

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Technologie Agro-alimentaire



Réf :

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

MASTER

Thème

**Etude comparative des procédés de production des sucres blanc
et roux et leurs caractéristiques physico-chimiques
à la raffinerie du sucre Cevital**

Présenté par :
CHIBANE SIFAX & BOUNAB ABDERREZAK
Soutenu le : 24/06/2024

Devant le jury composé de :

Mme Oukil Dahbia
M. Kati Djamel Edine
Mme. Yahia Cherif Lamia
M. Kada Karim

Professeur
Professeur
MCA
Cevital

Présidente
Encadrant
Examinatrice
Co-encadrant (invité)

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

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

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de notre projet de fin d'études. Tout d'abord, nous souhaitons remercier chaleureusement l'ensemble de nos professeurs pour leur expertise, leur soutien et leurs précieux enseignements tout au long de notre parcours académique. Leurs connaissances approfondies et leur passion pour leur domaine nous ont inspiré et ont été essentielles à notre développement personnel et professionnel. Nous tenons à remercier également les membres de jury, Mme La présidente, le Pr. **Oukil Dahbia** et l'examinatrice **Mme Yahia Cherif Lamia** et en particulier ont remercié notre promoteur **Mr Kati Djamel Edine** qui a accepté de nous encadrer.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également à toute l'équipe du laboratoire de l'unité 3000t et 3500t de CEVITAL qui nous ont aidé durant notre stage, en particulier **Mr Kada Karim***

Enfin, nous souhaitons exprimer notre gratitude envers nos amis, qui nous ont accompagné tout au long de cette aventure. Leurs encouragements, leurs discussions stimulantes et leur présence réconfortante ont été des éléments clés pour traverser les défis et les moments de doute.



Dédicace

Avec une immense joie que je dédie ce modeste travail a:

*Mes chers parents, A Ma chère mère, une femme qui a sacrifié sa vie
pour ces enfants.*

« J'espère ma mère que je serai toujours à la hauteur de tes attentes »

A mes chers frères et sœurs

A mon binôme Bounab Abdereazak.

A tous les étudiants de la spécialité technologie agroalimentaire

*A mes amis : Abdelhak, Amine, Zohir, Mehidine, Bihik, Manou,
Mayas, Zaki,*

*A tous les enseignants de la faculté de science de la vie et de la nature
de l'université Bejaia en particulier Mr Kati notre encadreur.*

*A tous ceux qui m'ont aidé durant tous mes études et tout au long de
mon parcours universitaire, je leur dédie ce travail.*

SIFAX

Dédicace

Je dédie ce projet de fin d'études à :

Mes parents, mes frères Nabil, Habib, Ahmed et sœurs Meriem,

Ahlem

, dont l'amour, la patience et les sacrifices ont été la source de mon inspiration et de ma détermination. Leur soutien indéfectible a été essentiel à ma réussite.

Je tiens également à remercier en particulier mon encadrant Mr Kati et mes professeurs Mr Benhamiche, Mme Achat, Mme Bouarroudj, Mme Tamendjari, qui m'ont offert leur expertise, leurs conseils et leur encouragement tout au long de ce parcours. Leur dévouement à l'enseignement et leur passion pour le savoir m'ont profondément marqué.

À mon binôme Chibane Sifax et collègues « Walid, Youba, Hicham, et à tous mes amis pour les moments partagés, les discussions enrichissantes et l'entraide précieuse, je vous adresse mes plus sincères remerciements. Vous avez rendu ce voyage académique plus stimulant et mémorable. Enfin, je dédie ce travail à tous ceux qui croient en l'importance de l'éducation et de la persévérance, et à ceux qui, par leur soutien, ont contribué à la réalisation de ce projet.

ABDERREZAK (Bazzy)

Liste des figures

Figure 1 : Photographie montrant la situation géographique du complexe Cevital	2
Figure 2 : plan de masse du complexe CEVITAL agro	2
Figure 3 : Organigramme du complexe agroindustriel Cevital	2
Figure 4 : Canne à sucre	5
Figure 5 : Pays les plus producteur de la canne à sucre à l'échelle mondial en 2020	6
Figure 6 : Structure du saccharose.	8
Figure 7 : Extraction du sucre roux.	10
Figure 8 : Diagramme qui résume les étapes de l'obtention du sucre roux (PF) de canne (Cevital)	19
Figure 9 : Schéma du procédé de raffinage du sucre roux (Cevital).....	20
Figure 10 : Photographie d'une polarisateur (CEVITAL, 2024)	24
Figure 11 : Photographie du spectrophotomètre UV-visible	25
Figure 12 : Produits intermédiaires (CEVITAL, 2024).....	26
Figure 13 : Dilueur automatique	27
Figure 14 : Photographie du réfractomètre	27
Figure 15 : Photographie d'un pHmètre.....	28
Figure 16 : Photographie d'un Granulométrie par tamisage.....	30

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne de la canne à sucre.....	7
Tableau II : Composition de Sucre roux et sucre blanc	7
Tableau III : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne	15
Tableau IV : Normes exigent des caractères physico-chimiques de sure roux et blanc (Cevital).....	16
Tableau V : Echantillons prélevés du sucre Blanc.....	21
Tableau VI : Echantillons prélevés du sucre Roux (PF).....	22
Tableau VII : Les analyses effectuées pour les différents produits (SB et SR (PF))	22
Tableau VIII : Les dilutions effectuées pour les produits intermédiaires.....	26
Tableau IX : Résultats de la couleur, polarisation et d'humidité du sucre brut (MP)	32
Tableau X : Résultats du Brix pour les 2 sections (SB et SR).....	33
Tableau XI : Résultats de la pureté pour les 2 sections (SB et SR).....	34
Tableau XII : Résultats de la couleur pour les 2 sections (SB et SR)	35
Tableau XIII : Résultats de la mesure de la polarisation pour les 2 sections (SB et SR).....	37
Tableau XIV : Résultats de pH pour les 2 sections (SB et SR).....	38
Tableau XV : Résultats de PH et de la densité du lait de chaux durant le processus de raffinage	39
Tableau XVI : Résultats de PH et de l'alcalinité de jus chaulé durant le processus de raffinage	40
Tableau XVII : Résultats des analyses effectuées sur le sucre blanc	41
Tableau XVIII : Résultats des analyses effectuées sur le sucre Roux (PF).....	42

Liste des Abréviations

- **ICUMSA**: International Commission For Uniform Methods Of Sugar analysis
- **MP** : Matière première
- **POL** : Polarisation
- **UI** : Unité de mesure de la coulure (ICUMSA)
- **PPM** : Part par million
- **JC** : Jus chaulé
- **SR** : Sirop de refonte
- **SF** : Sirop filtré
- **SD** : Sirop décoloré
- **Nm** : Nanomètre
- **N** : Normalité
- **µm** : Micromètre
- **SB** : Sucre blanc
- **SR** : Sucre roux
- **Min** : Minimum
- **Max** : Maximum
- **O.M** : Ouverture moyenne
- **C.V** : Coefficient de variation
- **PF** : Produit fini
- **%** : Pourcentage
- **°C** : Degré Celsius
- **MT** : Million de tonnes
- **FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
- **Abs** : Absorbance

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Abréviations

Introduction Générale

INTRODUCTION1

Etude Théorique

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise 2

1.1.Historique.....2

1.2.Présentation de complexe Cevital.....2

1.2.1.Situation géographique2

1.2.2. Présentation de l'organigramme2

1.2.3. La raffenerie de sucre.....3

Chapitre 2 : Généralités sur le sucre 5

2.1 Généralités5

2.2 Origine du sucre5

2.2.1 La canne à sucre5

2.2.2 Le sucre roux7

3 Généralités sur le saccharose8

3.1 Propriétés physico-chimiques11

4. Technologie de raffinage du sucre roux12

4.1 Section 1 : Affinage et Refonte12

4.2 Section 2 : Carbonatation (Epuración calco-carbonique).....	13
4.3 Section 3 : Filtration	13
4.4 Section 4 : Décoloration.....	13
4.5 Section 5 : Concentration.....	14
4.6 Section 6 : Cristallisation	14
4.7 Section 7 : séchage et maturation	14
4.8 Section 8 : Stockage et conditionnement	14
5. Normes et qualité.....	15
Classification des sucres selon les différents textes réglementaires	15

Partie Pratique

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes	18
Métiers premiers.....	23
a) Mesure de la polarisation des sucres bruts.....	23
b) Détermination de l'humidité	24
c) Mesure de la couleur des sucres bruts	25
Les produits intermédiaires	25
a) La couleur	26
d) Mesure de Brix	27
e) Mesure de Polarisation.....	28
f) Mesure de la pureté	28
g) Mesure du pH.....	28

h) Mesure de l'alcalinité	28
Produit fini	29
a) Couleur (Sucre blanc et roux)	29
b) Granulométrie (Sucre blanc)	29
c) Le dosage des sucres réducteurs dans le sucre blanc par la méthode A EDTA DE KNIGHT ET ALLEN.....	30
d) Détermination des cendres conductimétriques dans le sucre blanc.....	31
Chapitre 4 : Résultats et Discussion	32
Conclusion Générale	43

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction Générale

INTRODUCTION

Le sucre est un produit naturel indispensable à la vie de nombreuses espèces humaines et animales. Il est extrait de différentes plantes, mais les plus importantes sont la canne à sucre et la betterave sucrière, ces plantes étant particulièrement riches en saccharose. La technologie du sucre de canne est considérée comme l'une des industries agroalimentaires les plus anciennes et les plus populaires dans le monde. **(Dupont, 2023)**

L'étude comparative des procédés de fabrication des sucres blanc (SB) et roux (SR) et de leurs caractéristiques physico-chimiques revêt une importance cruciale dans le domaine de la nutrition et de la production alimentaire. Les sucres blanc et roux sont deux produits largement utilisés dans notre quotidien, mais il est essentiel de comprendre leurs différences et leurs compositions pour prendre des décisions éclairées quant à leur utilisation.

L'objectif de la raffinerie du sucre de Cevital est d'assurer l'obtention d'un produit fini de bonne qualité. Pour y parvenir, il est nécessaire de maintenir le bon fonctionnement du processus de raffinage en assurant notamment sa stabilité. Cette dernière dépend de plusieurs paramètres devant être continuellement contrôlés **(Ellis, 2004)**. Notre travail est une étude comparative entre les procédés de fabrication de sucre roux et blanc et leurs caractéristiques physico-chimiques au niveau du complexe « **CEVITAL** » et son impact sur la qualité du sucre blanc. Ce travail s'organise donc en deux grandes (02) parties :

- Dans notre première partie, nous présentons d'abord l'organisme d'accueil (complexe Cevital), puis une synthèse de la recherche théorique pour comprendre l'origine du sucre, en mettant l'accent sur la composition du sucre roux et du sucre blanc et leurs propriétés physicochimiques. Cette partie décrit également les étapes du raffinage du sucre roux et nous avons également souligné le principe de chaque section de raffinage du sucre roux au sein de la raffinerie qui regroupe 8 sections.
- Enfin, la 2^e partie de notre étude est dédiée aux résultats de notre travail pratique. En mettre en évidence les différences dans la production des SR et SB illustrées dans leurs diagrammes de fabrication respectifs ainsi que leur caractérisation physico-chimiques. Enfin, nous avons discuté les résultats afin d'expliquer les différentes observations et analyses réalisées.

Etude Théorique

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise

1.1. Historique

Cevital est un groupe industriel qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée. Première entreprise privée algérienne créée en 1998 sous forme d'une Société Par Actions (SPA) dans le domaine des activités d'investissement. Ses principaux actionnaires sont ISSAAD REBRAB et ses fils.

1.2. Présentation de complexe Cevital

L'entreprise Cevital constitue avec certains autres groupes privés (Ifri, Hamoud Boualem, etc.) D'importants acteurs industriels versant dans les industries agroalimentaires au niveau national. C'est une entreprise qui a connu, depuis sa création en avril 1998, un développement important dans plusieurs secteurs. Son complexe agroalimentaire comporte aujourd'hui plusieurs unités de production.

1.2.1. Situation géographique

Le complexe (**Figure 1**) est situé dans la zone portuaire de Bejaia, à 3 kilomètres au sud de la ville de Bejaia, à proximité de la route nationale n°26, et à 280 kilomètres de la capitale (Alger). Couvrant une superficie de 75000 mètres carrés. De par son emplacement stratégique, le complexe joue un rôle important dans l'économie locale et nationale.



Figure 1 : Photographie montrant la situation géographique du complexe Cevital

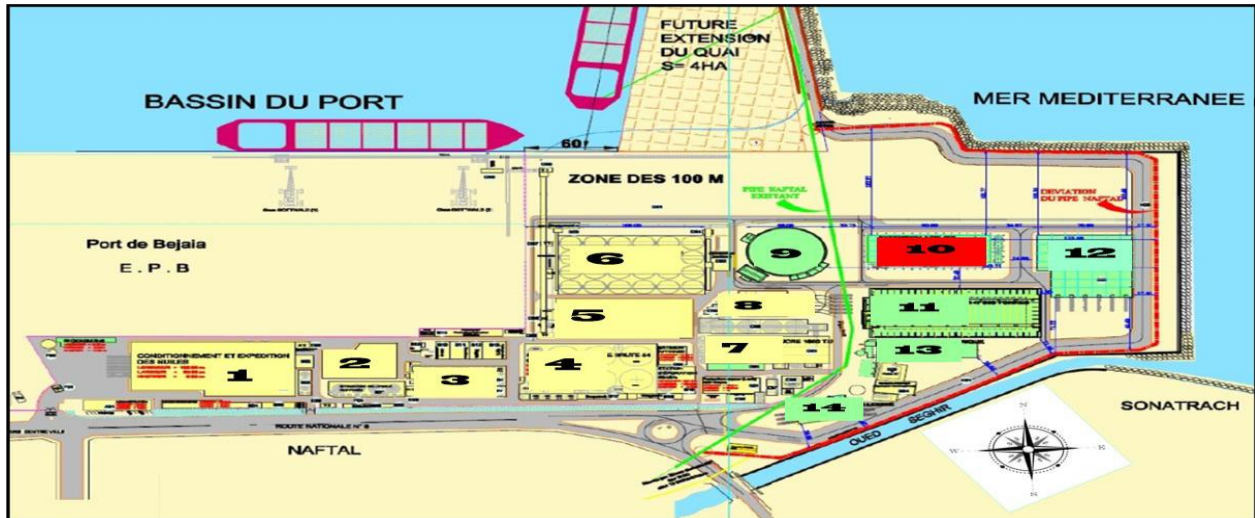


Figure 2 : plan de masse du complexe CEVITAL agro

Légende :

- 1 : Conditionnement et expédition des huiles. 2 : Margarinerie 600t/j.
- 3 : Raffinerie d'huile 1800t/j. 4 : Zone de stockage de l'huile brut 5400t.
- 5 : Zone de stockage du sucre roux 50000t. 6 : Silos de céréales 120000t.
- 7 : Raffinerie de sucre 2000t. 8 : Conditionnement de sucre.
- 9 : Silo de sucre blanc 80000t. 10 : Raffinerie de sucre blanc 3000t/j.
- 11 : Zone de stockage du sucre roux 150000t. 12 : Conditionnement de sucre 1kg.
- 13 : Centrale électrique cogénération. 14 : Expédition de sucre liquide.

