

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

Université A. MIRA - Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences alimentaires

Spécialité *Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire*



Réf :.....

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

**MASTER**

*Thème*

**Suivi de l'évolution de certains paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage du sucre roux produit à la raffinerie sucre Cevital**

Présenté par :

Melle **KHENNOUSSI Meriem & Melle KOUDJIH Zahoua**

Soutenu le : **17 septembre 2020**

Devant le jury composé de :

Melle MEKHOUKHE A.	MAA	Présidente
Mme DEFLAOU L.	MAA	Promotrice
Mme BERKATI S.	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2019 / 2020

*En tout premier lieu, Nous tenons à remercier le bon Dieu, tout puissant, qui nous a donné le courage, la volonté, la santé et la patience pour effectuer ce modeste travail et l'audace pour dépasser toutes les difficultés.*

**Nous exprimons notre profonde et respectueuse gratitude et reconnaissance à notre promotrice Madame DEFLAOU L. ;**

*De nous avoir encadrées, d'avoir suivi notre travail avec une extrême bienveillance, Nous vous remercions également pour votre patience, disponibilité et surtout vos judicieux conseils et orientations qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

**Nous tenons à remercier le directeur de la raffinerie sucre, unité 3500 Cevital et la responsable de laboratoire de contrôle de qualité de sucre ;**

*De nous avoir données l'opportunité d'effectuer notre stage au sein de cette unité.*

**Nous remercions également toute l'équipe de laboratoire de contrôle de qualité ainsi que l'équipe de la production ;**

*Ceux qui nous ont honorés de nous suivre tout au long du stage pratique, Pour leurs gentilles, aides précieuses qu'ils nous ont données, leurs remarques et conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.*

**Notre gratitude va spécialement à Mr ITIBROUT M.;**

*Pour ses orientations, ses conseils et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires et informations importantes pour rédiger ce projet, et surtout pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de ce travail.*

**Nos sincères remerciements s'adressent à M<sup>elle</sup> MEKHOUKHE A. et M<sup>me</sup> BARKATI S. ;**

*Pour le grand honneur, qu'elles nous font de juger ce travail, pour l'intérêt qu'elles ont porté à ce travail, pour leur lecture attentive de ce mémoire, pour les remarques qu'elles nous adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer notre travail.*

**Nos remerciements pour toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et surtout nos chers parents.**

***Merci !***

***Je dédie ce modeste travail spécialement à :***

***Ceux qui m'ont amenée au monde, mes chers parents qui n'ont jamais cessé de me témoigner leur affection ;***

*Je tiens à les remercier sur ce papier par ses petits mots, car je ne les remercierai jamais assez pour m'avoir soutenu durant toute ma vie.*

*Je les remercie pour leurs sacrifices pour m'offrir un climat idéal de travail, de m'apporter leurs soutiens depuis toujours, pour leurs encouragements et consentis dans le souci de ma réussite, car sans eux je ne serais plus arrivée là où j'en suis.*

***Mes très chères sœurs Linda, Louiza et Naima et chères frères Chabane et Lias qui je suis vraiment chanceuse de les avoir à mes côtés ;***

*Pour leurs soutiens depuis le premier jour, leurs aides et encouragements, Pour leurs présences et conseils qui sont à ce moment si particulier de ma vie un véritable cadeau que mon cœur leurs en est profondément reconnaissant,  
Soyez honorées par ce travail et que Dieu vous garde !*

***Mes meilleurs et adorables amis Missipsa, Achour et Yamina avec qui j'ai vécu tellement d'aventure depuis l'enfance ;***

*Depuis des années, nous sommes restés amis, dans les hautes et les bas de nos vies !  
Je tiens à les remercier chaleureusement d'être toujours à mes côtés, que cela soit dans les moments de joie ou de désespoir, Je vous souhaite une vie comblée et toute Réussite !*

***Ma chère binôme Meriem qui a choisi de partager avec moi ce précieux travail ;***

*J'ai beaucoup apprécié ta collaboration, ton implication et ton souci de détail,  
Très reconnaissante pour tes efforts et le temps qu'à pris pour réaliser notre projet.*

***Toute la promotion M2, QPSA 2020 qui sont la pierre de l'édifice de notre département ;***

*Je les souhaite une bonne continuation, ainsi qu'une réussite professionnelle répandant à leurs ambitions personnelles !*

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

**Zahoo**

***Je dédie ce modeste travail spécialement à :***

***Ma chère mère ;***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me porte depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés. Puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie.*

***La mémoire de mon père ;***

*Ce travail dédié à mon père décidé trop tôt, j'espère, qu'il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance d'une fille qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.*

***Mes chères sœurs Dyhia et Yasmine Ainsi que mes deux tantes Khedoudja et Saliha ;***

*Pour leurs soutiens depuis le premier jour, leurs aides et encouragements, Pour leurs présences et conseils qui sont à ce moment si particulier de ma vie un véritable cadeau que mon cœur leurs en est profondément reconnaissant, Soyez honorées par ce travail et que Dieu vous garde !*

***Mon seul et unique frère Massinissa ;***

*Qui a apporté la lumière et la douceur à la famille. Je te souhaite une vie comblée et toute Réussite !que dieu te garde !.*

***Mon chère et adorable ami Hichem et toute sa famille***

*Qui ma setounu tout au long de ce projet, Je tiens à te remercier chaleureusement d'être toujours à mes coté, que cela soit dans les moments de joie ou de désespoir, Je te souhaite une vie comblée et toute Réussite !que dieu te garde !.*

***Mes chers grands parents, mon cher oncle Atmane et ma chère tante Fatima ainsi que ses filles Ines et Alina.***

***Mes chères amies et cousines : Fatiha, Kahina, Sonia, Malika, Lahna et Nadjet.***

***Ma chère binôme Zahoua qui a choisi de partager avec moi ce précieux travail ;***

*J'ai beaucoup apprécié ta collaboration, ton implication et ton souci de détail, Très reconnaissante pour tes efforts et le temps qu'à pris pour réaliser notre projet.*

***Toute la promotion M2, QPSA 2020 qui sont la pierre de l'édifice de notre département ;  
Je les souhaite une bonne continuation, ainsi qu'une réussite professionnelle répandant à  
leurs ambitions personnelles !  
Et enfin pour tous les enseignants de la faculté des science de la vie et de la nature.***

***Meriem***

**A1001** : Sucre séché dirigé vers les silos de maturation.

**Adsorption** : A ne pas confondre avec l'absorption, est de fixer des ions libres, des atomes ou des molécules (adsorbats) à la surface d'une substance (adsorbant).

**Alcalisation** : action de rendre alcalin (basique)

**Bagasse** : sous-produit obtenu après le passage de la canne dans les unités de broyage.

**Boues** : Mélange de résidus provenant de l'épuration des jus de cannes.

**Brix** : La fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

**Caramels** : Saccharose chauffé à une température supérieure à son point de fusion. La réaction de caramélisation produit une dissociation du disaccharide en glucose et fructose suivie d'une recombinaison variante en fonction du traitement thermique ou de l'acidité.

**Eau mère**: dénomination donnée principalement au liquide qui reste après la cristallisation d'une ou plusieurs substances qui y étaient en dissolution ; Sirop dans lequel baignent les cristaux de sucre de la masse cuite.

**Ecumes** : résidus de filtrations, sont produits lors de l'extraction du jus de canne, sont riches en phosphore et en calcium et peuvent être utilisés comme engrais

**Egouts** : Impuretés en suspension récupérés lors de turbinage.

**Entre-nœud** : Espace compris entre deux nœuds ou deux articulations d'une tige

**Enzyme invertase** : une enzyme, son rôle est l'hydrolyse du saccharose alimentaire.

**Floculat** : précipité du a une floculation, procédés réversible consistant à rassembler les particules en suspension dans une substance colloïdale.

**Masse pâteuse (masse-cuite)** : mélange de cristaux et de sirop.

**Mélanines** : Produits d'oxydation des composés phénoliques

**Mélanoïdes** : composés de la réaction de Maillard de couleurs brun foncé à noirs, formés par combinaison d'un sucre réducteur et d'un acide aminé tel que l'acide glutamique.

**Mélasse** : Sous-produits de l'industrie sucrière, résidus de fabrication après le turbinage de la masse cuite, il contient principalement des colloïdes, des pigments naturels...etc. Une bonne partie de la mélasse produite par les sucreries est utilisée pour la production du rhum industriel.

**Nœuds limbe** : nœud plat et fin qui se rattache à la tige par le pétiole (partie étroite de la feuille).

**Non sucre** : Constitués de cendres et de matières organiques.

**Produits de dégradation alcaline des hexoses** : se forment lorsque la solution de saccharose est chauffée en milieu alcalin. Les hexoses sont transformés en acides lactique, acétique et formique et en substances colorantes brunes.

**Petit jus** : Terme utilisé dans l'industrie Cevital. C'est une eau sucrée récupérée lors de la filtration des boues.

**Vesou** : Le vesou est le jus obtenu en écrasant la canne à sucre et en le passant dans une presse.

- **A1001** : Sucre blanc au niveau du tapis A1001 avant maturation
- **A101** : Sucre roux au niveau du tapis A101
- **BP** : bas produits.
- **EP3** : Egout pauvre 3
- **FAO** : Food and Agriculture Organization.
- **HP** : hauts produits.
- **ICUMSA** : « International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis ».
- **JC** : Jus chaulé
- **JORA** : Journal Officiel de la Réglementation Algérienne.
- **LS1** : Liqueur standard 01
- **LS2** : Liqueur standard 02
- **LS3** : Liqueur standard 03
- **LSA** : Liqueur standard A
- **LSB** : Liqueur standard B
- **LSC** : Liqueur standard C
- **MC1** : Masse cuite 01
- **MC2** : Masse cuite 02
- **MC3** : Masse cuite 03.
- **Moy** : moyenne.
- **MS** : matière sèche.
- **N** : norme
- **NS** : Non sucre
- **PDAH** : Produits de la dégradation alcaline des hexoses
- **REI** : résines échangeuses d'ions
- **SA** : Sirop d'affinage
- **SBE**:Sucre blanc ensachage.
- **SC** : Sirop concentré
- **SC** : Sirop concentré



- **SC2** : Sirop carbonaté 2
- **SC3** : Sirop carbonaté 3
- **SD1** : Sirop décoloré 01
- **SD2** : Sirop décoloré 02
- **SD3** : Sirop décoloré 03
- **SF** : Sirop filtré
- **SNFS** : Syndicat national des fabricants de sucre de France
- **SPA** : Société Par Action
- **SR** : Sirop de fonte
- **UI** : Unité ICUMSA

<b>Figure 01</b> : Apparence de la canne à sucre.....	2
<b>Figure 02</b> : Image d'une coupe de la canne à sucre.....	2
<b>Figure 03</b> : Structure du saccharose.....	10
<b>Figure 04</b> : Situation géographique du complexe Cevital.....	13
<b>Figure 05</b> : Organigramme de la raffinerie sucre Cevital.....	15
<b>Figure 06</b> : Photographie du réfractomètre.....	18
<b>Figure 07</b> : Photographie du polarimètre.....	19
<b>Figure 08</b> : Photographie du spectrophotomètre UV- visible.....	21
<b>Figure 09</b> : Photographie d'une pompe sous vide.....	21
<b>Figure 10</b> : Evolution du Brix au cours du raffinage du sucre.....	25
<b>Figure 11</b> : Evolution de la pureté au coursdu raffinage du sucre.....	26
<b>Figure 12</b> : Evolution de la couleur au cours du raffinage du sucre.....	27
<b>Figure 13</b> : Evolution du pH au cours de raffinage du sucre.....	28
<b>Figure 14</b> : Evolution de l'alcalinité au cours du temps.....	30
<b>Figure 15</b> : Evolution du taux de décoloration de la carbo-filtration au cours du temp.....	30
<b>Figure 16</b> : Évolution de la couleur avant et après la carbo-filtration au cours du temps.....	31
<b>Figure 17</b> : Evolution du taux de décoloration de la décolorationau cours du temps.....	33
<b>Figure 18</b> : Évolution de la couleur du sirop filtré et du sirops décolorés au cours dutemps..	34
<b>Figure 19</b> : Evolution de la couleur de sucre blanc A100 au cours du temps.....	35
<b>Figure 20</b> : Evolution de l'humidité de sucre blanc A1001 au cours du temps.....	36

**Liste des figures en annexe**

**Figure 01** : Schéma du procédé de raffinage de sucre roux à la raffinerie CEVITAL

**Figure 02** : Importations mondial de sucre par région pour les années 2018/2019 et 2019/2020

**Figure 03** : Exportations mondial de sucre par région pour les années 2018/2019 et 2019/2020

**Tableau I** : Composition chimique des principaux produits de la canne.....3

**Tableau II** : Marché mondiale du sucre en million de tonnes.....12

**Tableau III**: Analyses physico-chimiques effectuées pour les différents échantillons prélevés au cours du procès.....17

**Tableau IV** : Techniques utilisées pour la préparation des échantillons.....18

**Liste des tableaux en annexes**

**Tableau I** : Principales réactions de transformation de la chaux.

**Tableau II** : Premiers pays importateurs pour l'année 2018/2019 et 2019/2020.

**Tableau III**: Liste du matériel et solutions utilisés pour les analyses effectuées.

**Tableau IV** : Appareillages utilisés au laboratoire du complexe CEVITAL.

**Tableau V** : Evolution du Brix au cours du processus de raffinage .

**Tableau VI** : Evolution de la pureté au cours du processus de raffinage.

**Tableau VII** : Evolution de l'alcalinité au cours du temps .

**Tableau VIII** : Evolution de la couleur au cours du processus de raffinage.

**Tableau IX** : Evolution du pH au cours du processus de raffinage.

**Tableau X** : Suivi du taux de décoloration du système de décoloration au cours du temps.

**Tableau XI** : Suivi du taux de décoloration de la carbo-filtration au cours du temps.

**Tableau XII** Suivi de l'évolution de la conformité du sucre blanc de Cevital.

Glossaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1

### ***Revue bibliographique***

#### **I. Généralités sur la canne à sucre**

I.1. Description botanique.....	2
I.2. Composition de la canne à sucre.....	3

#### **II. Technologie d'extraction et de raffinage de sucre roux**

II.1. Procédé d'extraction du sucre roux au niveau de la sucreie.....	4
II.1.1. Réception de la canne à sucre.....	4
II.1.2. Extraction .....	4
II.1.3. Clarification et filtration .....	4
II.1.4. Évaporation et cristallisation.....	4
II.1.5. Malaxage et turbinage.....	5
II.1.6. Séchage et stockage.....	5
II.2. Procédé de raffinage du sucre roux .....	5
II.2.1. Affinage et refonte.....	5
II.2.1. 1. Affinage.....	5
II.2.1.2. Refonte.....	6
II.2.2. Epuration calco-carbonique.....	6

II.2.2.1. Préparation de lait de chaux.....	6
II.2.2.2. Chaulage .....	6
II.2.2.3. Carbonatation .....	6
II.2.3. Filtration.....	7
II.2.4. Décoloration.....	7
II.2.5. Concentration.....	8
II.2.6. Cristallisation .....	8
II.2.7. Séchage.....	9
II.2.8. Stockage et Conditionnement.....	9
II.3. Le saccharose.....	9
II.3.1. Définition.....	9
II.3.2. Composition et structure.....	9
II.3.3. Propriétés physico-chimiques.....	10

### **III. Marché du sucre**

III.1. Le marché mondial du sucre .....	11
III.2. Marché de sucre en Algérie.....	12

## ***Partie expérimentale***

### **Chapitre I : Présentation de l'entreprise**

I. Présentation de l'entreprise.....	13
I.1. Situation géographique.....	13
I.2. Historique.....	14
I.3. Activité et capacité de production de l'entreprise.....	14
I.4. Organigramme du complexe CEVITAL.....	15

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

II.1. Echantillonnage et prélèvement.....	16
II.2. Préparation des échantillons.....	18
II.3. Analyses physico-chimiques effectuées.....	18
II.3.1. Mesure du Brix.....	18
II.3.2. Mesure de la polarisation. ....	19
II.3.3. Mesure de la pureté.....	20
II.3.4. Mesure de la couleur. ....	20
II.3.5. Mesure du pH. ....	21
II.3.6. Mesure de l'alcalinité.....	21
II.3.7. Mesure de l'humidité. ....	22
II.4. Taux de décoloration. ....	22
II.4.1. Taux de décoloration du système de carbo-filtration.....	22
II.4.2. Taux de décoloration du système de décoloration.....	23

## **III. Résultats et discussion**

III.1. Evolution des paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage du sucre roux.....	24
III.1.1. Evolution du Brix au cours du processus de raffinage.....	24
III.1.2. Evolution de la pureté au cours de processus de raffinage.....	25
III.1.3. Evolution de la couleur au cours du processus de raffinage.....	26
III.1.4. Evolution du pH au cours du processus de raffinage.....	27

III.1.5. Evolution de l'alcalinité.....	28
III.2. Effet des systèmes de raffinage sur la couleur.....	29
III.2.1. Effet de la carbo-filtration sur la couleur.....	29
III.2.2. Effet de la décoloration sur la couleur.....	31
III.3. Conformité du sucre blanc de Cevital.....	34
III.3.1. Couleur du sucre blanc A1001 au cours du temps.....	34
III.3.2. Humidité du sucre blanc A1001.....	35
Conclusion .....	37

Références bibliographiques

Annexes



# **Introduction**

Dans l'alimentation quotidienne, le sucre et les édulcorants jouent un rôle indispensable à la vie de nombreuses espèces animales, le saccharose est extrait principalement de la canne à sucre ou de la betterave sucrière **(Tian et al., 2019 ; Li et al., 2020)**.

Parmi toutes les industries agro-alimentaires, l'industrie de la transformation de la canne à sucre a un rôle majeur dans le développement économique des campagnes. Dans le monde entier, la canne à sucre peut être cultivée et consommée en grande quantité. **(Sahu, 2019)**.

La production mondiale de sucre est dominée par le sucre de canne qui est la principale source alimentaire de glucides **(Eggleston, 2018)**, par conséquent, le sucre est une marchandise très utile, de sorte que la demande mondiale continue d'augmenter jusqu'à 175.7 MT en 2019/2020 **(FAO, 2020)**.

En Algérie, la culture de canne reste inexploitée vu le climat méditerranéen qui ne favorise pas sa culture ; en effet elle se limite au raffinage du sucre roux importé et le conditionnement du sucre blanc **(Achabou et Tozanli, 2007)**. L'Algérie est considérée parmi les pays exportateurs de sucre raffiné grâce à la raffinerie sucre du complexe agroalimentaire Cevital **(Bessaoud et al., 2019)**.

