



Mémoire de Master

Présenté par :

- Boureta Hamza
- Mors Tahar

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

Spécialité : chimie analytique

Thème :

Traitement physico-chimique du sucre blanc au
niveau de la raffinerie du complexe agro-alimentaire
de CEVITAL.

Soutenu le : 27 /10 /2020

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mr BEZZI Nacer	Chimie	Président
M ^{me} BOUKEHIL Ghouzala	Chimie	Examinatrice
M ^{me} BARKA Fatiha	Chimie	Encadreur

Remerciement

*Au premier lieu nous tenons à remercier le bon dieu le tout
puisons de nous avoir donné le courage pour mener à terme ce
modeste travail.*

*Nous tenons également a exprimé nos remerciement les plus
sincère et les plus profond a :*

*Madame BARKA, notre promotrice d'avoir accepté de nous
encadré, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et ses
encouragements.*

*L'ensemble des membres de jury Mr BEZZI et M^{me} BOUKEHIL
qui nous ont fait l'honneur, en acceptons d'examiner ce travail.*

Nos frères et sœur qui étaient toujours là pour nous aider.

*Enfin nous remercions particulièrement nos parents, pour leurs
soutiens inconditionnels tout au long de ces longues années
d'études.*

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Ceux que j'ai tant aimé avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et

le respect que je leur porte :

À Mes très chers parents ;

À mes très chères sœurs ;

À mes très chers frères ;

À mon binôme Mors Tahar et sa famille et,

A toutes celles et à tous ceux qui m'aiment.

HAMZA

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Ceux que j'ai tant aimé avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et

le respect que je leur porte :

À Mes très chers parents Kamal et Khokha ;

À Mon très cher frère Lyes ;

À mes très chères soeurs Saloua, Kahina, Sihem que j'aime beaucoup;

À mes oncles et mes chères tantes est leurs familles ;

À mes grands-parents ;

À mon binôme Boureta Hamza et sa famille ;

À mes cher(es) amis : Karim L, Chabane R, Karim D,

A toutes celles et à tous ceux qui m'aiment.

TAHAR

Table des matières

Liste des abréviations	IV
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI
Introduction	02
Chapitre I : Généralités sur le sucre	
I.1. Betterave sucrière	04
I.1.1. Définition	04
I.1.2. Propriétés physiques des graines de betterave à sucre	04
I.1.3. Culture de la betterave	05
I.1.4. Procédé général d'extraction	06
a. Stockage	07
b. Réception	07
c. Alimentation de l'usine	08
d. Lavage des betteraves	08
e. Traitement de l'eau des lavages des betteraves	10
I.2. Canne à sucre	10
I.2.1. Définition	10
I.2.2. Description botanique de la canne à sucre	10
I.2.3. Composition principale de la canne à sucre	11
I.2.4. Procèdes d'extraction de sucre roux	11
I.3. Généralité sur le saccharose	13
I.3.1. Définition de saccharose	13
I.3.2. Propriété physico-chimique de saccharose	14
I.3.2.1. Propriété physique	14
A. Aspect	14
B. Température de fusion	14
C. Solubilité	14
D. Densité	14

E. Pouvoir rotatoire	15
I.3.2.2. Propriété chimique :	15
A. Inversion	15
B. Fermentation	15
C. Réaction de Brunissement non-enzymatique	16
I.4. Les variétés de sucre	17
I.4.1. Le sucre blanc cristallisé	18
I.4.2. Le sucre en poudre ou sucre semoule	18
I.4.3. Le sucre glace	18
I.4.4. Le sucre en morceaux	18
I.4.5. Le sucre en cubes	18
I.4.6. Le sucre pour confitures	18
I.4.7. La cassonade	18
I.4.8. Le sucre candi	18
I.5. Valeur technologique du saccharose dans les produits alimentaires	19
I.6. Notions générales de la chimie sucrière	19
I.6.1. Brix	19
I.6.2. Pureté	20
I.6.3. Polarisation	20
I.6.4. Colorimétrie	20
I.6.5. Saturation	20
I.6.6. Densité	21
I.6.7. Non-sucre	21
I.7. Norme et qualité du sucre blanc	21
I.7.1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations	21
I.7.1.1. La qualité du sucre selon la réglementation de la Communauté Economique Européenne (CEE)	21
a. Aspects	23
b. Coloration en solution	23
c. Matières minérales ou cendres	23
I.7.1.2. La qualité du sucre selon la commission du Codex Alimentarius	23
I.7.1.3. Qualité du sucre selon la réglementation algérienne	24