1.2.2. Présentation de l'organigramme

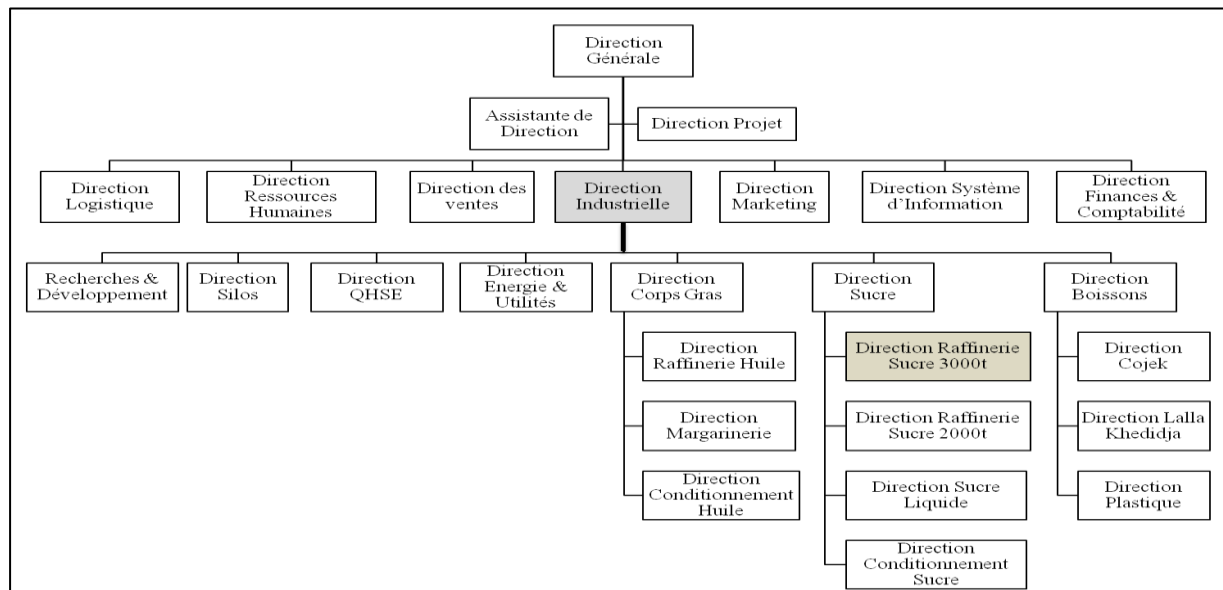


Figure 3 : Organigramme du complexe agroindustriel Cevital

1.2.3. La raffinerie de sucre

La plus grande raffinerie de sucre au monde avec une capacité de production de 2 millions de tonnes par an et la plus grande raffinerie d'huile d'Afrique avec 570 000 tonnes par an.

(Anonyme 1)

Cette raffinerie a été lancée en début 2003, elle couvre une surface d'environ 12000 m² qui se compose essentiellement de quatre sous-espaces :

- Un hangar de stockage de sucre roux (matière première) d'une surface de 5000 m² et d'une capacité de stockage de 50 000 tonnes ;
- Une unité de raffinage de sucre couvrant une surface de 3 800 m² et d'une capacité journalière de production de 2 000 t/j ;
- Quatre silos de stockage de sucre blanc (sucre raffiné) d'une surface de 1 500 m² et d'une capacité de contenance de 3 000 t par silos, ce qui fait au totale 12 000 t
- Une unité de conditionnement occupant 1 450 m².

Chapitre 2 : Généralités sur le sucre et procédés de raffinage

2.1 Généralités sur le sucre

La production de sucre joue un rôle très important dans l'économie du secteur agroalimentaire. Il fait partie des produits de large consommation. En termes de chiffres, La consommation mondiale totale de sucre a augmenté au fil des années en 2022/23, elle s'élevait à environ 176 millions de tonnes métriques. On prévoit qu'elle atteindra environ 180,05 millions de tonnes métriques d'ici 2023/2024 Grâce à l'augmentation du commerce mondial et à l'amélioration des technologies agricoles (**Anonyme 2**). En ce qui concerne la production national (Algérie), la moyenne de consommation de sucre par habitant en Algérie est d'environ 42 kg/an. Cela dépasse la moyenne mondiale qui est de 23 kg/an (**Anonyme 3**). Il existe actuellement plusieurs entreprises qui produisent du sucre sous diverses formes (cristallisé, liquide, ...) chacune s'engageant à améliorer la qualité de ses produits pour assurer sa position sur le marché, CEVITAL en fait partie.

2.2 Origine du sucre

Le sucre existe dans toutes les plantes contenant de la chlorophylle. On le trouve dans presque tous les fruits, dans de nombreux arbres dans les racines, les feuilles et les tiges des plantes (canne, betterave, carotte, petits pois, etc.), dans les fleurs, dans les Sécrétions d'animaux (miel, lait, etc.). C'est bien la betterave et la canne qui constituent les deux principales sources mondiales de sucre (**Van aelest. 2006**). Vu que la canne à sucre est la principale source du sucre dans le marché mondial. La production mondiale de betteraves sucrières a atteint environ 42 millions de tonnes, par contre environ 179 millions de tonnes de sucre ont été produites à partir de la canne à sucre, représentant environ 80% de la production mondiale totale de sucre en 2021 (**FAOSTAT, 2021**), nous allons nous attarder sur cette dernière.

2.2.1 La canne à sucre

Au départ de la fabrication du sucre, on trouve la matière première agricole : la canne à sucre (**Figure 4**) ou la betterave. Malgré le développement de la culture de betterave, la canne à sucre reste un des produits agricole les plus cultivés dans le monde (**Arzate, 2005**).



Figure 4 : Canne à sucre (Zahid Baig, 2023)

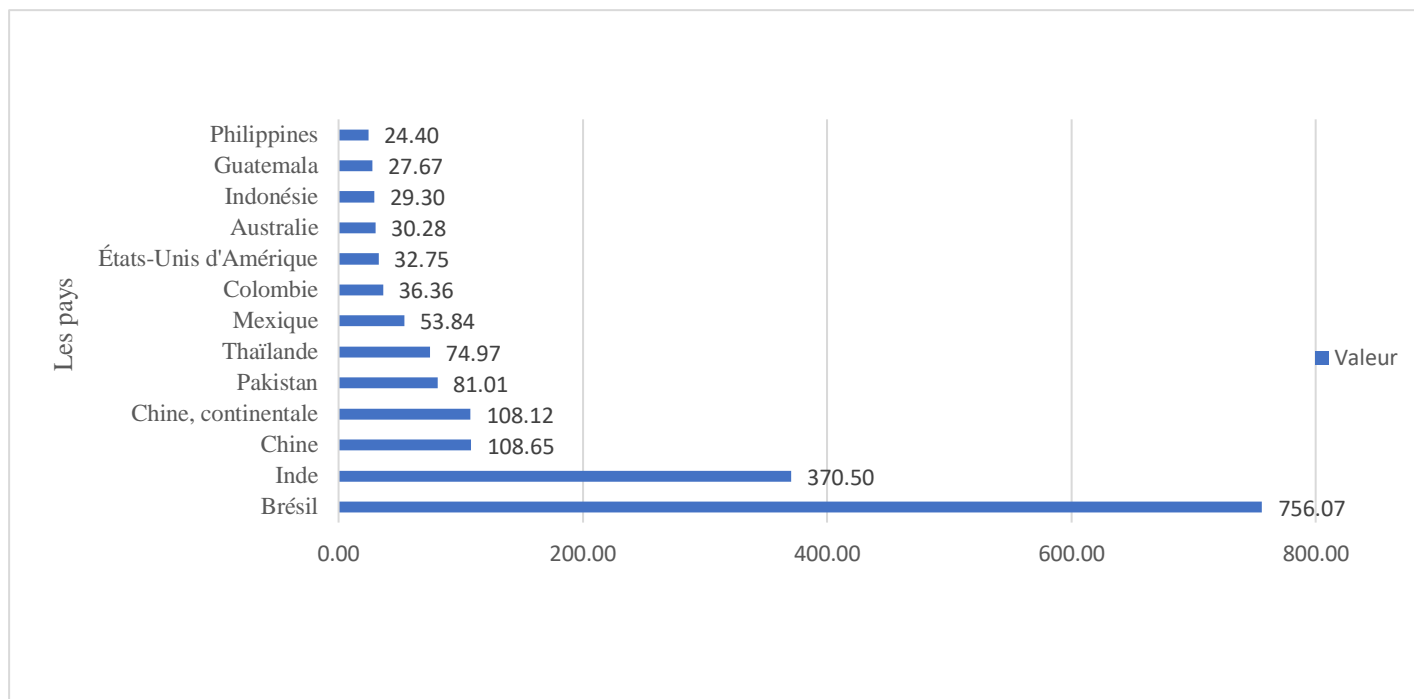


Figure 5 : Pays les plus producteur de la canne à sucre à l'échelle mondial en 2020 (MT/an) (axe des x. 10⁶) (Faostat, 2020)

La production globale de la canne à sucre est estimée à 1986458119.26 tonnes/an le Brésil est le premier producteur à l'échelle mondiale avec 756070576 million de tonnes (Figure 6).

❖ **Definition**

La canne à sucre « *Saccharum officinarum* » est une plante de la famille des poacées, principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales (Bonie, 2004). Elle contient jusqu'à 16% de saccharose dans ses tiges, dont 96 % peut être extrait lors d'un processus industriel (Arzate, 2005).

Le saccharose élaboré dans les feuilles par photosynthèse s'accumule dans les tiges de la plante (Siret, 2008). Les tiges peuvent atteindre entre 2,5 et 4 m de hauteur et 1,5 à 6 cm de diamètre, selon les variétés. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet. Les tiges sont structurées en tronçons de 10 à 20 cm (les entre-nœuds), séparées par des nœuds où les feuilles prennent naissance (Arzate, 2005)

❖ **Composition de la canne à sucre**

La canne à sucre est composée principalement d'eau (70-75%) et de sucres, principalement du saccharose (12-18%). Les fibres (bagasse) constituent (10-15%) et sont utilisées pour le combustible et la production de papier. Les autres composants incluent les protéines, les cendres, la cire, les acides organiques et les matières minérales en petites quantités (Lakshmanan et al., 2020).

Ces informations décrit sont présentes dans le **Tableau I** :

Tableau I : Composition moyenne de la canne à sucre (**Lakshmanan et al., 2020**)

Composant	Pourcentage moyenne (%)
Eau	70-75
Sucre (Principalement saccharose)	12-18
Fibres (bagasse)	10-15
Protéines	0.2-0.6
Cendres	1-2
Cire	0.1-0.3
Acides organiques	0.3-0.5
Matières minérales	0.5-1.5

2.2.2 Le sucre roux

Le sucre roux est extrait directement du jus de la canne à sucre pressée, filtré et concentré. C'est un sucre complet plus ou moins dépourvu de sa mélasse ; il est ensuite séché et refroidi afin d'optimiser sa conservation. Il se caractérise par des cristaux de saccharose recouverts d'un film de mélasse de canne (**Arzate, 2005**)

Le sucre brut, constitue la matière première au niveau des raffineries des sucres où il va subir plusieurs étapes de transformation pour aboutir à un produit final qui est le sucre blanc, commercialisable, contenant 99,98 à 99.99% de saccharose (**Mathlouthiet Barbara, 2001**).

❖ Composition des sucres roux (brut) et blanc

Plus le sucre est blanc, plus il est pur; plus il est d'un brun foncé, plus il contient des résidus de la canne (**voir tableau II**).

Tableau II : Composition de Sucre roux et sucre blanc (**Arzate, 2005**)

Composant	Sucre roux (par 100 g)	Sucre blanc (par 100 g)
Calories (kcal)	377	387
Eau (g)	1,77	0,02
Hydrates de carbone (g)	97,33	99,98
Calcium (mg)	85	1
Cuivre (mg)	0,298	0
Fer (mg)	1,91	0,01
Magnesium (mg)	29	0
Phosphore (mg)	22	0
Potassium (mg)	346	2
Sodium (mg)	39	0
Zinc	0,18	0

3 Généralités sur le saccharose

❖ Définition – composition - structure :

Le saccharose constitue le sucre habituel de notre régime alimentaire, il est présent particulièrement, dans la canne à sucre, la betterave et les fruits à l'état naturel et après raffinage (purification et cristallisation) c'est notre sucre ordinaire (**Raisonnier A. 2010**).

Le saccharose est un disaccharide ou diholoside, non réducteur, il est formé de deux molécules d'hexoses réducteurs : le glucose (aldose) et le fructose (cétose) (**Vercambre et Langellier, 2008**).

C'est un sucre non réducteur de masse molaire 342 g/mol. Il se présente sous forme cristalline avec une densité de 1588 kg/m³ et un point de fusion de 160°C. Il se décompose à partir de 150°C (**Decloux M, 2002**).

Sa formule chimique brute est (C₁₂H₂₂O₁₁), avec une masse moléculaire de 342,30 g/mol. Son nom officiel selon la nomenclature internationale est le :

α -D-glucopyranosyl (1,2) - β -D-fructofuranoside (**Belhamri, 2005**).

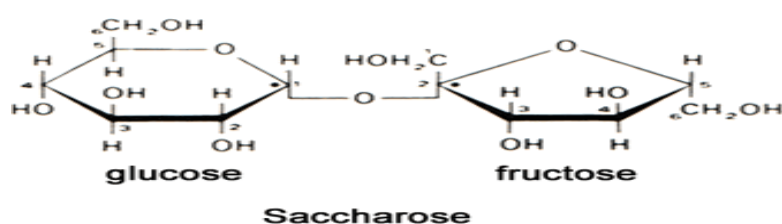


Figure 6 : Structure du saccharose (**Oufdou, 2002**).

3.1 Extraction du sucre roux

3.1.1. Réception de la canne à sucre

Les cannes sont pesées et séparées en cannes non tronçonnées (en longueur) et en cannes tronçonnées qui sont déposées dans des entrepôts différents. Il existe une autre raison pour laquelle on lave les cannes : la bagasse qui alimente la chaudière doit être d'excellente qualité (**Audar et al., 2018**).

Les cannes passent dans trois coupes cannes (défibreur). Le but est de séparer les fibres de canne sans enlever le jus afin de faciliter l'extraction.

3.1.2. Extraction du jus

Il y a un enchaînement de 4 moulins. Chaque moulin comporte 3 compartiments (compartiment d'entrée, compartiment supérieur et un autre de sortie). La canne est broyée pour

la première fois entre le compartiment d'entrée et le compartiment supérieur et une deuxième fois entre le compartiment supérieur et le compartiment de sortie (**Audar et al., 2018**).

