faite directement sur l'appareil.

CHAPITRE III
B- RESULTATS ET DESCUSSIONS



Partie B- Résultats et discussion

III.4. Etude de l'évolution des paramètres physico-chimiques des produits intermédiaires au cours du processus de raffinage du sucre

III.4.1 Evolution du °Brix durant le processus de raffinage du sucre roux

La figure 20 représente la variation du °Brix dans les différentes sections du raffinage du sucre roux et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau1 inséré en annexe.

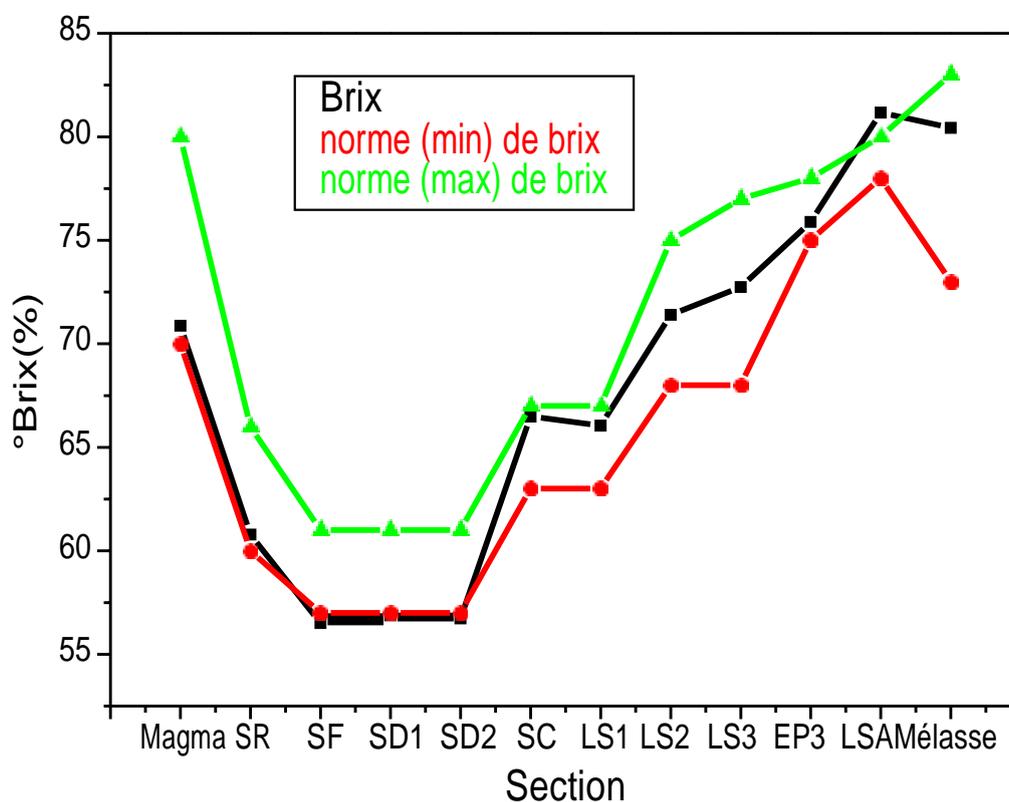


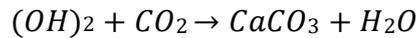
Figure 20 : Variation du °Brix dans les différentes sections du raffinage du sucre roux.

Interprétation et discussion

La norme de Brix moyen du magma mélangé est comprise entre 70 – 80%, ce dernier est un mélange de sucre roux et de la liqueur standard de raffinage. Le brix diminue jusqu'à

60.78% dans le fondoir par l'ajout d'une certaine quantité d'eau chaude permettant la dissolution des cristaux de sucre raffiné.

D'après la figure 20, on remarque que le degré de Brix du sirop de fonte est stable jusqu'à SD2. Cependant une diminution du brix jusqu'à 56.5% est notée pour le sirop filtre, ce qui est due à la formation de l'eau lors de l'étape de carbonatation suite à l'ajout du lait de chaux et du CO₂ selon la réaction suivante :



Après décoloration, comme la résine échangeuse d'ions retient les impuretés et les colorants organiques, dans la section de décoloration, le Brix reste constant avec 57 %, après il augmente pour atteindre la valeur de 66.84 % au niveau des concentrateurs à cause de l'évaporation d'eau en excès. On remarque également une augmentation du Brix des liqueurs standards 1, 2, et 3 qui est respectivement de : 66.05%, 71.04%, et 72.74%, cette augmentation est due au recyclage des égouts riches récupérés après séparation du sucre ainsi qu'après des égouts riches issus du turbinage du chaque jet. La liqueur standard 3 à partir des égouts riches issus du turbinage du jet 2 et que ce dernier n'est autre que l'égout riche issue du turbinage du jet 1 et ainsi de suite. L'augmentation des valeurs du Brix dans la liqueur standard A et dans la mélasse qui sont respectivement 81,17% et 80,43% cette augmentations est due à la concentration des égouts pauvres.

Les liqueurs standards 1, 2, et 3 que l'on appelle des hauts produits, leurs Brix dépendent principalement de la concentration en saccharose, contrairement à la liqueur standard A et à la mélasse que l'on appelle des bas produits, ou la valeur du Brix est majoritairement dépendantes des impuretés.

III.4.2. Evolution de la pureté durant le processus de raffinage du sucre roux

La figure 21 représente la variation de pureté dans les différentes sections du raffinage du sucre roux et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 2 inséré en annexe.

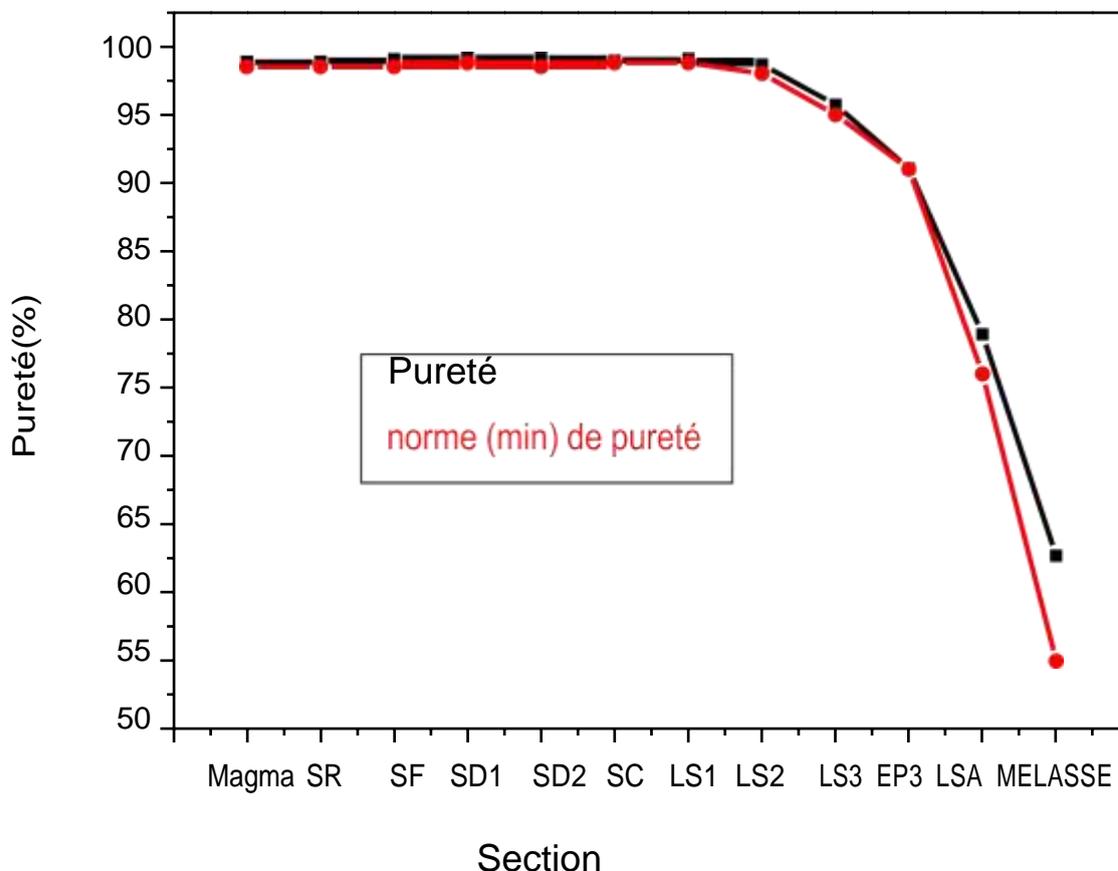


Figure 21 : Variation de pureté dans les différentes sections du raffinage du sucre roux.