I.7.2. La couleur critère d'évaluation de la qualité	25
--	----

Chapitre II : Raffinage du sucre roux et la décoloration

Partie A : Raffinage de sucre roux.....	27
II.1. Procédés de raffinage du sucre roux « CEVITAL »	27
II.2. Raffinage et effet du processus sur le sucre roux :	28
II.2 .1. La section 1: Affinage et Refonte.....	28
II.2.2. La section 2 : Epuration (carbonatation)	28
a. Principe de l'épuration.....	29
b. Première et deuxième carbonatation.....	29
II.2.3. Section 3 : Filtration	31
II.2.4. La section 4 : Décoloration.....	32
II.2.5. La section 5 : Concentration	32
II.2.6.La section 6 : Cristallisation.....	33
a. Cristallisation des hauts produits (HP)	33
b. Cristallisation des bas produits (BP)	33
c. Paramètre influençant la cristallisation	33
II.2.7. La section 7 : Séchage et maturation	34
II.2.8. La section 8 : Stockage et conditionnement.....	34
Partie B : La décoloration du sucre.....	35
II.3.1. Introduction.....	35
II.3.2. Description du procédé.....	35
II.3.2.1. Procédé général de la décoloration.....	36
II.3.3. Les principaux colorants présents lors du processus de décoloration.....	36
II.3.3.1. Les colorants naturels.....	36
II.3.3.2. Les colorants formés lors du processus.....	37
II.3.3.2.1. Les mélanines.....	37
II.3.3.2.2. Les mélanoïdines.....	37
II.3.3.2.3. Les caramels	37
II.3.3.2.4. Les produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH)	37
II.3.4. Les résines échangeuses d'ions (REI)	38
II.3.4.1. Les principaux types de résines.....	38

II.3.4.1.1. Les résines échangeuses d'ions anioniques.....	38
II.3.4.1.2. Les résines échangeuses d'ions cationiques.....	39
II.3.4.2. Mécanisme d'action de la résine.....	39
II.3.4.3. Les caractéristiques de la résine utilisée au niveau de CEVITAL.....	39
II.3.4.4. Régénération des résines.....	40
II.3.4.5. Dépollution.....	40
II.3.4.6. Les étapes complètes de fonctionnement des résines d'un cycle.....	41
a. Production 1 et 2.....	41
b. Attent	41
c. Détassage.....	41
d. Ensucrage.....	41
e. Vidange partielle.....	41
II.3.4.7. Régénération à la saumure nano-filtré ½	42

Conclusion	44
-------------------------	----

Références bibliographiques

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
Mt	Millions de tonnes
DCO	Demande chimique en oxygène
MS	Matière sèche
MES	Matière sèche en suspension
DBO5	Demande biologique en oxygène mesuré au bout de 5 jours
MO	Matière oxydable
COT	Carbone organique total
E	Eau
AFISUC	Association pour la Formation et le perfectionnement dans les Industries sucrières.
Qs	Qualité de sucre
S	Sucre
mNS	Masse du non-sucre
mE	Masse d'eau
ICUMSA	International Commission for Unification Methods for Sugar Analysis.
CEE	Communauté économique européenne
FAO	Food and agriculture organisation
OMS	Organisation mondiale de la santé
HP	Haut produit
BP	Bas produit
SD	Sirop décoloré
SF	Sirop filtré
PDAH	Produits de Dégradation Alcaline des Hexoses.
REI	Résine échangeuse d'ions

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

N° de Tableau	Titre	Page
1	Répartition des constituants de la canne à sucre	11
2	Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE	22
3	Normes de Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS)	24
4	Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations	25
5	Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations	26
6	Mode d'épuration par la chaux	29
7	Les principales caractéristiques de l'AMBERLITE XA 4041 Cl	39

Liste des figures

Liste des figures :

N° de Figure	Titre	Page
1	La betterave sucrière	4
2	Procède de fabrication du sucre extrait de la betterave	6
3	La canne à sucre	10
4	Extraction de sucre roux	12
5	Structure moléculaire de saccharose	14
6	Formation de Mélanoidines selon la réaction de Maillard	17
7	Schéma du procès de raffinage du sucre roux « CEVITAL »	27
8	Schéma illustrant fonctionnement d'un filtre à bougie	31
9	Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à presse	32
10	Procédés généraux de la décoloration à l'unité CEVITAL	36
11	préparation du polystyrène chlorométhyle à partir de polystyrène réticulé	38
12	Schéma de régénération à contre-courant d'une colonne de décoloration au sein de complexe CEVITAL	40