Au passage du deuxième moulin, la canne a déjà abandonné une partie de son jus, mais il reste encore du saccharose. Au passage du dernier moulin, on injecte de l'eau chaude (imbibition), et le jus récolté revient au niveau du troisième moulin. Le jus au troisième moulin étant trop dilué, est renvoyé au deuxième moulin. On récupère donc le jus du deuxième moulin et du premier moulin. Ces jus subiront différents traitements pour les débarrasser de toutes les impuretés (**Audar et al., 2018**).

La bagasse qui sort des moulins, sert de combustible à la chaudière qui alimente toute l'usine de vapeur. La vapeur réchauffe les jus, cuit le sirop, fait tourner le turbo qui produit l'électricité. La vapeur se transforme ensuite en eaux condensées qui retourne à la chaudière, ceci pour des raisons d'économies d'énergies puisque l'eau étant déjà chaude, il n'est plus nécessaire de la réchauffer. Le jus est ensuite pesé afin de vérifier les quantités achetées et les quantités extraites (**Audar et al., 2018**).

3.1.3. Traitement du jus

L'utilisation de la chaux va faciliter la décantation des matières lourdes et donc de la boue et neutralise l'acidité du jus. Après la décantation, on retrouve la chaux dans les boues.

Le jus passe ensuite dans les réchauffeurs (2 réchauffeurs sont à 70°C et les 2 autres sont à 105 °C). Le flocculant épaissit la boue et accélère la décantation (**Audar et al., 2018**).

Après décantation, on obtient du jus clair (partie supérieure du décanteur) et de la boue au fond du décanteur qui sera d'ailleurs traitée car il y a encore du saccharose dans cette dernière. Le jus clair sera une nouvelle fois filtré avant l'évaporation (**Audar et al., 2018**).

3.1.4. Evaporation à basse pression

Les caisses travaillent en continu. Le but, c'est d'extraire l'eau du jus afin d'obtenir un sirop. Les deux dernières caisses travaillent sous vide.

L'abaissement de la pression (0.79 bar) permet de diminuer la température d'ébullition du sirop (loi de Boyle Mariotte). Le jus concentré peut bouillir à une température moins élevée, ce qui permet entre autre d'éviter une caramélisation du sirop. Dans la dernière caisse, on obtient le sirop de batterie. Ce sirop est à nouveau filtré (**Audar et al., 2018**).

3.1.5. Cristallisation

Un mélange de sucre de glace et d'alcool sera injecté dans le sirop vierge. Cela va permettre d'amorcer la cristallisation. Lorsque les cristaux ont atteint une taille suffisante et régulière, la cristallisation est arrêtée. On obtient une masse cuite. Celle-ci est déversée dans

les bacs appelés « malaxeur ». La première cuite est une cuite A qui va donner le sucre A (le premier sucre) autrement dit le (1er jet) par l'intermédiaire des centrifugeuses (turbines) (Audar et al., 2018).

3.1.6. Séchage et conditionnement

La masse cuite (mélange de cristaux de sucre et de sirop) obtenue après la cuite est déversée dans les centrifugeuses. Lorsque les centrifugeuses tournent, les cristaux de sucre restent sur les parois, et le sirop s'échappe. Il sera récupéré : c'est l'égout A. Cet égout A sera utilisé au niveau des appareils à cuire pour procéder à une cuite B. De nouveau aux centrifugeuses, la masse cuite A va donner du sucre B. Le sirop récupéré à la sortie des centrifugeuses est appelé égout B (Audar et al., 2018).

Cet égout B retourne aux appareils à cuire pour donner une cuite C. La masse cuite C obtenue sera dirigée vers les Turbines (centrifugeuses) pour donner du sucre C et de l'égout C appelé encore Mélasse (Audar et al., 2018).

Les sucres A et B vont passer dans un séchoir (pour finir de sécher car l'essorage n'est pas suffisant) et seront conditionnés. Le sucre C n'est pas commercialisé. Il est fondu et utilisé pour des cuites A. La mélasse sert à fabriquer le rhum grand arôme et les rhums traditionnels (Audar et al., 2018).

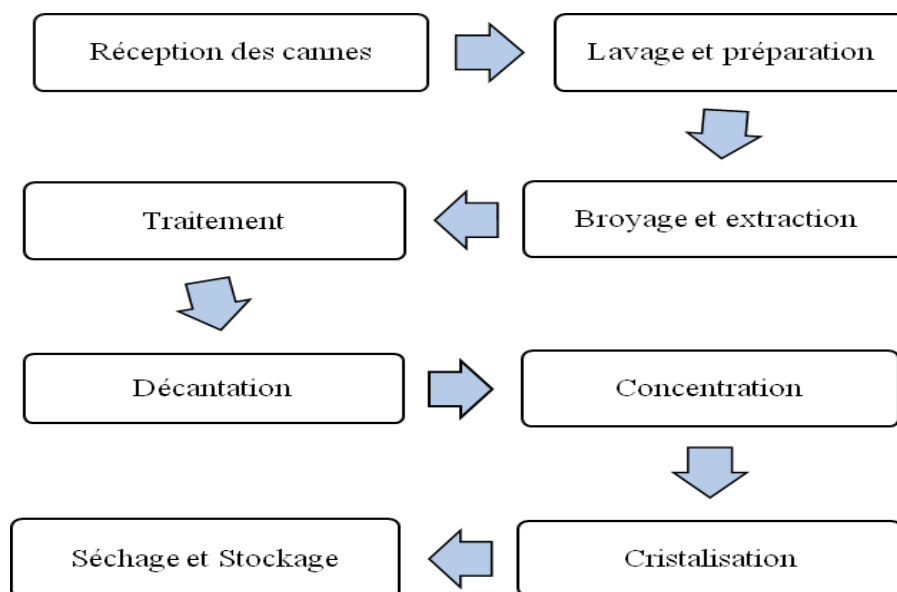


Figure 7 : Extraction du sucre roux (Audar et al., 2018).

3.2 Propriétés physico-chimiques

❖ Physiques :

- **Aspect** : Le saccharose se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante qui n'est pas hygroscopique, il est inodore et de saveur caractéristique, sa stabilité au stockage est très grande et son humidité est très faible (de l'ordre de 0,05 %) (**Doucet, 1992**).
- **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 (**Arzat, 2005**).
- **Activité de l'eau (a_w)** : Une autre propriété importante du saccharose est sa capacité d'hydratation. Cette caractéristique affecte l'activité de l'eau (A_w) de la solution ou du produit dans lequel le saccharose est présent (**Clarke, 1988**).
- **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 (**Clarke, 1995**).
- **Couleur (La colorimétrie)** : le paramètre de couleur du sucre d'après la méthode (ICUMSA), peut donner des informations sur les conditions générales de traitement dans les sucreries depuis la récolte jusqu'à l'emballage du sucre (**Keskar, 1999**). Selon la méthode ICUMSA la coloration d'une solution sucrée se déduit de la mesure de l'absorbance à 420 nm de cette solution ajustée au pH 7 et pré filtrée sur une membrane dont les pores sont de 0,45 μm de diamètre (**Icumsa, 1994**).
- **Viscosité** : De façon générale, la viscosité augmente avec la diminution de la pureté du saccharose (**Arzate, 2005**).
- **Solubilité** : Le saccharose, également connu sous le nom de sucre de table, possède une grande solubilité dans divers solvants polaires tels que l'eau et l'alcool. En solution aqueuse pure, cette solubilité est déterminée par l'état d'équilibre entre les molécules de saccharose dissoutes (en phase liquide) et celles encore sous forme de cristaux (en phase solide). Cet équilibre, décrit par **Mathlouthi (2004)**, est essentiel pour comprendre

comment le saccharose interagit avec son environnement, jouant un rôle prépondérant dans les étapes de concentration et de cristallisation. La solubilité influence également les applications dans l'industrie alimentaire et d'autres domaines scientifiques.

❖ Chimiques :

- **Brix** : Dans les sucreries et raffineries, la teneur en matières sèches est généralement exprimée en degré brix (% MS). Le Brix des solutions est mesuré au moyen d'un refractomètre (Piyasena, 1990).
- **Polarisation** : La teneur en saccharose se mesure par polarimétrie (polarimètre thermostaté à 20°C). La concentration en saccharose d'une solution est proportionnelle à l'angle de rotation (Decloux, 2002).
- **Pureté** : La pureté définit la quantité de sucre contenu dans la matière sèche. Elle est généralement exprimée en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{Pureté} = \text{quantité de sucre (QS)} / \text{Matière sèche (MS)} \times 100 (\%). \text{ (Afisuc, 2002).}$$

- **Inversion** : Le sucre inverti est obtenue par hydrolyse du saccharose en milieux aqueux et plus ou moins acide et sous l'action combinée de la température (Multan, 1992)



4. Technologie de raffinage du sucre roux

Dans cette partie sont cités uniquement les principes de chaque étape (section) de raffinage du sucre, les détails des sections sont introduits dans **la partie pratique**.

Le Raffinage

Le processus de raffinage du sucre a pour but de traiter les sucres roux issus de la canne à sucre (Mohtadji-Lamballais, 1989). Il traite le sucre roux par plusieurs étapes afin d'éliminer les impuretés de type sels minéraux et matières organiques que contient le jus sucré pour arriver à un sucre commercial titrant plus de 99% de saccharose (Romain et al, 2007). Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL comporte huit sections à savoir :

4.1 Section 1 : Affinage et Refonte

1. **Affinage**: Affinage ou empattage est une opération qui consiste à un malaxage du sucre roux avec un sirop chaud légèrement sous saturé donnant un produit appelé magma d'affinage. Cette étape a pour objectif la dissolution de la couche superficielle la plus impure des cristaux de sucre. Une masse cuite est obtenue, cette dernière est centrifugée pour donner le sucre d'affinage (Arzate A.2005).

Remarque

Au niveau de CEVITAL, cette étape a été temporairement supprimée vu que le sucre roux importé a une couleur relativement inférieure, pouvant atteindre 800UI.

2. Refonte : Le sucre affiné est fondu dans un fondoir à une température de 85°C avec une eau sucrée pour atteindre un Brix de 70%, formant un sirop de refonte qui est envoyé vers le bac de contact avant de subir une épuration par chaulage et carbonatation. (Asadi, 2007).

❖ Chaulage (Avant carbonatation)

Le sirop de refonte est chauffé par un échangeur à une température entre 80 à 90°C, après le sirop est envoyé vers un mélangeur où le lait de chaux est additionné pour obtenir un jus chaulé qui sera mélangé au gaz carbonique (Belhamri, 2005).

Remarque : Le lait de chaux est préparé par un mélange de la chaux industrielle et le petit jus (eau sucrée) récupéré lors de la filtration (Burzawa, 1999).

4.2 Section 2 : Carbonatation (Epuration calco-carbonique)

Ce procédé consiste à additionner au sirop de chaux (préparer sous forme de lait de chaux) du CO₂ provenant des chaudières à vapeur et le faire barboter dans ce mélange, (MCG, 2008). La carbonatation a pour but d'éliminer les non sucres du jus et de retenir éventuellement des particules insolubles (Decloux et al., 1999).

4.3 Section 3 : Filtration

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

La filtration est un passage du sirop issu de la section carbonatation à travers les filtres à bougie, dont le but d'obtenir un jus clair en retenant dans les filtres les impuretés précipitées par la chaux et adsorbées sur le carbonate de calcium (Bounie, 2004).

4.4 Section 4 : Décoloration

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

4.5 Section 5 : Concentration

L'opération consiste à augmenter la concentration du sirop décoloré à un Brix de 70% en évaporant une certaine quantité d'eau. Cela facilite la cristallisation du sucre. Le sirop, initialement à environ 58% de Brix, atteint 72% à la sortie du concentrateur. Cette étape est cruciale dans le processus de fabrication. À la fin de l'évaporation (état de sursaturation de la solution), le sirop de sucre a un taux de pureté de 93% (**Mathlouthi et al., 2004**).

4.6 Section 6 : Cristallisation

Le but de cette opération est la formation de cristaux du sucre à partir du jus épuré en ajoutant la semence, on peut introduire directement dans la solution des germes de cristallisation (étape qui substitue la nucléation naturelle). Ces germes introduits dans une solution modérément sursaturée, vont se développer par dépôts des molécules de saccharose sur les différentes faces pour former le cristal : phase de grossissement (**Burzawa, 1995**).

Elle s'effectue dans des cuites fonctionnantes sous vide, ces cuites assurent la transformation du sirop en masse cuite (égout mère + cristaux de sucre) (**Schick, 2011**).

4.7 Section 7 : séchage et maturation

Le but de séchage est de réduire le taux d'humidité du sucre cristallisé à une valeur permettant une bonne conservation et la prise en masse (**Claus, 1937**).

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

4.8 Section 8 : Stockage et conditionnement

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

5. Normes et qualité

Classification des sucres selon les différents textes réglementaires

➤ Qualité du sucre selon codex alimentaires :

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

- ❖ Les différentes caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne sont représentées dans le **tableau III**.
- ❖ Les normes exigées des caractères physico-chimiques du sucre blanc au niveaux du Cevital sont rassemblées dans le **tableau IV**.