Interprétation

La valeur optimale de la pureté de magma a atteint 98.88 %. Cela signifie la bonne qualité des matières premières utilisées durant le raffinage. Sinon la légère augmentation de la pureté de SR est liée à l'élimination des impuretés superficielles. La pureté du SF continue d'augmenter jusqu'à 99,07 %. Ce qui explique en conséquence élimination des impuretés, 1/3 de cette dernière sont éliminées pendant le processus de production durant la deuxième carbonatation. Pour les sirops décolorants, concentrés et LS1, nous avons remarqué une augmentation progressive de la pureté à cause de la résine qui permet d'enlever les pigments colorants résiduels qui sont considérés comme des impuretés et les égouts riches recyclés qui entraînent une augmentation de la pureté de LS1. Néanmoins, une diminution de la pureté à partir de EP3, LSA, jusqu'à la melasse qui sont respectivement 91.07% ,78.93% et 62.71%.

Cela est dû à la diminution de taux de saccharose dans les liqueurs après séparation du sucre, on a l'épuisement du saccharose.

III.4.3. Evolution de la couleur durant le processus de raffinage du sucre roux

La figure 22 rapportée la variation de la couleur dans les différentes sections du raffinage du sucre roux et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 4 inséré en annexe.

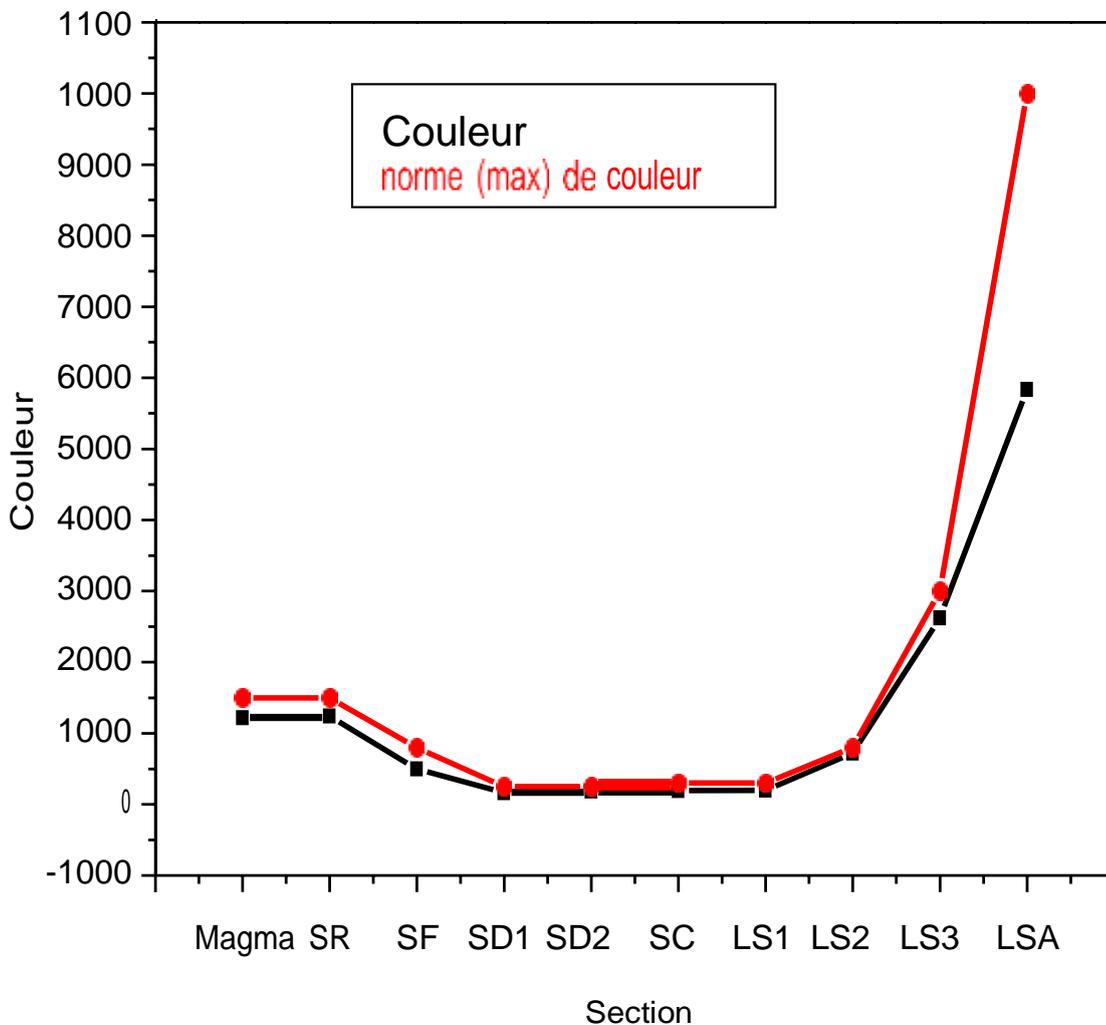


Figure 22 : Variation de couleur dans les différentes sections du raffinage du sucre roux.

Interprétation

Afin d'obtenir du magma, le sucre roux a été mélangé avec de l'eau sucrée, ce qui a expliqué l'augmentation de la couleur pour atteindre 1242 UI. Étant donné que de l'eau saturée de sucre est ajoutée pour dissoudre la saleté de la couche superficielle des cristaux de sucre roux, ce qui a expliqué la continuité d'augmentation de la couleur dans le fondoir. Il

existe également un sucre A riche en impuretés, qui est récupéré dans le fondoir, ce qui contribue également à l'augmentation de cette dernière. Après filtration, la couleur baisse considérablement car les filtres retiennent les colorants et les impuretés piégées après l'épuration carbonique. La couleur continue de baisser après décoloration, grâce au rôle des résines échangeuses d'ions pour atteindre une couleur de 188 UI en moyenne pour le sirop décoloré. Au concentrateur, la couleur a légèrement augmenté, ce qui s'explique par l'effet thermique qui a provoqué la caramélisation du sirop et l'augmentation du °Brix.

L'augmentation de la couleur des liqueurs standard 2, 3 et A est due au fait que ces derniers ne sont formés qu'à partir des égouts pauvres des liqueurs standard précédentes qui sont riche en pigments colorants et en impuretés.

Ces valeurs sont conformes aux normes (couleur ICUMSA) de la section magma jusqu'à la section LS1, au niveau des sections LS2, LS3 et LSA la couleur dépasse les normes cela est due à la formation des colorants.

III.4.4. Evolution de pH durant le processus de raffinage du sucre roux

La figure 23 représente la variation de pH dans les différentes sections du raffinage du sucre roux et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 5 inséré en annexe.