Introduction

Introduction :

Depuis le début du 21^{ème} siècle, la production mondiale de sucre n'a cessé d'augmenter. Elle a dépassé les 110 millions de tonnes dans les années 90 (114,7 Mt) pour atteindre 179,2 Mt en 2016/2017. Le sucre joue un rôle majeur dans l'économie mondiale. Il fait vivre dix-huit millions de familles d'agricultures et pas moins de 1,8 millions de travailleurs tirent leurs revenus du l'industrie de sucre. Il est ainsi devenu l'une des matières premières naturelles dont l'importance économique est primordiale. L'Algérie, à cet égard, est totalement dépendante du marché extérieur, puisqu'elle importe pratiquement la totalité de ses besoins.

Le sucre est extrait de nombreuses plantes, principalement de la canne à sucre et de la betterave sucrière. La canne à sucre « *Saccharum officinarum* » est une plante de la famille des graminées, principalement cultivées dans les régions tropicales et subtropicales. Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. La composition moyenne du sucre est présentée selon l'état de maturité de la plante. La teneur en saccharose est de 16 % dans ses tiges avec un taux d'extraction qui peut atteindre 96 % lors d'un processus industriel.

La transformation industrielle de la canne à sucre en sucre est un processus long et délicat et dont le but est de produire de la qualité demandée par le client et à moindre coût.

Dans l'industrie sucrière, les résines échangeuses d'ions sont utilisées comme décolorants. Ce sont des bases fortes de type anionique, avec des groupes fonctionnels amines quaternaire qui opèrent dans la forme de chlorures. Les principaux facteurs qui interviennent dans la décoloration d'un sirop de sucre sont : le sucre, le temps de séjour dans la résine et la hauteur totale du lit de la résine.

Ce manuscrit comporte une introduction générale, deux chapitres et une conclusion générale.

Le premier chapitre regroupe des résultats d'une recherche bibliographique mettant en évidence des généralités sur le sucre tel que les principales sources de sucre et leurs compositions ainsi que les procédés d'extraction du sucre roux. Ensuite, des généralités sur le saccharose sont données ainsi que les normes et la qualité du sucre blanc.

Le deuxième chapitre présente un schéma du procédés de raffinage du sucre roux au niveau de complexe agro-alimentaire CEVITAL et les différentes sections de raffinage du sucre roux. Ce chapitre traite également la section de la décoloration avec ses différentes étapes.

Chapitre I

Généralités sur le sucre

Chapitre I : Généralités sur le sucre

Introduction :

Toutes les plantes vertes produisent du sucre (saccharose) grâce à la photosynthèse. Le sucre est obtenu à partir de la canne et de la betterave sucrière grâce à leur haute teneur en saccharose. Qu'il soit produit à partir de la canne ou de la betterave à sucre le résultat est le même : pur saccharose. Le processus d'extraction et de purification des sucres à partir de la betterave et de la canne à sucre permet de produire une grande variété de sucre.

I.1. Betterave sucrière :

I.1.1. Définition :

La betterave sucrière appartient à la famille des chénopodiacées dont font également partie la bette et l'épinard. Si ce sont les feuilles de ces deux dernières plantes que l'on consomme, c'est la racine (de 20 cm environ) qui est utilisée dans le cas de la betterave à sucre de forme conique. Sa chair est toujours blanche et contient de 15% à 20% de sucre. Cette plante bisannuelle se cultive dans les zones tempérées [1].



Figure 1 : la betterave sucrière

I.1.2. Propriétés physiques des graines de betterave à sucre :

Etant donné que l'uniformité et la qualité biologique des semences de betterave sucrière sont de la plus haute importance pour les planteurs, une étude turque [2] s'est intéressée aux propriétés physiques des graines en fonction de l'humidité. Les graines ont été lavées et triées manuellement pour éliminer les impuretés les graines immatures ou abîmées. Leur taux d'humidité moyen de 8,4% a été déterminé par la méthode standard (étuve). Puis les graines ont été ré-humidifiées à l'eau distillée pour obtenir des taux d'humidité variant de 8,4 à 14,0%, ces valeurs moyennes ont été déterminées sur des grains à différentes périodes. Les propriétés physiques des graines réhydratées ont ensuite été déterminées. Selon les résultats, les dimensions axiales moyennes mineures et majeures des graines augmentent avec l'humidité, de même que la surface projetée de la graine et la masse de 1000 graines (augmentation linéaire de 12,1 à 15,6 mm² et de 12,60 à 13,41g respectivement). La vitesse terminale (5,6 à 6,6 m/s), l'angle de frottement (17,6 à 25,0°) et le coefficient de frottement