Tableau III : Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation **algérienne (JORA 1997)**

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

Tableau IV : Normes exigent des caractères physico-chimiques des sures roux et blanc (Cevital)

	Etapes de production	Critères	Normes exigés (Sucre blanc)		Etapes de Production	Critères	Normes exigés (Sucre roux)
Section Sucre Blanc	MP (Sucre roux)	Humidité POL Coulure Amidon	0.15 % Max 99,0 1200 UI Max 200 ppm Max	Section Sucre Roux	Ep3	Brix Pureté Couleur PH	78-80 % 90 % Min 5000 UI Max (6,80-7,20)
	Affinage et Refonte	<ul style="list-style-type: none"> • Magma : <ul style="list-style-type: none"> - Brix 80 % - Pureté 98,5 % - Couleur 1500 UI • SR : <ul style="list-style-type: none"> - Brix 60-66 % - Pureté 98,5 % - Couleur 1500 UI - PH 6,5-7.5 			EP (3000T+3500t)	Brix Pureté Couleur PH	Egal au EP3
	Carbonatation	<ul style="list-style-type: none"> • Lait du chaux : <ul style="list-style-type: none"> - Densité 1,07-1,1 • JC : <ul style="list-style-type: none"> - PH 10,5-11,5 - Alcalinité 4,5- 5,5 • Entrée de carbo : <ul style="list-style-type: none"> - % CO2 10 % Min Sortie des 3 carbo : <ul style="list-style-type: none"> - PH 8,5-10 - % CO2 7 % Max 			Egout de Turbinage	Brix Pureté Couleur PH	80 % 83-86 % 6000 UI Max (6,80-7,20)
	Filtration	<ul style="list-style-type: none"> • SF <ul style="list-style-type: none"> - Brix 57,61 % - Pureté 98,5 % - Couleur 800 UI - PH 7,5-8,5 			Masse cuite A1001,A002, A003	Brix Pureté Couleur	91 % 97,8 % 2000 UI Max
	Décoloration	<ul style="list-style-type: none"> • SD1: <ul style="list-style-type: none"> - Brix 57-61(Egal à SD2 et SD3) - Couleur 800 UI - PH 7-9 - Pureté 98.9 % (Egal à SD2 et SD3) • SD2 : <ul style="list-style-type: none"> - Couleur 250 UI (Egal à SD3) - PH 7-8,5 • SD3 <ul style="list-style-type: none"> - PH 7-8,5 			Egout bac Tampon	Brix Pureté Couleur	78 % 90 % 60000 UI Max
					Bac sucre refondu vers 3000T	Brix Pureté Couleur	65 % 97 % 1500 UI Max
	Concentration	<ul style="list-style-type: none"> - Brix 63 % - Couleur 300 UI Max 			/	/	/
	Cristallisation	<ul style="list-style-type: none"> • LS1: <ul style="list-style-type: none"> - Brix 63 % - Pureté 98.9 % (Egal à LS2) - Couleur 300 UI Max - PH 7-8,5 • LS2 : <ul style="list-style-type: none"> - Brix 68-75 % - Couleur 800 UI - PH 6,8 			Sucre roux (Produit Fini)	Polarisation Couleur Humidité	Min : 98,5 Max : 99,4 800-3000 UI 0,30 %

		<ul style="list-style-type: none">• LS3 :<ul style="list-style-type: none">- Brix- Couleur 68,77 %- Pureté 3000 UI					
--	--	--	--	--	--	--	--

Partie Pratique

Matériels et Méthodes

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

1. Objectif de l'étude

L'objectif de notre étude c'est d'évaluer et comparer les processus de fabrication ainsi que les paramètres physico-chimiques entre le sucre roux et sucre blanc deux des éléments les plus couramment utilisés dans la production de produits alimentaires. à vrai dire c'est de faire :

- **Analyser les processus de fabrication** : Examiner en détail les différentes étapes de production du sucre roux et du sucre blanc, en mettant l'accent sur les variations clés dans les méthodes de raffinage, de cristallisation et de purification.
- **Caractériser les paramètres physico-chimiques** : Mesurer et comparer les caractéristiques physico-chimiques essentielles des deux types de sucre, telles que la teneur en humidité, la granulométrie, la couleur, la teneur en saccharose, ainsi que d'autres composés chimiques potentiellement présents, Ces mesures seront réalisées à l'aide de méthodes standardisées et de matériel approprié.
- **Analyse des résultats** : Les données collectées seront analysées pour identifier les différences significatives entre les processus de fabrication et les paramètres physico-chimiques du sucre roux et du sucre blanc. Les résultats seront discutés en fonction de leurs implications pratiques pour la production et la consommation de ces produits alimentaires.

2. Les procédés de fabrication du sucre roux et blanc (Diagramme de fabrication)

Au cours de l'études au sein de l'entreprise Cevital, nous avons pu établir les diagrammes de fabrication de sucre roux (**Figure 6**) et le procédé de raffinage de sucre roux (**Figure 7**) . Ces diagrammes détaillent les différentes étapes de ces processus clés pour l'entreprise qui permettant ainsi une meilleure compréhension et un suivi plus efficace.

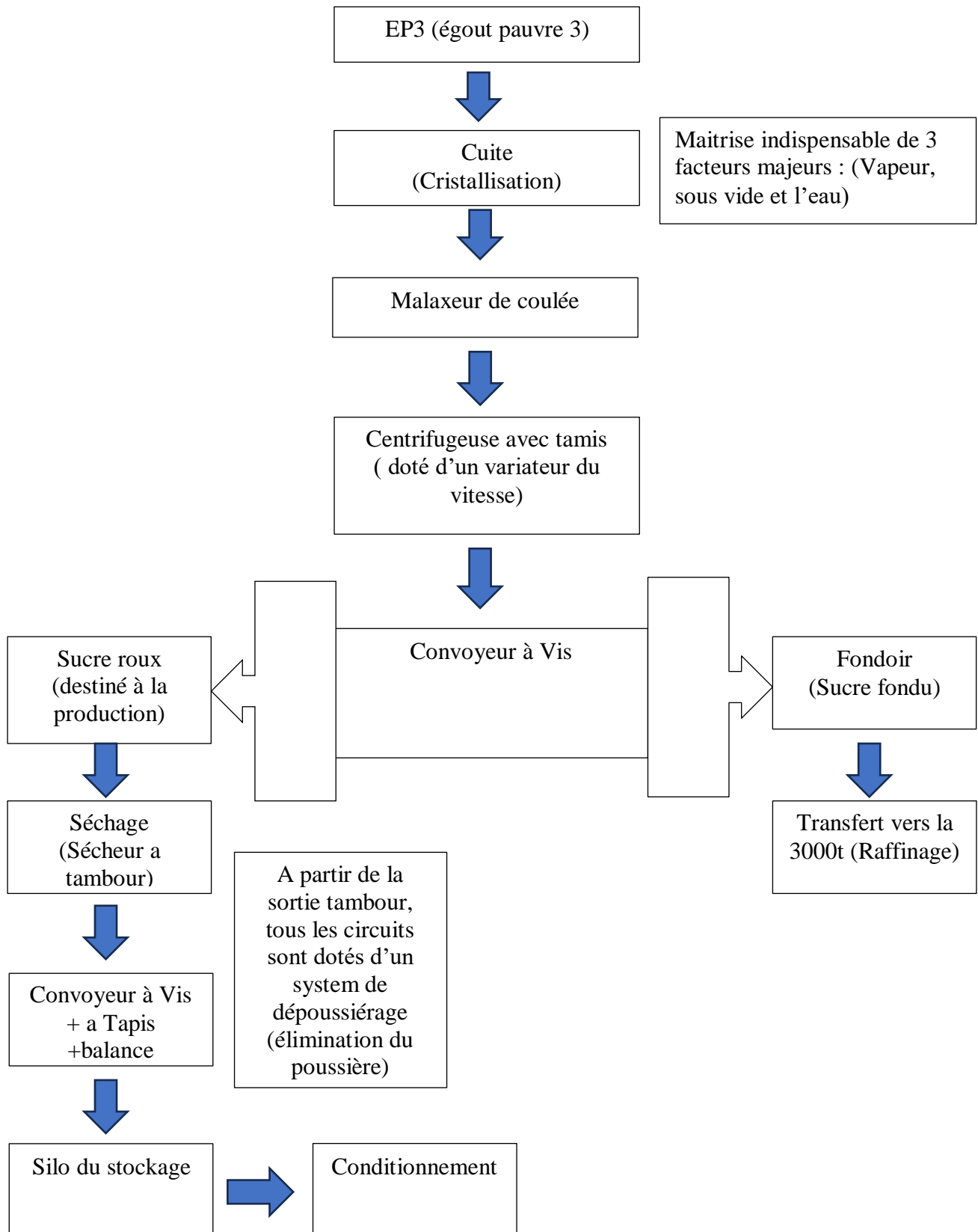


Figure 8 : Diagramme qui résume les étapes de l'obtention du sucre roux (PF) de canne (Cevital)

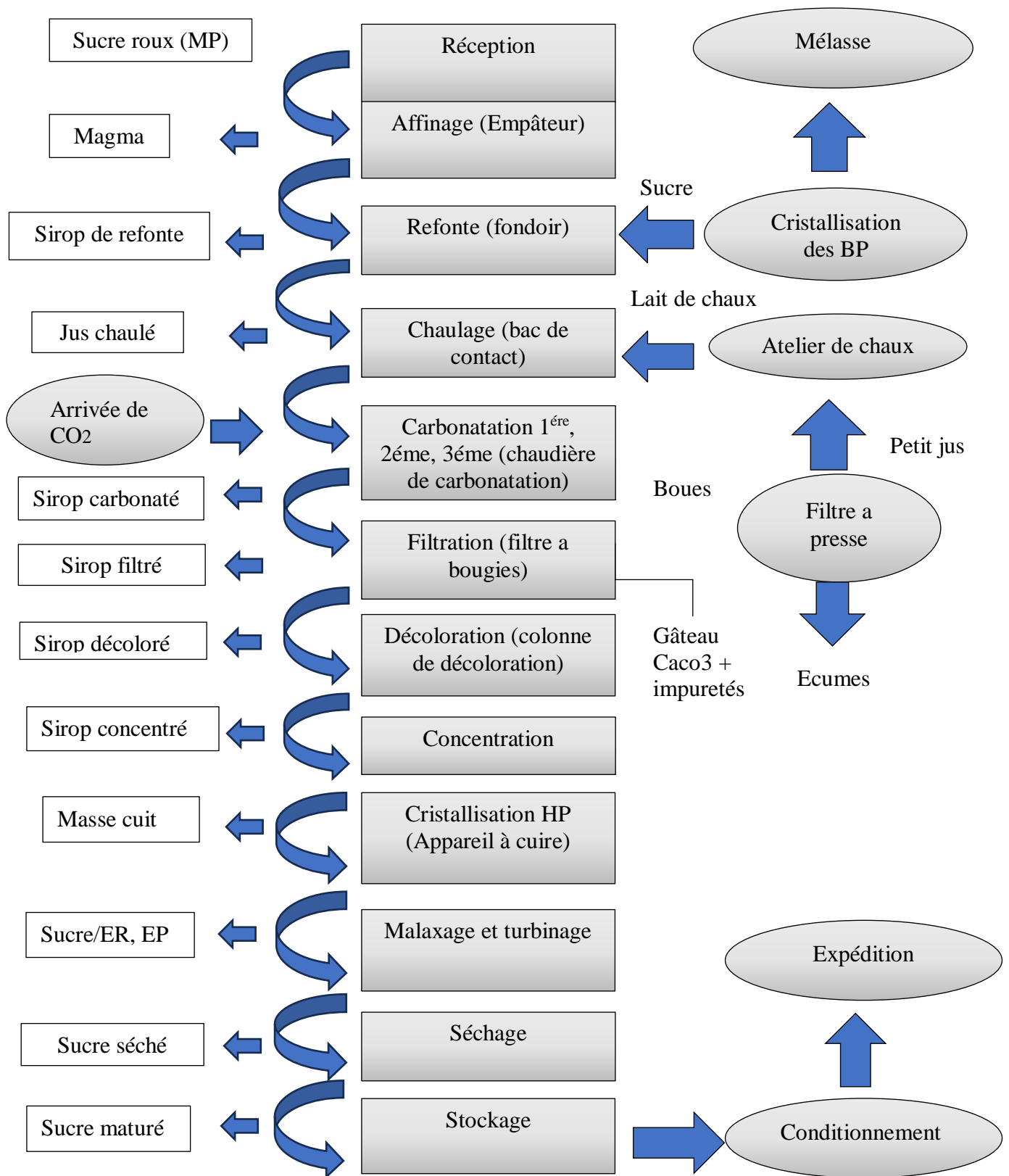


Figure 9 : Schéma du procédé de raffinage du sucre roux (Cevital)

3. Matériels utilisés au niveau de laboratoire

La liste du matériel et Réactif utilisés au niveau du laboratoire 3000T/J est présentée dans l'annexe (**Tableau 1 et 2**).

Comme dit précédemment l'objectif de cette étude est de comparer deux produits finis majeurs : le sucre blanc cristallisé et le sucre roux, le sucre blanc cristallisé produit dans deux raffineries de Cevital, avec une capacité de production allant de 3000 à 3500 tonnes, en revanche, le sucre roux est fabriqué uniquement en cas de besoin.

4. Echantillonnage et prélèvement

Le prélèvement des échantillons (séries des sirops) s'effectue régulièrement lors de la fabrication toutes les 3 heures, une vanne est ouverte pour prélever une quantité appropriée d'échantillon, qui est ensuite placée dans des pots en plastique. En ce qui concerne le sucre cristallisé (produit fini), le prélèvement est effectué toutes les 2 heures au niveau des tapis A1001N. Avant d'être prélevé, chaque pot est soigneusement rincé à l'eau distillée et séché, les échantillons sont ensuite immédiatement envoyés au laboratoire d'analyse.

Les échantillons prélevés à travers les différentes sections sont représentés dans le **Tableau V** et **Tableau VI** :

Tableau V : Echantillons prélevés du sucre Blanc

Section	Echantillon
Affinage et refonte	Sirop de refonte (SR) Magma
Carbonatation	Sirop Carbonate (SC1+SC2+SC3) Jus chaule
Filtration	Sirop filtré (SF)
Décoloration	Sirop décoloré 1 (SD1) Sirop décolore 2 (SD2) Sirop décolore 3 (SD3)
Concentration	Sirop concentré (SC)
Cristallisation	Liqueur Standard 1 (LS1) Liqueur Standard 2 (LS2) Liqueur Standard 3 (LS3)
Ensachage	Sucre blanc (Produit fini)

Tableau VI : Echantillons prélevés du sucre Roux (PF).

Section	Echantillon
Bac 1T025 EP3 (3000+3500T)	Egouts pauvre 3
Bac 1T039 Egouts Turbinage	Egouts de Turbinage
Bac 1T042 Sucre Refondu vers 3000T	Sucre fondu
Cuite 1A001, 1A002,1A003	Masse cuit 1,2,3
Séchage	Sucre roux (Produit fini)

5. Analyses physicochimiques étudiés :

Types de produit	Section	Analyse effectués										GR	SI
		POL	CL	H	Brix	PH	P	AL	TC	D			
	Section Sucre blanc												
Matière première	Sucre Roux (MP)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produits Intermédiaires (Sucre blanc et Roux (PR))	M	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	SR	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Lait de chaux	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
	SC	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	JC	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
	SF	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	SD	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	S[C]	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	LS	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
		Section Sucre Roux (PF)											
Produit Fini	EP3	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	ET	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Sucre fondu	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	MC	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	Sucre blanc	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+
	Sucre Roux	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau VII : Les analyses effectuées pour les différents produits (SB et SR (PF))

Le signe (+) signifie que le produit subit l'analyse ; (-) ne subit pas l'analyse.

M : Magma, **SR** : sirop de refonte, **SC** : sirop carbonaté, **JC** : jus chaulé, **PF** : produit fini, **SF** : sirop filtré, **SD** : sirop décoloré, **S[C]** : sirop concentré, **LS** : liqueur standard, **ET** : égouts du turbinage, **MC** : masse cuite, **GR** : granulométrie, **POL** : polarisation, **CL** : couleur, **H** : humidité, **P** : pureté, **AL** : alcalinité, **TC** : taux de cendre, **D** : densité, **SI** : sucre invertis

Les analyses ont été réalisées sur différents échantillons (la matière première, les produits intermédiaires et les produits finis) pour les 2 types de sucre (Roux et blanc) qui se diffère dans quelques analyses. (Voir le tableau VII)

6. Les analyses physico-chimiques

❖ Métiers premiers

a) Mesure de la polarisation des sucres bruts (ICUMSA Méthode GS 1/2/3/9-1, 2011)

➤ Principe

Cette analyse renseigne sur la pureté du sucre brut. La méthode est basée sur la mesure de la rotation optique normale de sucre. La polarisation est exprimée en Z° de l'échelle saccharimétrique internationale.