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

Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire physicochimique de la raffinerie de sucre 3500T au niveau du complexe Cevital qui consiste à suivre l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage de sucre roux et de comprendre l'influence de certains systèmes de raffinage comme la carbo-filtration et la décoloration sur le rendement de la décoloration ainsi que l'évaluation de la conformité du sucre blanc produit.

Notre travail est subdivisé en deux parties principales : la première partie est essentiellement bibliographique, dans laquelle nous donnerons des généralités sur la canne à sucre ainsi qu'un survol sur les différentes étapes de procédés d'extraction et de raffinage du sucre roux. La deuxième partie sera consacrée pour la présentation de l'entreprise en premier lieu, puis nous présenterons le matériel et les différentes méthodes utilisées au niveau du laboratoire et enfin nous exposerons l'analyse et l'interprétation des résultats de notre étude.

# **Revue bibliographique**

## I. Généralités sur la canne à sucre

Le sucre (saccharose) est extrait des plantes saccharifères, en particulier de la canne à sucre ou de la betterave sucrière, il est donc considéré comme le glucide le plus disponible dans la nature résultant de la synthèse chlorophyllienne, le saccharose est stocké dans les cellules et s'accumule au niveau de la racine pour la betterave ou la tige pour la canne (Mathlouthi et Rogé, 2004 ; Peters *et al.*, 2010).

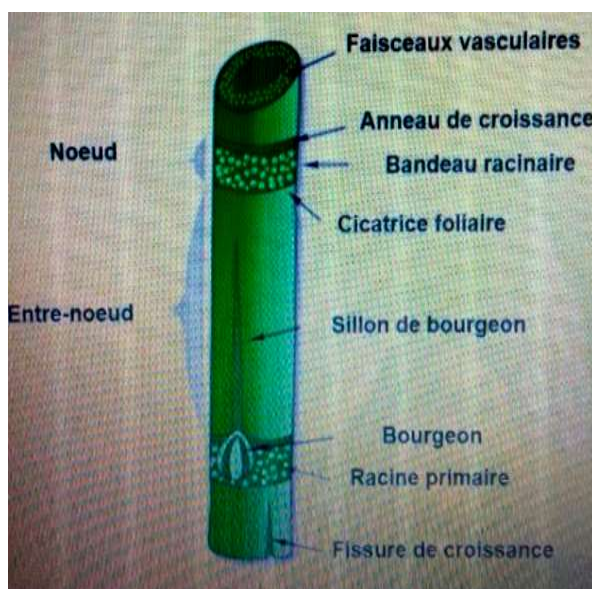
### I.1. Description botanique

La canne à sucre (*Saccharum officinarum*) est une plante vivace de la famille des Poacées, cultivée pour ses tiges qui renferment un jus sucré. Cette graminée talle à la base pour produire des tiges non ramifiées de 2 à 4 m ou plus de hauteur et jusqu'à environ 5 cm de diamètre (Glyn, 2004 ; Ekpélikpézé *et al.*, 2016).

Les tiges sont séparées par des nœuds en tronçons de 10 à 20 cm (les entre nœuds), et les feuilles sont réparties en deux files opposées et ont un limbe de 1 m de longueur sur 2 à 10 cm de largeur. En période de floraison, la tige se termine par une panicule, inflorescence argentée qui portera les graines (Delteil, 1884 ; Arzate, 2005). Les figures 01 et 02 montrent l'apparence et une coupe de la canne à sucre.



**Figure 01 :** Apparence de la canne à sucre (Warrant, 2019).



**Figure 02 :** Image d'une coupe de la canne à sucre (Warrant, 2019).

Cette plante pousse dans les conditions tropicales et subtropicales (exige un climat chaud, modérément humide et un intervalle de chaleur sèche), avec un cycle de culture de 10 à 18 mois (Delteil, 1884 ; Eelsharif et Abu-Naser, 2019). Caractérisée également par une croissance rapide pendant les saisons pluvieuses, et une accumulation importante en sucre (la maturation) pendant les saisons sèches dont la production de sucre varie de 5 à 10 tonnes par hectare de canne (Archimède *et al.*, 2011).

## I.2. Composition de la canne à sucre

La composition de la canne à sucre varie selon de degré de maturité, type de sol, variété,...ect. (Delteil, 1884). La composition chimique moyenne en pourcentage (%) de la canne à sucre et ses principaux produits est indiquée dans le tableau I ci- dessous :

**Tableau I :** Composition chimique des principaux produits de la canne (Delteil, 1884 ; Arzate, 2005 ; Archimède *et al.*, 2011).

Composants	La canne entière(%)	Tige de canne(%)	Jus de canne(%)	Mélasses(%)
Eau	67-70	68-70	80-82	24-28
Matière sèche	30-33	30-32	18 – 20	72-76
Matière organique /MS	92-94	94-95	70-88	ND
Matière minérale /MS	6-8	5-6	1.5-2.5	14-16
Matière azotée totale /MS	2.5-3	1.5-2	1.2-1.6	4-5
Saccharose	13-15	13-15	80-92	ND
Fibres ligneuses	13-14	ND	-	-

ND : Non déterminé

## II. Technologie d'extraction et de raffinage du sucre roux

Le sucre de canne raffiné est classiquement obtenu à partir d'un produit intermédiaire « sucre brute » (Vu *et al.*, 2020). Cela nécessite une multitude d'opérations unitaires destinées à éliminer le maximum d'impuretés afin que l'étape de cristallisation soit la plus efficace possible (Mersad *et al.*, 2002).

## **II.1. Procédé d'extraction du sucre roux**

L'objectif de l'industrie sucrière, est de produire avec un rendement optimum, un sucre de meilleure qualité demandée par le client et à moindre coût (**Rousseau, 2002**).

L'opération commence par la récolte de la canne. Le chargement et le transport sont réalisées mécaniquement, dans un délai de 36 h après la coupe. (**Toure et al., 2010**).

### **II.1.1. Réception de la canne à sucre**

Les chargements de cannes qui arrivent par camions sont pesées, des prélèvements sont réalisés pour déterminer le pourcentage de saccharose contenu dans les cannes (**Courteau, 2005**). Celles-ci sont lavées, puis défibrées par des coupes cannes pour faciliter le broyage qui va servir pour l'extraction de jus (**Toure et al., 2010**).

### **II.1.2. Extraction**

Les cannes sont déchiquetées et broyées par des broyeurs appelées Schredders (**Decloux, 2002**). Les morceaux de canne à sucre passent dans une série de moulins cylindriques et subissent une pression hydraulique entraînant la récupération du jus sucré « le vesou » (**Arzate, 2005 ; Toure et al., 2013**).

### **II.1.3. Clarification et filtration**

La clarification est l'un des processus les plus importants qui élimine les impuretés non-sucre présentes dans le jus de canne (**Beeram et al, 2020**). Le jus brut obtenu après extraction est mélangé avec le lait de chaux et barboté avec le dioxyde de carbone, le jus clair est filtré alors que les impuretés (la boue) se déposent au fond du décanteur (**Arzate, 2005 ; Asadi, 2007**).

### **II.1.4. Évaporation et cristallisation**

Le jus clair obtenu est concentré à environ 70 % de matières sèches dans un système d'évaporation à pression réduite pour l'élimination de l'eau et obtenir un sirop cristallisable (**Burzawa et Heitz, 1994**). Dans des cristallisoirs, le sirop est chauffé à 55°C à basse pression pour obtenir une masse cuite renfermant des cristaux de sucres et un liquide visqueux appelé liqueur mère (**Arzate, 2005**).

### **II.1.5. Malaxage et turbinage**

La masse cuite est malaxée et turbinée dans des centrifugeuses donnant un sucre du premier jet, le sirop épuisé subit à nouveau les mêmes opérations pour obtenir un sucre du deuxième jet puis du troisième jet jusqu'à l'obtention d'un sucre de dernier jet et de la mélasse (Arzate, 2005).

### **II.1.6. Séchage et stockage**

Le sucre est séché dans des granulateurs à tambour pour réduire sa teneur en eau puis stocké dans des silos jusqu'à son conditionnement en différents sacs qui seront ensuite transférés à la station désirée (Libelle, 2007 ; Sahu, 2018).

Le sucre brut ainsi obtenu est appelé sucre roux ce dernier est le saccharose partiellement purifié, cristallisé à partir d'un jus de sucre de la canne au niveau d'un complexe sucrier, il est caractérisé par des cristaux de saccharose recouvert d'une pellicule de mélasse de canne (Norme codex, 1999 ; Vercambre et Langellier, 2008).

## **II.2. Procédé de raffinage du sucre roux**

Le processus de raffinage de sucre de canne est principalement axé sur l'élimination des impuretés et les composés colorés qui altèrent la qualité du produit final. Il subit des différents traitements et transformations à travers les différentes sections de l'unité de raffinage permettant l'obtention d'un sucre blanc pur (Cartier *et al.*, 1997 ; Mersad *et al.*, 2002). Le processus de raffinage de sucre roux au niveau de la raffinerie Cevital est présenté dans la figure 03 en annexe I.

L'opération commence par la réception de sucre roux importé du Brésil, il est stocké dans un silo d'une capacité de 50000 T et selon le rythme de fonctionnement de la raffinerie, le sucre passe dans une trémie tampon puis à travers une bande transporteuse vers l'unité de raffinage 3500 t/j (MOR, 2009).

### **II.2.1. Affinage et refonte**

#### **II.2.1.1. Affinage**

L'affinage est la première étape de raffinage du sucre 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 (**Donovan, 2003 ; Arzate, 2005**).

### **II.2.1.2. Refonte**

La refonte permet la dissolution des cristaux de sucre affiné obtenue, il est fondu dans un fondoir à une température de 85°C dans une eau sucrée chaude pour atteindre un Brix de 66% et former un sirop de refonte (**Asadi, 2007 ; MOL, 2009**). Ce dernier est filtré à travers un tamis pour éliminer la majeure partie des particules étrangères mélangées avec les cristaux de sucre (**Decloux et al., 1999**).

### **II.2.2. Epuración calco-carbonique**

L'épuration est un procédé chimique, son but est d'enlever les matières en suspension, de neutraliser le jus pour éviter la formation d'autres molécules colorantes, d'enlever les impuretés organiques ou minérales dissoutes et donc de décolorer le sirop résultant de la refonte (**Decloux, 2002**).

#### **II.2.2.1. Préparation du lait de chaux**

La mise en œuvre de la chaux exige sa transformation en lait de chaux qui est préparé par un mélange de chaux industrielle et de petit jus (eau sucrée) récupéré lors de la filtration. La chaux est peu soluble dans l'eau mais soluble en milieu sucré et ceci confère à la chaux une propriété épurante (**Burzawa, 1999 ; Decloux, 2002**).

#### **II.2.2.2. Chaulage**

Le sirop de refonte est chauffé par un échangeur à une température entre 80 à 90°C puis, envoyé vers un mélangeur et additionnée avec le lait de chaux pour obtenir un jus chaulé (**Belhamri, 2005 ; Asadi, 2007**).

#### **II.2.2.3. Carbonatation**

La carbonatation est basée sur le procédé de Perier et Possoz qui consiste à barboter le dioxyde de carbone dans le jus chaulé. La chaux se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés contenues dans le sirop de refonte (**Hugot, 1987 ; Cole et al., 2019**).

##### **➤ Première carbonatation**

L'objectif de la première carbonatation est de précipiter l'excès de chaux en suspension dans le jus sous forme de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), afin d'enrober les



impuretés précipitées en amont et permettre une bonne sédimentation et une bonne filtration, par adsorption des molécules chargées négativement. Le point optimum de carbonatation est obtenu par un pH de 11,10 à 11,20 et une alcalinité de 1,0 à 1,25 g CaO/L (**Burzawa, 1999 ; Decloux, 2002**).

➤ **Deuxième carbonatation**

Le jus qui provient de la première carbonatation (SC1) est trouble et contient une quantité trop importante de chaux ; donc une deuxième carbonatation est obligatoire. Cette opération est sémi-laire à la première carbonatation, mais dans ce cas le pH diminue et l'alcalinité augmente (**Chen et Chou, 1993 ; MOR, 2009**).

➤ **Troisième carbonatation**

Après la deuxième carbonatation, on obtient un jus (SC2) qui contient encore des impuretés et du carbonate de calcium non précipité. Cette étape a pour but d'éliminer le maximum de molécules de carbonate de calcium. On obtient un jus Claire (SC3) d'un pH proche de la neutralité et une alcalinité de 5.5 g CaO/L (**Burzawa, 1999 ; MOR, 2009**).

Le tableau 1 en annexe I résume le cycle de la chaux ainsi que les principales réactions au cours de la carbonatation.

### **II.2.3. Filtration**

Le sirop issu de la carbonatation passe à travers des filtres à bougie pour obtenir un jus clair en retenant sur les filtres les impuretés adsorbées sur le carbonate de calcium (**Petit, 2012**). Ce dernier se dépose sur les filtres et forme une couche qui se transforme en gâteaux. Le gâteau et la boue sont récupérés puis pressés par un filtre à presse pour obtenir un petit jus utilisé dans la préparation d'un lait de chaux, tandis que les écumes seront utilisées comme engrais (**Hamachi et al., 2003 ; Savard, 2018**).

### **II.2.4. Décoloration**

La décoloration consiste à réduire le taux de la coloration du sirop issu de la section d'épuration jusqu'à 80% à l'aide des résines polystyréniques macroporeuses anioniques (**Lameloise et Decloux, 2007 ; MOR, 2009**).

Le sirop filtré passe à travers des colonnes contenant des groupements fonctionnels qui sont sous forme de petites perles de forte basicité permettant l'attraction et l'élimination de

tous les anions des molécules minérales et organiques même à haut poids moléculaire. Une fois que la capacité de la résine à éliminer la couleur a été épuisée, la régénération des résines est réalisée par une saumure basique (NaCl) et représente la réaction inverse de la décoloration anioniques (Theoleyre *et al.*, 1999 ; Donovan, 2003 ; Mabrouk, 2012 ; Alharati, 2018).

### **II.2.5. Concentration**

Le but de la concentration est d'éliminer l'eau par évaporation (Hugot, 1987) dans un concentrateur sous vide à une température de 80 °C pour amener le sirop à une concentration proche à celle de la saturation du sucre avec un Brix de 70% (Mathlouthi et Rogé, 2001).

### **II.2.6. Cristallisation**

Le processus de cristallisation est la dernière étape de la production de sucre. Elle permet l'extraction du saccharose en solution dans le jus concentré et l'élimination de 99,5 à 99,7 % des non-sucre. Elle est effectuée en 3 étapes appelées jets, chaque jet comprend 3 étapes : cuisson, malaxage et essorage (turbinage) (Decloux, 2002 ; Grondin-Perez *et al.*, 2005).

#### **➤ Cuisson**

Elle est effectuée dans des cuites. Le sirop liquide standard provenant de la section de concentration alimente chaque cuite, conduisant à la formation des cristaux en suspension. Le sirop est nommé masse-cuite dont le liquide entourant les cristaux appelé eau mère puisqu'il nourrit le cristal (Decloux, 2003 ; Mathlouthi et Rogé, 2004).

#### **➤ Malaxage**

Le malaxage s'effectue dans des malaxeurs munis d'agitateurs et équipés d'un système à circulation d'eau pour régler la température. Il permet d'épuiser au maximum l'eau mère au moyen d'un procédé de cristallisation par refroidissement, il consiste à développer les cristaux de sucre en abaissant la température dans le but de diminuer la solubilité. (Tabouret, 1987).

#### **➤ Turbinage (Essorage)**

Après le malaxage, la masse cuite passe à travers des turbines pour séparer les cristaux du sucre de l'eau mère. Elle est essorée par une force centrifuge, les cristaux de sucre restent dans le tamis alors que l'eau mère est évacuée et prend le nom d'égout pauvre. La surface des cristaux est lavée par pulvérisation d'eau (clairçage), le sirop issu du lavage est plus pur que le

précédent égout, d'où son nom d'égout riche (**Hugot, 1987 ; MOR, 2009**).

Le dernier jet est un jet d'épuisement coloré, il est recyclé et une eau mère récupérée (mélasse) dans laquelle sont concentrées toutes les impuretés, (**Decloux, 2008**).

### **II.2.7. Séchage**

Le sucre humide sorti desessoreuses est séché à l'air chaud et sec dans un sécheur tambour, puis refroidi avec l'air froid et sec dans un refroidisseur. Ces deux étapes sont nécessaires à la bonne conservation du sucre et permettent d'éviter son altération (**Burzawa et Heitz, 1994 ; Pron, 2004**).

### **II.2.8. Stockage et Conditionnement**

L'eau présente autour du cristal doit être évacuée afin d'éviter les problèmes courants tels que l'agglomération des cristaux et la croissance de micro-organismes. Cette période d'évacuation d'eau mère est dite phase de maturation (**Mahlouthi et Rogé, 2001**).

Le sucre est stocké dans des silos permettant d'une part la disponibilité permanente de sucre cristallisé en grande quantité pour les clients industriels et d'autre part maturation du sucre durant son séjour d'au moins 3 jours pour garantir sa qualité en attendant son conditionnement en sachet de 50 kilos jusqu'à son chargement vers l'utilisateur final (**Favier, 2001 ; Sahu, 2018**).

## **II.3. Saccharose**

### **II.3.1. Définition**

Le saccharose est un diholoside constitué de glucose et de fructose dont le nom normalisé est  $\alpha$ -D glucopyranosyl (1-2) -  $\beta$ -D-fructofuranoside (**Decloux, 2002 ; Jarosz, 2020**).

### **II.3.2. Composition et structure**

Le saccharose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) est formé de deux molécules d'hexoses réductrices, l' $\alpha$ -D-glucose et le  $\beta$ -D-fructose liés par une liaison osidique (**Raisonnier, 2010**). Il peut être catalysé par voie chimique (HCl) ou hydrolyse enzymatique par des osidases,  $\alpha$ -glucosidase et la  $\beta$ -Fructofuranosidase (**Alais et Linden, 1997**).