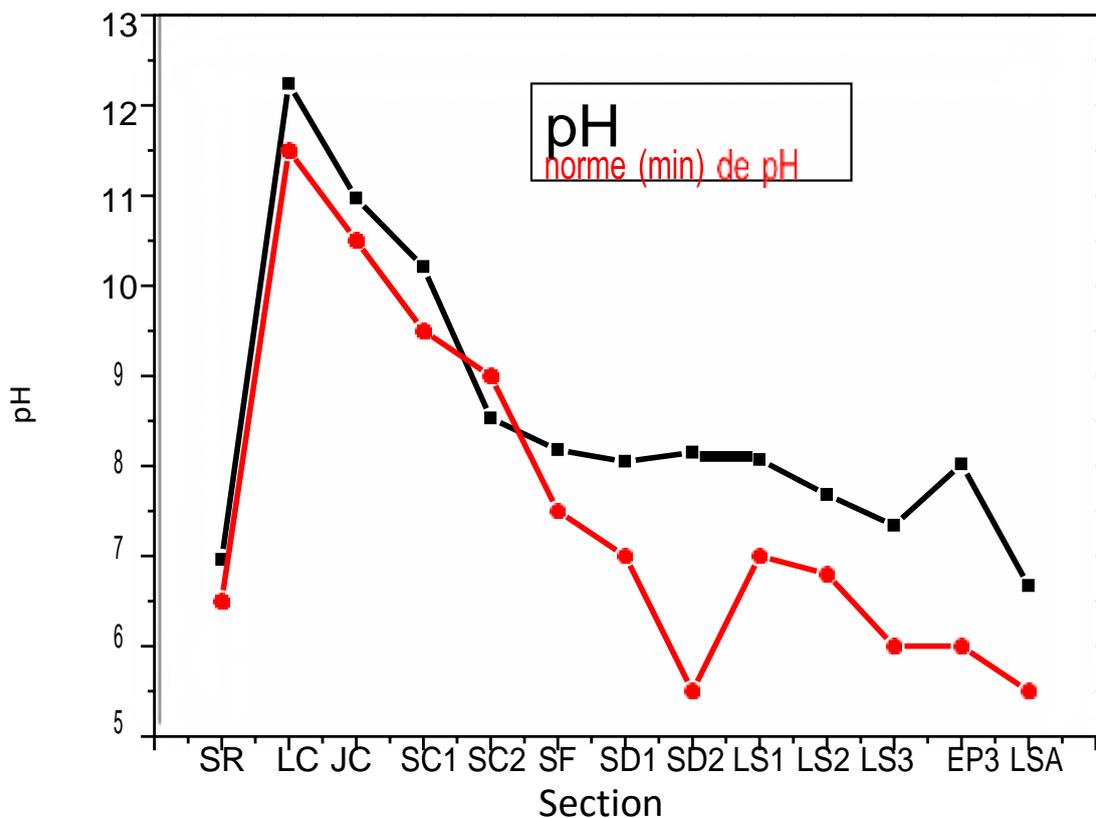


Figure 23 : Variation de pH dans les différentes sections du raffinage du sucre roux.

Interprétation

On remarque à partir de la courbe une forte augmentation du PH de SR jusqu'à JC (jus chaulé) qui est respectivement de 6.96 et 10.97. Cette augmentation est due à l'étape de chaulage qui consiste l'ajout du lait de chaux.

Après cette étape, le jus chaule est gazéifié pour la première fois, qui signifie une première carbonatation, le CO_2 ajouté réagira avec $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pour former du carbonate de calcium CaCO_3 absorbe les non-sucres dans le jus chaulé. La première carbonatation s'arrête à un pH de 10.21 Dans la deuxième carbonatation il y a une forte diminution jusqu'à un pH 8.53. Cela est dû au fait que le réacteur ne reçoit pas les quantités suffisantes en CO_2 malgré une ouverture maximal des vannes à CO_2 . L'objectif est d'éliminer le calcium résiduel qui risque de se précipiter au niveau des colonnes d'évaporateurs lors de l'étape de concentration.

On constate une stabilité de la valeur du pH du SF grâce à la filtration du CaCO_3 , puis l'augmentation significative de SD1 et SD2 est principalement liée au rinçage de la résine avec HCl et NaOH après la régénération. Elle réduit significativement le pH de LS1 8,07 à EP3 et LSA, 8.02, 6.67, respectivement est directement lié à l'impact des impuretés des substances acides sont présentes dans les égouts récupérés.

III.5. Etude de l'évolution des paramètres physico-chimique de produit fini

III.5.1. Humidité

La figure 24 représente les résultats du suivi de la stabilité de l'humidité de sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

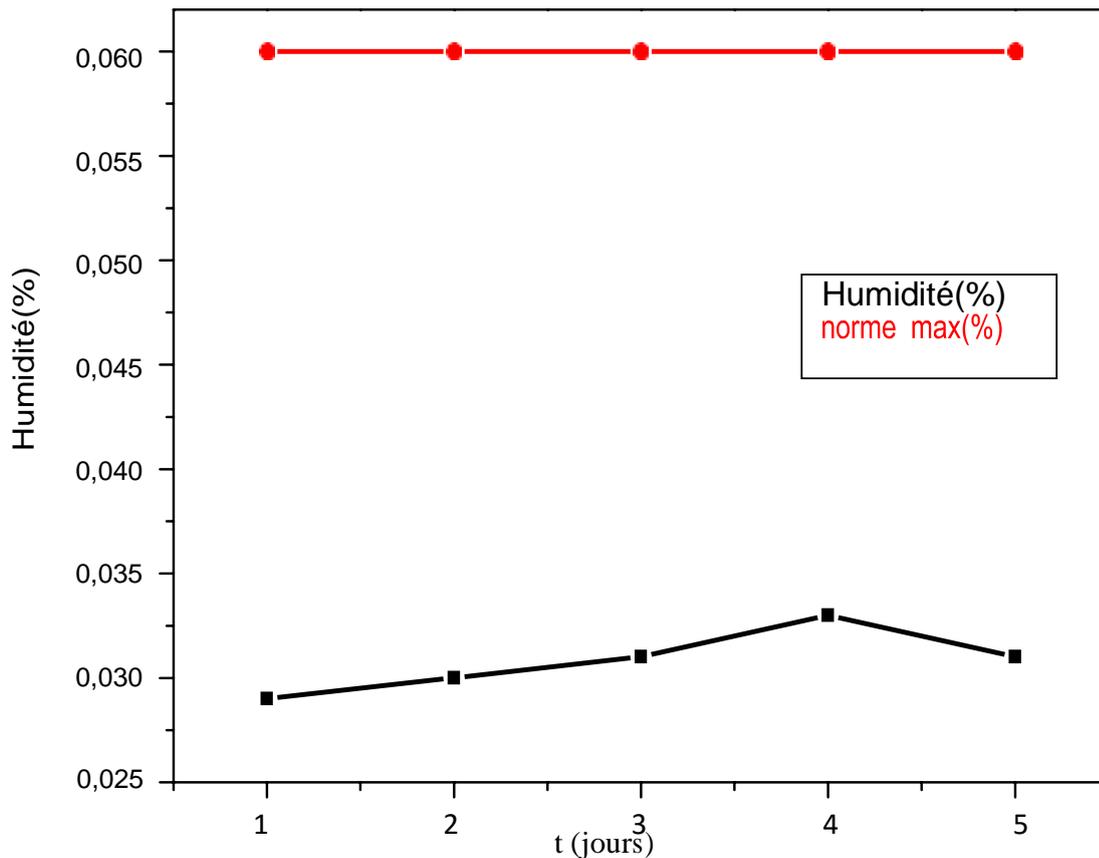


Figure 24 : Résultats du suivi de la stabilité de l'humidité de sucre blanc.