➤ Mode opératoire

Une prise d'essais de $26 \pm 0,002$ g de sucre roux est prélevée et disposée dans une fiole volumétrique de 100 ml séchée. Un volume de 70 ml d'eau distillée est ajouté afin de dissoudre le sucre par agitation. 2 g d'acétate de plomb basique est additionné puis dissout par agitation douce en ajoutant de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. S'il y a formation de bulles d'air, quelques gouttes d'alcool ou d'éther sont ajoutés, ensuite la température de la solution de sucre a été ajustée à 20°C en la plaçant dans un bain d'eau pendant environ 15 à 20 minutes. La paroi interne du col de la fiole a été séchée avec du papier filtre, et le volume de la solution a été ajusté exactement au trait de jauge avec de l'eau à 20°C à l'aide d'une pipette de transfert. La fiole a été bouchée et la solution mélangée par une agitation énergique à la main. Après un repos de 5 minutes, la solution a été filtrée à travers un filtre plissé contenant de la terre infusoire. Enfin, la valeur de la polarisation a été lue à l'aide d'un polarimètre (voir Figure 9)

➤ Expression des résultats

La polarisation lue sur l'appareil, avec correction de température est donnée par la formule suivante :

$$P_{20} = p_t + 0.033 (T-20)$$

P₂₀ : polarisation à 20°C

P_t : polarisation mesurée à la température t **T** : la température de la solution

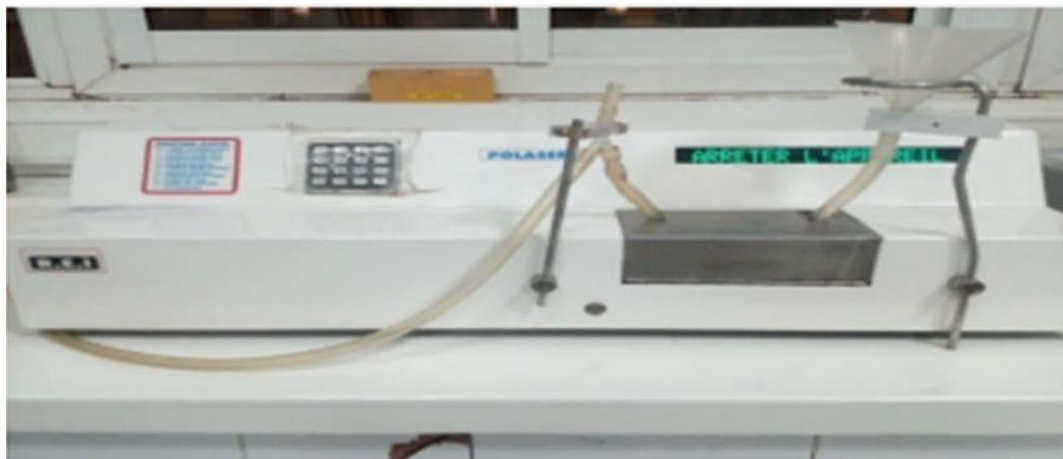


Figure 10 : Photographie d'une polarisatrice (CEVITAL, 2024)

b) Détermination de l'humidité (ICUMSA Méthode GS 2/1/3/9-15-2007)

➤ Principe

Le principe de la méthode est le séchage du sucre à une température de 105°C dans une étuve, puis à le refroidir selon les normes standardisées. Cette technique permet de mesurer la teneur en humidité libre (l'humidité présente à la surface des cristaux).

➤ Mode opératoire

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

$\pm 0.0001g$, qui correspond à la masse du récipient, couvercle et l'échantillon après séchage.

➤ Expression des résultats

$$H (\%) = 100 \times (M_2 - M_3) / (M_2 - M_1)$$

D'ou :

M1 : masse du récipient et le couvercle.

M2 : masse du récipient, couvercle et l'échantillon avant séchage.

M3 : masse du récipient, couvercle et l'échantillon après séchage.

c) Mesure de la couleur des sucres bruts (ICUMSA Méthode GS 1/3-7 (2011))

➤ Principe

Le sucre brut est dissous dans l'eau ; ajuster à pH =7.0 la solution est filtrée à travers une membrane filtrante. L'absorbance de la solution filtrée est mesurée à une longueur d'onde de 420nm et on calcule la couleur de la solution.

➤ Mode opératoire

30g de sucre roux ont été pesés et ajustés à 100g avec de l'eau distillée. La dissolution a été effectuée à pH 7 ± 0.1 par ajout de fines gouttelettes de solution de NaOH 0.1N ou d'HCl 0.1N. 10 g de terre infusoire a été ajoutée, la solution mélangée puis filtrée à travers un filtre de $0.45\mu\text{m}$ de porosité. La première fraction de la solution (environ 10ml) a été jetée. Le filtrat a été récupéré dans un bécher propre et sec. Grâce à un spectrophotomètre (voir Figure 10), l'absorbance de la solution a été lue à 420nm dans une cellule de 1cm, après avoir effectué le zéro avec de l'eau distillée filtrée. La cellule a été rincée avec la solution de sucre avant d'être remplie pour éviter les bulles d'air. Enfin, la couleur (UI) de la solution a été mesuré.



Figure 11 : Photographie du spectrophotomètre UV-visible

➤ Expression des résultats

$$\text{Couleur (UI)} = 1000 \times A_s / (b \times c)$$

A_s : absorbance de la solution à 420nm

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

c : concentration (g/ml) de la solution de sucre

❖ Les produits intermédiaires (Magma, SR, SF, SD, SC, LS, EP3, ET, MS)

Des échantillons vont être prélevés à partir de chaque section de production des 2 types de sucres (SB, SR) (Figure 11), Ces derniers vont être analysés en appliquant des dilutions qui diffèrent d'un échantillon à un autre comme le montre le **Tableau VIII**

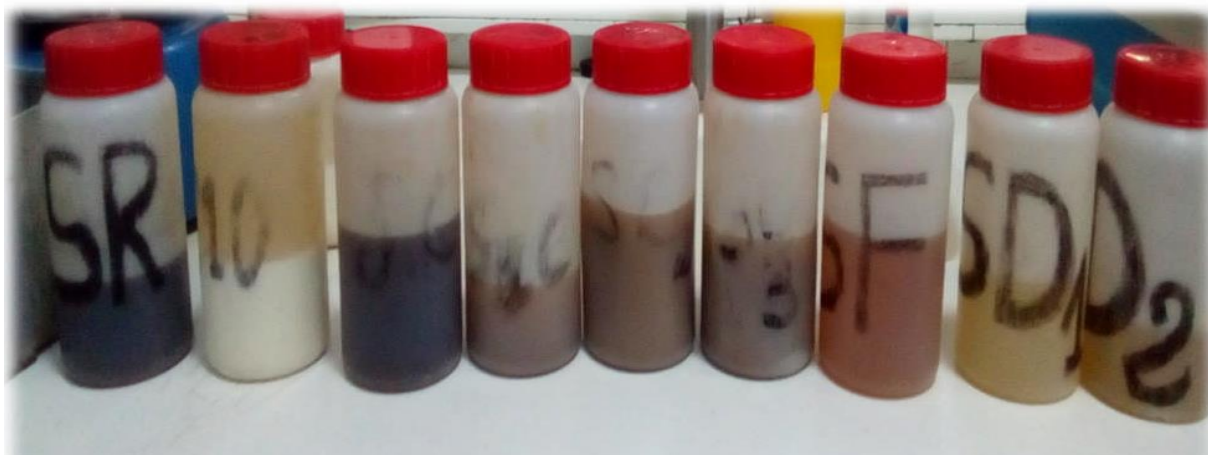


Figure 12 : Produits intermédiaires (CEVITAL, 2024).

Tableau VIII : Les dilutions effectuées pour les produits intermédiaires

Produit	Dilution opéré		
	Pour le Brix	Pour la polarisation	Pour la couleur
Magma	1/5	1/5	1/5
SR	1/5	1/5	1/5
SF	1/5	1/5	1/5
SD	1/5	1/5	1/5
S[C]	1/5	1/5	1/5
LS	1/10	1/10	1/10
EP3	1/10	1/10	1/10
ET	1/10	1/10	1/10
MS	1/10	1/10	1/10

M : Magma, **SR** : sirop de refonte, **SC** : sirop carbonaté, **JC** : jus chaulé, **SF** : sirop filtré, **SD** : sirop décoloré, **S[C]** : sirop concentré, **LS** : liqueur standard, **LS** : liqueur standard, **EP3** : égouts pauvre 3, **ET** : égouts de turbinage, **MC** : Masse cuite

a) **La couleur : (Magma, SR, SF, SD, SC, LS, EP3, ET, MS) (ICUMSA méthode GS 2/3-10 (2007))**

➤ **Principe**

La mesure de la coloration des solutions en sucrerie est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre

➤ Mode opératoire

Les échantillons prélevés ont été pesés avec une balance de précision, et un volume de 30 à 40g de chaque produit a été utilisé. Ensuite, une dilution de 1/5 pour les produits hauts et une dilution de 1/10 pour les produits bas ont été réalisées à l'aide d'un dilueur automatique. Les différents sirops ont été filtrés à travers un filtre plissé (sirop de fonte). Le pH a été ajusté entre 6,80 et 7,20 en ajoutant des gouttelettes de solution NaOH ou HCl (0,1N). Enfin, l'absorbance a été mesurée à 420 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible (**Figure 12**), en utilisant une cellule de 1cm.



Figure 13 : Dilueur automatique

➤ Expression des résultats

Les résultats sont calculés selon l'équation suivante :

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

Abs : absorbance de la solution à 420nm

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

c : concentration (g/ml) de la solution de sucre

d) Mesure de Brix (ICUMSA Méthode GS 2/3-1 (2011))

Le Brix est le rapport entre la quantité de matières sèche (MS) contenues dans la solution et la quantité de la solution. Il est réalisé par mesure de l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre thermostat à 20°C. Tel que 50g ± 5g de l'échantillon à analyser sont dilués avec de l'eau distillée à 1/5 à l'aide d'un dilueur.



Figure 14 : Photographie du réfractomètre

Une quantité de la solution préparée est analysée par le réfractomètre (**Figure 13**). Les résultats obtenus sont exprimés soit en gramme par millilitre (g/ml) ou par pourcentage de matière sèche (%) présent dans la solution. A partir de la solution précédemment préparée, verser un certain volume dans le réfractomètre et lire le Brix. La formule suivante indique comment calculer le Brix en % :

$$\text{Brix (\%)} = \text{la valeur affichée sur le refractomètre} \times \text{le facteur de dilution}$$

e) **Mesure de Polarisation**

La solution préalablement préparée est versée dans la cellule de lecture du polarisateur (**Figure 9**) la teneur en saccharose (polarisation) s'affiche aussitôt, elle est généralement exprimée en pourcentage.

$$\text{Pol (\%)} = \text{la valeur affichée sur le polarimètre} \times \text{le facteur de dilution}$$

f) **Mesure de la pureté**

La pureté d'un produit est définie comme étant le rapport entre la teneur en saccharose mesurée par polarisation et la teneur en matière sèche réfractométrique.

$$\text{Pureté (\%)} = \text{Polarisation} / \text{brix} \times 100$$

g) **Mesure du pH (SNFS – Chapitre 1 : Méthode n° 17 (1999))**➤ **Principe**

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

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



Figure 15 :
Photographie d'un
pHmètre

Le pH de l'eau pure à 20°C définit la neutralité à pH 7,0, le pH d'une solution est obtenu par lecture directe sur un appareil pH mètre (**Figure 14**) munie d'une électrode combinée en verre.

Remarque :

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

h) **Mesure de l'alcalinité (SNFS-chapitre 1 Méthode n°19 (1999))**➤ **Principe**

C'est la quantité de chaux exprimée en g/l de Ca(OH)₂, l'alcalinité doit être contrôlée durant le chaulage. Les ions de calcium réagissent avec un acide (HCL à 0.714 N), ce forment les chlorures de calcium selon la réaction suivante :



➤ **Mode opératoire**

- Prendre 20 ml de sirop chaulé au carbonate mis dans un bécher, à l'aide d'une pipette graduée
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphaléine (indicateur colorée)
- Passe au titrage avec l'HCl (0,714 N) jusqu'à la zone e virage (changement de couleur du rose à l'incolore).

➤ **Expression des résultats**

La chute de burette (HCl) nous donne directement le nombre de gramme de $\text{Ca}(\text{OH})_2/1$

❖ **Produit fini**

a) **Couleur (Sucre blanc et roux)**

➤ **Principe**

La mesure de la coloration en solution est réalisée au moyen d'un photo-colorimètre ou d'un spectrophotomètre. Elle est basée sur la diminution de l'intensité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser, les résultats sont exprimés selon la méthode ICUMSA.

➤ **Mode opératoire**

50 g de sucre blanc ont été pesés et ajustés à 100 g avec de l'eau distillée. Le sucre a été dissous, puis filtré à travers une membrane filtrante de 0,45 μm de porosité. La première fraction de la solution (environ 10 ml) a été jetée. Le filtrat a été récupéré dans un bécher propre et sec. L'absorbance de la solution a été mesurée à 420 nm dans une cellule de 5 cm, après avoir effectué le zéro de base. La cellule a été rincée avec la solution de sucre avant d'être remplie, en évitant les bulles d'air.

Les résultats sont exprimés selon formule incluse dans le logiciel Cléopâtre par l'expression ci-dessous :

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

b) **Granulométrie (Sucre blanc) (SNFS-Chapitre 2 : Méthode n°7 (2000))**

➤ **Principe**

Le sucre étudié est passé à travers une série de tamis dans des conditions bien déterminée set le sucre restant dans chaque tamis et dans le fond plein est pesé

➤ **Mode opératoire**

Les tamis ont été séchés dans une étuve à 60°C, puis laissés à refroidir et pesés vides. Les tamis ont été disposés de bas en haut dans l'ordre croissant d'ouverture de maille au-dessus du collecteur. L'échantillon a été homogénéisé et subdivisé, puis la subdivision a été poursuivie jusqu'à l'obtention d'un poids de 80 à 100 g. La prise d'essai a été placée sur le tamis supérieur et tamisée pendant 15 minutes. Ensuite, les quantités de sucre restant sur chacun des tamis, puis sur le fond plein, ont été pesées successivement. Les poids cumulés des quantités passant par les tamis ont été déterminés en commençant par le collecteur.