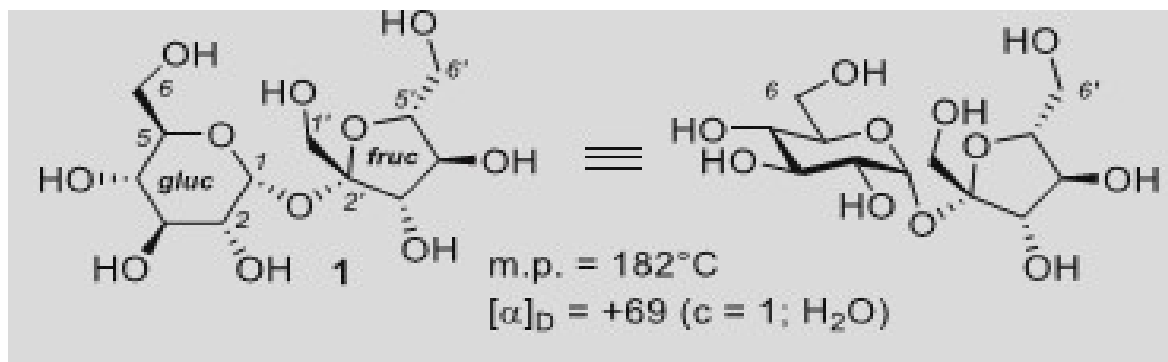


Figure 03 : Structure du saccharose (Jarosz, 2020)

### II.3.3. Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques des sucres et des édulcorants sont nécessaires à la compréhension du mécanisme de la saveur sucrée et à la maîtrise de l'application de ces produits dans les industries alimentaires et pharmaceutiques (Mathlouthi, 1993).

#### ➤ Aspect

Le sucre de commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdaux) qui n'est pas hygroscopique. Il est inodore et de saveur caractéristique (Doucet, 1992). Son humidité est très faible de l'ordre de 0,05% ceci explique une meilleure stabilité et une durée du stockage très longue (Multon, 1992).

#### ➤ Granulométrie

Le sucre se présente sous différentes formes granulométriques, chacune adaptée aux multiples besoins des industries utilisatrices. La granulométrie est exprimée par l'ouverture moyenne qui caractérise la dimension moyenne des cristaux (OM) et le coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux autour de cette valeur moyenne (Doucet, 1992).

#### ➤ Densité

La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, la densité apparente change légèrement selon la taille des cristaux et sa distribution en fonction du degré de leurs tassements. L'intervalle de cette variation est de 0,8. Ce qui traduit par une masse volumique globale de 0,8 à 0,9 g/cm<sup>3</sup> pour la majorité des produits (Arzate, 2005).

➤ **Solubilité**

Le saccharose présente une grande solubilité dans l'eau et les solvants très polaires mais presque insoluble dans les solvants organiques. Elle augmente significativement avec la température mais aussi dépend de la quantité et de la nature des autres molécules présentes. La vitesse de dissolution dépend de la taille des particules, la vitesse d'agitation et du degré de saturation (**Mathlouthi et Reiser, 1995 ; Jarosz, 2020**).

➤ **Inversion**

L'inversion est l'hydrolyse du saccharose, s'effectue en milieu aqueux plus au moins acide et sous l'action de la température et conduit à la transformation du saccharose en un mélange équimolaire (glucose et fructose). La solution obtenue prend le nom d'inverti ou sucre inverti (**Multon, 1992 ; Mathlouthi et Reiser, 1995**).

➤ **Pouvoir rotatoire**

La molécule du saccharose contient dans sa structure les carbones asymétriques, qui sont capables de tourner le plan de polarisation de la lumière monochromatique. L'activité optique se caractérise par le pouvoir rotatoire spécifique  $[\alpha]$ , qui est défini, comme l'angle de rotation optique obtenu, quand la lumière traverse la couche de solution d'une longueur de 1 dm et que la concentration de solution est de 1 g/ml (**Loginova, 2011**).

➤ **Point de fusion**

Le point de fusion du saccharose est de 186° C est en fonction de la pureté de l'échantillon. Cette valeur peut varier entre 182 et 192° C (**Mathlouthi, 2002**). En chauffant lentement à sec, le sucre commence à fondre vers une température de 160° C puis se caramélise à 190° C (**Multon, 1992**).

➤ **Activité de l'eau (AW)**

Le saccharose a une autre propriété importante qui est sa capacité d'hydratation. Cette caractéristique affecte l'activité de l'eau (AW) de la solution ou du produit dans lequel le saccharose est présent (**Arzate, 2005**).

### **III. Marché du sucre**

#### **III.1. Le marché mondial du sucre**

La production mondiale de sucre en 2019/20 est prévue par la FAO à 169,6 millions de tonnes, 3% de baisse par rapport à celle de 2018/19, qui était déjà plus bas par rapport à la

saison record 2017/18, voir le tableau II (FAO, 2020).

**Tableau II : Marché mondiale du sucre en million de tonnes (FAO, 2020).**

<b>Equilibre mondiale</b>	<b>2017/2018</b>	<b>2018/2019</b>	<b>2019/2020</b>
Production	181.1	174.6	169.6
Commerce	61.6	55.8	58.7
Utilisation	171.1	173.9	175.7
Stock	93.1	93.9	87.8

Cette baisse de production est présente dans certains principaux pays producteurs tel que l'Inde et la Thaïlande et est liée à des conditions météorologiques défavorables et la forte baisse de la croissance économique et de la demande mondiale en sucre provoquée par la pandémie Covid-19 (Cambronne et Leperlier, 2020 ; FAO, 2020).

Dans les perspectives actuelles, la consommation mondiale de sucre par habitant est stimulée à 22,8 kg, à peu près au même niveau qu'en 2018/2019 ceci peut être expliqué par la pandémie covid-19 (FAO, 2020). Les perspectives d'importation et d'exportation sont présentés dans la figure 02 et 03 en annexe I.

### **III.2. Marché de sucre en Algérie**

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de Sucre), l'Algérie est classée le 6<sup>ème</sup> pays importateur de sucre (2.07 millions de tonnes) pour l'année 2018/2019 et le 5<sup>ème</sup> importateur pour l'année 2019/2020, voir le tableau II en annexe I (FAS, 2019).

L'Algérie est en tête du classement des importateurs de sucre brésiliens pendant la récolte actuelle de canne à sucre, selon les chiffres de l'Association brésilienne de l'industrie de la canne à sucre, elle a importé 588000 tonnes du Brésil au deuxième trimestre 2019, soit 13% de tout le sucre que le Brésil a expédié à l'étranger au cours de ce trimestre (São, 2019).

L'Industrie sucrière est détenue à 80% par la société CEVITAL. Actuellement, la consommation de sucre serait de 1,3 millions de tonnes/ an. Le besoin futur pour le pays serait de l'ordre de 2 millions de tonnes/ an. Grâce à la création de la Grande Raffinerie Oranaise de Sucre (à Oran), le besoin national en termes de sucre raffiné serait de l'ordre de 2,5 millions (Achabou et Tozanli, 2007).

# **Chapitre I : Présentation de l'entreprise**

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise

### I. Présentation de l'entreprise

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

#### I.1. Situation géographique

Ce complexe est implanté dans l'enceinte portuaire de Bejaia à 3 Km du sud-ouest de Bejaia, à proximité de la route national N° 26, soit à 280 Km d'Alger. Il s'étend sur une superficie de 75000 m<sup>2</sup>. Grâce à cet emplacement stratégique, le complexe occupe une place importante dans l'économie locale et nationale.

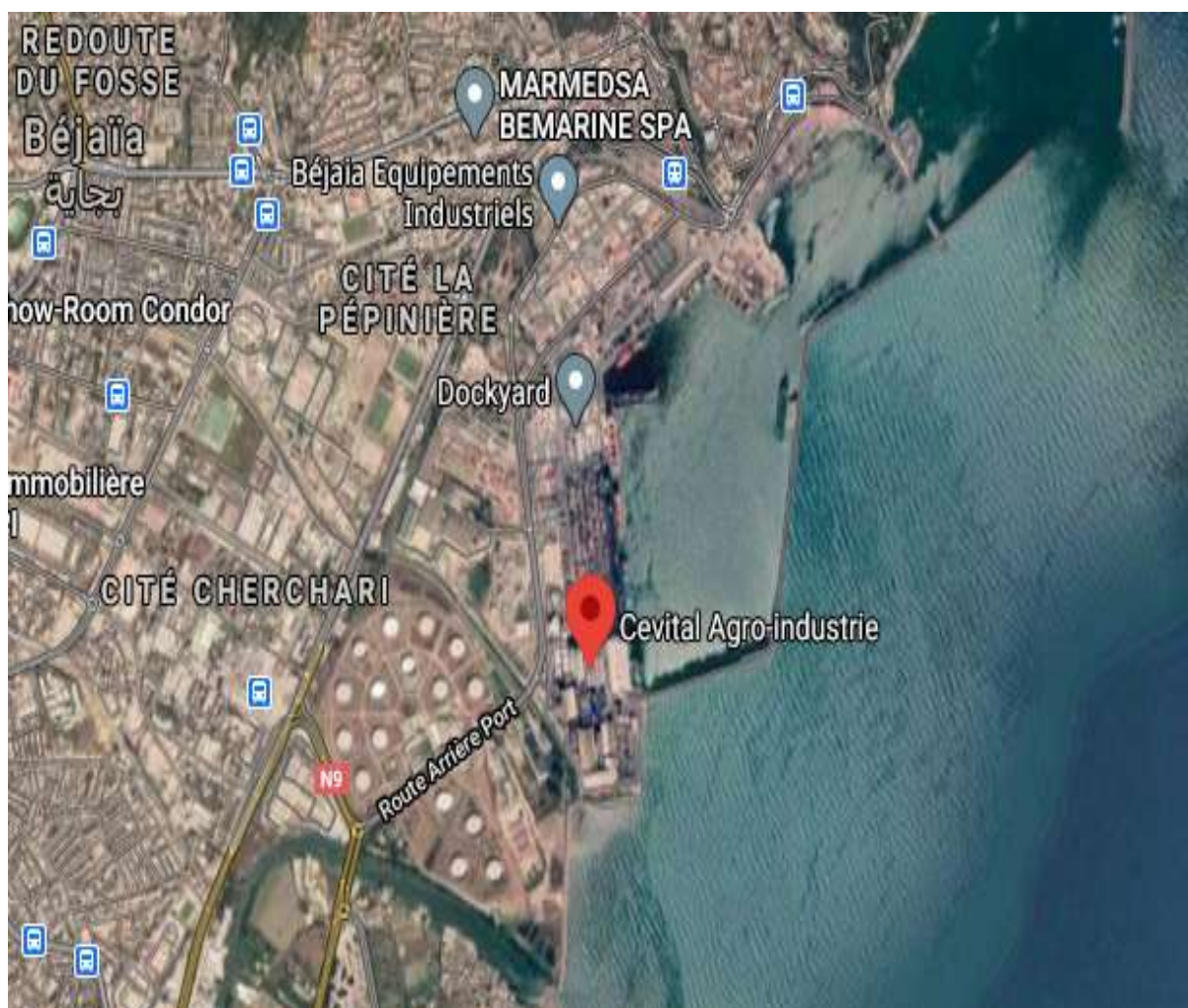


Figure 04 : Situation géographique du complexe Cevital



## **I.2. Historique**

En 2003, entrée en production de la raffinerie de sucre blanc cristallisé avec une capacité de production de 1600 tonnes/ jour.

Depuis 2010, plus de 1500000 tonnes de sucre produit par la filiale CEVITAL Agro-industrie est exportés dans plus de 40 pays.

Depuis 2016, cette unité de production est considérée parmi les plus grandes raffineries de sucre avec une capacité de production de 2 millions de tonnes par an.

## **I.3. Activité et capacité de production de l'entreprise**

Actuellement, Le complexe agroalimentaire CEVITAL de Bejaia comprend :

- Une raffinerie d'huile, avec une capacité de production de 1800 t / jour ;
- Une margarinerie et graisses végétales, avec une capacité de production de 600 t /jour ;
- Une raffinerie de sucre blanc, avec une capacité de production de 3000 t /jour ;
- Une raffinerie de sucre blanc, avec une capacité de production de 3500 t /jour ;
- Une unité de sucre liquide d'une capacité de production de 600 t/j ;
- Une unité de conditionnement d'eau minérale « LallaKhedidja » avec une capacité de production de 3000000 bouteilles /jour ;
- Une unité de boissons fruitées « Tchina » avec une capacité de production de 600000 bouteilles/heure ;
- Une unité de fabrication de bouteilles et de bouchons ;
- Plusieurs unités de conditionnement de sucre et de bouteilles d'huile ;
- Conserverie de tomates et de confitures avec une capacité de production de 80 t/jour ;
- Plusieurs unités de production, mayonnaise, ketchup, moutarde...etc.
- Plusieurs silos et hangars de stockage des matières premières (sucre roux) et produits finis (sucre blanc) à savoir : deux hangars de stockage du sucre roux et trois silos de stockage du sucre blanc avec une capacité de 2000 tonnes / heures.

A cet effet, ce complexe propose sur le marché national et international une gamme variée d'huile de table, de margarines et le sucre permettant de couvrir les besoins nationaux et de passer au stade exportateur. Ses produits se vendent dans plusieurs pays à savoir l'Afrique de l'ouest, au Maghreb, au Moyen Orient mais aussi en Europe.

## **I.4. Organigramme du complexe Cevital**

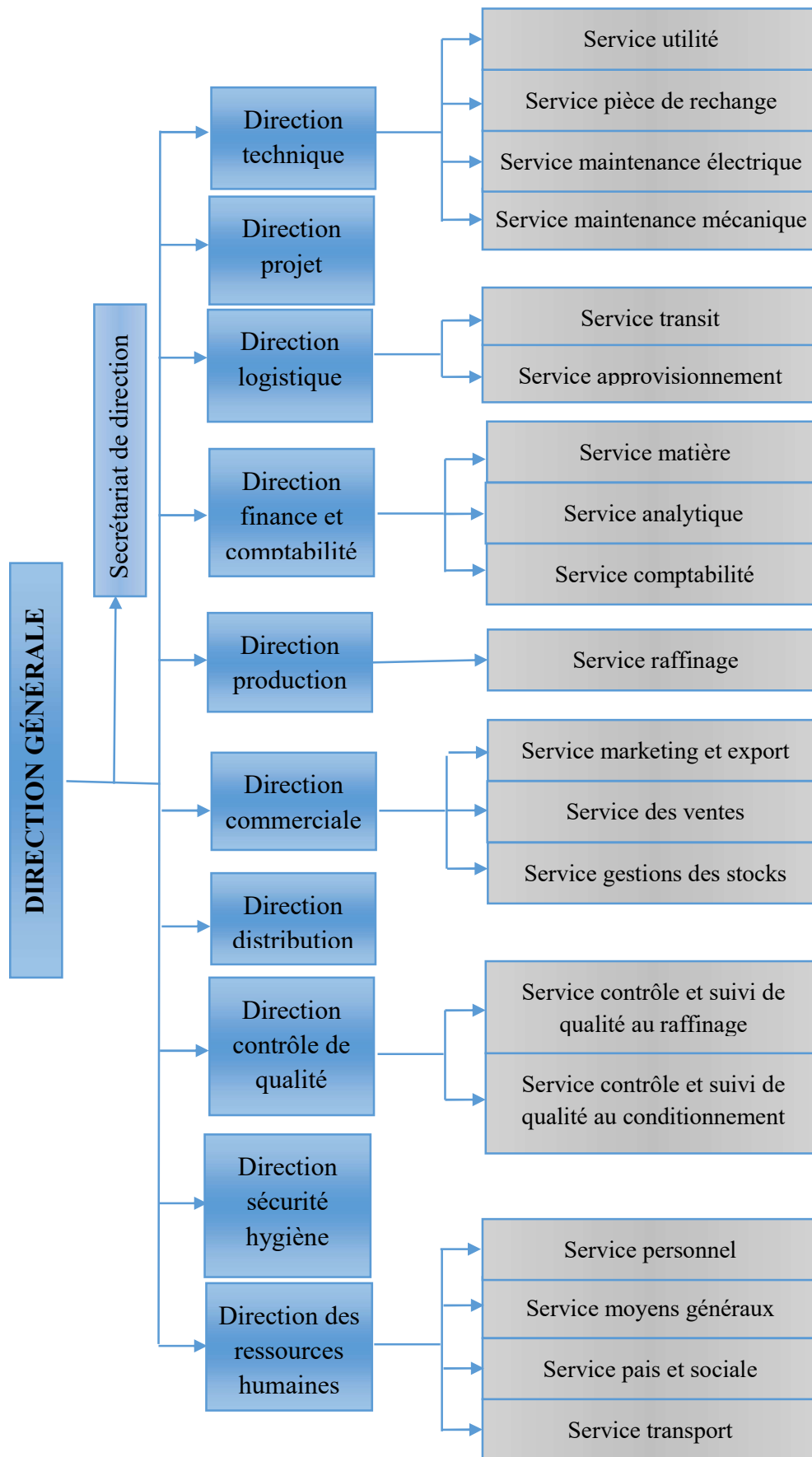


Figure 05 : Organigramme de l'entreprise Cevital

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

La présente étude est réalisée au niveau du laboratoire de contrôle de qualité de la raffinerie de sucre 3500 T Cevital pour une période de 15 jours. Le présent travail consiste à suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques (Brix, pureté, couleur, pH et alcalinité) au cours du processus de raffinage du sucre roux et l'influence des systèmes de raffinage (carbo-filtration et décoloration) sur le rendement de la décoloration du sucre roux, pour cela une étude de la conformité du sucre blanc produit est faite quotidiennement dans le but de garantir une bonne qualité du sucre destiné à la vente et de satisfaire les exigences de la clientèle en appuyant sur les analyses suivantes (Humidité et couleur).

### **II.1. Echantillonnage et prélèvement**

Au cours du processus de production de sucre raffiné, plusieurs paramètres voir (le Brix, pureté, couleur, alcalinité et pH) on fait l'objet de certains analyse physico-chimiques pour vingt et un (21) produits intermédiaires prélevés de six sections principales de l'atelier de raffinage (Affinage et refonte, épuration calco-carbonique, filtration, décoloration, concentration et cristallisation) pendant 15 jours.

Les échantillons sont recueillis dans des pots en plastique étiquetés de 500 ml, ces derniers sont préalablement rincés avec le sirop en question (échantillon prélevé) au niveau des différentes sections de l'atelier de production jusqu'au produit fini (sucre blanc) et les prélèvements sont effectués à des fréquences différentes à savoir les étapes et les sections ;

- Le prélèvement de sucre cristallisé s'effectue chaque heure et consiste à remplir un pont de sucre blanc au niveau des tapis A1001.
- Le prélèvement des échantillons en cours de fabrication s'effectue chaque deux heures et consiste à ouvrir le robinet qui se trouve juste après la pompe de soutirage de chaque bac permettant de recueillir une quantité suffisante et de remplir les ponts qui seront immédiatement acheminés vers le laboratoire.