Interprétation

Le sucre blanc obtenu contient un faible taux d'humidité estimé à 0.029% qui est dû à l'évaporation de l'eau à la sortie de sécheur, il est du également à l'air froid au niveau de lit fluidisé. Ce qui ne provoque pas la détérioration du produit fini au niveau de conditionnement.

Ceci nous amène à conclure que l'humidité du sucre blanc de CEVITAL est conforme aux normes de la communauté économique européenne (CEE).

III.5.2. Polarisation

La figure 25 représente les résultats du suivi de la stabilité de la polarisation du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

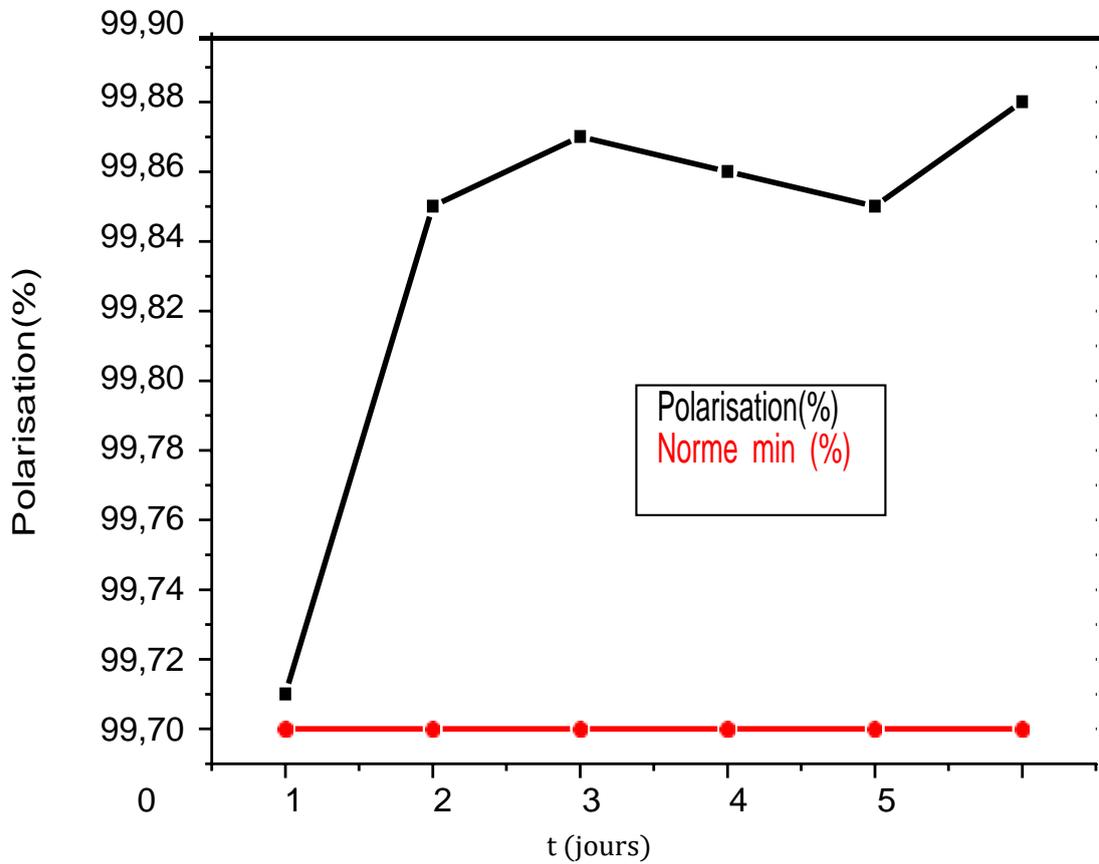


Figure 25 : Résultats du suivi de la stabilité de la polarisation du sucre blanc.

Interprétation et discussion

Nous remarquons que la polarisation de produit fini est toujours au-dessus de la norme minimale, est dû à la bonne production au niveau de la raffinerie de sucre Cevital. Sur le critère de la polarisation, le sucre blanc de CEVITAL est conforme aux normes CEE.

III.5.3. Couleur

La figure 26 représente les résultats du suivi de la stabilité de la couleur du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

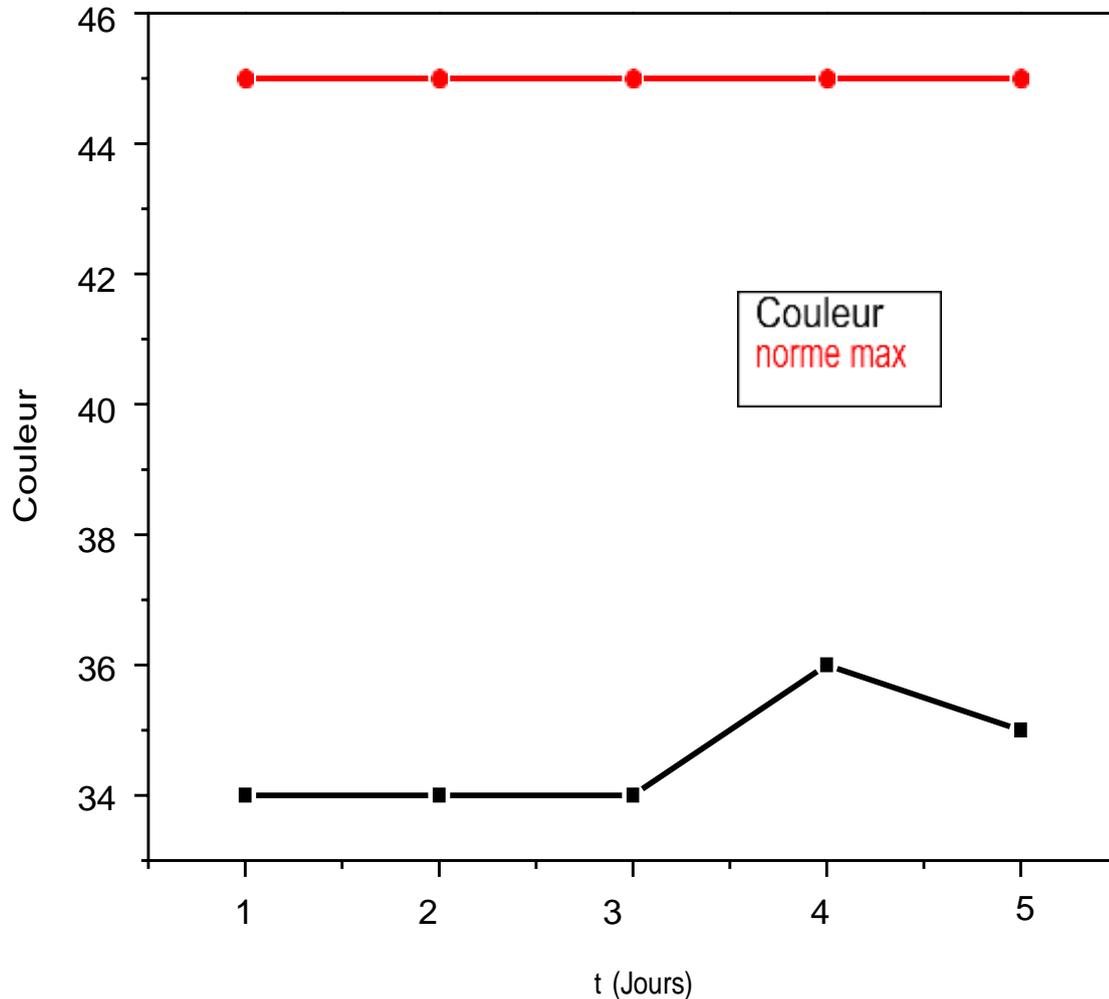


Figure 26 : Résultats du suivi de la stabilité de la couleur de sucre blanc.