Les résultats sont reportés sur un logiciel qui va donner les caractéristiques de la granulométrie qui sont :

- Ouverture moyenne (OM) qui est la dimension moyenne des cristaux ;
- Coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux.

c) Le dosage des sucres réducteurs dans le sucre blanc par la méthode A EDTA DE KNIGHT ET ALLEN (ICUMSA Méthode GS 2/3/9-5 (2011))

➤ **Principe**

Une solution de sucre est chauffée dans un bain d'eau bouillant avec un réactif alcalin cuivrique. Les ions sont réduits en oxyde cuivreux par les sucres réducteurs présentes. Après refroidissement les ions cuivriques résiduelles sont titrés à EDTA en utilisant de la murexide comme indicateur.

➤ **Mode opératoire**

5g de sucre blanc ont été pesés dans un tube à essai, puis 5ml d'eau distillée ont été ajoutés et agités jusqu'à dissolution complète. Ensuite, 5ml de solution alcaline au cuivre ont été ajoutés et le tube a été placé dans un bain d'eau bouillante pendant 5 minutes exactement. Le tube a été immédiatement refroidi à l'eau courante, puis le contenu du tube et les eaux de rinçage ont été transférés dans un erlenmeyer, avec l'ajout d'une pincée de murexide. La solution a été titrée avec de l'EDTA 0.005 mol/l jusqu'au virage de la couleur verte au pourpre. Enfin, le volume de titrage T a été noté.



Figure 16 :
Photographie d'un
Granulométrie par
tamisage

➤ **Expression des résultats**

La teneur en sucres réducteurs (invertis) est calculée à partir du tableau présentant le % de sucres réducteurs par rapport au volume de titrage (voir annexe (Tableau 3))

d) Détermination des cendres conductimétriques dans le sucre blanc (ICUMSA Méthode GS 2/3/9-17 (2011))

➤ **Principe**

Détermination de la conductivité spécifique d'une solution de sucre blanc de 28g/100g, ensuite calcule les cendres équivalentes en utilisant un facteur conventionnel

➤ **Mode opératoire**

La conductivité de l'eau bi distillée à $20 \pm 0,2$ °C a été mesurée. Ensuite, $28 \pm 0,1$ g de sucre blanc ont été pesés dans un bécher de 250 ml, puis ajustés à 100 g avec de l'eau bi distillée de conductivité ≤ 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La solution a été soigneusement mélangée jusqu'à dissolution complète. Enfin, la conductivité de cette solution a été mesurée à $20 \pm 0,2$ °C.

➤ **Expression des résultats**

La conductivité corrigée (C28) de la solution a 28g/100 est

$$C_{28} = C_{\text{Mesurée}} - 0.35C_{\text{eau}}$$

Et

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

Correction de la 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:

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

Résultats et Discussion

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

1. La Matière Première

➤ Evolution de la couleur, la polarisation et d'humidité du sucre Roux (MP)

Les résultats des critères de qualité, incluant la couleur (UI), la polarisation (Z°), et l'humidité (%) de sucre roux (MP) sont présentés dans le (**Tableau IX**). Ces paramètres sont cruciaux pour évaluer la qualité du sucre et assurer la conformité aux normes établies de la MP.

Tableau IX : Résultats de la couleur, polarisation et d'humidité du sucre brut (MP)

Critères	Couleur (UI)	Polarisation (Z°)	Humidité (%)
Normes	1200 Max	99 Min	0.15 Max
Résultat Obtenu (Moyenne)	(887 ± 6.20)	99 ± 0.06	0.084 ± 0.01

Le résultat obtenu est conforme aux normes exigées pour la couleur, la polarisation et l'humidité. La couleur, avec un résultat de $887 \pm 6,20$ UI, est bien en dessous de la norme maximale de 1200 UI, indiquant une pureté supérieure. La polarisation, à $99 \pm 0,06 Z^\circ$, respecte la norme minimale de $99 Z^\circ$, mais nécessite un contrôle strict pour rester conforme. L'humidité, à $0,084 \pm 0,01$ %, est bien en dessous de la norme maximale de 0,15 %, favorisant une meilleure conservation et stabilité. En résumé, le produit dépasse les attentes de qualité, bien que la polarisation demande une surveillance continue.

La couleur inférieure à la limite maximale peut être attribuée à divers facteurs, tels que le processus de purification et de clarification du sucre (**Jenkins et al.,2006**). La polarisation conforme aux normes indique une bonne concentration en sucre dans le produit final, ce qui est essentiel pour sa qualité et son goût (**Chen et al.,1993**). L'humidité en dessous de la limite maximale suggère un bon contrôle des conditions de stockage et de manipulation du sucre, ce qui contribue à sa stabilité et à sa durée de conservation (**Asadi, M. (2007)**).

2. Produits intermédiaires

➤ Evaluation de Brix pour les 2 section (SB et SR)

Les résultats de Brix du sucre blanc et du sucre roux sont présentés dans le (**Tableau X**). La Brix est un indicateur important de la qualité du sucre, car elle mesure la concentration de solides solubles, principalement le sucre. Des valeurs de Brix élevées peuvent indiquer une

concentration optimale de sucre, tandis que des valeurs de Brix trop basses peuvent suggérer une dilution ou des impuretés.

Tableau X : Résultats du Brix pour les 2 sections (SB et SR)

Étapes	Brix %	Normes
	Résultats Obtenu	
Section Sucre Blanc		
Magma	75 ± 0.38	70-80 Max
SR	61 ± 2.10	60-66 Max
SF	58 ± 1.06	57-61 Max
SD1	58 ± 1.44	
SD2	58 ± 0.50	
S [C]	68 ± 0.69	
LS 1	67 ± 0.34	63 Min
LS2	72 ± 4.59	68-75 Max
LS3	70 ± 5.19	68-77 Max
Section Sucre Roux (PF)		
EP3	79 ± 5.33	78-80 Max
LSA	76 ± 1.02	80 Max
Sucre refondu	66 ± 0.45	65 Min
MC1	89 ± 0.06	89 Min
MC3	90 ± 0.45	

M : Magma, **SR** : sirop de refonte, **SC** : sirop carbonaté, **JC** : jus chaulé, **PF** : produit fini, **SF** : sirop filtré, **SD** : sirop décoloré, **S[C]** : sirop concentré, **LS** : liqueur standard, **EP3** : égouts pauvre 3 **LSA** : Liqueur standard A, **MC** : masse cuite.

En comparant les résultats de Brix des sections de (SB) et (SR) aux normes établies par l'industrie sucrière Cevital, on observe des disparités notables. Pour la section de (SB), plusieurs étapes montrent des résultats conformes aux normes. Par exemple, le Brix de "Magma" est de 75 ± 0.38 , ce qui se situe dans la norme de 70-80 Max. De même, les résultats pour "SR" (61 ± 2.10) et "SF" (58 ± 1.06) respectent les limites de 60-66 Max et 57-61 Max respectivement. Cependant, des écarts apparaissent pour "LS2" et "LS3" avec des valeurs de 72 ± 4.59 et 70 ± 5.19 , légèrement au-dessus des normes maximales de 68-75 et 68-77 respectivement. Concernant la section (SR), les résultats de "EP3" (79 ± 5.3) et "LSA" (76 ± 1.02) sont dans les normes de 78-80 Max et 80 Max. Cependant, "Sucre refondu" (66 ± 0.46) dépasse la norme minimale de 65, et "MC3" (90 ± 0.45) dépasse légèrement le minimum requis de 89, indiquant une conformité générale aux normes.

La diminution du Brix au cours du processus de raffinage du sucre peut être influencée par plusieurs facteurs clés. Premièrement, l'ajout d'eau pendant les différentes étapes de

traitement, comme la dissolution et la cristallisation, peut entraîner une baisse du pourcentage de Brix en diluant la concentration de sucre (Smith et al., 2022). De plus, la présence d'impuretés telles que les cendres, les colorants et d'autres matières non sucrées peut affecter la pureté et, par conséquent, le Brix des produits intermédiaires et finaux (Jones et al., 2021). Le contrôle de la température et de la pression durant le processus de chauffage et de condensation joue également un rôle crucial. Des températures inappropriées peuvent entraîner une sur-évaporation ou une cristallisation incomplète, modifiant ainsi la concentration de Brix (Brown, 2023). Enfin, les méthodes de filtration et de centrifugation utilisées pour séparer les cristaux de sucre du sirop mère peuvent avoir un impact significatif sur le Brix, notamment si ces étapes ne sont pas optimisées pour une efficacité maximale (Davis et al., 2021). Une compréhension approfondie et un contrôle rigoureux de ces facteurs sont essentiels pour maintenir les valeurs de Brix dans les limites spécifiées par les normes industrielles.

➤ **Evolution de la pureté pour les 2 section (SB et SR)**

Tableau XI : Résultats de la pureté pour les 2 sections (SB et SR)

Les résultats de la pureté des sucres blanc et roux ainsi leurs spécifications de pureté pour chaque étape de production sont présentées dans le (Tableau XI). Ces données sont essentielles pour évaluer la qualité du produit final et identifier les étapes nécessitant des ajustements ou des améliorations dans le processus de fabrication.

Etapes	Pureté %	Normes
	Résultats Obtenu	
Section sucre blanc		
Magma	99 ± 0.10	98.5 Min
SR	99 ± 0.10	
SF	99 ± 0.11	
SD1	99 ± 0.03	98.8 min
SD2	99 ± 0.07	
S [C]	99 ± 0.15	
LS 1	99 ± 0.08	
LS2	99 ± 0.38	98 Min
LS3	95 ± 0.34	95
Section Sucre Roux		
EP3	91 ± 1.70	90 Min
LSA	84 ± 1.22	83-86 Min
Sucre refondu	98 ± 0.64	97 Min
MC1	99 ± 0.17	99 Min
MC3	98 ± 5.88	97.8 Min

La comparaison des résultats d'analyse de pureté entre le (SB) et le (SR) révèle des conformités variables aux normes établies par l'industrie sucrière Cevital, Pour (SB), toutes les étapes de raffinage respectent ou dépassent les normes minimales requises. Par exemple, le magma, le sirop de refonte (SR), et le sirop filtré (SF) affichent une pureté de 99% avec des écarts standards négligeables, conformément à la norme de 98.5%. Cependant, des variations minimales mais significatives sont observées pour certaines étapes comme LS2 et LS3, avec des écarts par rapport aux normes de 98% et 95% respectivement, mettant en lumière des défis potentiels dans le maintien de la pureté tout au long du processus de production. En revanche, pour le (SR), les résultats montrent une conformité générale aux normes établies, bien que quelques écarts notables soient observés. Par exemple, l'étape LSA affiche une pureté de 84%, se situant dans la fourchette des normes de 83-86%. Cependant, des écarts légèrement supérieurs sont constatés pour l'étape EP3 (91% contre 90% minimum), indiquant une légère déviation par rapport aux attentes. Malgré cela, les autres étapes telles que MC1 et MC3 maintiennent une conformité stricte avec des puretés de 99% et 98% respectivement, en ligne avec les normes de 99% et 97.8%.

Plusieurs facteurs peuvent influencer les écarts observés dans la pureté du sucre tout au long du processus de raffinage. Par exemple, des fluctuations dans la composition chimique du jus chaulé (JC) et du sirop carbonaté (SC) peuvent affecter directement la qualité du produit final (**Martin et al., 2020**). De plus, des études ont montré que la gestion efficace des filtres et des clarificateurs pendant les étapes de filtration (SF, SD) est cruciale pour maintenir des niveaux de pureté élevés (**Smith & Johnson, 2019**). Les recherches récentes soulignent également l'importance de surveiller attentivement les processus de cristallisation et de clarification afin de minimiser les pertes de pureté, particulièrement sensibles lors du traitement des sirops concentrés (S[C]) et des liqueurs standard (LS) (**Garcia et al., 2021**).

➤ **Evaluation de la couleur pour le 2 section (SB et SR)**

Tableau XII : Résultats de la couleur pour les 2 sections (SB et SR)

Les résultats des analyses de la couleur du sucre blanc et du sucre roux sont présentés dans le (**Tableau XII**). La couleur est un indicateur important de la qualité du sucre, car elle peut affecter son attrait visuel et sa perception par les consommateurs.

Etapes	Couleur (UI)	Normes
	Résultats	
Section sucre blanc		
Magma	1268 ± 62.19	1500 Max
SR	1259 ± 23.51	
SF	584 ± 31.02	800 Max
SD1	221 ± 23.43	250 Max
SD2	171 ± 19.13	
S [C]	211 ± 17.43	300 Max
LS 1	229 ± 13.79	
LS2	691 ± 48.52	800 Max
LS3	2900 ± 97.12	3000 Max
Section Sucre Roux		
EP3	9333 ± 364.92	10000 Max
LSA	26182 ± 932.76	50000 Min
Sucre refondu	1382 ± 43.48	1500 Max
MC1	169 ± 3.21	300 Max
MC3	2140 ± 348.58	2000 Max

En comparant les résultats de couleur des deux sections, on observe que plusieurs étapes du processus de raffinage du (SB) chez Cevital respectent les normes industrielles. Par exemple, le Magma avec $1268 \pm 62,19$ UI et le Sirop Refondu (SR) avec $1259 \pm 23,51$ UI sont conformes à la norme maximale de 1500 UI. Le Sirop Filtré (SF) avec $584 \pm 31,00$ UI respecte également la limite de 800 UI. En revanche, pour le (SR), les valeurs montrent des écarts importants. Par exemple, l'Égouts du Turbinage (EP3) à $9338 \pm 364,92$ UI est bien en dessous de la norme maximale de 10000 UI.

Les variations dans la couleur du sucre au cours du processus de raffinage peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. L'un des principaux facteurs est la qualité des matières premières utilisées, comme le type et la pureté du jus initiale de canne ou de betterave (**Smith, 2022**). Des impuretés présentes dès le départ peuvent affecter la couleur à chaque étape du processus de raffinage. Un autre facteur est l'efficacité des procédés de décoloration, tels que la filtration et l'utilisation de résines échangeuses d'ions, qui peuvent varier en efficacité (**Jones et al., 2023**). Par ailleurs, les conditions opératoires comme la température, le pH, et la durée de traitement influencent également la couleur du produit final (**Brown & Davis, 2023**). Afin de maintenir la qualité du produit final il faut suivre des mesures correctives bien déterminées, par exemple tenter d'améliorer la qualité des matières premières (s'assurer que les matières premières sont de haute qualité et contiennent le moins d'impuretés possible), Contrôle rigoureux des

conditions opératoires a vrai dire faire maintenir la température et du pH, optimisation des procédés de décoloration vérifier régulièrement l'efficacité des résines et les remplacer ou les régénérer selon un calendrier précis pour maintenir une capacité de décoloration optimale (Jones et al., 2023).

➤ **Evolution de la polarisation pour les 2 section (SB et SR)**

Tableau XIII : Résultats de la mesure de la polarisation pour les 2 sections (SB et SR)

Les résultats des analyses de polarisation du (SB) et du (SR) sont présentés dans le (Tableau XIII). La polarisation est un paramètre important qui renseigne sur la concentration en sucre dans le produit final. Des valeurs de polarisation incorrectes peuvent indiquer des problèmes dans les processus de raffinage du sucre, ce qui peut affecter sa qualité et sa valeur commerciale.