Le tableau III résume les différentes analyses physico-chimiques effectuées pour les différents échantillons prélevés au cours du procès.

**Tableau III:** Analyses physico-chimiques effectuées pour les différents échantillons prélevés au cours du procès.

Echantillons		Type d'analyse						
		Brix	Polarisation	Pureté	Couleur	pH	Alcalinité	Humidité
Produits Intermédiaires	Sirop d'affinage (SA)	+	+	+	+	+	-	-
	Sirop de refonte (SR)	+	+	+	+	+	-	-
	Jus chaulé (JC)	-	-	-	-	+	+	-
	Sirop carbonaté 1 (SC1)	-	-	-	-	+	-	-
	Sirop carbonaté 2 (SC2)	-	-	-	-	+	-	-
	Sirop carbonaté 3 (SC3)	-	-	-	-	+	-	-
	Sirop filtré (SF)	+	+	+	+	+	-	-
	Sirop décoloré 1 (SD1)	+	+	+	+	+	-	-
	Sirop décoloré 2 (SD2)	+	+	+	+	+	-	-
	Sirop décoloré 3 (SD3)	+	+	+	+	+	-	-
	Sirop concentré (SC)	+	+	+	+	+	-	-
	Liqueur standard 1 (LS1)	+	+	+	+	-	-	-
	Liqueur standard 2 (LS2)	+	+	+	+	+	-	-
	Liqueur standard 3 (LS3)	+	+	+	+	+	-	-
	Liqueur standard A	+	+	+	+	+	-	-
	Liqueur standard B	+	+	+	-	+	-	-
	Liqueur standard C	+	+	+	-	+	-	-
	Mélasse	+	+	+	-	+	-	-
	<b>Produit fini</b>	Sucre blanc A1001	-	-	-	+	-	-

## II.2. Préparation des échantillons

Lors de la réalisation des analyses physico-chimiques, les échantillons à analyser subissent de différentes dilutions, homogénéisations ou agitations. Le tableau V ci-dessous résume les techniques utilisées pour la préparation des échantillons.

**Tableau IV:** Techniques utilisées pour la préparation des échantillons.

Produits	Dilutions	Homogénéisation	Filtration
Sirop dense	1/10	Homogénéisation à l'aide d'un homogénéisateur automatique.	La solution additionnée de la terre infusoire est filtrée à travers un filtre plissé standard
Sirop clair	1/5		/
Sucre blanc	1/2	Agitation à l'aide d'un agitateur magnétique	A travers une membrane de porosité 0,45 microns à l'aide d'une pompe sous vide

## II.3. Analyses physico-chimiques effectuées

### II.3.1. Mesure du Brix

Le Brix est le rapport entre la quantité de matière sèche (MS) contenue dans la solution et la quantité de la solution (**Bahrami et al., 2019**).

La détermination du Brix est réalisée selon la méthode **SNFS n° 41(2001)** en mesurant l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre thermostat (Figure 06) à 20 °C. (**MOL, 2012**).



**Figure 06 :** Photographie du réfractomètre

Le produit à analyser est dilué, homogénéisé ensuite une quantité d'échantillon est versé dans le réfractomètre. Les résultats sont exprimés en g/ml ou en pourcentage (%) de matière sèche et calculer selon la formule suivante :

$$\text{Brix} = \text{Lecture de la valeur sur le réfractomètre} \times \text{facteur de la dilution} \quad (\%)$$

### II.3.2. Mesure de la polarisation

La polarisation (teneur en sucre d'une solution) est le rapport entre la quantité de sucre contenue dans la solution et la quantité de solution (Tewari *et al.*, 2003).

Elle est déterminée selon la méthode SNFS n° 41 (2001) et est mesurée à l'aide d'un polarimètre thermostat à 20 °C. Le produit à analyser est dilué et homogénéisé puis versée dans le polarimètre (figure 07) (MOL, 2012)



Figure 07 : Photographie du polarimètre.

La valeur de la polarisation est affichée directement sur l'appareil et exprimée en pourcentage selon la formule suivante :

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

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} K = 0,20 \text{ si le poids normal du saccharimètre est à } 20 \text{ g} \\ K = 0,26 \text{ si le poids normal du saccharimètre est à } 26 \text{ g} \end{array} \right.$$

### II.3.3. Mesure de la pureté

La pureté est le rapport entre la teneur en saccharose et la teneur en matière sèche (**Decloux, 2002**).

La détermination de la pureté est réalisée en mesurant la polarisation et le Brix. Elle est exprimée en pourcentage en gramme de saccharose pour 100g de matière sèche (**Decloux, 2002 ; MOL, 2012**).

Elle est calculée par le logiciel CLEOPATRE selon la formule suivante :

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

### II.3.4. Mesure de la couleur

La coloration en solution est déterminée selon le méthode **ICUMSA GS 2/3-10 (2007)** à travers une membrane filtrante (sucre blanc) et la **méthode SNFS n° 15 (1999)** (produits intermédiaires) mesurée à une longueur d'onde de 420nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV- visible (Figure08) (**Giani, 2018**).

Les solutions sont diluées, agitées ou homogénéisées et préalablement filtrées à l'aide d'une pompe sous vide (figure 09). Le Brix est mesuré sur le filtrat récupéré pour déterminer la concentration de la solution en ajustant le pH à  $7 \pm 0.1$  avec des solutions de Hcl ou NaOH (0.1N).Après avoir fait le zéro base, avec de l'eau distillée filtrée, l'absorbance des solutions est mesurée à 420 nm dans des cellules de 5cm (sucre cristallisé) et 1cm (sirops) (**MOL, 2012 ; Solís-Fuentes et al, 2019**).

La couleur des échantillons analysés est calculée par le logiciel CLEOPATRE selon l'équation suivante :

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

Avec :

- { Abs : Absorbance de la solution à 420 nm ;
- { b : longueur (cm) du trajet parcouru par la lumière dans la solution considérée ;
- { C : Concentration (g/ml) de la solution de sucre ;





**Figure 08 :** Photographie du spectrophotomètre UV- visible



**Figure 09 :** Photographie d'une pompe sous vide

#### II.4.5. Mesure du pH

Le pH, caractéristique essentielle d'une solution, est défini par l'OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale) comme le cologarithme de l'activité ionique de l'ion hydronium (SNFS, 1999).

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

Après un rinçage soigné, les électrodes simples ou combinées sont placées dans la solution à mesurer de telle manière que le niveau de l'électrolyte interne dépasse d'environ 2 cm celui de la solution à étudier. La solution analysée doit être légèrement agitée dans les mêmes conditions que pour les étalons. Au bout d'un certain temps, la lecture se stabilise sur le pH mètre (SNFS, 1999 ; MOL, 2012).

#### II.3.6. Mesure de l'alcalinité

L'alcalinité est déterminée selon la méthode SNFS n° 19 (1999) après avoir repéré le pH initial du jus à 20 °C à la titrimétrie et au moyen d'un acide fort ; le point final de titration est choisi arbitrairement à pH 8 (zone de virage de la phénolphtaléine). L'alcalinité est exprimée en g de CaO par litre de jus.

20 ml de jus convenablement homogénéisés et refroidis sont mis dans la cuve de titrage, auquel sont ajoutés 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine (indicateur coloré). Le titrage est réalisé avec une solution de HCl (0.1 N) jusqu'au virage de la couleur puis la chute de la burette est notée.

**Remarque :** Ce test est utilisé uniquement pour le jus chaulé.

### II.3.7. Mesure de l'humidité

L'Humidité est mesurée selon la **Méthode ICUMSA (2007)**. Le principe de la méthode est le séchage à l'étuve (105 °C) suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées (MOL, 2012).

Un échantillon de 20 à 30 g est séché à l'étuve à 105 °C pendant 3 heures. Celui-ci est régulièrement pesé après refroidissement au dessiccateur jusqu'à obtention d'un poids constant. L'Humidité du sucre blanc exprimée en pourcentage est alors déterminée selon la formule ci-après :

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

Avec :

- $m_1$  : Poids du récipient.
- $m_2$  : Poids du récipient plus la prise d'essai avant séchage.
- $m_3$  : Poids du récipient plus la prise d'essai après séchage.

### II.4. Taux de décoloration

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

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

#### II.4.1. Taux de décoloration du système de carbo-filtration

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

### II.5.2. Taux de décoloration du système de décoloration

$$TD2 = [(Couleur (SF) - couleur (SD)) / (Couleur(SF))] \times 100$$

#### **Remarque**

Tous les résultats obtenus sont la moyenne journalière de 6 essais calculés à l'aide de logiciel CLEOPATRE utilisé au niveau du laboratoire de la raffinerie Cevital. Le programme Microsoft office Excel 2016 est utilisé pour tracer les graphes et calculer les moyennes des échantillons pour une période de 15 jours.

## **Chapitre III : Résultats et discussion**



## Chapitre III : Résultats et discussion

### III.1. Evolution des paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage du sucre roux

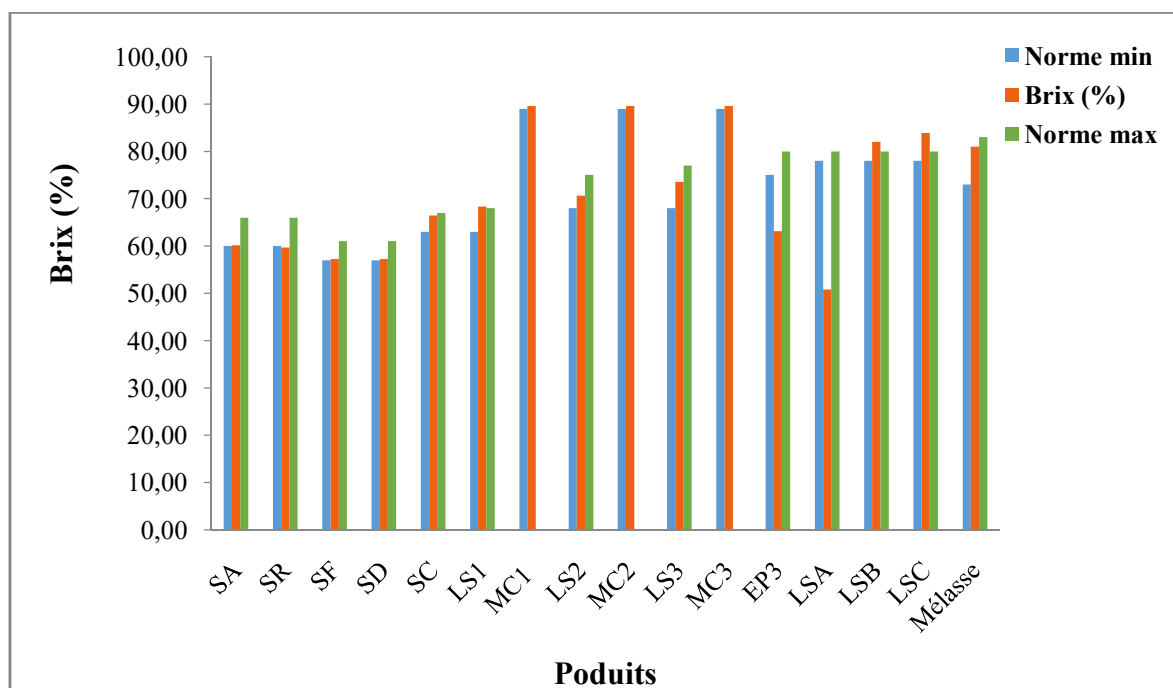
Les résultats de la mesure des différents paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage sont illustrés dans les tableaux V, VI, VII, VIII, IX en annexe II

#### III.1.1. Evolution du Brix au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution du Brix au cours du processus de raffinage sont illustrés dans la figure 10 ci-après.

D'après le graphe (figure 10), le Brix du sirop d'affinage (SA) analysé est de 60.17 %, cette valeur est très proche de la norme minimale établie par CEE [60 – 66%], selon **Donovan (2003)**, le Brix du sirop d'affinage doit être d'environ 65 %, Ceci est dans le but de faciliter et d'augmenter le rendement de la filtration.

Le taux de Brix diminue légèrement à partir du sirop d'affinage jusqu'au sirop filtré (SF) (57.21%). Ceci est due à la dissolution des cristaux de sucre ainsi qu'à l'élimination des impuretés issues du sirop de refonte (SR) au cours de la carbo-filtration par le carbonate de calcium et les filtres à bougies (**Vu et al., 2020**).



**Figure 10** : Evolution du Brix au cours du raffinage du sucre

D'après les résultats obtenus, on constate que le Brix reste constant du sirop filtré (SF) (57.21%) jusqu'au sirop décoloré (SD) (57.25%), ceci est due à la rétention des impuretés et colorants organiques par la résine échangeuse d'ions. Puis augmente progressivement au niveau du concentrateur (SC) pour atteindre un Brix de 66.46 % à cause de l'évaporation d'eau sous l'effet de l'augmentation de la température pour atteindre la saturation qui va faciliter la cristallisation (Donovan, 2003 ; Mathlouthi et Rogé, 2004).

Concernant les valeurs du Brix des liqueurs standards 1, 2, 3, B et C (68.36, 70.60, 73.55, 82.04 et 83.93% ; respectivement) augmentent progressivement vu l'augmentation de la température pour procéder à la cuisson. Mais, ça diminue au-dessous de la norme minimale pour l'égout pauvre 3 (EP3) (75%) et Liqueur standard A (LSA) (78%) sous l'effet de l'accumulation des égouts récupérés, après séparation du sucre.

Quant aux Brix des MC 1 ,2 et 3 atteignent leurs maximums (89.61, 89.56 et 89.60 % ; respectivement) sous l'effet de l'abaissement de la température lors du malaxage pour éviter la dissolution du saccharose et lors de la séparation des cristaux de sucre de l'eau mère épuisée.

### III.1.2. Evolution de la pureté au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution de la pureté au cours du processus de raffinage sont illustrés dans la figure 11 ci-dessous :

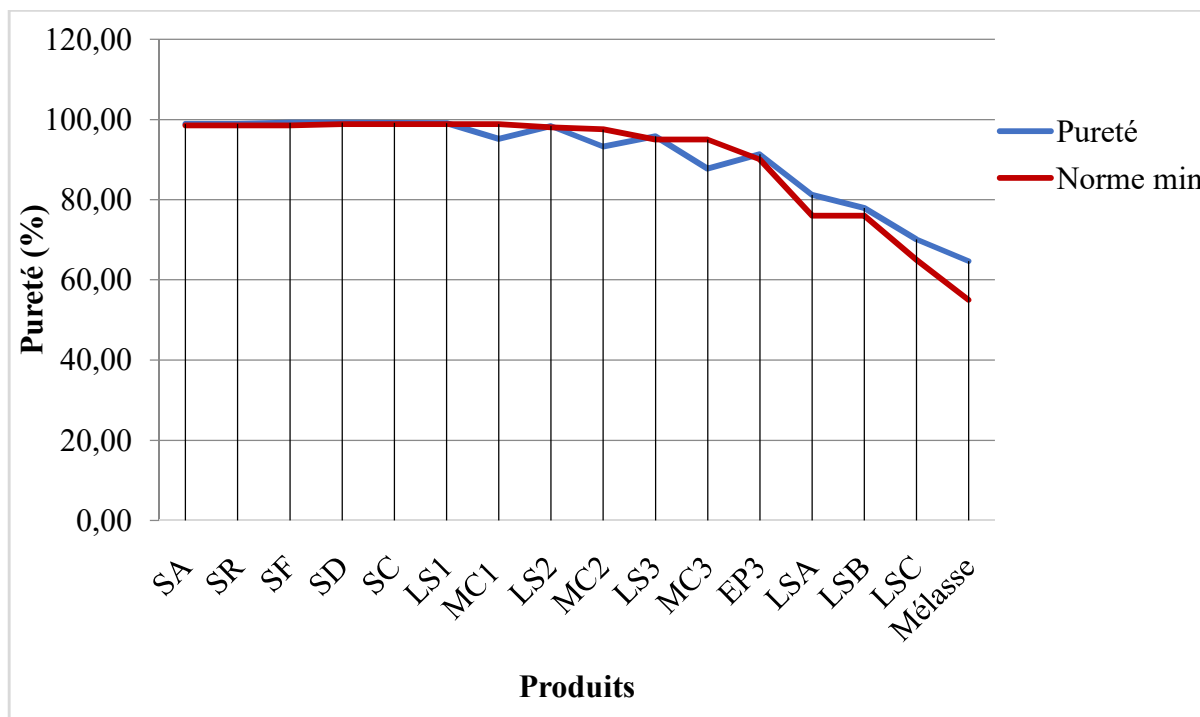


Figure 11 : Evolution de la pureté au cours du raffinage du sucre

Le sucre blanc raffiné issu de la canne à sucre a une très grande pureté (> 99,9 %), ce qui en fait l'une des substances organiques les plus purs produites à l'échelle industrielle (Eggleston, 2018).

Le graphe montre que la pureté est stable au cours de toutes les étapes avant la cristallisation, réellement elle passe de 98.87 % à 99.22 % après la décoloration. Cette légère augmentation de la pureté traduit une très bonne épuration du sirop d'affinage dont une élimination de 0.35% d'impuretés parmi 1.13% contenant dans le sucre roux.

Le reste des impuretés non éliminées provoque après concentration une légère diminution de la pureté pour atteindre (99.08 %) pour la liqueur standard 1 (LS1) et cela se traduit par l'évaporation d'eau en excès et la concentration du sirop.

Lors de la cristallisation, la pureté des liqueurs standard diminuent progressivement vers des valeurs plus basses pour atteindre la valeur 64.68% pour la mélasse, Ceci est dû à l'accumulation des impuretés après la séparation du sucre cristallisé lors de l'essorage dans les égouts. Tandis que la pureté des masses cuites diminue au-dessous de la norme minimale, cette diminution s'explique par la concentration des impuretés contenant dans l'eau mère suite à la cristallisation du saccharose.