Interprétation et discussion

D'après la figure 26, on remarque que les valeurs de la couleur de sucre fini est toujours au-dessous de la norme CEE qui est de 45 UI. Cela est fortement influencé par la bonne qualité de la matière première (sucre roux) qui ne contient pas une grande quantité des impuretés, et par le bon fonctionnement de processus de raffinage dont l'étape de la décoloration est déterminante.

III.5.4. Teneur en cendres conductimétriques

La figure 27 représente les résultats du suivi de la stabilité de la teneur en cendres du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

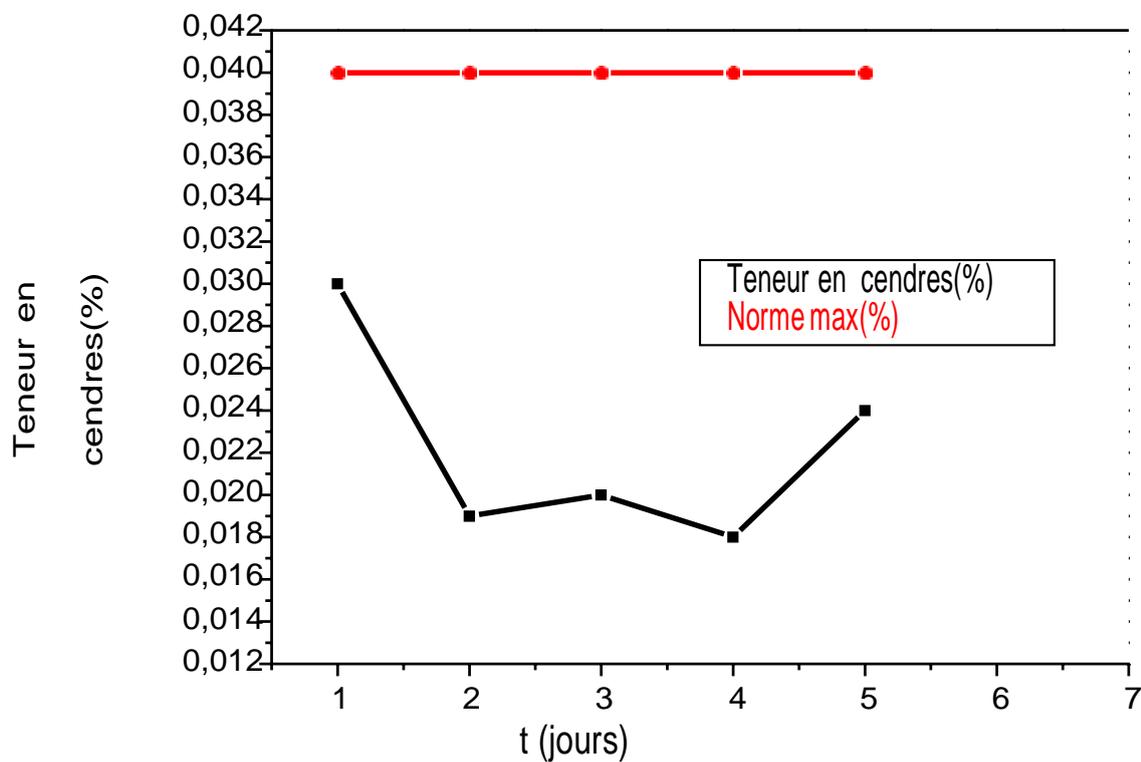


Figure 27: Résultats du suivi de la stabilité de teneur en cendre du sucre blanc.

Interprétation et discussion

La courbe représente les valeurs de la teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc est toujours inférieure à celle de la norme. Cela prouve la conformité de la teneur en cendres conductimétriques.

L'analyse de cette courbe montre que le sucre blanc de CEVITAL est conforme aux normes CEE, ce qui nous amène à dire qu'il est de bonne qualité.

III.5.5. Granulométrie

Les résultats obtenus pour la granulométrie se subdivisent en ouverture moyenne (O.M), coefficient de variation (C.V) et les fines (cristaux fins du sucre).

III.5.5.1. Ouverture moyenne

La figure 28 représente les résultats du suivi de la stabilité de l'ouverture moyenne du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

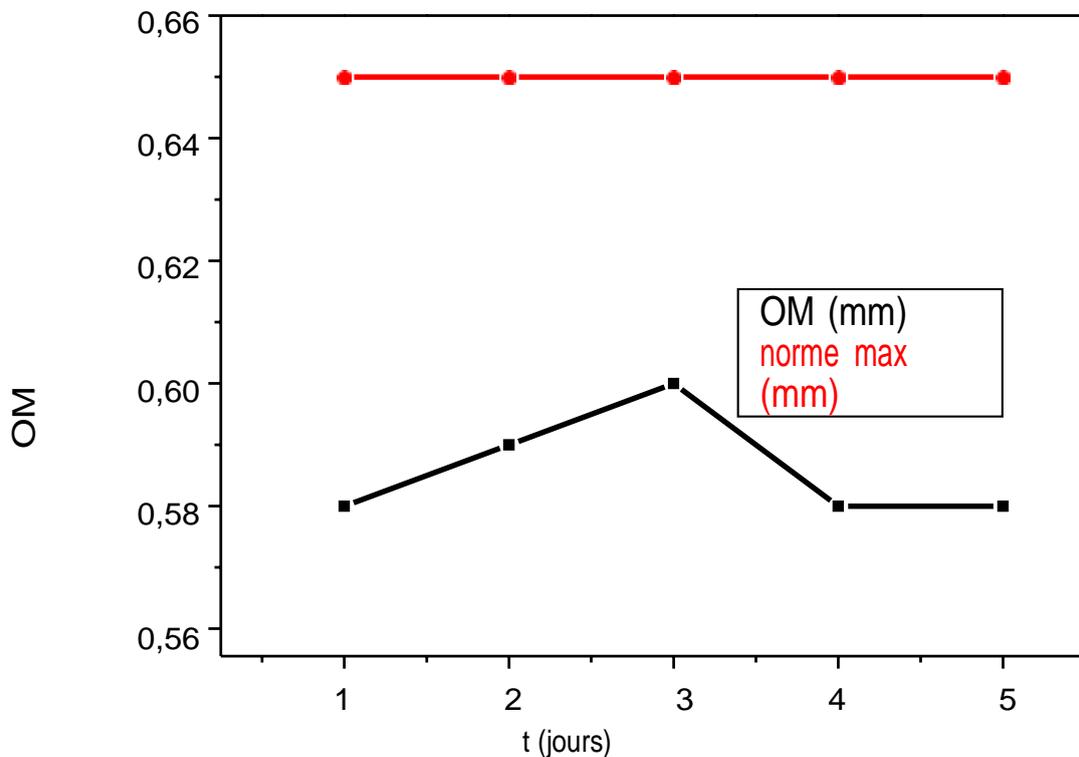


Figure 28 : Résultats du suivi de la stabilité de l'ouverture moyenne du sucre blanc.

Interprétation et discussion

L'analyse de cette courbe, nous a montré que l'ouverture moyenne du sucre blanc est conforme aux normes CEE. Cela est lié aux cristaux de sucre obtenus qui sont des cristaux moyens, dû éventuellement à la semence (fines + alcool) utilisée.

La stabilité du sucre au cours du stockage signifie que la granulométrie, plus la taille des cristaux est grande, plus la stabilité est meilleure du sucre. Du point de vue de l'ouverture moyenne, le sucre blanc de CEVITAL est conforme à la norme CEE.

III.5.5.2. Coefficient de variation

La figure 29 représente les résultats du suivi de la stabilité du coefficient de Variation du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 6 inséré en annexe.