statique s'accroissent sur les 4 surfaces testées : caoutchouc, contreplaqué, métal galvanisé et aluminium. En revanche, la sphéricité des graines décroît linéairement ainsi que leur densité apparente (447 à 418 kg / m³), la densité réelle (962 à 851 kg / m³) et la porosité (53,6 à 50,9%). La connaissance de ces propriétés physiques devrait permettre de développer de meilleures techniques de traitement des graines de betterave en vue d'un stockage et d'un semis optimisés [2].

I.1.3. Culture de la betterave :

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

Jusqu'à 90 000 plantes de betterave poussent sur un hectare. Leur teneur en sucre varie entre 16% et 20% et l'on en retirera entre 8000 et 12 000 kg de sucre. Cette quantité suffit pour couvrir les besoins annuels de 250 consommateurs. Les betteraves sucrières, qui sont des plantes à rendement élevé, ont besoin d'un bon apport en substances nutritives. Les mauvaises herbes sont combattues le plus tôt possible et de manière sélective, ce qui permet de limiter les coûts et de ménager les betteraves [3].

I.1.4. Procédé général d'extraction :

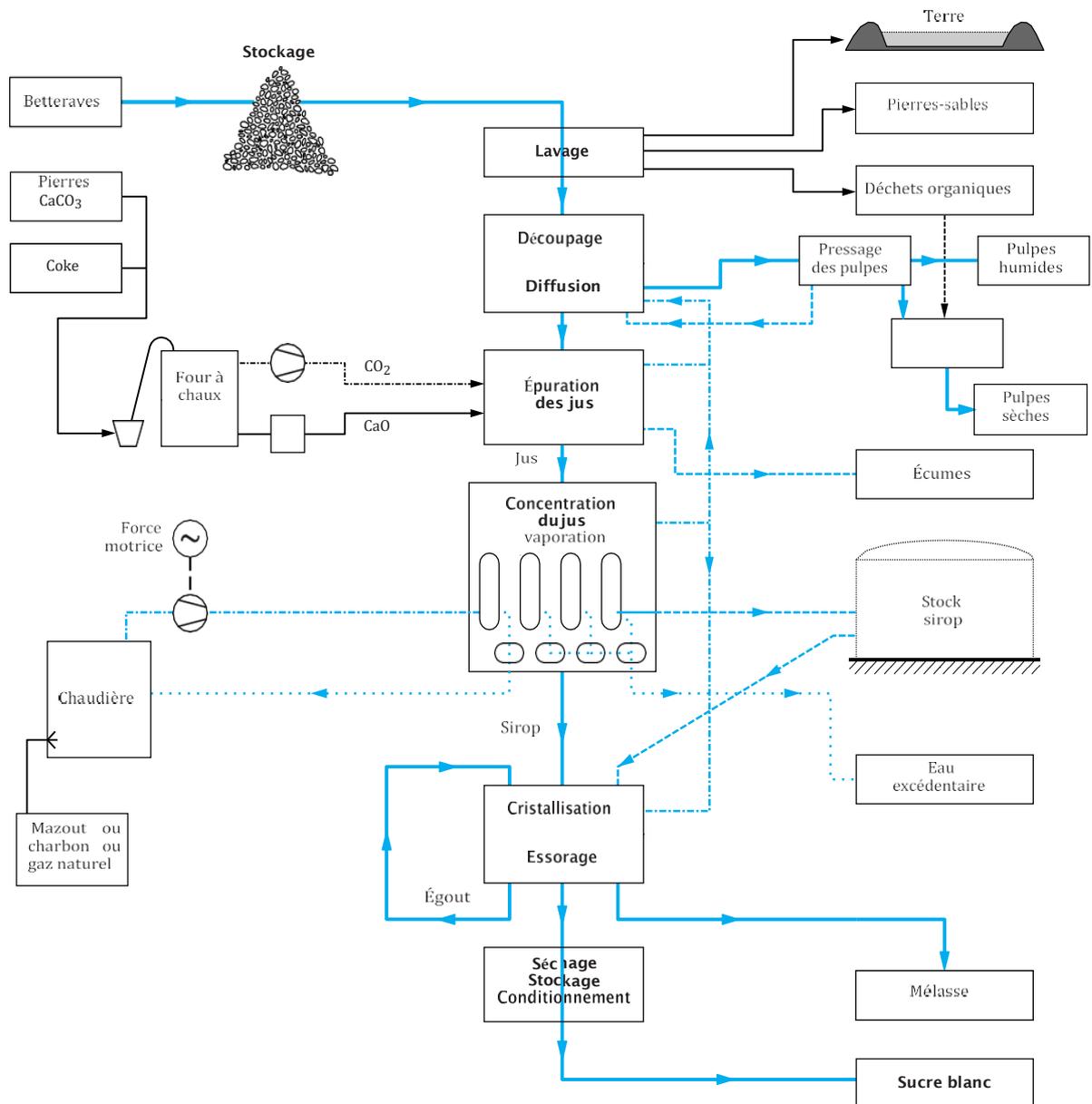


Figure 2 : Schéma de procédé de fabrication du sucre extrait de la betterave [4]

Le procédé de fabrication (figure 2) peut être décrit selon plusieurs étapes :

- la réception et le stockage,
- l'alimentation de l'usine et le lavage,
- le découpage et extraction du jus,
- le pressage et le séchage des pulpes,
- l'épuration des jus,

- la concentration du jus,
- la cristallisation du sucre,
- le séchage et conditionnement du sucre [4].

a. Stockage :

Le stockage des betteraves s'effectue au bord des champs et en usine :

- au bord des champs, il s'agit de « silos » qui ressemblent à de simples tas mais dont la structure (hauteur, largeur, orientation) est soignée afin de permettre une bonne aération de l'ensemble.
- en usine, la capacité de stockage ne dépasse généralement pas 48 heures et permet un fonctionnement continu de l'usine, même en absence de réception de betterave, la nuit et le week-end. Les usines se chargent de l'organisation de la réception. Plusieurs transformations entraînant une perte en sucre ont lieu durant le stockage.