### III.1.3. Evolution de la couleur au cours du processus de raffinage

Les résultats de l'évolution de la couleur au cours du processus de raffinage sont illustrés dans la figure 12 ci-dessous :

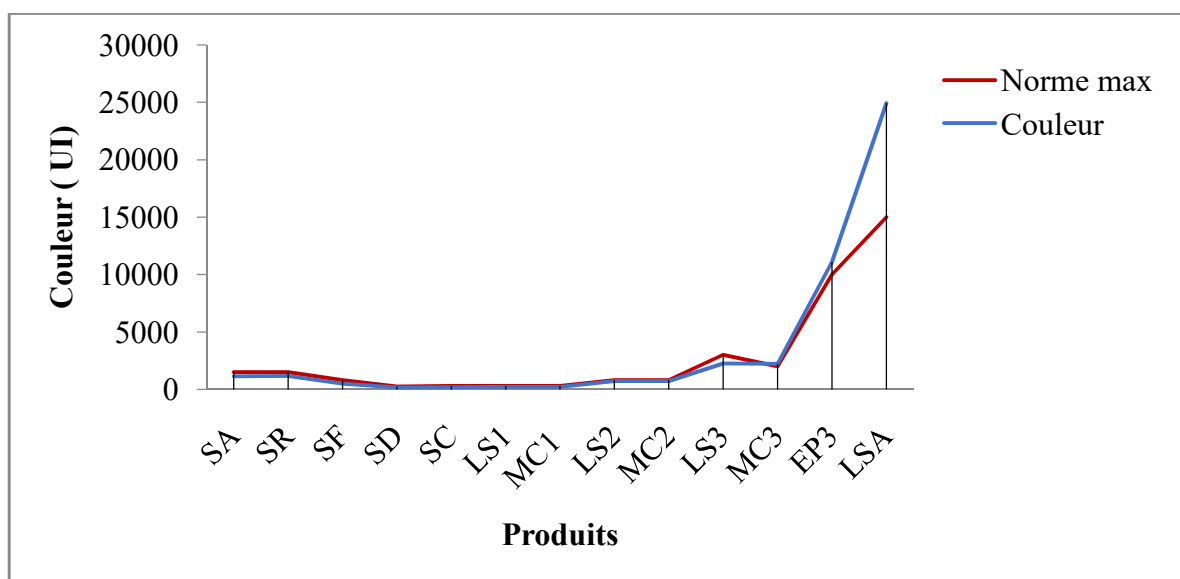


Figure 12 : Evolution de la couleur au cours du raffinage du sucre



La couleur est l'un des tests les plus couramment pratiqués pour déterminer la qualité de sucre blanc (**Mersad et al.,2002**). D'après les résultats obtenus des échantillons analysés (figure 12), la couleur du sirop d'affinage qui est de 1134 UI augmente légèrement jusqu'à atteindre 1165 UI pour le sirop de refonte. Cela peut s'expliquer par l'ajout de sucre A issue de la cristallisation hauts produits dans le fondoir et la dissolution des impuretés contenues dans les cristaux de sucre.

La diminution de la couleur est observée lors de la carbo-filtration pour atteindre 486 UI grâce à la rétention des colorants par le carbonate de calcium précipité d'une part et l'élimination des impuretés piégés dans les filtres à bougies d'autre part (**Donovan, 2003**).

Elle continue de diminuer jusqu'à 162 UI lors de la décoloration, ceci est due à la rétention de la majorité des impuretés restantes par la résine échangeuse d'ions (**Theoleyre et al., 2016**). Selon **Theoleyre et cartier (1999)**, le sirop décoloré présente généralement une couleur de 100 à 200 UI avant la cristallisation et ajouta **Godshall (1999)** que Jusqu'à 95% de la couleur de ce dernier sera retiré lors de la cristallisation.

La couleur du sirop concentré (SC) augmente (181 UI) suite à l'évaporation d'eau et la concentration du sirop sous l'effet de l'augmentation de la température.

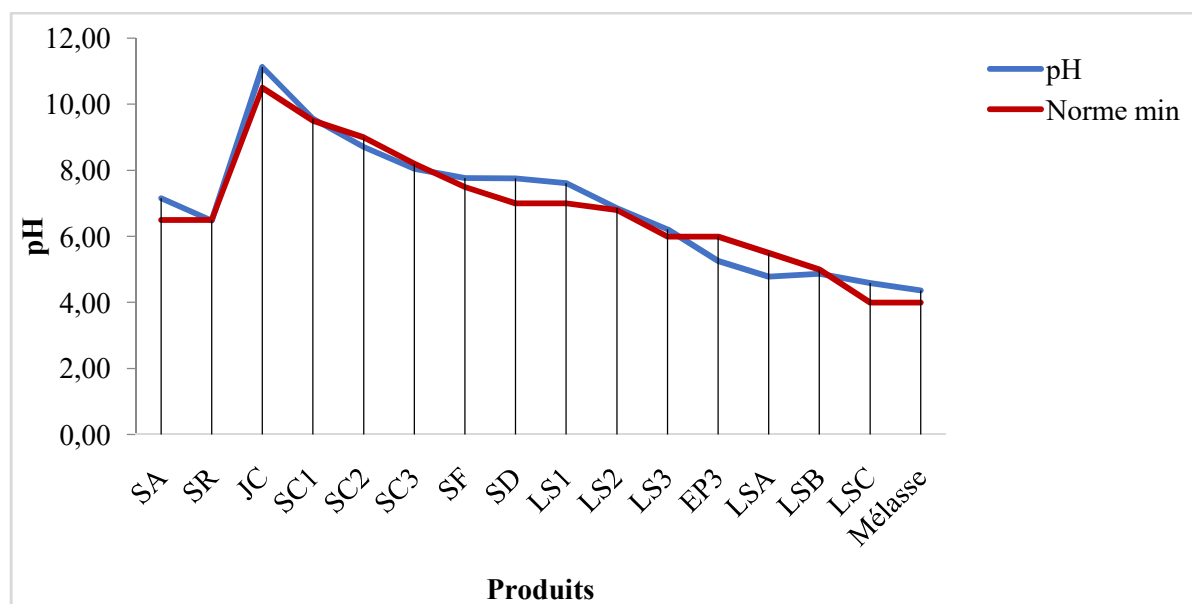
Au-delà, la couleur continue d'augmenter jusqu'à 24938 UI pour LSA, cette valeur dépasse la norme maximale (15000 UI). Cette augmentation revient au mélange de l'égout pauvres 3 avec l'égout riche A et le sucre B refondus qui sont riches en colorants.

#### **III.1.4. Evolution du pH au cours du processus de raffinage**

Les résultats de l'évolution du pH au cours du processus de raffinage sont représentés dans la figure 13 ci-après.

D'après la figure 13, une légère diminution du pH est enregistrée allant des échantillons sirop d'affinage (7.15) au sirop de refonte (6.48), cette diminution peut s'expliquer par la libération des impuretés chargées inclus dans les cristaux de sucre lors de sa dissolution dans le fondoir.

Une forte augmentation du pH est enregistrée pour atteindre son maximum (11.13) pour les échantillons de jus chaulé (JC). Cette hausse est due à l'ajout de lait de chaux lors du chaulage sachant que la chaux présente un fort pouvoir alcalin environ 12.4.



**Figure 13 :** Evolution du pH au cours de raffinage du sucre

La diminution progressive du pH lors de la première, deuxième et troisième carbonatation (9.56, 8.71 et 8.05 ; respectivement) peut être expliquée par la transformation de la chaux en carbonate de calcium qui piège et précipite certaines impuretés d'où la diminution du calcium et des impuretés chargées négativement. La diminution du potentiel d'hydrogène est due à la libération des protons dans le milieu réactionnel ainsi qu'aux molécules chargées positivement (**Burzawa, 1999**).

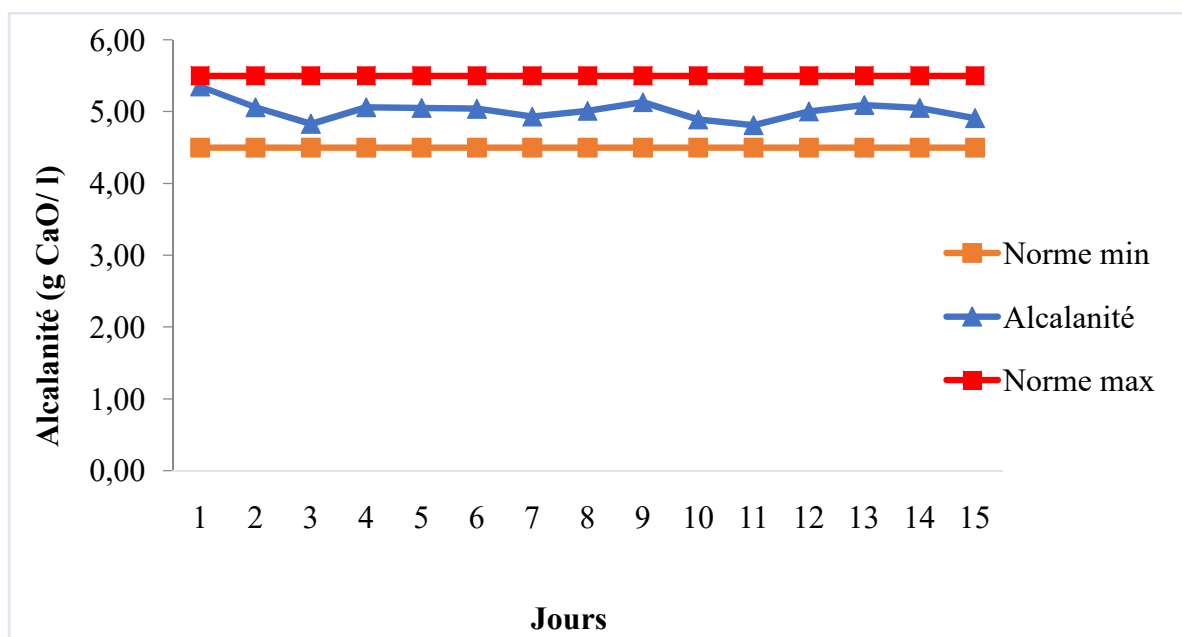
Le pH continue de baisser légèrement au cours de la filtration et de la décoloration, ceci est due à la rétention des impuretés et le calcium en excès par le filtre à bougie d'une part et le gâteau qui se forme à l'extérieur du filtre au fur et à mesure de la filtration d'autre part.

Après la décoloration, le pH reste stable et neutre environ 7.61 en allant du sirop décoloré à la liqueur standard 1 (LS1), ceci est pour favoriser la cristallisation. Le pH des échantillons analysés diminue jusqu'à 5.25 pour EP3 et 4.78 pour LSA où ils atteignent des valeurs au-dessous de la norme minimale.

Le pH continue de diminuer où il atteint 4.36 pour la mélasse. Cette acidification des liqueurs revient à l'accumulation des égouts riches en impuretés et molécules chargés après la récupération du sucre.

### III.1.5. Evolution de l'alcalinité

Les résultats de la stabilité de l'alcalinité du jus chaulé au cours du temps sont rassemblés dans la figure 14 ci-après :



**Figure 14 :** Evolution de l'alcalinité au cours du temps.

D'après la figure 14, les échantillons de jus chaulé présentent une stabilité de l'alcalinité environ 5 g CaO/l par rapport aux normes exigés pendant 15 jours. Cela confirme la bonne qualité de la chaux employée ainsi qu'une bonne préparation du lait de chaux.

## III.2. Effet des systèmes de raffinage sur la couleur

### III.2.1. Effet de la carbo-filtration sur la couleur

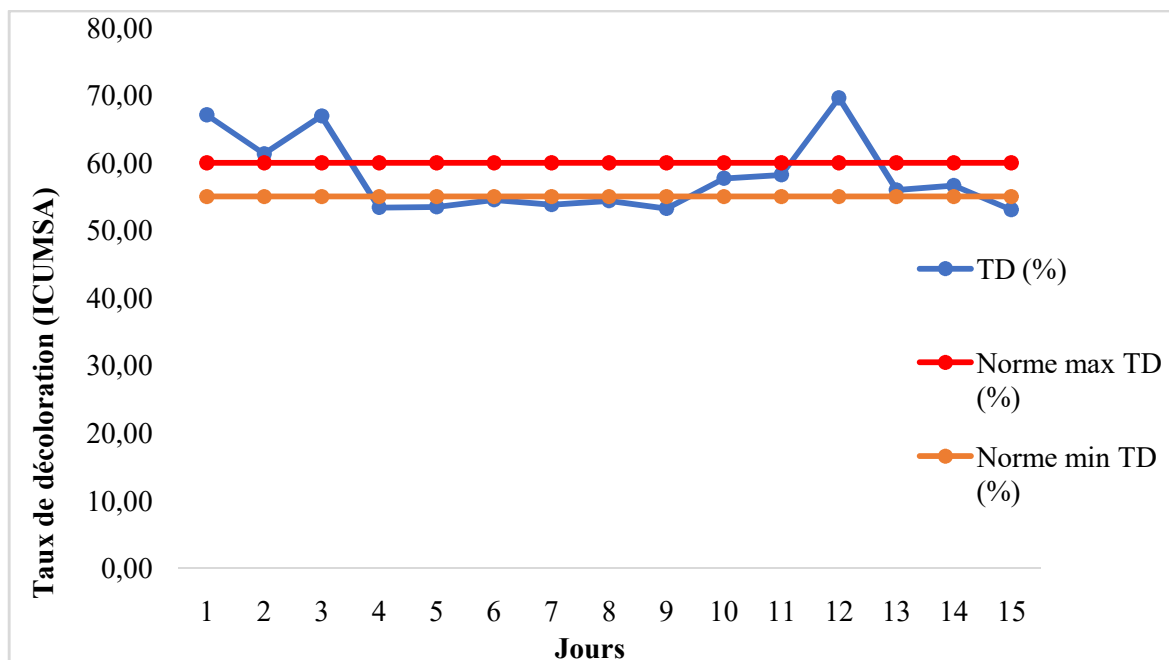
Les résultats du taux de décoloration du système de carbo-filtration au cours du temps sont représentés dans la figure 15 ci-après :

Selon la courbe (figure 15), On remarque que les valeurs du taux de décoloration au cours de la section de la carbo-filtration atteignent des valeurs maximales au cours des trois premiers jours et le douzième jour (67.1, 61.32, 66.93 et 69.63 % ; respectivement). Ces valeurs sont largement supérieures à la norme maximale établie par l'industrie qui est de 60%.

Concernant le 10<sup>ème</sup>, 11<sup>ème</sup>, 13<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> jour les valeurs du TD sont stables et proches de la norme maximale. Ceci peut être expliquer par une bonne épuration calco-carbonique et une bonne filtration.

Quant au 4<sup>ème</sup> jour jusqu'au 9<sup>ème</sup> ainsi que le 15<sup>ème</sup> jour, les valeurs du TD (53.39, 53.48, 54.54, 53.79, 54.39, 53.25 et 53.05 % ; respectivement) sont au-dessous de la norme minimale

(55 %). La diminution du taux de décoloration au cours de la carbo-filtration est lié à plusieurs facteurs tels que : le taux de coloration du sirop de refonte, la réactivité de la chaux, le taux de dioxyde de carbone introduit lors de la carbonatation, le colmatage des filtres à bougie et la viscosité des sirops (MOR, 2009).



**Figure 15** : Evolution du taux de décoloration du système de carbo-filtration au cours du temps

Afin de détecter si la couleur est le facteur responsable de la diminution du taux de décoloration, nous avons procédé à suivre l'évolution de la couleur avant et après la carbo-filtration. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 16 ci-dessous:

La courbe montre que le taux de coloration du sirop filtré est assez stable avec des valeurs comprises entre 400 et 550 UI en comparant aux variations de la couleur du sirop de refonte. On constate également que ces valeurs restent stables lors du 12<sup>ème</sup> et de 15<sup>ème</sup> jour (440 UI et 407 ; respectivement) où la couleur du sirop de refonte atteint son maximum avec une valeur de 1449 UI et son minimum avec une valeur de 876 UI.

Ceci veut dire que la diminution ou l'augmentation de la couleur du sirop de refonte n'a pas d'influence majeure sur le taux de décoloration dans ce cas. D'après, les résultats de l'alcalinité et du pH obtenus précédemment l'alcalinité et le pH sont conformes à la norme. Ce qui confirme la haute qualité de la chaux utilisée et sa bonne réactivité et donc une bonne interaction avec le dioxyde de carbone introduit lors de la carbonatation d'une part et une

meilleure interaction du carbonate de calcium avec les impuretés et colorants en solution qui peut être expliqué par la diminution du potentiel d'hydrogène d'autre part.

A partir de ces résultats, on peut déduire que la diminution du taux de décoloration n'est pas forcément lié à l'épuration calco-carbonique mais beaucoup plus à la filtration ;

Selon les résultats de l'évolution du Brix, on a constaté que le Brix du sirop de refonte diminue jusqu'à la filtration et reste stable aux environs de la norme minimale au cours de la carbo-filtration. Cette diminution induit la diminution de la viscosité et de la densité du sirop ce qui va accélérer la vitesse du passage du sirop carbonaté 3 à travers le filtre à bougie. Ceci explique que la diminution du TD n'est pas liée à la viscosité mais au colmatage des filtres (Decloux *et al.*, 2000).

Le colmatage des filtres est lié principalement soit à la chute de la température du sirop filtré à d'un problème réchauffeurs ou à l'augmentation de la teneur en polysaccharides (amidon) (Kapseu *et al.*, 1993 ; Belhamri, 2005).

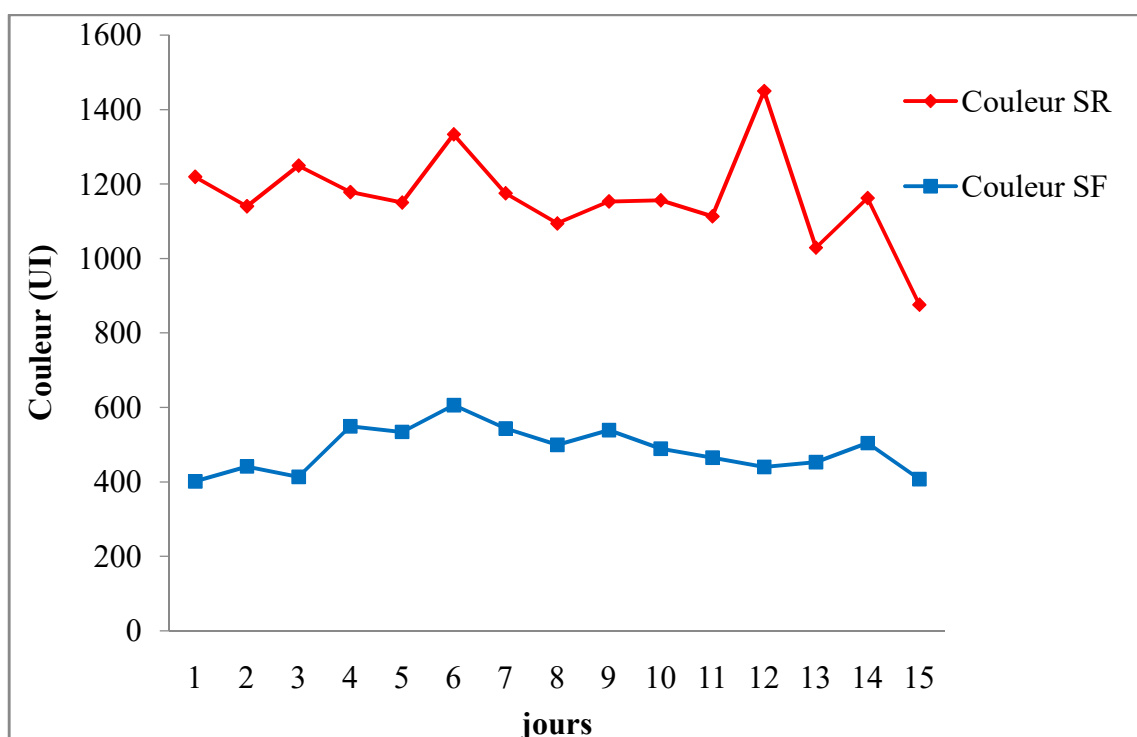


Figure 16 :Évolution de la couleur avant et après la carbo-filtration au cours du temps

### III.2.2. Effet de la décoloration sur la couleur

Les résultats du taux de décoloration du système de la décoloration au cours du temps sont représentés dans la figure 17 ci-après.