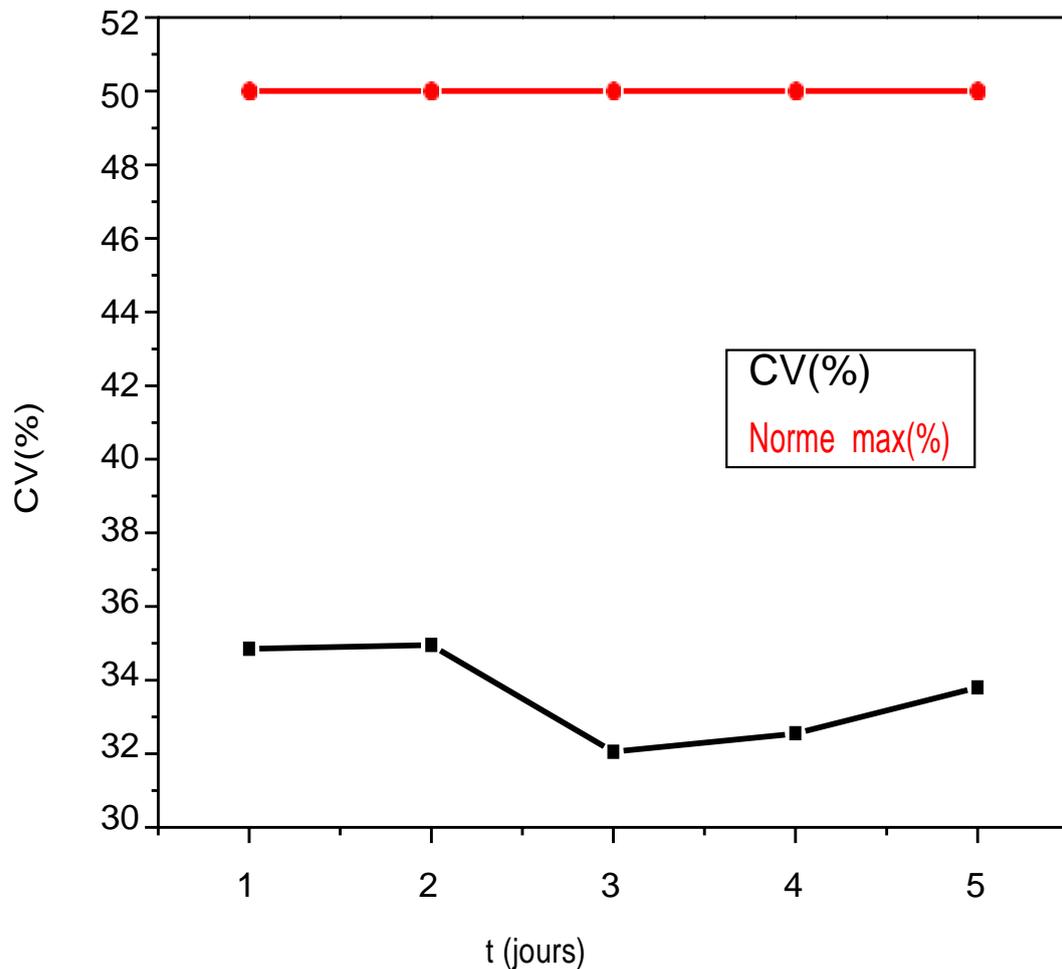


Figure 29 : Résultats du suivi de la stabilité du coefficient de variation du sucre blanc.

Interprétation et discussion

On remarque d'après les analyses que les coefficients de variations sont largement au- dessous de la norme. On peut dire, que du point de vue coefficient de variation, le sucre blanc de CEVITAL est conforme à la norme CEE.

III.5.5.3. Fines

La figure 30 représente les résultats du suivi de fines du sucre blanc et les valeurs obtenues sont regroupées dans le tableau 1 inséré en annexe.

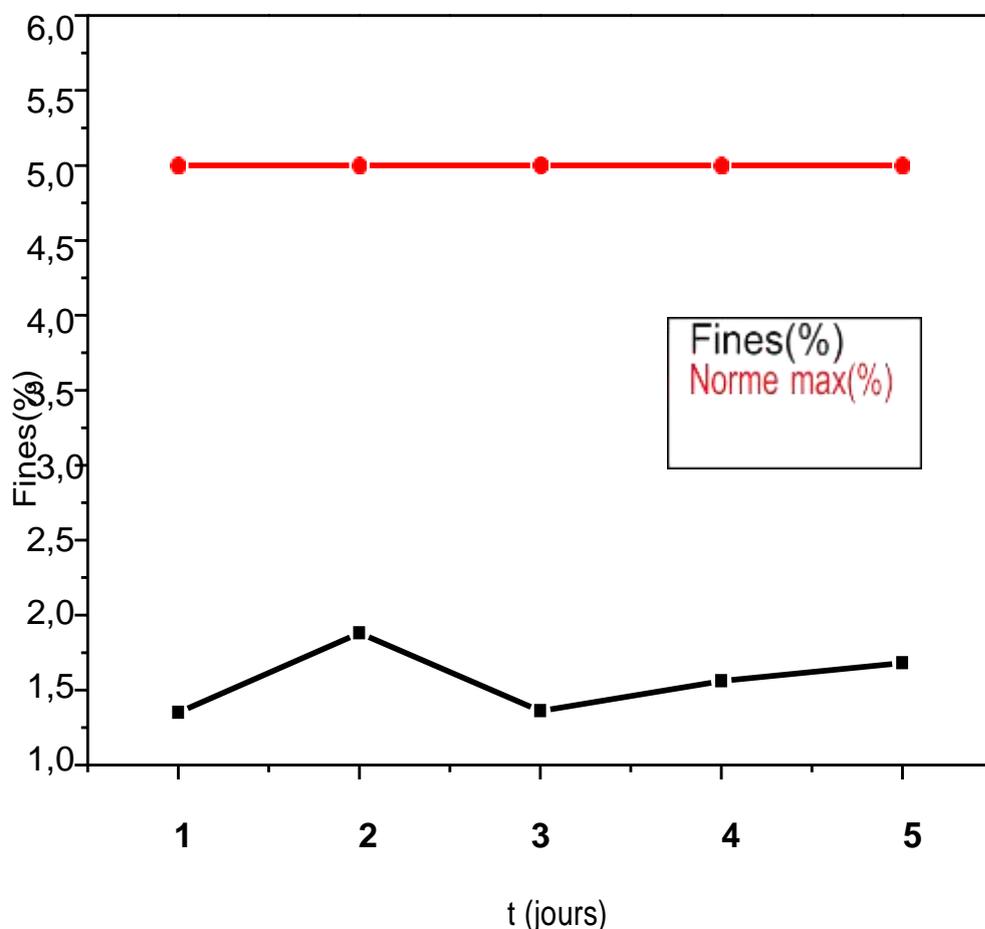


Figure 30 : Résultats du suivi de fines du sucre blanc.

Interprétation et discussion

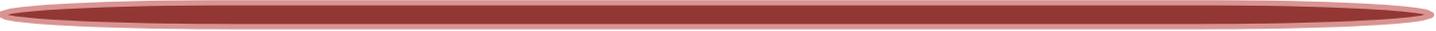
D'après L'analyse de cette courbe on constate que les valeurs de fines de sucre blanc sont largement au- dessous de la norme. Ce qui marque l'homogénéité de sucre.

Cela veut dire que les fines de sucre blanc de CEVITAL répond aux exigences des normes CEE.

D'après le résultat d'analyse des paramètres physico-chimiques de produit fini (sucre blanc) on déduit que le sucre blanc de CEVITAL répond largement aux normes CEE, ce qui permet de répondre aux exigences des clients.

CONCLUSION

GENERALE



Conclusion générale

Face à une concurrence de plus en plus féroce, la qualité est devenue un enjeu stratégique entre les différentes industries agroalimentaires afin de répondre à la demande des consommateurs en proposant des produits qui les satisfont. Le fabricant ne peut que répondre à ces exigences sans oublier qu'à prix égal, le sucre de meilleure qualité reste la préférence des acheteurs.