- le métabolisme respiratoire et la pousse des feuilles se font aux dépens du saccharose stocké dans la racine. La perte quotidienne est ainsi évaluée à 0,02 à 0,04 kg saccharose/100 kg. Ce phénomène est toutefois préférable à une formation d'alcool en anaérobiose entraînant un échauffement du tas et un risque accru de dénaturation de la structure des cellules de betterave.
- durant le stockage, on assiste à une transformation des matières azotées avec hydrolyse des protéines en acides aminés. Ce taux d'azote soluble supplémentaire diminue la pureté des jus, et par la même augmente la perte en sucre (chaque non-sucre entraîne une quantité donnée de sucre dans la mélasse).

Un autre facteur très important de dégradation des betteraves durant le stockage est le gel ou plutôt le dégel. Lors du dégel, les membranes des cellules qui ont été déchirées par la formation des cristaux de glace, n'assurent plus la retenue du sucre, ce qui favorise le développement des micro-organismes présents sur la betterave. Chaque année, les sucriers et les betteraviers sont donc en alerte en fin de campagne, en prévision d'un coup de gel [4].

b. Réception :

Les usines paient les planteurs sur la base du poids de betteraves récoltées et de la teneur en sucre de celles-ci. Le collet est considéré comme un corps étranger parce que sa composition est très différente de celle du corps de la betterave et qu'il comporte des éléments

qui rendent l'extraction du sucre plus difficile. Les betteraves sont payées en fonction du quota auquel elles correspondent et de leur teneur en sucre [4].

c. Alimentation de l'usine :

Du point fixe ou de l'aire de stockage, l'alimentation de l'usine en betteraves peut s'effectuer de manière hydraulique ou à sec. Avec l'alimentation « hydraulique », l'abattage des betteraves s'effectue par des lances oscillantes (la pression utilisée est de 2 à 3 bar) avec de l'eau boueuse recyclée qui est nécessaire car la densité des betteraves varie de 1,05 à 1,09. Les débits d'eau d'abattage (3 à 6 m³/t bett.) dépendent du diamètre des lances et de la pression. Les betteraves sont ensuite élevées du caniveau au poste de lavage par une pompe à betteraves ou une roue élévatrice. Cette technique présente l'avantage de ne pas briser les betteraves. Par contre, elle entraîne :

- des pertes en sucre importantes dans l'eau de circulation d'où une forte augmentation de demande chimique en oxygène (DCO).
- des risques de développements microbiens.
- des dépôts de pierres bouchant les caniveaux.
- Un manque de souplesse (pour l'augmentation de capacité notamment).