La figure 17 présente les taux de décoloration des trois lignes de décoloration qui fonctionnent en parallèle. Chaque ligne comprend trois colonnes à double compartiment dont deux sont fonctionnelles et une en régénération.

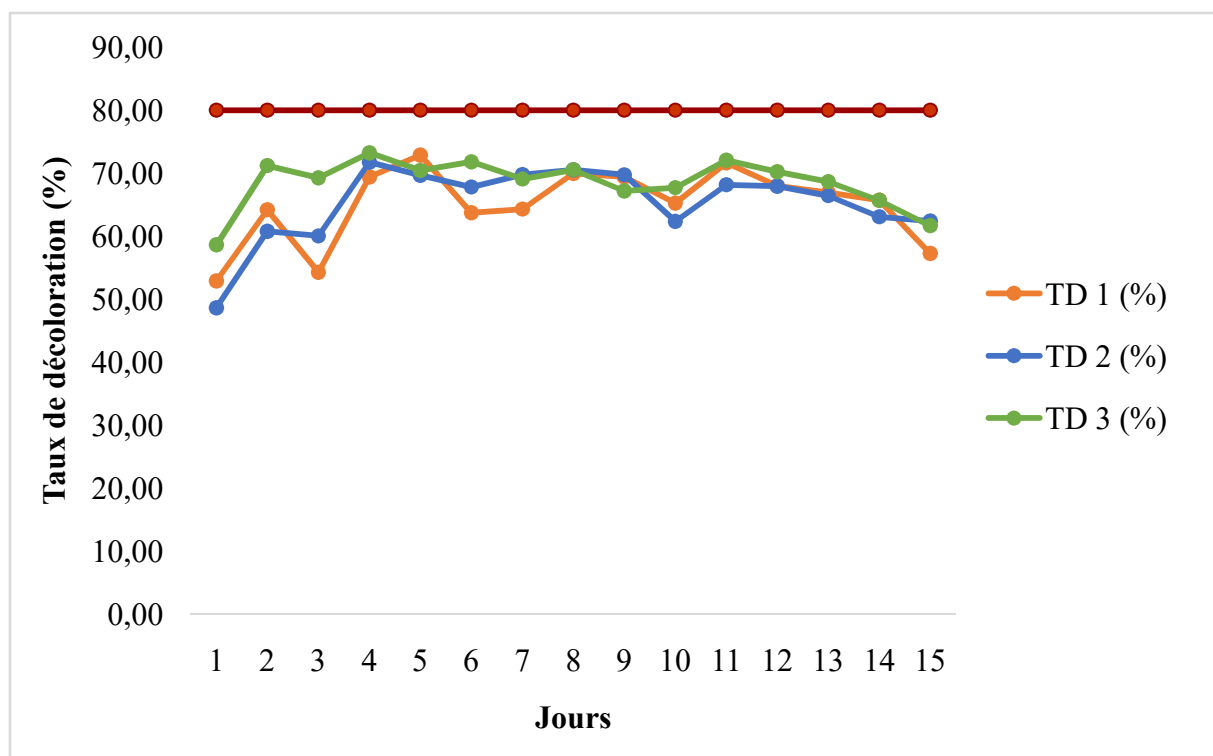


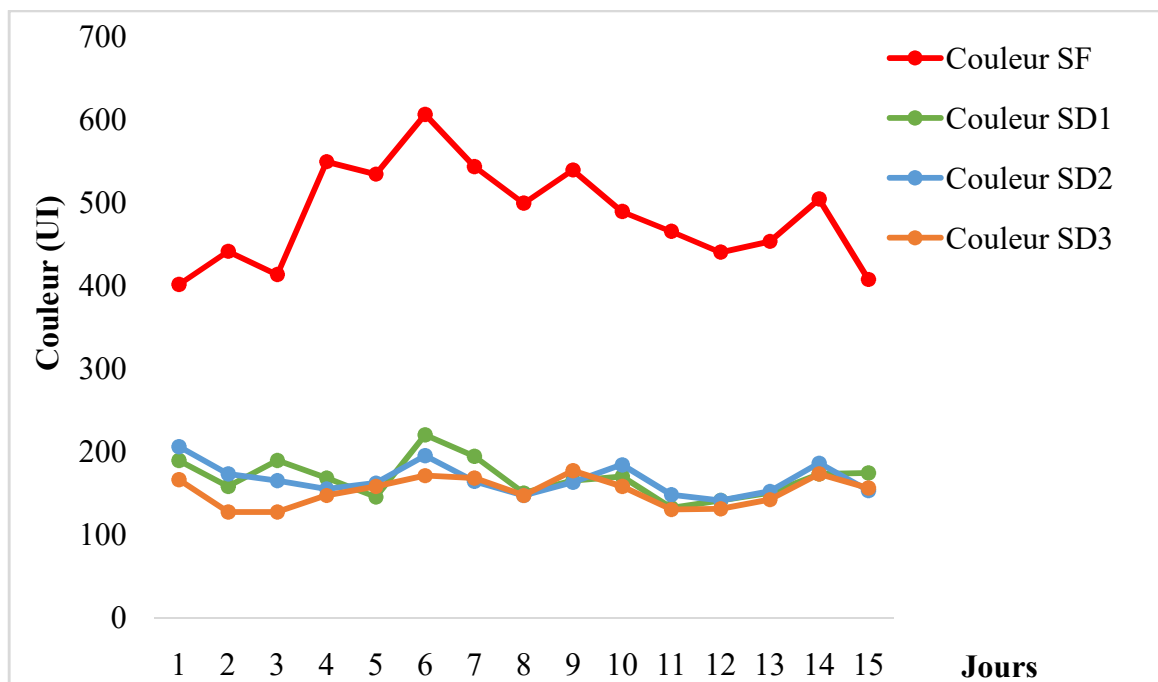
Figure 17 : Evolution du taux de décoloration du système de décoloration au cours du temps.

A partir des courbes présentées dans la figure 17, si on compare le taux de décoloration de chaque station à l'autre, on déduit que les valeurs les plus stables et les plus proches à la norme sont enregistrés pour la troisième décoloration qui est une nouvelle station installé récemment dans le but d'accélérer et d'augmenter la capacité et le rendement de la décoloration.

Selon les courbes, on remarque que les valeurs du taux de décoloration au cours du temps atteignent des valeurs minimales au cours des trois premiers jours et du dernier jour qui sont entre 48.63 et 60 %. Ces valeurs sont largement inférieures à la norme maximale qui est de 80 %, ce qui explique une mauvaise décoloration. Au-delà, le taux de décoloration reste stable avec des valeurs supérieures à 61% pour atteindre une valeur maximale qui est de 73.22 % au 4<sup>ème</sup> jour.

La diminution ou l'augmentation du rendement de décoloration dépend principalement de la couleur du sirop filtré et du taux de décoloration de la carbo-filtration d'une part et l'efficacité de la résine pour la décoloration du sirop filtré d'autre part.

Afin de démontrer que la couleur du sirop issue de la filtration est responsable de la diminution du taux de décoloration, nous avons procédé à suivre l'évolution de la couleur du sirop filtré et des sirops décolorés présentés dans la figure 18 ci-après.



**Figure 18 :** Évolution de la couleur du sirop filtré et des sirops décolorés au cours du temps

D'après les résultats illustrés dans la figure 18, on constate que la couleur des sirops décolorés est stable et reste dans l'intervalle de la norme suivi par la raffinerie qui est de [100 - 250 UI]. Si on compare la couleur de ces derniers à la couleur du sirop issue de la filtration qui varie dans un intervalle allant de 401 UI jusqu'à 606 UI, on constate qu'il y a une relation dépendante entre eux, en effet l'augmentation de la couleur du sirop filtré provoque l'augmentation de la couleur des sirops décolorés et le contraire est juste.

L'augmentation de la couleur du sirop filtré est liée directement à la diminution du taux de décoloration de la carbo-filtration qu'on a analysé précédemment qui est à l'origine de colmatage des filtres à bougies.

La diminution de taux de décoloration dépend également des conditions de la décoloration qui peut être liée à plusieurs facteurs entre autre la résine échangeuse d'ion :

La diminution de la capacité des résines à la rétention des impuretés : Pendant la phase de décoloration, la résine se charge en matières colorantes et en anions divers, elle se sature

au cours du temps provoquant ainsi la perte en charge et la coloration du produit traité augmente progressivement (MOL, 2009).

Une mauvaise régénération : Afin d'extraire les impuretés retenues pour retrouver la capacité initiale de la résine, la colonne entre en phase de régénération à l'aide d'une solution de chlorure de sodium (Na Cl) en milieu basique (Na OH). Lorsque la quantité de réactif est insuffisante ou les couches supérieures des lits de résines sont polluées par les colorants déplacés des couches inférieures lors de la régénération contre-courant, la capacité de rétention de la résine des impuretés devient faible. (Bento, 1990 ;MOL, 2009).

### III.3. Conformité du sucre blanc de Cevital

Les produits alimentaires destinés à la consommation directe doivent respecter un certain nombre de règles de conformités établies par les organismes internationaux et locaux en s'appuyant sur des normes de qualité telle que la couleur et l'humidité (Schlambach et Patauv, 2016). Pour cela un suivi des résultats des analyses physico-chimiques pour la conformité du sucre blanc A1001 sont effectuées pour une période de 15 jours dans le but de garantir un produit de bonne qualité.

#### III.3.1. Couleur du sucre blanc A1001 au cours du temps

Les résultats de suivi de la stabilité de la couleur d'A1001 au cours du temps sont illustrés dans la figure 19 ci-dessous :

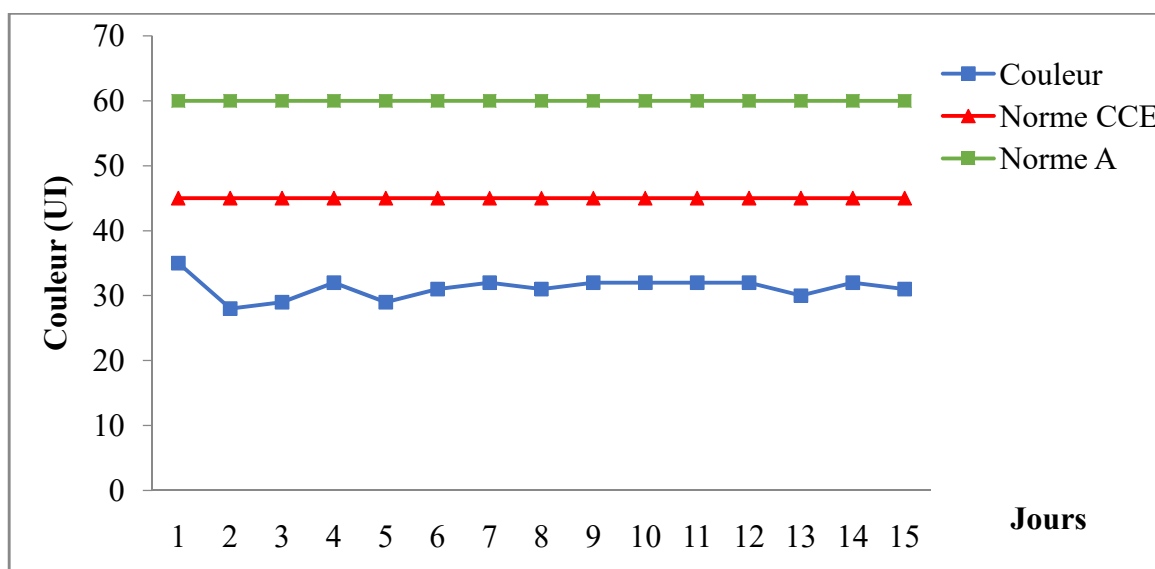


Figure 19 : Evolution de la couleur du sucre blanc A1001 au cours du temps.



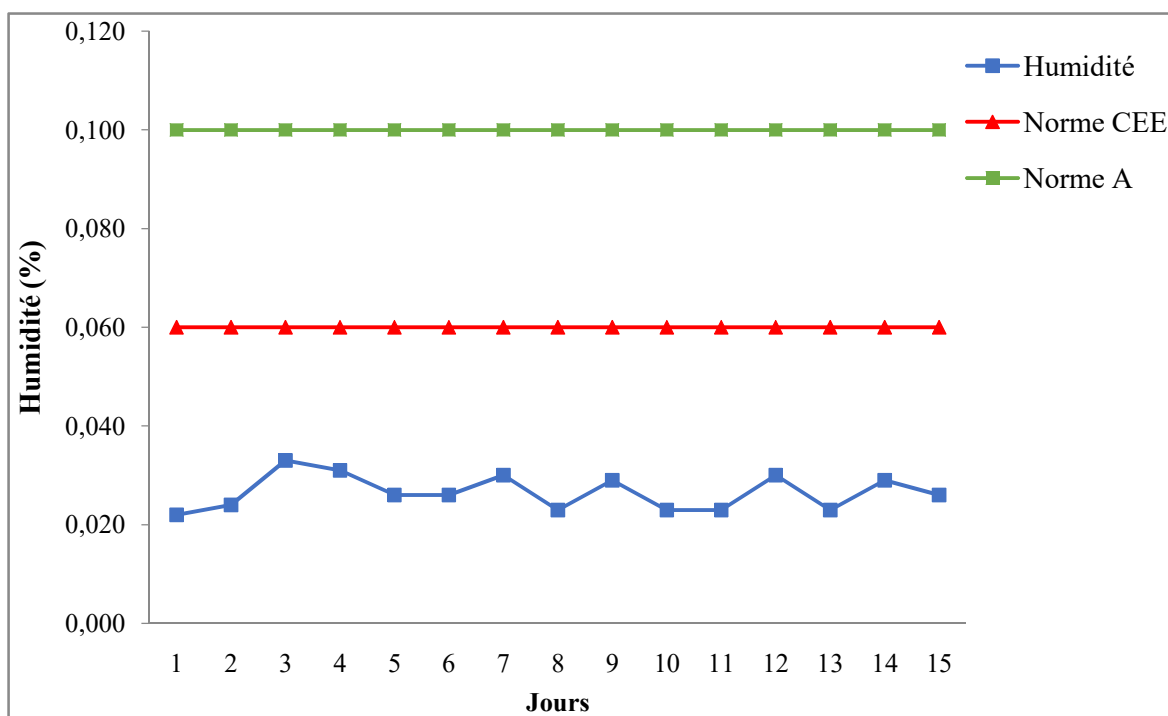
D'après le graphe, la couleur du sucre blanc A1001 est assez stable pendant 15 jours. La valeur maximale de la couleur n'a jamais dépassé 35 UI, ce dernier est largement inférieur à la norme maximale exigée par CEE (45 UI) et la norme algérienne (**Spécification A**) qui est de (60 UI).

La couleur du sucre A1001 est due au mélange des trois jets (sucres produit au cours de la section de cristallisation des haut produits) : le sucre de 1<sup>er</sup> jet (R1) qui est généralement d'une couleur qui ne dépasse pas 15 UI et mélangé avec le R2 qui arrive jusqu'à 30 UI et/ou le R3 d'une couleur de 40 UI.

Lorsque les valeurs du sucre A1001 produit sont inférieurs à la norme exigée par la réglementation européenne et algérienne, ceci veut dire qu'il est conforme et à chaque fois que la couleur diminue, le sucre obtenue sera de bonne qualité ce qui confirme l'efficacité du système de raffinage de Cevital.

### III.3.2. Humidité du sucre blanc

Les résultats de la stabilité de l'humidité du sucre blanc A1001 au cours du temps sont représentés dans le tableau la figure 20 suivante :



**Figure 20** : Evolution de l'Humidité du sucre blanc A1001 au cours du temps.

Selon les résultats de l'humidité présentés dans la figure 20, on remarque que les valeurs obtenues sont largement inférieures à la norme établie par CEE (<0.06%) et celle

établie par **la réglementation Algérienne** (0.1%). Ces faibles valeurs sont le résultat du contact intensif avec l'air chaud et sec au cours du séchage et la maîtrise des conditions de refroidissement.

Selon **Fevier et Perret (2001)**, Pour stocker du sucre en vrac, il faut en premier lieu que sa teneur en eau lors du remplissage du silo soit inférieure à 0.05 %. Cela permet d'éviter l'agglomération et la prise en masse des cristaux et même le collage à la paroi des silos.

Lorsque l'activité de l'eau diminue, elle permet également d'empêcher la prolifération des micro-organismes et donc d'empêcher l'altération du produit, ce qui permet de prolonger la durée de conservation du sucre (**Mahlouthi et Rogé, 2001**).

# **Conclusion**

Le sucre est un glucide de base que chacun de nous consomme directement ou indirectement chaque jour. Que ce soit pour le consommateur ou le producteur, sa qualité est importante et prise au sérieux, puisque la qualité est un sujet de préoccupation pour tous les peuples du monde alors toutes les industries sucrières doivent respecter un certain nombre de règles de conformité établies par les organismes internationaux et locaux. En effet le raffinage du sucre de canne est un processus très délicat nécessitant un contrôle continu qui aboutit à un sucre blanc de meilleure qualité exigée par le client.