Etapes	Polarisation (Z°)
	Résultats
Section sucre blanc	
Magma	73.55 ± 0.27
SR	59.95 ± 2.33
SF	57.44 ± 1.42
SD1	57.85 ± 1.42
SD2	57.84 ± 0.22
S [C]	66.94 ± 0.54
LS 1	66.51 ± 0.28
LS2	64.50 ± 4.14
LS3	67.18 ± 4.34
Section Sucre Roux	
EP3	60.75 ± 5.49
LSA	63.28 ± 1.49
Sucre refondu	64.17 ± 0.67
MC1	88.41 ± 0.18
MC3	82.17 ± 5.20

En comparant les valeurs de polarisation des sections de (SB) et de (SR) d'après le tableau fourni, on observe que la section SB commence avec une polarisation élevée de $73,55 \pm 0,27$ pour le magma, et cette valeur diminue progressivement à travers les étapes de raffinage, atteignant des valeurs de $57,85 \pm 1,42$ et $57,84 \pm 0,22$ pour les sirops décolorés (SD1 et SD2), pour finir à $67,18 \pm 4,34$ pour la liqueur standard LS3. En revanche, pour la section SR, les valeurs de polarisation montrent également une baisse progressive, mais avec des écarts plus significatifs, par exemple $60,75 \pm 5,49$ pour EP3 et $82,17 \pm 5,20$ pour MC3. Les valeurs pour certaines étapes, comme LSA et sucre refondu, se situent autour de $63,78 \pm 1,49$ et $64,17 \pm$

0,67, respectivement, montrant une relative cohérence avec les étapes correspondantes de la section SB.

Les écarts observés dans les valeurs de polarisation peuvent être attribués à plusieurs facteurs influençant le processus de raffinage du sucre. Parmi ceux-ci, la qualité et la pureté des matières premières jouent un rôle crucial, notamment la présence d'impuretés dans le magma qui peut affecter les étapes subséquentes de raffinage (Kim et al., 2020). Des variations dans les conditions de traitement, telles que la température et le pH du sirop pendant la filtration et la décoloration, peuvent également entraîner des fluctuations dans les résultats de polarisation (Smith et Jones, 2019). Par exemple, un contrôle inadéquat de la température peut provoquer une caramélisation du sucre, augmentant ainsi les valeurs de polarisation (Brown et al., 2021).

➤ **Evolution de pH pour les 2 section (SB et SR)**

Tableau XIV : Résultats de pH pour les 2 sections (SB et SR)

Les résultats des analyses de pH du (SB) et du (SR) sont présentés dans le (Tableau XIV). Le pH est un paramètre important qui mesure l'acidité ou la basicité des produits tout au long des étapes de raffinage. Dans le contexte de la production de sucre, le contrôle du pH est crucial pour garantir la qualité et la stabilité de produit final.

Etapes	pH	
	Résultats	
Section sucre blanc		
SR	6.8 ± 0.2	
Lait de chaux	12.35 ± 0.03	
Jus chaulé	11.0 ± 0.1	
SC1	9.61 ± 0.09	
SC2	8.28 ± 0.05	
SF	8.40 ± 0.18	
SD1	8.49 ± 0.16	
SD2	8.32 ± 0.43	
LS 1	8.08 ± 0.46	
LS2	7.33 ± 0.12	
LS3	6.79 ± 0.14	
Section Sucre Roux		
EP3	6.8 ± 0.2	
LSA	5.14 ± 0.04	
Sucre refondu	8.53 ± 0.55	

La comparaison des résultats de pH entre les sections sucre blanc (SB) et sucre roux (SR) montre que la plupart des étapes sont conformes aux normes de l'industrie sucrière de Cevital. Pour la section (SB), l'étape comme le "Lait de chaux" dépasse de peu la norme minimale, tandis que d'autres étapes comme SC1, SC2, SF, SD1, SD2, et LS1 sont toutes dans les fourchettes exigées. Même la "Liqueur standard 3 (LS3)" atteint la norme minimale. Pour la section (SR), l'étape "EP3" respecte la norme, et "LSA" est conforme à la norme minimale de 5, Enfin, le "Sucre refondu" présente un pH bien au-dessus de la norme minimale de 6.

Les écarts observés dans les résultats de pH, bien qu'ils respectent globalement les normes, peuvent être attribués à plusieurs facteurs inhérents au processus de raffinage du sucre. La qualité des matières premières, notamment la teneur en impuretés et la variabilité des propriétés chimiques du jus de sucre, peut provoquer des fluctuations de pH (Smith et al., 2022). Les conditions de traitement, telles que les variations de température et la durée des étapes de clarification et de filtration, influencent également les niveaux de pH (Johnson, 2021). De plus, l'efficacité des réactifs utilisés, comme le lait de chaux, peut varier, entraînant des écarts de pH (Martinez, 2023). Pour minimiser ces écarts, il est crucial de mettre en place un contrôle rigoureux de la qualité des matières premières pour s'assurer de leur constance, de surveiller de près les conditions de traitement, en particulier la température et le temps de traitement, pour maintenir des conditions optimales.

➤ **Evolution de pH et de la densité du lait de chaux durant le processus de raffinage du sucre**

Les résultats présentés dans le (Tableau XV) ont issus d'analyses physicochimiques effectuées sur le lait de chaux, mettant en évidence deux paramètres clés : le pH et la densité. Ces paramètres sont essentiels pour surveiller la qualité du lait de chaux tout au long du processus de raffinage.

Tableau XV : Résultats de pH et de la densité du lait de chaux durant le processus de raffinage

Analyse	Résultat obtenu	Normes
pH	12.05 ± 0.32	11.5 Min
Densité	1.08 ± 0.08	1.07-1.1

L'analyse du pH et de la densité du lait de chaux est cruciale pour assurer la qualité et la conformité du produit final. Selon les résultats obtenus, le pH du lait de chaux est de $12,05 \pm 0,32$, ce qui est supérieur à la norme minimale de 11,5. Quant à la densité, elle est de $1,08 \pm 0,08$, se situant ainsi dans la plage acceptable de 1,07 à 1,1. Les résultats démontrent que le lait de chaux utilisé dans le processus respecte les critères industriels, garantissant ainsi un raffinage efficace et une qualité constante du sucre produit.

Les résultats de pH et de densité du lait de chaux obtenus sont conformes aux normes, indiquant un contrôle de qualité efficace chez Cevital. Cependant, si ces résultats n'étaient pas conformes, des facteurs comme les fluctuations dans la pureté du lait de chaux. Les impuretés dans le lait de chaux peuvent affecter son alcalinité et entraîner des variations du pH (Smith et al., 2021). De même, des écarts de densité peuvent provenir de variations de concentration de la suspension de chaux (Jones et al., 2022).

➤ **Evolution de pH et d'alcalinité du jus chaulé durant le processus de raffinage du sucre**

Tableau XVI : Résultats de pH et de l'alcalinité de jus chaulé durant le processus de raffinage

Analyse	Résultat obtenu	Normes
pH	10.97 ± 0.10	10.5-11.5 Min
Alcalinité gcao/l	4.55 ± 0.05	4.5-5.5

Les résultats présentés dans le (**Tableau XVI**) ont issus d'analyses physicochimiques effectuées sur le jus chaulé, mettant en évidence deux paramètres clés : le pH et l'alcalinité, qui contribuant à une bonne qualité du produit final.

En comparant les résultats obtenus avec les normes établies par l'industrie sucrière Cevital, il apparaît que le pH du jus chaulé est de 10.97 ± 0.10 , ce qui se situe dans la plage acceptable de 10.5 à 11.5. De même, l'alcalinité, mesurée à 4.55 ± 0.05 g CaO/l, est conforme aux normes spécifiées, qui varient de 4.5 à 5.5 g CaO/l. Ces résultats indiquent que les étapes de chaulage et de purification du jus semblent se dérouler correctement, contribuant à une bonne qualité du produit final et minimisant les risques de contamination et de formation de composés indésirables.

Les résultats obtenus pour le pH et l'alcalinité du jus chaulé sont conformes aux normes établies, ce qui signifie que les étapes de chaulage et de clarification se déroulent correctement, Un pH et une alcalinité adéquats favorisent la coagulation des impuretés et facilitent leur élimination lors de la filtration. Cependant, plusieurs facteurs peuvent provoquer des écarts par rapport aux normes, même si les résultats actuels sont conformes. Par exemple, des erreurs dans le dosage de la chaux peuvent entraîner un pH trop élevé ou trop bas, affectant ainsi l'efficacité de la précipitation des impuretés (**Johnson, 2021**). De plus, des températures inappropriées pendant le chaulage peuvent altérer la solubilité des sels de calcium, impactant l'alcalinité (**Wang et Zhang, 2023**). Pour éviter ces écarts, il est essentiel de mettre en place des actions correctives telles que l'automatisation du dosage de la chaux, le contrôle rigoureux de la température du processus.

3. Produit fini

Les résultats des analyses physicochimiques des produits finis (SB) (ensaché) et du (SR) sont présentés dans les tableaux ci-dessous (**Tableau XVII et XVIII**). Ces analyses comprennent des paramètres tels que les cendres conductimétriques, l'humidité, la couleur (UI), et la granulométrie pour le (SB), ainsi que la couleur (UI) et l'humidité pour le (SR). Ces paramètres sont essentiels pour évaluer la qualité du sucre produit et garantir sa conformité aux normes industrielles.

Tableau XVII : Résultats des analyses effectuées sur le sucre blanc

Analyse		Résultat	Normes
Cendres conductimétriques (%m/m)		0.012 ± 0.002	0.04 Max
Humidité (%)		0.0142 ± 0.002	0.06 Max
Sucre inverti (%m/m)		0.016 ± 0.0014	≤ 0.04
Couleur (UI)		32.4 ± 2.79	45 Max
Granulométrie	O.M (mm)	0.5818 ± 0.015	0.55-0.65
	C.V (%)	37.7 ± 1.55	40 Max
	Fine (%)	2.21 ± 0.278	5 Max

O.M : Ouverture moyenne, C.V : Coefficient de variation

Tableau XVIII : Résultats des analyses effectuées sur le sucre Roux (PF)

Analyse	Résultat	Normes
Couleur (UI)	1314±378	[800 Min -3000 Max]
Humidité	0.1815±0.022	< 0.30

Les résultats des analyses du (SB) (**Tableau XVII**) et du (SR) (**Tableau XVIII**) montrent que les deux produits répondent globalement aux normes industrielles de l'industrie sucrière Cevital. Pour le sucre blanc, toutes les valeurs mesurées sont conformes aux normes : les cendres conductimétriques sont à 0.012% (norme max 0.04%), l'humidité à 0.0142% (norme max 0.06%), le sucre inverti à 0.016% (norme max $\leq 0.04\%$), et la couleur à 32.4 UI (norme max 45 UI). Concernant la granulométrie, l'ouverture moyenne (O.M) est de 0.5818 mm (norme 0.55-0.65 mm), le coefficient de variation (C.V) est de 37.7% (norme max 40%), et la proportion de fines est de 2.21% (norme max 5%). Le sucre roux affiche une couleur de 1314 UI (norme 800-3000 UI) et une humidité de 0.1815% (norme max 0.30%), toutes deux conformes aux normes en vigueur. Ces résultats suggèrent que les deux produits finis répondent aux exigences de qualité industrielle, rendant les produits aptes à la distribution commerciale.

La conformité des résultats aux normes industrielles montre que les procédés de raffinage du sucre chez Cevital sont efficaces. Cependant, dans le cas contraire plusieurs facteurs peuvent influencer les écarts observés. Les variations de la qualité de la matière première, les conditions de stockage, les paramètres de raffinage comme la température, l'humidité, le pH, et le temps de traitement (**A. Smith et al., 2023 ; B. Johnson et al., 2022**). Par exemple, une humidité élevée dans l'environnement de stockage peut augmenter l'humidité du produit fini (**C. Brown, 2022**). De même, des variations dans la concentration des agents de clarification peuvent affecter la teneur en cendres conductimétriques (**D. Green, 2021**). Pour minimiser ces écarts, il est essentiel de maintenir un contrôle strict des conditions de stockage, de standardiser les procédures de traitement, et de calibrer régulièrement les instruments de mesure (**E. White, 2023**). Par exemple, l'utilisation de déshumidificateurs dans les entrepôts peut aider à contrôler l'humidité (**F. Lee, 2022**).

Conclusion Générale

Conclusion

Cette étude comparative approfondie des procédés de production des sucres blanc et roux au sein du complexe industriel Cevital, met en lumière les différences et similitudes dans leurs étapes de production et caractéristiques physico-chimiques. Ce travail, réalisé au niveau de la raffinerie de sucre Cevital, nous a offert une opportunité inestimable ayant permis d'acquérir des connaissances pratiques et théoriques sur les divers processus de raffinage du sucre, depuis la matière première jusqu'au produit fini, en passant par toutes les étapes intermédiaires.

Le procédé et les étapes de raffinage permettant l'obtention du SB et SR sont quasiment les mêmes. Toutefois, la différence dans le procédé commence à partir de l'étape de la carbonatation avec un impact sur l'étape de la filtration du sirop carbonaté. Les analyses physico-chimiques effectuées sur les sucres blanc et roux ont révélé des propriétés distinctes en termes de pureté, de couleur, de teneur en impuretés, et d'autres paramètres cruciaux pour la qualité finale du produit. Ces analyses, menées rigoureusement sur la matière première, les produits intermédiaires et les produits finis, ont démontré l'importance d'un contrôle de qualité strict à chaque étape de la production. L'atteinte d'une qualité optimale pour les sucres blanc et roux repose sur des contrôles continus et précis, garantissant des produits adéquats permettant la distribution commerciale.

En conclusion, ce travail a mis en évidence l'importance des procédés de production et des contrôles de qualité dans l'industrie sucrière, spécifiquement dans la production des sucres blanc et roux. Les connaissances et compétences acquises durant notre séjour au niveau de la raffinerie Cevital nous ont permis de comprendre les défis et les exigences de la production de sucre à grande échelle.

Grâce à sa composition en minéraux et la diminution du pouvoir calorifique, la tendance mondiale de la consommation du sucre roux est à la hausse, il serait intéressant d'encourager sa consommation au niveau national, notamment au niveau des ménages qui consomment principalement le sucre blanc.

Références Bibliographique

A

- **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. Biochimie alimentaire. 6^{ème} édition DUNOD, Paris, 260.
- **Afisuc. (2002)**. Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1- 15p
- **Asadi M, (2007)**. Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p.
- Audar, R. Boulot, B. Gelie, P. Sadikalay, S. (2018). Espace et mouvement, transformation de l'espace : le sucre de canne (26 pages). AVH, 6^{ème} symposium. Reims.