Avec l'alimentation « à sec », les betteraves sont reprises de l'aire de stockage, soit par un chargeur à benne puis déposées sur un tapis, soit de manière automatique par une roue-pelle qui tourne en se déplaçant parallèlement au front du tas de betteraves. Ces dernières sont ensuite déversées par les godets sur un transporteur intégré à un pont portique qui se déplace perpendiculairement au front du tas. Cette technique présente l'avantage de limiter les pertes en sucre et d'utiliser moins d'eau, par contre, elle entraîne un bris plus important des betteraves et des pertes en sucre au transport dues aux blessures et heurts des betteraves [4].

d. Lavage des betteraves :

La qualité du nettoyage des betteraves est très importante car elle conditionne la durée de vie des couteaux des coupe-racines, l'importance des infections, l'usure du diffuseur, la filtrabilité et l'épuration des jus, l'usure du matériel de pressage des pulpes et la digestibilité de ces dernières.

Le lavage comprend de nombreuses étapes qui visent à séparer les betteraves de la terre, des pierres, des gravillons et des herbes. L'atelier de lavage comprend généralement:

- un cylindre éboueur couramment appelé « trommel »,
- un épierreur où les betteraves sont séparées des pierres par flottation,
- un tapis balistique sur lequel des jets puissants sont pulvérisés sur les betteraves pour évacuer les impuretés adhérant encore aux betteraves, en particulier les gravillons dans le rayon saccharifère.

Les betteraves nettoyées sont alors dirigées vers une trémie située au-dessus des coupe-racines effectuant le découpage ultérieur des betteraves. L'atelier de lavage comprend également un système de récupération des radicelles (petits morceaux de betterave) et la séparation des herbes qui sont traitées dans des presses séparées. La qualité du lavage est évaluée par la mesure de la tare avant et après lavage.

La circulation de l'eau se fait en général dans le sens inverse de celui des betteraves, l'eau propre étant réservée à l'étape finale. L'eau de lavage est ensuite évacuée dans des bassins où la terre décante. La surverse est renvoyée dans le circuit. La terre s'accumule donc dans les bassins. Ce stockage n'est pas sans poser des problèmes car les sucreries doivent creuser ces bassins ou vider les anciens ce qui entraîne des coûts importants. Les usines essaient donc, dans la mesure du possible, de renvoyer l'eau boueuse dans les champs.

Par ailleurs, le recyclage de l'eau de surverse vers l'atelier de lavage ne peut être total du fait de la dissolution de matières organiques et minérales au cours du lavage. Plus de 90 % de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux de transport et de lavage est due à la mise en solution du saccharose. Il faut ainsi évacuer environ 1 m³ d'eau par tonne de betterave. Cette eau sale doit subir un traitement biologique avant de pouvoir être rejetée dans les rivières.

Les pertes en sucre au cours du lavage sont relativement importantes (250 à 1 000 g sucre/t bett.). La plupart des entreprises ont réalisé un bilan des pertes en sucre de la réception au diffuseur pour détecter les facteurs influençant celles-ci et les moyens de les réduire. Bien que ces pertes en sucre soient très difficiles à évaluer, l'augmentation de la DCO dans les eaux de lavage est une image de l'importance de celles-ci. Il faut bien comprendre que la perte représente, non seulement une baisse de rendement, mais pose également un gros problème d'environnement car le coût du traitement biologique de l'eau de lavage est alors plus important [4].

e. Traitement de l'eau des lavages des betteraves :

Dans le domaine du traitement des effluents, les liquides à traiter sont généralement caractérisés par leur température, leur pH, la teneur en matière sèche globale (MS) et la teneur en matière sèche en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène mesurée au bout de cinq jours (DBO5), les matières oxydables (MO) et le carbone organique total (COT).

Pour réduire la pollution due à l'eau de lavage, la sucrerie dispose de plusieurs moyens :

- l'épandage,
- l'autoépuration en bassins et,
- le traitement biologique soit par voie aérobie soit par voie anaérobie [4].

I.2. Canne à sucre :

I.2.1. Définition :

La canne à sucre en « *Saccharum officinarum* » est une plante graminée principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. Depuis la préhistoire, la canne à sucre et le miel furent longtemps les seules sources de sucre de l'humanité.