Le présent travail a été consacré à suivre l'évolution des paramètres physicochimiques tout au long du processus de raffinage du sucre roux et de faire comparer les résultats obtenus par rapport aux normes utilisées au niveau de la raffinerie du sucre Cevital.

Les résultats d'analyse des paramètres étudiés obtenus (Brix, couleur, pureté, pH, alcalinité et humidité), ont montré que l'ensemble des échantillons analysés sont conformes aux normes adoptées par l'entreprise et la Communauté Economique Européenne (CEE) à l'exception de quelques résultats : pour EP3, LSA et les masses cuites où on a constaté :

Une diminution du Brix de EP3 et LSA au-dessous de la norme minimale ceci est liée à la diminution du taux de matière sèche, mais elle est gérée au cours de la cuisson vue l'augmentation de la température et de l'évaporation d'eau ;

Une augmentation de la couleur de EP3 et LSA (supérieure à la norme maximale) ainsi qu'une diminution du pH au dessous de la norme minimale vue la concentration des sirops en colorants et molécules chargées négativement ;

Une diminution de la pureté des masses cuites au dessous de la norme minimale vue la quantité des impuretés concentrées dans l'eau mère ce qui explique une diminution du taux de décoloration.

Une diminution du taux de décoloration au dessous de la norme minimale est enregistré pendant la carbo-filtration et la décoloration qui peut être liée au colmatage des filtres à bougie, à l'augmentation de la teneur en amidon, la chute de la température, l'augmentation du taux de coloration du sirop filtré et saturation des colonnes de décoloration ou mauvaise régénération de ces dernières.

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

Afin de compléter cette étude, il serait intéressant d'envisager d'autres aspects à savoir :

- Suivi de la stabilité du sucre roux dès l'arrivée des bateaux ;
- Suivi du taux de décoloration des systèmes de turbinage ;
- Suivi d'autres paramètres notamment pour le sucre blanc produit (Polarisation, taux de sucre inverti, granulométrie, teneur en amidon).

Ce travail a été d'une importance capitale pour nous car il nous a mis en contact avec le monde professionnel, ce fut une opportunité de pratiquer nos connaissances théoriques et d'enrichir notre savoir-faire.

## **Références bibliographiques**

### A

**Achabou M. A. & Tozanli S. 2007.** Association agreement between Algeria and the European Union: consequences on the Algerian sugar industry. In *103 rd Seminar :theMediterraneanConference of Agro-Food Social Scientists*. N° 9408, April 23-25, Barcelona, Spain : European Association of Agricultural Economists. 18 p.

**Afisuc 2002.** Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Crisall. 15p.

**Alais C. & Linden G. 1997.** *Abrégé de biochimie alimentaire*. 4ème Edition Masson. Paris, pp 119-123.

**Urbaniak S., Swesi Y., Fiaty K. &Alharati A., Valour J. P., Charcosset C. 2018.** Boron removal from seawater using a hybrid sorption/microfiltration process without continuous addition of resin. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 131 :227-233.

**Amezcuca A. M. A., Martínez-Hernández E., Anaya-Reza, O., Magdaleno-Molina M., Melgarejo F. L. A., Palmerín R. M. E., ... &Aburto J. 2019.** Techno-economic analysis and life cycle assessment for energy generation from sugarcane bagasse: Case study for a sugar mill in Mexico. *Food and Bioproducts Processing*, 118 : 281-292.

**Archimède H., Xande X., Gourdine J. L., Fanchone A., Alexandre G., Boval M., ... &Renaudeau D. 2011.** La canne à sucre et ses co-produits dans l'alimentation animale. *Carrefours de l'innovation agronomiques*. Nov, 16 : 165-179.

**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)*. 27 octobre, Saint-Norbert d'Arthabaska. 41 p.

**Asadi M. 2007.** Beet-Sugar Handbook. 1<sup>st</sup> ed. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Inc. 884 p.

### B

**Beeram S., Morapakala S., Deshmukh S. S. & Sunkara P. R. 2020.** Selection of suitable and sustainable clarificants and clarification method for non-centrifugal sugar production using MCE. *Materials Today: Proceedings*, 28 (2) : 893-897.

**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 process sucrier.* Thèse de doctorat de Chimie Physique Industrielle. Université de Reims Champagne – Ardenne, Reims, 235p.

**Bento L. S. M. 1990.** Sugar decolorization by ion-exchange resins with regenerant recovery. *International sugar journal*, 92(1098) : 116-125.

**Burzawa E. & Heitz F. 1994.** La cristallisation du sucre: des bases théoriques à la production industrielle. *Industries alimentaires et agricoles*, 112(7) : 3-19.

**Burzawa E. 1999.** Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. *Association AVH – 6e Symposium*, Reims, 4-10.

### C

**Cambronne N & Leperlier C. 2020.** Statistique, évaluation et prospective agricole : canne à sucre et prix de sucre blanc sur le marché Européenne. *Agreste la Réunion*. Janvier, (14) : 4.

**Cartier S., Tatoud L., Theoleyre M. A. & Decloux M. 1997.** Sugar refining process by coupling flocculation and crossflow filtration. *Journal of Food Engineering*, 32(2) : 155-166.

**Chen J. C. P. & Chou C. C. 1993.** *Cane sugar handbook : a manual for cane sugar manufacturers and their chemists.* 12<sup>th</sup> edition. Canada : John Wiley & Sons, Inc. 1120 p.

**Codex Stan 212. 1999.** *Norme CODEX pour les sucres*, 1-5p.

**Cole M., Eggleston G. & Wang Y. J. 2019.** Understanding the causes of calcium carbonate crystal growth and inhibition during the carbonation refining of raw sugars. *Food chemistry*, 275 : 24-31.

**Courteau A. 2005.** La canne à sucre et l'environnement à la Réunion: revue bibliographique. *Rapport de stage de Maitrise*. Institut Universitaire Professionnalisé Génie



des Territoires et de l'Environnement Filière Diagnostic et Gestion des Systèmes Ecologiques, Université de Franche-Comté.

### D

**Decloux M. 2002.** Procédés de transformation en sucrerie (Partie 1). *Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, (6 150)* : 1-18.

**Decloux M. 2003.** Procèdes de transformation en sucrerie (Partie 2). *Techniques de l'ingénieur., traité Agroalimentaire, (6 151)* : 1-16.

**Decloux M., Tatoud L. & Mersad A. 1999.** Rétention des impuretés de refontes de sucre roux de canne par filtration tangentielle. *AVH Association 6<sup>ème</sup> Symposium*, 58-70 p.

**Decloux M., Tatoud L., Mersad A. 2000.** Removal of colorant and polysaccharides from raw cane sugar remelts by ultrafiltration. *Zuckerind*, 125 : 106-113.

**Delteil A. 1884.** *La canne à sucre [en ligne]*. Paris : CHALAMEL AINÉ. 118 p. Disponible sur : <[https://books.google.dz/books?id=oC1AAAAIAAJ&hl=fr&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.dz/books?id=oC1AAAAIAAJ&hl=fr&source=gbs_navlinks_s)>. Consulté le : 22 juin 2020.

**Donovan M. 2003.** SUGAR : Refining of Sugarbeet and Sugarcane. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. pp5659-5665.

**Doucet J. 1992.** Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In *Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires* (Multon J.L.). Ed. TEC et DOC Lavoisier. pp 258 – 269.

### E

**Eggleston G. 2018.** Positive aspects of cane sugar and sugar cane derived products in food and nutrition. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(16) : 4007-4012.

**Ekpélikpézé O. S., Loko Y. L., Adjatin, A. & Dansi A. 2016.** Evolution of sugarcane (*Saccharum officinarum L.*) production and farmer diversity management in Benin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 20 (2) : 349-361.

**Elsharif A. A., & Abu-Naser S. S. 2019.** An Expert System for Diagnosing Sugarcane Diseases. *International Journal of Academic Engineering Research (IJAER)*, 3(3) : 19-27.

### F

**FAO, 2007.** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Renforcement des systèmes nationaux de contrôle alimentaire. *Guide d'évaluation rapide des besoins en renforcement des capacités*. Rome: vii.

**FAO. 2020.** Food Outlook- Biannual Report on Global Food Markets. Rome : FAO-GIEWS.165 p. Site Web: <<https://doi.org/10.4060/ca9509en>.

**Fartek B. 2011.** *Résistance de la canne à sucre à la maladie de la feuille jaune et à son vecteur Melanaphissacchari: association marqueur-trait dans une population de cultivars, mécanismes de résistance au vecteur et diversité génétique du vecteur*. Thèse de doctorat de Biologie Végétale. Université de la Réunion, 173p.

**FAS. 2019.** Sugar :World Markets And Trade. *United States Department Of Agriculture*. Pp 1-7. Site web :<https://www.fas.usda.gov/data/sugar-world-markets-and-trade>.

### G

**Giani S. 2018.** Determination of sugar solutions color according to ICUMSA. *Application note analytical chemistry*.5(1) :1-17.

**Godshall M. A. 1999.** Removal of colorants and polysaccharides and the quality of white sugar. *In Proceedings of sixth international symposium organized by association Andrew van Hook*, 6<sup>eme</sup> Symposium, pp 28-35.

**Gratius I., Decloux M., Dornier M. & Cuvelier G. 1995.** The determination of polysaccharides in raw cane sugar syrups : Perfecting the phenol sulphuric acid method in order to characterize cross flow filtration. *International Sugar Journal*, 97(1159E) : 296-343.

**Grondin-Perez B., Benne M., Bonnacaze C., & Chabriat J. P. 2005.** Industrial multi-step forward predictor of mother liquor purity of the final stage of a cane sugar crystallisation plant. *Journal of food engineering*. 66(3) : 361-367.

**Guo S., Luo J., Wu Y., Qi B., Chen X., & Wan Y. 2018.** Decoloration of sugarcane molasses *Association AVH* by tight ultrafiltration: Filtration behavior and fouling control. *Separation and Purification Technology*. 204 : 66-74.

## H

**Hamachi M., Gupta B. B. & Aim R. B. 2003.** Ultrafiltration: a means for decolorization of cane sugar solution. *Separation and Purification Technology*, 30(3) : 229-239.

## I

**ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis. 2011.** Method: GS 1/3-7.

**ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis. 2007.** Method: GS 2/3-10.

**ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis. 2007.** Method: GS 2/1/3-9-15.

## J

**James G. Ed, 2004.** *Sugar canne*. 2<sup>sd</sup> Ed. Oxford, UK : Blackwell Science Ltd. 215 p.

Jarosz S., Sokołowska P. & Szyszka Ł. 2020. Synthesis of fine chemicals with high added value from sucrose: Towards sucrose-based macrocycles. *Tetrahedron Letters*, 61(151888) : 1-14.

**JOCE 1969.** Modes opératoires pour les méthodes de détermination de la qualité du sucre blanc dans la CEE : méthodes pour l'attribution des points. *Règlement (CEE) N°1265/69 de la commission du 1<sup>er</sup> juillet 1969 consternant les méthodes de détermination de qualité applicables au sucre acheté par les organismes d'intervention*. In Schneider F., Emmerich A. & Dubourj J. *Zucker* 18, 571 (1965) et *Sucr. Franc.*, 106, 219 (1965). pp 1-6.

## K

**Kapseu C., Ahmed A., & Tedga N. 1993.** Contribution à la réduction des pertes à la sucrerie-Raffinerie de canne. *Journal of food engineering*, 20(1) : 45-53.

## L

**Lameloise M.L. & Decloux M. 2007.** *Les membranes en sucrerie et distillerie- Applications récentes et développement*, AgroParisTech, Massy, 22 p.

**Lemordant D. 1988.** Le sucre, les sucres, les édulcorants: leurs diverses utilisations. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 35(1) : 147-157.

**Li Y., Luo J. & Wan Y. 2020.** Biofouling in sugarcane juice refining by nanofiltration membrane: Fouling mechanism and cleaning. *Journal of Membrane Science*, (118432) : 1-23.

**Libelle T. J. 2007.** *Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet en sucrerie de cannes Expérimentations et simulations*. Thèse de doctorat de Génie des Procédés. Université de la Réunion, 265 p.

**Loginova K. 2011.** *Mise en oeuvre de champs électriques pulsés pour la conception d'un procédé de diffusion à froid à partir de betteraves à sucre et d'autres tubercules alimentaires (étude multi-échelle)*. Thèse de doctorat de Génie des Procédés Industriels. Université de Technologie de Compiègne, 219 p.

**Luo J., Guo S., Qiang X., Hang X., Chen X. & Wan Y. 2019.** Sustainable utilization of cane molasses by an integrated separation process: Interplay between adsorption and nanofiltration. *Separation and Purification Technology*, 219 : 16-24.

## M

**MOL 2012.** Manuel opératoire de laboratoire de sucre solide. Version 1, N° F-QHSE. 1-60 P.

**MOR 2009.** Manuel opératoire de raffinerie.

**Mabrouk A. 2012.** *Caractérisation des résines échangeuses d'ions d'intérêt pour les réacteurs à eau sous pression: Application et validation d'un modèle dédié*. Thèse de doctorat en énergétique et Procédés. École nationale supérieure des mines de Paris, France, 225 p.

**Magnet R. 1997.** Contribution à l'étude de l'influence des micro-organismes sur la composition du rhum. Thèse de doctorat de Biochimie et Biologie Moléculaire. Université de la Réunion, Faculté des Sciences, France, 258 p.

**Mathlouthi M. 1993.** Aspects Physico-chimiques de la saveur sucrée. La Saveur Sucrée - 2ème Colloque , Paris, pp 5-16.

**Mathlouthi M. & Reiser P. Eds. 1995.** *Sucrose: properties and applications*. 1<sup>st</sup> ed, Paris : Springer Science & Business Media, 294 p.

**Mathlouthi M. 2002.** Effet des macromolécules sur la croissance de cristaux de saccharose. . *AVH Association, 9<sup>ème</sup> Symposium, Reims.*

**Mathlouthi M., & Rogé B. 2004.** Caking of white sugar and how to prevent it. In *Proc S Afr Sug Technol Ass*, 78 p.

**Mathlouthi M., & Rogé B. 2001.** Water content, water activity and water structure: three approaches to water/food interactions-application to the storage stability of crystalline sugar in silo. *Food science technology. ZuckerIndustrie, 126(11) : 880-884.*

**Meghana M., & Shastri Y. 2020.** Sustainable valorization of sugar industry waste: Status, opportunities, and challenges. *BioresourceTechnology, 303 : 1-10.*

**Mersad A., Decloux M., Fargues C., & Lewandowski R. 2002.** Les colorants en sucrerie: formation, masses molaires et rétention par filtration tangentielle. *Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires. . AVH Association, 9<sup>ème</sup> Symposium, Reims, 10-12*

**Mersad, A., Lewandowski, R., Heyd, B., & Decloux, M. 2003.** Colorants in the sugar industry. *Int. SugarJnl, 105(1254) : 269-281.*

**Multon J. L. 1992.** *Sucre, les sucres*, Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution dans les aliments. In *Le sucre, les s sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires*. Ed. TEC et DOC Lavoisier, pp 2-13.

### P

**Peters S., Rose, T., & Moser M. 2010.** Sucrose: a prospering and sustainable organic raw material. In *Carbohydrates in sustainable development I* . Springer, Berlin, Heidelberg. .pp. 1-23.

**Pron F. 2004.** Descriptif et analyse des différents sécheurs et refroidisseurs de sucre. *AVH Association, 11<sup>ème</sup> Symposium, Reims, 70-76.*

### R

**Raisonnier A. 2010.** Structures biologiques. Faculté de médecine. *Université Pierre et Marie Curie*, 1-169.

**Rousseau G. 2002.** La sucrerie, une affaire de macromolécules. *AVH Association ,9th Symposium , Reims, 47-50*

### S

**Sahu O. 2018.** Assessment of sugarcane industry: Suitability for production, consumption, and utilization. *Annals of Agrarian Science, 16(4) : 389-395.*

**Sahu O. 2019.** Electro-oxidation and chemical oxidation treatment of sugar industry wastewater with ferrous material: An investigation of physicochemical characteristic of sludge. *South African Journal of Chemical Engineering, 28 : 26-38.*

**São Paulo. 2019.** Algeria the top buyer of sugar from Brazil [en ligne]. Brasil-Arab News Agency. Site Web : <<https://anba.com.br/en/algeria-the-top-buyer-of-sugar-from-brazil/>>. Consulté le 05 Aout 2020.

**Savard V. 2018.** *Étude de la compaction de la boue rouge sous l'action d'une presse à vis.* Thèse de doctorat en Ingénierie. Université du Québec à Chicoutimi, 236 p.

**Schlumbach K., Pautov A., & Flöter E. 2017.** Crystallization and analysis of beet and cane sugar blends. *Journal of Food Engineering, 196 : 159-169.*

**Seguí L. Calabuig-Jiménez L. Betoret N. & Fito P. 2015.** Physicochemical and antioxidant properties of non-refined sugarcane alternatives to white sugar. *International journal of food science & technology, 50(12) : 2579-2588.*

**SNFS (Syndicat National des Fabricants de Sucre). 2007.** Evolution du cours du sucre – facteurs d'influence. Disponible sur : SNFS.fr.

**SNFS. 1999.** Syndicat National des Fabricants de Sucre Chapitre 1 : Méthode n° 17.

**SNFS. 1999.** Syndicat National des Fabricants de Sucre Chapitre 1 : Méthode n° 19.

**Solís-Fuentes J. A., Galán-Méndez F., del Rosario Hernández-Medel M., García-Gómez R. S., Bernal-González M., Mendoza-Pérez S. & del Carmen Durán-Domínguez-de M. 2019.** Effectiveness of bagasse activated carbon in raw cane juice clarification. *Food Bioscience, 32 : 100437.*

### T

**Theoleyre M. A., Cartier S., & Decloux M. 1999.** Couplage de la décoloration et de la nanofiltration des éluant de régénération en sucrerie de canne. *AVH Association, 6ème Symposium, Reims, 2-13.*

**Tian Y., Deng Y., Zhang W., & Mu W. 2019.** Sucrose isomers as alternative sweeteners: properties, production, and applications. *Applied microbiology and biotechnology, 103(21-22) : 8677-8687.*

**Toure F. K., Koffi E., & Agbo G. N. 2010.** Facteurs liés au rendement dans la raffinerie de canne du perimetre sucrier de ferke 1 en Cote d'Ivoire. *Agronomie Africaine, 22(1) : 85-95.*

### **V**

**Vercambre B. & Langellier P. 2008.** La culture de la canne à sucre. Cours ENSIA-IAARC. Institut des régions chaudes-Montpellier Sup Agro. Ed. CIRAD-PERSYST, 4-6.