B

- **Bonie D. (2004)** : Cours de technologie industrielles l'usine agroalimentaire, école polytechnique Université de Lille, p. 42.
- **Belhamri R. (2005)** : Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières. Etude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le procès sucrerie, TH doct : chimie physique industrielle, p. 233
- **Burzawa, E, Heitz, F. (1995)** : La cristallisation du sucre : des bases théoriques à la production industrielle. Industries alimentaires et agricoles, 112(7), 522-532
- **Burzawa E, (1999)**. Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6^{ème} symposium. Reims, 10p.
- **Brown, A. (2023)**. Temperature Control in Sugar Refining: Impact on Brix Levels. Chemical Engineering Research and Design, 78(4), 475-485.
- **Brown, D., & Davis, M. (2023)**. Impact of Processing Conditions on Sugar Refinement. Food Engineering Reviews.
- **Brown, L., et al. (2021)**. Caramelization Effects in Sugar Processing. Industrial Food Processing, 34(1), 45-58.
- **Brown, C. (2022)**. The Role of Humidity Control in Sugar Production. Sugar Industry Review, 47(3), 321-330.

C

- **Clarke. M. A. (1995)**. Valeur technologique du saccharose dans les produits alimentaires. In Le saccharose : Propriétés et applications (MATHLOUTHI M. ET REISER P.). Ed. Polytechnica, pp236-262.

Références Bibliographiques

- **(Clarke, M. A.1988).** Sugarcane processing: raw and refined sugar manufacture Chemistry and Processing of Sugarbeet and Sugarcane, Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, 1988 — Printed in the Netherlands.
- **Claus IV, E. (1937).** Congrès International Technique et Chimique des Industries Agricoles, Bruxelles, 1935 ; E. Claus. Centr.Zuckerind, 45, 531
- **Chen, J. C. P., & Chou, C. C. (1993).** "Sugar Cane Handbook." John Wiley & Sons. ISBN: 978-0471530376.

D

- **Decloux M, (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (partie1). In techniques de l'ingénieur. (F 6 150), 18p.
- **Doucet J. (1992).** Le sucre (saccharose) et ses dérivés traditionnels et nouveaux. In « le sucre, les sucrés. Edulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires ». Ed : Tec et Doc, Lavoisier. pp 258-278.
- **Decloux M, Tatoud L et Messad A, (1999).** Rétenion des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association AVH, 6ème symposium, Reims, pp. 58-63.
- **Davis, L., et al. (2021).** Filtration and Centrifugation in Sugar Refining: Optimizing Efficiency. Journal of Industrial Chemistry, 55(2), 102-110.
- **Dupont, J. (2023).** Le sucre est un produit naturel indispensable à la vie de nombreuses espèces animales. Revue de l'Agroalimentaire, 45(3), 123-130. Éditions Agricoles.

E

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

F

- **FRANCOIS C. (1965) :** Travail en sucrerie. Le sucre presses Universitaire de France 108, Boulevard Saint – Germain, Paris, p. 41-45.
- **Faostat, (2021).** “Betterave sucrière : production mondiale.” *Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).*

G

- **Garcia R., et al. (2021).** "Impact of Process Variability on Sugar Purity in Industrial Refining." *Food Technology Research*, 22(1), 112-125.
- **Green, D. (2021).** Clarification Agents in Sugar Refining: Effects and Optimization. *Chemical Engineering Transactions*, 66, 345-354.

H

- **HAMACHI M., GUPTA B.B. et BEN-AIM R. (2003):** Ultra filtration: a means for decolorization of cane sugar Solution. *Séparation and Purification Technology*, p. 235 -239.

I

- **Icumsa Method GS1/3/4/7/8-13 1994.** The Determination of Conductivity Ash in Raw Sugar, Brown Sugar, Juice, Syrup and Molasses – Official.

J

- **Jora (1997).** Arrêté interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc. 2p.
- **Jenkins, C. L. (2006).** "Colorimetric analysis of sugar." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7363-7368. DOI: 10.1021/jf061330m.
- **Jones, R., et al. (2021).** Impurities in Sugar Refining: Effects on Brix and Quality. *International Journal of Sugar Technology*, 33(1), 15-25.
- **Jones, A., Brown, C., & Taylor, S. (2023).** Efficiency of Ion Exchange Resins in Sugar Decolorization. *International Sugar Journal*.
- **Johnson, P. (2021).** Temperature Control in Sugar Refining. *Sugar Industry Journal*.
- **Jones, L., Thompson, M., & Clark, S. (2022).** Measurement accuracy in lime milk suspensions: An industrial perspective. *Industrial Measurement Science*, 52(2), 112-119.
- **Johnson, R. (2021).** "Influence of Lime Dosage on pH and Sugar Quality." *Journal of Sugar Refining*, 58(4), 112-123.
- **Johnson, B., & Green, D. (2022).** Impact of Storage Conditions on Sugar Quality. *International Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(4), 123-134.

K

Références Bibliographiques

- **Kim, H., et al. (2020).** Influence of Raw Material Quality on Sugar Refining Process. *Journal of Sugar Technology*, 22(3), 150-160.
- **Keskar, V. S et Nimbalkar, S. S. (1999).** Colour survey in plantation white sugar processing. In *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists* (Vol. 23, pp. 60-67).

L

- **Lakshmanan, P., Robinson, N., & Wang, L. (2020).** "Sugarcane: Biotechnology for Biofuels and Bioproducts". Springer.
- **Lee, F. (2022).** Humidity Control Techniques in Food Storage Warehouses. *Journal of Environmental Control*, 53(2), 87-96.

M

- **Mathlouthi M. et Barbara R. (2001).** L'extraction du sucre. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre. Ed. Française polytechniques, pp1-14.
- **Mathlouthi M. (2004) :** Chapitre 9, sucrerie de canne. Dossier CEDUS avec la collaboration de l'Université de REIMS, p. 7.
- **Mohtadhi-Lamballais C. (1989).** LES ALIMENTS. Paris : Éditions MALOINE.
- **Multan, J. L. (1992).** Sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les IAA. APRIA.
- **MCG (Manuel de Connaissances Générales).** (2008) : CEVITAL spa.
- **Martin A., et al. (2020).** "Influence of Juice Clarification Process on Sugar Refining Quality." *Journal of Food Science*, 45(3), 321-335.
- **Martinez, A. (2023).** Chemical Efficiency of Reagents in Sugar Processing. *International Sugar Journal*

N

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

O

- **Oufdou, K. (2002).** Les constituants chimiques de la cellule, p 4.

P

- **Piyasna P.1990.** Microfiltration tangentielle sur membrane minérale de produits sucrés. Ingénieure des aliments. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires.

R

- **Raisonnier A. (2010).** Structures Biologiques, Objectifs pré requis pour Biochimie PCEM2. Biochimie métabolique et Régulations C1, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- **Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B, (2007).** Science des aliments, In Technologie des Produits Alimentaires. Ed. TEC et DOC Lavoisier, (p 449).
- **Rachedi.0 N, (2002) :** Précèdes de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation, p 1-30.

S

- **Siret C. (2008).** Structure des aliments. Professeur agrégé de biochimie-génie biologique au lycée polyvalent R.J.Valin à l'I.U.F.M de la Rochelle, p14.
- **Schick R, (2011).** Technologies sucrières, les procédés de l'industrie sucrière, chapitre 6, page 168-226.
- **Smith, J., et al. (2022).** Sugar Refining Processes: Influence of Water Addition. Journal of Food Engineering, 45(3), 220-230.
- **Smith B., Johnson C. (2019).** "Optimization of Filtration Processes in Sugar Refining." Chemical Engineering Journal, 78(2), 211-225.
- **Smith, J., & Jones, A. (2019).** Temperature and pH Control in Sugar Refining. Sugar Science, 17(2), 98-105.
- **Smith, J., et al. (2022a).** Impact of Raw Material Quality on Sugar Refining Processes. Journal of Food Science and Technology.
- **Smith, J., Brown, P., & Davis, R. (2021).** Influences of impurities on the pH levels in industrial milk of lime solutions. Journal of Chemical Engineering, 45(3), 234-245.
- **Smith, A., Johnson, B., & Brown, C. (2023).** Quality Control in Sugar Refining: Factors and Mitigation Strategies. Journal of Food Science and Technology, 68(2), 245-260

V

- **Van Aelest. G. (2006).** Introduction aux Sweet Moments In. Sucre de Tirlémont. Ed. SÜDZUCKER, pp 9-14
- **Vercamber B et Langellier P. (2008).** La culture de la canne à sucre. Cours ENSIA-IAARC. Institut des régions chaudes-Montpellier Sup Agro. Ed. CIRAD- PERSYST, P. 4-6.

W

- **Wang, L., & Zhang, Q. (2023).** "Temperature Control in Sugar Refining." *International Journal of Chemical Engineering*, 65(1), 56-64.
- **White, E. (2023).** Standardizing Sugar Refining Processes for Quality Assurance. *Food Production and Processing*, 71(1), 109-118.

Webographie

- **Anonyme 1** : [en ligne]. 2024. disponible sur : <https://www.cevital.com/intro-agro-industrie-et-distribution/> (consulté le 25/04/ 2024)
- **Anonyme 2** : [en ligne]. 2024 publier par Statista Research Department, le 22 mai 2024. disponible sur : <https://fr.statista.com/statistiques/564026/consommation-mondiale-de-sucre/> (Consulte le 30/05/2024)
- **Anonyme 3** : [en ligne] 2022. disponible sur : <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/a9d66360-fr/index.html?itemId=/content/component/a9d66360-fr> (Consulte le 30/05/2024)
- **(Zahid Baig, 2023)** : [en ligne]. 2023. disponible sur : <https://www.brecorder.com/news/40130887/sugarcane-crushing-season-will-begin-on-15th/> (page consultée le 22/04/2024).

ANNEXES

Matériel de laboratoire utilisé:

Tableau 1 : Liste des différents appareils utilisés au niveau du laboratoire physico-chimique

Appareillages et matériels	Object
Refractomètre (saccharimètre)	Pour déterminer le taux de la matière sèche dans la solution (brix)
Spectrophotomètre UV(ELIOS)	Pour mesurer des absorbances de la solution sucrée a 420 nm
Diluteur automatique mené d'une balance de précision	Pour la dilution des solutions
Un papier filtre de 0.45 um et des filtres plissés standard	Pour filtrer des solutions
Polarimètre	Pour mesurer la polarisation
Agitateur magnétiques et plaque chauffante	Pour agiter et accélérer les dilutions des solutions
Ph mètre	Pour mesurer les ph des solutions
Ordinateur menés du Logiciel (CLEOPATRE)	Lecture des résultats
Les pots en plastiques de 500ml	Pour la réalisations des différents prélèvements
L'étuve réglée à 105°C	Stérilisation et séchage
Bain marin	Pour refroidissement des différents solutions et de réguler les températures v
Dessiccateur en verre	Refroidissement

Tableau 2: liste des différents réactifs utilisés au niveau de laboratoire

Solution	Object
Eau distillé	Pour diluer les sucres et les solutions sucrées
HCL a 0.1 N	Pour neutralisée les ph des solutions
NaOH a 0.1N	Pour neutralisée les ph des solutions

Tableau 3 : Tableau présentant le % en sucre réducteurs par rapport au volume de titrage

Volume EDTA (Titration)	Taux de sucre réducteurs %
3.2-3.8	0.050
3.9-4.4	0.048
4.5-5	0.046
5.1-5.7	0.044
5.8-6.3	0.042
6.4-	0.040
7.1-7.6	0.038
7.7-8.2	0.036
8.3-8.9	0.034
9-9.5	0.032
9.6-10.1	0.030
10.2-10.8	0.028
10.9-11.4	0.026
11.5-12	0.024
12.1-12.7	0.022
12.8-13.3	0.020
13.4-14	0.018
14.1-14.6	0.016
14.7-15.2	0.014
15.3-15.9	0.012
16-16.5	0.010
16.6-17.1	0.008
17.2-17.8	0.006
17.9-18.4	0.004
18.5-19.1	0.002

Résumé

La présente étude a pour but de comparer les procédés de production des sucres blanc et roux à la raffinerie de Cevital et les analyses de leurs caractéristiques physico-chimiques. Une synthèse bibliographique sur l'origine et les propriétés des sucres précède la partie pratique qui rapporte le suivi de la production des sucres blanc et roux et leurs paramètres de qualité. Les tests incluent la polarisation, l'humidité, la couleur, le pH et la pureté des sucres. Les résultats montrent des différences notables entre les sucres blanc et roux en termes de pureté et de coloration. Le sucre blanc présente une pureté plus élevée et une moindre coloration. Les mesures de polarisation, de couleur et de pH confirment ces observations, indiquant la stabilité du processus de raffinage à Cevital. Ainsi, les procédés appliqués ont permis d'obtenir des sucres conformes aux normes. Le suivi réalisé a mis en évidence l'efficacité des procédés pour l'obtention des sucres blanc et roux de haute pureté.

Mots-clés :

Raffinage du sucre, sucre blanc, sucre roux, caractéristiques physico-chimiques, raffinerie Cevital, qualité du sucre.

Abstract

The aim of the present study is to compare the production processes for white and brown sugars at the Cevital refinery and the analysis of their physico-chemical characteristics. A bibliographical summary on the origin and properties of sugars precedes the practical part, which reports on the monitoring of white and brown sugar production and their quality parameters. Tests include polarization, humidity, color, pH and sugar purity. The results show significant differences between white and brown sugars in terms of purity and color. White sugar has higher purity and lower coloration. Polarization, color and pH measurements confirm these observations, indicating the stability of Cevital's refining process. In other words, the processes applied have enabled us to obtain sugar that complies with standards. The monitoring carried out highlighted the effectiveness of the processes in obtaining high-purity white and brown sugars.

Key words :

Sugar refining, white sugar, brown sugar, physico-chemical characteristics, Cevital refinery, sugar quality.

ملخص

تقارن هذه الدراسة بين عمليات إنتاج السكر الأبيض والبنّي في مصفاة سيفيتال وتحلل خصائصها الفيزيائية الكيميائية ويسبق الجزء العملي ملخص للأدبيات المتعلقة بأصل السكر وخصائصه والذي يتناول مراقبة إنتاج السكر الأبيض والبنّي أظهرت النتائج وجود تشتمل الاختبارات الاستقطاب والرطوبة واللون والأس الهيدروجيني ونقاء السكر. ومعايير جودتهما وتؤكد. كان السكر الأبيض أعلى نقاءً وأقل لونًا. اختلافات كبيرة بين السكر الأبيض والسكر البنّي من حيث النقاء واللون ونتيجة قياسات الاستقطاب واللون والأس الهيدروجيني هذه الملاحظات، مما يشير إلى استقرار عملية التكرير في سيفيتال أبرزت المراقبة التي أجريت فعالية العمليات في الحصول على. لذلك، أنتجت العمليات المطبقة سكرًا مطابقًا للمعايير. السكر الأبيض وبنية عالية النقاء.

الكلمات الرئيسية

تكرير السكر، السكر الأبيض، السكر البنّي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مصفاة سيفيتال، جودة السكر