La canne à sucre contient jusqu'à 16% de saccharose dans ses tiges, dont jusqu'à 96% peut être extrait lors d'un processus industriel [5].



Figure 3 : la canne à sucre

I.2.2. Description botanique de la canne à sucre :

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

Les tiges sont structurées en tronçons de 10 à 20 cm (les entre nœuds) séparés par les nœuds où les feuilles prennent naissance. Les feuilles sont réparties en deux files opposées et

ont un limbe de 1 m de longueur sur 2 à 10 cm de largeur. Elles sont au nombre de 10 sur les plantes en pleine croissance.

L'apparition de la floraison marque la fin de la croissance de la plante et le début d'une augmentation sensible de formation de saccharose qui se déclenche sous l'action de la sécheresse et de la fraîcheur nocturne.

Le saccharose s'accumule dans la tige comme réserve énergétique, mais sa répartition n'est pas égale et le sommet de la plante est d'une moindre teneur en sucre [5].

I.2.3. Composition principale de la canne à sucre :

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. Le tableau 1 donne la composition moyenne de la canne à sucre. Selon l'état de maturité de la plante, la teneur en fibres peut varier de 10% à 18%, la quantité d'eau de 72% à 77% et le saccharose de 12% à 16%.

Après extraction, une tonne de canne produit environ 250 à 300 mg de débris, soit entre 25% et 30% de la matière première [5].

Tableau 1 : Répartition des constituants de la canne à sucre [5].

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

I.2.4. Procédé d'extraction du sucre roux :

A son arrivées à usine, la canne à sucre suit les opérations de base du procédé d'extraction du sucre de canné brut.

Les opérations de base du procédé d'extraction de sucre de canne brut sont données dans la figure 4 [5].

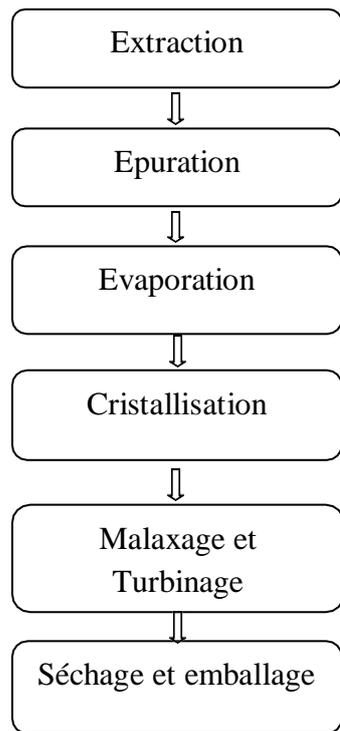


Figure 4 : Extraction de sucre roux.

a. Extraction :

Lors de l'extraction, les morceaux de la canne à sucre passent dans une série de trois moulins cylindriques montés en triangles et tournant lentement (4 à 6 tr/min). La canne subit deux broyages dans chaque moulin donnant ainsi un liquide sucré « vesou » [6]. Ce liquide est récupéré au-dessous de l'ensemble de moulin et analysé au laboratoire afin de déterminer sa teneur en sucre.

Les moulins permettent d'extraire 92% à 96% du saccharose contenus dans les tiges de canne [5].

b. Epuration :

Le vesou qui contient un grand nombre d'impuretés est épuré par tamisage, par chauffage et par ajout de chaux (chaulage) [5].

c. Evaporation :

Le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression réduite (évaporateurs à simple effet). L'eau s'élimine sous forme de vapeur et l'obtention de sirop [5].

d. Cristallisation :

Le sirop est chauffé à 55°C et à pression réduite. Il se transforme en une masse pâteuse « masse-cuite » qui renferme des cristaux de sucre et un liquide visqueux appelé « liqueur-mère » [5].

e. Malaxage et turbinage :

La masse cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop épuisé. On obtient le sucre de premier jet et le sirop épuisé est malaxé et turbiné à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet [5].

f. Séchage et Emballage :

Le sucre cristallisé blanc évacué du fond de la turbine et séché puis refroidi. Il est ensuite tamisé, classé et pesé, puis dirigé vers l'atelier d'ensachage ou vers les vastes silos (plusieurs milliers de tonnes) où il est conservé en vrac [5].

I.3. Généralités sur le saccharose :**I.3.1. Définition :**

Le saccharose est un disaccharide non réducteur connu sous le nom de « sucre de table » ou de sucre tout simplement et se compose de deux monosaccharides (le fructose et le glucose).