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

### **W**

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

# **Annexes**

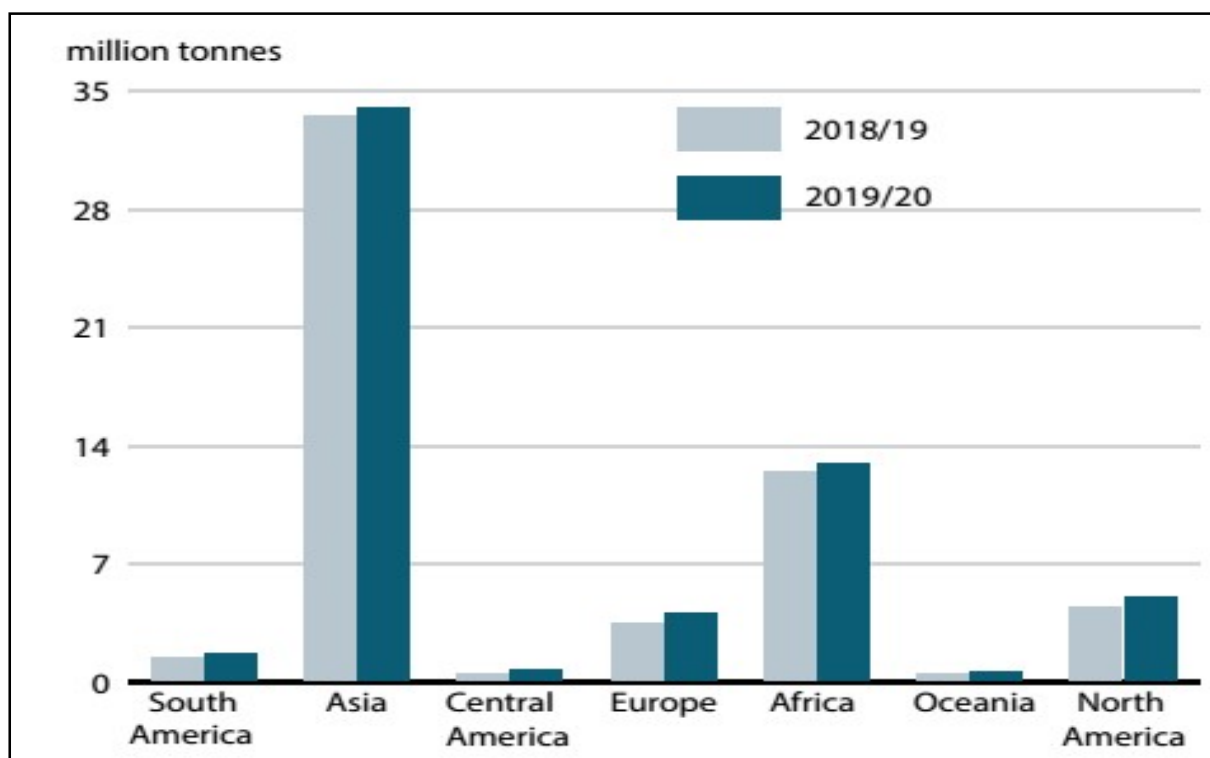


**Tableau I : Principales réactions de transformation de la chaux (Burzawa, 1999).**

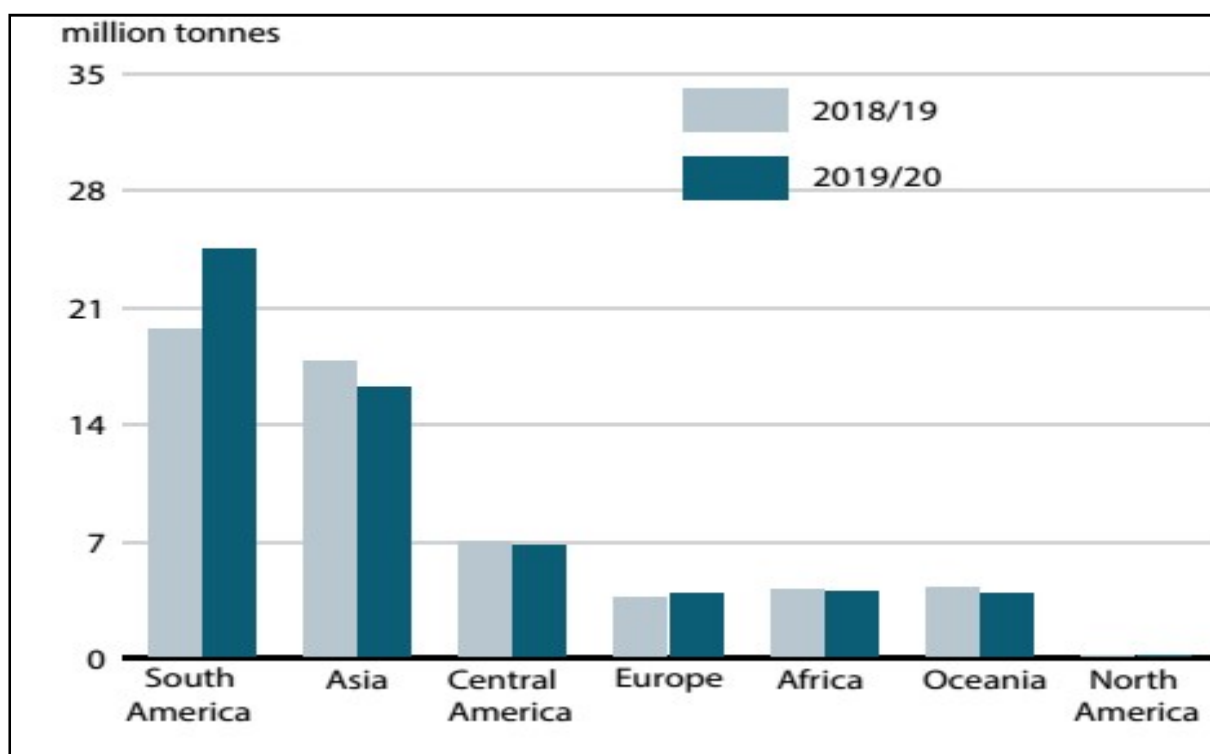
Étapes	Réactions
<b>Préparation du lait de chaux</b>	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 159 \text{ Kcal}$ <p>Lait de chaux</p>
<b>Chaulage</b>	$\text{Saccharose} + \text{lait de chaux} \longrightarrow \text{Saccharate de chaux}$
<b>Mécanisme réactionnel de la carbonatation</b>	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 276 \text{ Kcal}$ <p>Cristaux de carbonate de calcium</p>

**Tableau II : Premiers pays importateurs pour l'année 2018/2019 et 2019/2020 (Foreign Agricultural Service, 2019).**

Importations	2018/2019	Mai 2019/2020	Novembre 2019/2020
<b>Indonésie</b>	5362	4500	4500
<b>Chine</b>	4100	4300	4000
<b>États-Unis</b>	2816	2920	2666
<b>Bangladesh</b>	2455	2380	2480
<b>Algérie</b>	2217	2420	2170



**Figure 01:** Importations mondiales de sucre par région pour les années 2018/2019 et 2019/2020 (FAO, 2020).



**Figure 02 :** Exportations mondiales de sucre par région pour les années 2018/2019 et 2019/2020 (FAO, 2020).

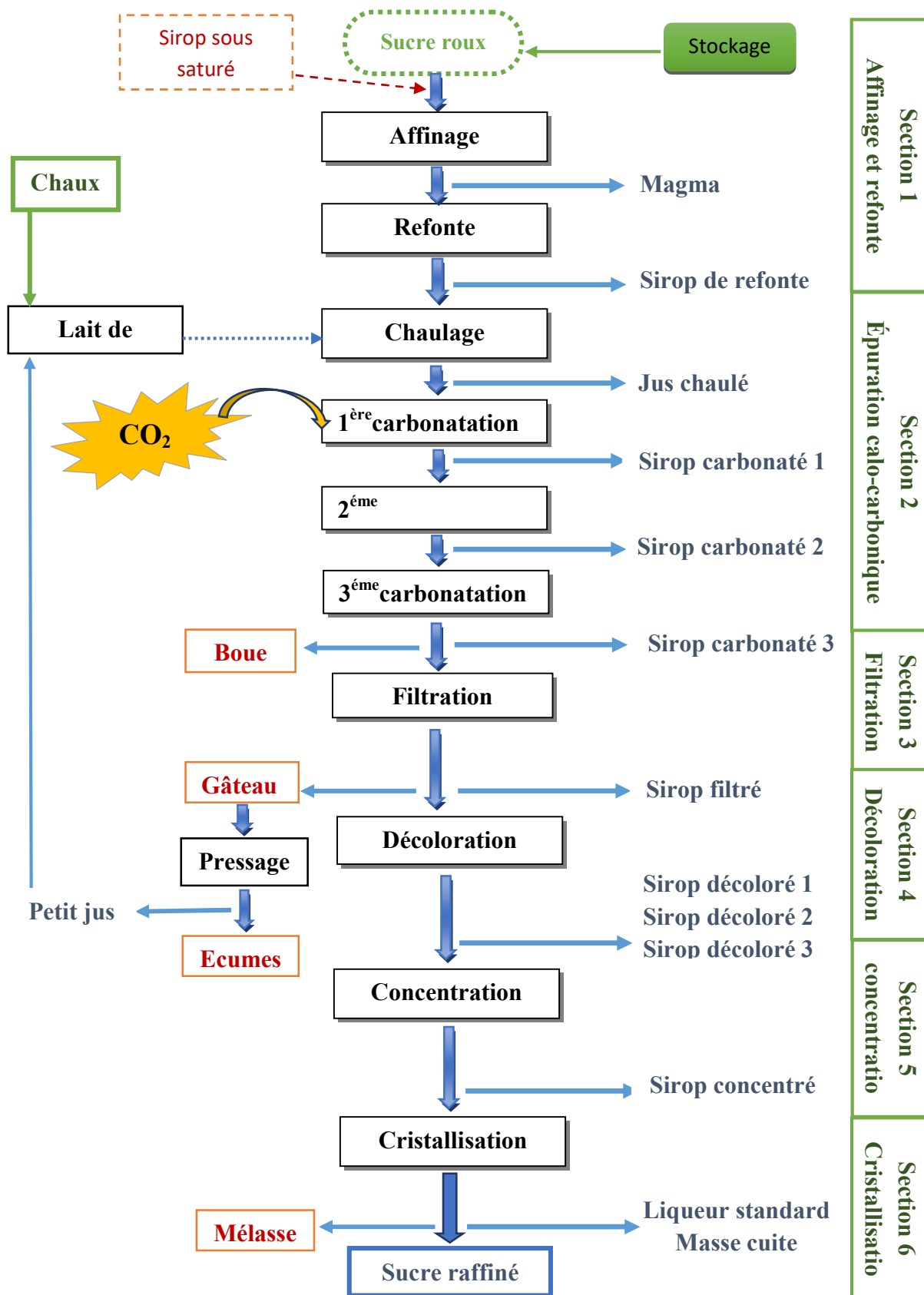


Figure 03 : Schéma du procédé de raffinage de sucre roux à la raffinerie CEVITAL

**Tableau III:** Liste du matériel et solutions utilisés pour les analyses effectuées.

Matériel	Solutions
Ponts en plastique 500 ml	HCl à (0.1 N)
Bareau magnétique	NaOH à (0.1 N)
Becher 50 ml	Eau distillé
Papier filtre 0.45 µm	Eau filtré
Filtre plissé standard	/

**Tableau IV :** Appareillages utilisés au laboratoire du complexe CEVITAL.

Appareillage	Type
Dilueur automatique mené d'une balance de précision	DP64
Agitateur magnétique	BioblockScientifica
pH mètre thermostat	HANNA Instruments
Réfractomètre	RFM340
Polarimètre	POLASER-SI
Spectrophotomètre UV	Helios Gamma
Une pompe sous vide	/
Homogénéisateur automatique	/
Ordinateur mené du logiciel CLEOPATRE	/

Tableau V: Evolution du Brix au cours du processus de raffinage

Produits	Norme min	Moyenne	Norme max
SA	60,00	60,17	66,00
SR	60,00	59,66	66,00
SF	57,00	57,21	61,00
SD	57	57,25	61
SC	63,00	66,46	67,00
LS1	63,00	68,36	68,00
MC1	89,00	89,61	/
LS2	68,00	70,60	75,00
MC2	89,00	89,56	/
LS3	68,00	73,55	77,00
MC3	89,00	89,60	/
EP3	75,00	63,15	80,00
LSA	78,00	50,79	80,00
LSB	78,00	82,04	83,00
LSC	78,00	83,93	83,00
Mélasse	73,00	81,01	83,00

**Tableau VI :** Evolution de la pureté au cours du processus de raffinage

Produits	Pureté	Norme min
SA	98,87	98,50
SR	98,89	98,50
SF	99,18	98,50
SD	99,22	98,80
SC	99,17	98,80
LS1	99,08	98,80
MC1	95,12	98,80
LS2	98,38	98,00
MC2	93,24	97,50
LS3	95,78	95,00
MC3	87,70	95,00
LSA	81,16	76,00
EP3	91,28	90,00
LSB	77,89	76,00
LSC	70,10	65,00
Mélasse	64,68	55,00

**Tableau VII :** Evolution de l'alcalinité au cours du temps

Jours	Norme min	Alcalinité	Norme max
1	4,50	5,35	5,50
2	4,5	5,06	5,5
3	4,5	4,83	5,5
4	4,5	5,06	5,5
5	4,5	5,05	5,5
6	4,5	5,04	5,5
7	4,5	4,93	5,5
8	4,5	5,01	5,5
9	4,5	5,13	5,5
10	4,5	4,89	5,5
11	4,5	4,81	5,5
12	4,5	5,00	5,5
13	4,5	5,09	5,5
14	4,5	5,05	5,5
15	4,5	4,91	5,5

**Tableau VIII** : Evolution de la couleur au cours du processus de raffinage

Produits	Couleur	Norme max
SA	1134	1500
SR	1165	1500
SF	486	800
SD	162	250
SC	181	300
LS1	208	300
MC1	213	300
LS2	724	800
MC2	724	800
LS3	2268	3000
MC3	2229	2000
EP3	11110	10000
LSA	24938	15000

**Tableau IX** : Evolution du pH au cours du processus de raffinage

Produits	Norme min	pH
SA	6,50	7,15
SR	6,50	6,48
JC	10,50	11,13
SC1	9,50	9,56
SC2	9,00	8,71
SC3	8,20	8,05
SF	7,50	7,77
SD	7,00	7,75
LS1	7,00	7,61
LS2	6,80	6,86
LS3	6,00	6,22
LSA	5,50	4,78
EP3	6,00	5,25
LSB	5,00	4,87
LSC	4,00	4,59
Mélasse	4,00	4,36

**Tableau X :** Suivi du taux de décoloration du système de décoloration au cours du temps

Jours	Couleur SF	Couleur SD1	TD 1 (%)	Couleur SD2	TD 2 (%)	Couleur SD3	TD 3 (%)	Norme max TD (%)
1	401	189	52,87	206	48,63	166	58,60	80
2	441	158	64,17	173	60,77	127	71,20	80
3	413	189	54,24	165	60,05	127	69,25	80
4	549	168	69,40	155	71,77	147	73,22	80
5	534	145	72,85	162	69,66	158	70,41	80
6	606	220	63,70	195	67,82	171	71,78	80
7	543	194	64,27	164	69,80	168	69,06	80
8	499	150	69,94	147	70,54	147	70,54	80
9	539	165	69,39	163	69,76	177	67,16	80
10	489	170	65,24	184	62,37	158	67,69	80
11	465	132	71,61	148	68,17	130	72,04	80
12	440	141	67,95	141	67,95	131	70,23	80
13	453	150	66,89	152	66,45	142	68,65	80
14	504	173	65,67	186	63,10	173	65,67	80
15	407	174	57,25	153	62,41	156	61,67	80



**Tableau XI** : Suivi du taux de décoloration de la carbo-filtration au cours du temps

Jours	Couleur SR	Couleur SF	TD (%)	Norme TD (%)
1	1219	401	67,10	60
2	1140	441	61,32	60
3	1249	413	66,93	60
4	1178	549	53,39	60
5	1150	534	53,48	60
6	1333	606	54,54	60
7	1175	543	53,79	60
8	1094	499	54,39	60
9	1153	539	53,25	60
10	1156	489	57,70	60
11	1113	465	58,22	60
12	1449	440	69,63	60
13	1029	453	55,98	60
14	1162	504	56,63	60
15	876	407	53,05	60

Tableau XII suivi de l'évolution de la conformité du sucre blanc de Cevital

Jours	Couleur (ICUMSA)	Taux d'humidité (%)
J1	35	0.022
J2	28	0.024
J3	29	0.033
J4	32	0.031
J5	29	0.026
J6	31	0.026
J7	32	0.030
J8	31	0.023
J9	32	0.029
J10	32	0.023
J11	32	0.023
J12	32	0.030
J12	30	0.023
J14	32	0.029
J15	31	0.026
<b>Spécification A</b>	<b>≤ 60</b>	<b>≤ 0.1</b>
<b>Spécification B</b>	<b>≤ 100</b>	<b>≤ 0.1</b>
<b>Norme CEE</b>	<b>45 max</b>	<b>0.06 max</b>

## **Résumé**

La présente étude réalisée au niveau de la raffinerie sucre Cevital a porté sur le suivi de l'évolution de quelques paramètres physico-chimiques au cours du processus de raffinage du sucre roux et l'influence des systèmes de raffinage sur le rendement de la décoloration dans le but d'améliorer la qualité du sucre blanc produit.

Les résultats obtenus des paramètres analysés (Brix, couleur, pureté, pH, alcalinité et Humidité) indiquent qu'ils sont conformes aux normes suivies par l'industrie. Ceci confirme l'efficacité des systèmes de décoloration et la maîtrise du procédé de raffinage.

**Mots clés:** Suivi, analyses, physico-chimiques, raffinage, sucre roux, décoloration, qualité, conformité, sucre blanc.

## **Abstract**

The present study carried out at the Cevital sugar refinery focused on monitoring the evolution of some physico-chemical parameters during the brown sugar refining process and the influence of the refining systems on the yield of decolorization in order to improve the quality of the white sugar produced.

The results obtained from the parameters analyzed (Brix, color, purity, pH, alkalinity and Moisture) indicate that they comply with the standards followed by the industry. This confirms the efficiency of the decolorization systems and the control of the refining process.

**Keywords:** Monitoring, analysis, physico-chemical, refining, brown sugar, decoloration, quality, conformity, white sugar.