Le travail effectué au niveau de la raffinerie du complexe agroalimentaire CEVITAL a été pour nous, d'une grande utilité, car il nous a permis d'une part, de nous initier et nous adapter au milieu professionnel et d'autre part à acquérir des connaissances sur le raffinage du sucre roux, notamment sur le processus de fabrication et les analyses physico-chimiques.

Le but de la raffinerie de sucre est de transformer le sucre roux de canne à sucre comme une matière première en sucre blanc de qualité satisfaisante répondant aux normes de l'entreprise. Au regard de nos résultats, les analyses physico-chimiques effectuées au sein du laboratoire de l'unité, se sont révélées globalement conformes aux normes de l'entreprise et de la Communauté Economique Européenne à l'exception de quelques erreurs rencontrées au cours du processus.

Ce travail, nous amène d'une part, à l'étude la chaîne de raffinage au niveau du complexe agro-alimentaire « CEVITAL ». Dans une première étape, le sucre roux subit un ensemble de traitements à savoir l'affinage et la refonte, l'épuration, la filtration, la décoloration, la concentration et la cristallisation, le séchage et la maturation et enfin le stockage et le conditionnement. D'autre part, le suivi de l'évolution des différents paramètres physico-chimiques des produits intermédiaires (le brix, la coloration, la polarisation, la pureté et le pH), ainsi des analyses de produit fini, à savoir le sucre blanc, ont été effectuées.

Les résultats obtenus montrent que l'ensemble des paramètres du raffinage du sucre roux produit par CEVITAL sont conformes aux normes ICUMSA.

Notre présente étude reste incomplète et le champ d'étude sur le raffinage du sucre demeure un domaine très vaste. D'autres études peuvent être envisagées à l'exemple de la diminution du brix qui implique la perte de saccharose à partir de la section d'affinage et refonte jusqu'à la section de filtration qui nécessite une étude un peu poussée.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

- [1] **CEVITAL. (Novembre 2012).** Manuel opératoire N° Réf : F-QHSE.
- [2] **ARZATE A. (2005).** Extraction et raffinage du sucre de canne, Revue de l'ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint-Norbert- d'Arthabaska, novembre, 41p.
- [3] **BELAID D.** Ingénieur Agronome. Recueil d'article « la culture de la betterave a sucre et la production de sucre en Algérie ». Edition : 2016.
- [4] **REISER P. Janvier (2008).** Les brèves du sucre (veille technique) cedus le sucre.
- [5] **STÄHELIN P. (2007).** Le sucre, une énergie naturelle, toute de douceur, Sucreries Aarberg +Frauenfeld S.A., pp 10-24.
- [6] **ODEADOM. [en ligne]. 2005.** Disponible au site : <http://www.odeadom.fr/wpcontent/uploads/2007/01/depliant-csr.pdf> (Page consultée 02 Mai 2012).
- [7] **Markal (28/11/2011).** Roux de canne en morceaux biologique [en ligne] .Disponible sur : www.markal.fr
- [8] **MATHLOUTHI M. et MC BARBARA R. (2001).** Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, P7.
- [9] **MOHTADJI-LAMBALLAIS C. (1989).** LES ALIMENTS. Paris: Éditions MALOINE.
- [10] **CEDUS (centre d'étude et de documentation du sucre). (2015).** Mémo statistique.
- [11] **MATHLOUTHI M. et ROGE B. (2004).** Chapitre 9, sucrerie de canne. Dossier CEDUS avec la collaboration de l'Université de REIMS, p. 7.
- [12] **Berrada S. (5 et 6 Mai 2009).** Les glucides : structure, propriétés et applications technologiques. Biochimie appliquée dans les filières SBSSA, Lycée Simone WEIL, Académie de Montpellier, Académie de DIJON.PP 3-4.
- [13] **David D., Kitts P.h.D. (2010).** Le saccharose : du champ à la table. Université de Colombie-Britannique, Département des sciences des aliments. Disponible sur : «GLUCIDES- INFO ».
- [14] **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, pp. 258 – 277.
- [15] **MATHLOUTHI M. (2001).** La sucrerie de canne CEDUS. Centre d'études et de documentation du sucre, p1.

- [16] **AFISUC. (2002).** Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1, 15p.
- [17] **ICUMSA, (1994).** International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
- [18] **REISER P., BIRCH G., et MATHLOUTHI M. (1995).** Propriétés physiques. In “ Le Saccharose Propriétés et Applications “. Ed: Polytechnica, Paris. PP 197-235.
- [19] **DECLoux et al. (1999).** Rétention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association avh, 6èmesymposium, Reims, pp 58-63.
- [20] **MATHLOUTHI M. et BARBARA R. (2004).** Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l’université de Reims, 7p.
- [21] **NEILL T. (2004).** Sugar quality. In sugar Trading Manual (S T M). Jonathan Kingsman. Ed: Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. 285P.
- [22] **RACHEDI N. (2002).** Procédés de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation, pp 1-30.
- [23] **ASADI M. (2007).** Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p. pp. 45 – 62.
- [24] **BELHAMRI R. (2005).** Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières : Etude de leur composition, de leurs propriétés physicochimiques et de leur effet sur le process sucrier). Thèse de doctorat en Chimie Physique industrielle. Université de REIMS CHAMPAGNE – ARDENNE (France).
- [25] **BURZAWA E. (1999).** Rappel des bases de l’épuration calco-carbonique. Association AVH, 6ème symposium. Reims, 10p.
- [26] **MATHLOUTHI M. et BARBARA R. (2001).** L’extraction du sucre. CEDUS : Centre d’étude et de documentation du sucre pp1-11-14.
- [27] **THEOLEYRE M.A., CARTIER S., et DECLoux M. (1999).** Couplage de la décoloration et de la nano filtration des éluants de régénération en raffinerie de canne». Association AVH, 6ème Symposium, Reims.
- [28] **MC NEILL T. (2004).** Sugar quality .In “Sugar Trading Manual (STM)” Jonathan Kingsman. Ed: Wood Head Publishing Limited. Cambridge England, p285-300.
- [29] **DECLoux M. (2003).** Procédés de transformation en sucrerie (partie2). In Techniques de l’ingénieur, p. 2 – 16.
- [30] **LIBELLE T. (2007).** Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet ensucrerie decanne expérimentation et simulation (doctoral dissertation). P-46.
- [31] **ROMAIN J., THOMAS C., PIERRE S. et GERARD B. (2007).** Science des aliments. Lavoisier, Tecet Doc, 449p.

- [32] **MATHLOUTHI M. (1995)**. Propriétés Physiques du saccharose, Le saccharose : Propriétés et applications. M. MATHLOUTHI et P. REISER. Eds. Polytechnica, Paris.
- [33] **LESUCRE J.P. (1995)**. L'analyse des solutions de sucre. In le saccharose : propriétés et applications (MATHLOUTHI M. et REISER P). Ed. Polytechnica, p. 164-196.
- [34] **J.O.R.A. (1997)**. Arrête interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc. 2p.
- [35] **Multon J.L. (1992)**. Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution dans les aliments. In Le sucre, les s sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires (Multon J.L.). Ed. TEC et DOC Lavoisier, pp2-13.
- [36] **Ait amar A. (1981)**. Cours de technologie du sucre. Institut national des industries légères Boumerdes - Alger, 182p.

ANNEXES



Tableau 1: Résultats détaillés de brix des produits intermédiaires durant 5 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de : Brix					Moyenne de 5 jours	La norme
	1	2	3	4	5		
Magma	71,15	70,7	70,85	70,98	71,25	70,87	70-80
SR	60,79	60,85	60,84	60,71	60,73	60,78	60-66
SF	56,59	56,60	56,19	57,09	56,04	56,50	57-61
SD1	56,62	56,44	57,49	56,79	57,07	56,88	57-61
SD2	56,60	56,51	56,75	56,86	56,94	56,73	57-61
SC	65,97	66,75	66,70	66	67	66,48	63-67
LS1	6,9	66,10	65,42	66,18	66,67	66,05	63-67
LS2	71,67	71,23	71,10	72,63	70,33	71,40	68-75
LS3	72,67	71,78	72	73,13	74,12	72,74	68-77
EP3	76,13	75,10	73	78,10	77,10	75,89	75-78
LSA	81,97	80,10	82,10	81,13	80,57	81,17	78-80
MELASSE	82,20	79,43	76,23	82,10	82,20	80,43	73-83

Tableau 2: Résultats détaillés de la pureté des produits intermédiaires durant 5 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de : pureté					Moyenne de 5 Jours	La norme
	1	2	3	4	5		
Magma	99,04	98,91	98,89	98,73	98,85	98,88	98,5 Min
SR	98,99	98,93	98,87	98,81	98,88	98,89	98,5 Min
SF	99,24	99,18	99,03	98,98	98,91	99,07	98,5 Min
SD1	99,14	99,2	99,15	99,13	99,12	99,15	98,8 Min
SD2	99,13	99,22	99,10	99,14	99,12	99,14	98,5 Min
SC	98,43	98,88	99,07	99,10	99,30	98,96	98,8 Min
LS1	99,08	98,97	99,03	99,03	99,27	99,08	98,8 Min
LS2	98,73	98,79	78,79	98,36	98,81	98,69	98 Min
LS3	9,7	96,05	95,88	95,40	95,59	95,72	95 Min
EP3	90,87	90,90	90,95	90,95	91,66	91,07	91 Max
LSA	75,18	77,71	79,27	80,88	81,59	78,93	76 Max
MELASSE	62,43	62,39	63,48	62,98	62,27	62,71	55 Max

Tableau 3: Résultats détaillé de la polarisation des produits intermédiaires durant 5 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de : Polarisation					Moyenne de 5 jours
	1	2	3	4	5	
Magma	70,46	70,13	70,06	70,08	70,43	70,23
SR	60,29	60,10	60,60	59,48	60,01	60,10
SF	56,16	56,19	55,64	56,49	55,86	56,06
SD1	56,14	55,98	57	56,30	56,57	56,40
SD2	56,11	56,06	56,24	56,37	56,44	56,24
SC	65,26	65,47	65,09	65,40	66,53	65,55
LS1	65,29	65,78	64,78	65,54	66,18	65,51
LS2	70,16	70,37	70,24	71,44	69,49	70,34
LS3	69,54	68,95	69,03	69,77	70,83	69,62
EP3	69,19	68,27	66,39	71,04	70,67	69,11
LSA	61,62	62,24	65,08	65,63	65,74	64,06
MELASSE	51,32	49,59	48,53	51,71	51,25	50,48

Tableau 4: Résultats détaillés de la couleur des produits intermédiaires durant 5 jours.

Échantillon	Moyenne de la journée de : COULEUR					Moyenne de 5 jours	La norme
	1	2	3	4	5		
Magma	1242	1271	1183	1196	1209	1220	1500 Max
SR	1264	1249	1252	1197	1249	1242	1500 Max
SF	511	494	518	503	469	499	800 Max
SD1	169	159	166	164	165	165	250 Max
SD2	179	174	199	221	169	188	250 Max
SC	202	185	205	202	191	197	300 Max
LS1	207	189	211	202	190	200	300 Max
LS2	738	761	773	773	575	724	800 Max
LS3	2647	2091	2895	3022	2473	2625	3000 Max
LSA	5446	5754	4927	6325	6737	5838	10000 Max

Tableau 5: Résultats détaillés de pH des produits intermédiaires durant 5 jours.

Echantillon	Moyenne de la journée de : pH					Moyenne de 5 jours de pH	La norme
	1	2	3	4	5		
SR	7,01	7,11	7,06	6,86	6,78	6,96	6,5-7,5
LC	12,48	12,48	12,12	12,16	11,98	12,24	11,5 Min
JC	10,97	10,98	10,91	11,07	10,91	10,97	10,5-11,5
SC1	10,03	10,47	9,98	10,45	10,12	10,21	9,5-10,5
SC2	8,47	8,5	8,56	8,43	8,67	8,53	9-10
SF	8,05	8,19	8,52	8,16	7,99	8,18	7,5-8,5
SD1	7,91	7,74	8,29	8,4	7,92	8,05	7-9
SD2	7,9	7,82	8,45	8,33	8,26	8,15	5,5 Min
LS1	7,99	8,12	8,19	7,98	8,07	8,07	7-8,5
LS2	7,46	7,43	7,9	7,79	7,83	7,68	6,8 Min
LS3	7,13	7,29	7,8	7,11	7,26	7,34	6 Min
EP3	8,03	7,98	8,15	7,99	7,96	8,02	6 Min
LSA	6,6	6,53	6,9	6,74	6,57	6,67	5,5 Min

Tableau 6: Résultats détaillées de quelque paramètre de produit fini.

Jour	Pol (%)	Humidité	Couleur	Teneur en cendres(%)	La granulométrie		
					OM (mm)	CV (%)	FINES
1	99,71	0,029	34	0,030	0,58	34,85	1,35
2	99,85	0,030	34	0,019	0,59	34,95	1,88
3	99,87	0,031	34	0,020	0,60	32,05	1,36
4	99,86	0,033	36	0,018	0,58	32,55	1,56
5	99,85	0,031	35	0,024	0,58	33,80	1,68
La norme		0,060 Max	45	0,040	0,65	50 max	5

Résumé

La présente étude a pour objectif de suivre les paramètres physico-chimiques du produit fini « sucre blanc » produit au niveau du complexe «CEVITAL -Bejaia ».

Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus tels que, le brix, la couleur, l'humidité, le pH, la quantité des cendres et la polarisation. Ils sont tous conformes aux normes nationales et internationales. Ce qui confirme que le sucre blanc produit au niveau de la raffinerie de sucre CEVITAL est de bonne qualité. Evidemment, cette observation est le résultat d'un bon fonctionnement de processus de raffinage d'une part, et les bonnes conditions de stockage d'autre part.

Mots clés : Sucre blanc, paramètres physico-chimiques, brix, normes, raffinage.

Abstract

The This study aims to monitor the physico-chemical parameters of the finished product « white sugar » produced at the complex « CEVITAL-Bejaia ».

The results of the physico-chemical parameters obtained such as, the brix, the color, the humidity, the pH, the quantity of ashes and the polarization. They are all consistent with national and international standards. This confirms that the white sugar produced at the CEVITAL sugar refinery is of good quality. Obviously, this observation is the result of a well-functioning refining process on the one hand, and good storage conditions on the other.

Key words: White sugar, physico-chemical parameters, brix, standards, refining..

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى رصد المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمنتج النهائي السكر الأبيض « المنتج في مجمع » سيفيتال بجاية.

نتائج المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها مثل ، البركس ، اللون ، الرطوبة ، الرقم الهيدروجيني ، كمية الرماد و الاستقطاب. كلها متوافقة مع المعايير الوطنية و الدولية. هذا يؤكد أن السكر الأبيض المنتج في معمل تكرير السكر سيفيتال ذو نوعية جيدة. من الواضح أن هذه الملاحظة هي نتيجة لعملية تكرير تعمل بشكل جيد من جهة، وظروف تخزين جيدة من جهة أخرى.

الكلمات المفتاحية : السكر الأبيض ، البارامترات الفيزيائية والكيميائية ، البركس ، المعايير ، التكرير.