Il a pour formule brute $C_{12}H_{22}O_{11}$ et sa masse moléculaire est de 342,30 g/mol. La figure 5 montre sa structure moléculaire [5].

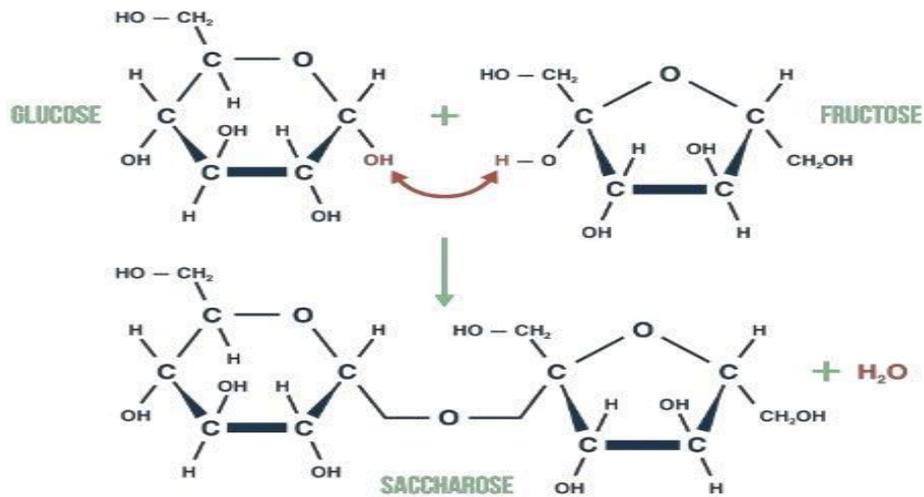


Figure 5 : Structure moléculaire du saccharose.

I.3.2. Propriétés physico-chimiques du saccharose :

I.3. 2.1. Propriétés physiques :

A. Aspect :

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline à l'état pur. Il est blanc inodore et évidemment, un gout sucré [5].

B. Température de fusion :

Chauffé à sec, un cristal de sucre commence à fondre vers 160 °C-170 °C, son point de fusion est précisément de 186 °C et il faut dépasser les 190-200 °C pour voir apparaître le caramel [7].

C. Solubilité :

Le sucre est très soluble dans l'eau, à température ambiante. On peut dissoudre jusqu'à 200 g de sucre dans 100 ml d'eau. On obtient ainsi une concentration de 66 % et plus la température augmente plus elle accepte une grande quantité de sucre [7].

D. Densité :

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

L'intervalle de cette variation est étroit et se situe autour de 0,8. Ceci se traduit par une masse volumique globale de 0,8 à 0,9 g/cm³ pour la majorité des produits [5].

E. Pouvoir rotatoire :

Le saccharose en solution est une molécule optiquement active (chirale), elle dévie le plan de la lumière polarisée vers la droite; c'est une substance dextrogyre. Le saccharose se distingue des autres sucres car sa rotation spécifique demeure constante dans le temps. Il s'agit d'une propriété permettant d'identifier sa présence et un paramètre fiable pour évaluer sa pureté en solution.

Le pouvoir rotatoire spécifique du saccharose en solution, en degré pour une concentration en g/cm³ et pour la longueur d'onde de la raie égale à 589,4nm à 20 °C est de $[\alpha]_D^{20} = 66,59$ [6].

I.3.2.2. Propriétés chimiques :

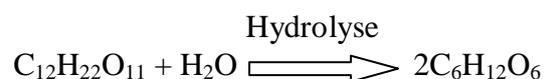
F. Inversion :

Le saccharose n'est pas un sucre réducteur qui est stable dans les solutions neutres jusqu'à 100°C. Le fructose se décompose au-dessus de 60°C, le glucose et le fructose sont instables dans les solutions acides. Le saccharose s'inverse ou se décompose en ses deux monosaccharides (le glucose et le fructose), la vitesse de réaction augmente avec l'acidité et la température.

Industriellement, le sucre inverti est obtenu par l'action de la chaleur sur une solution de saccharose en présence d'un catalyseur (acide tartrique ou citrique) ou encore par l'action d'une enzyme spécifique [5].

G. Fermentation :

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



La production d'éthanol se réalise par fermentation du sucre contenu dans la mélasse par des levures de type *saccharomyces cereviside*.

Selon les micro-organismes utilisés pour fermenter le saccharose, les produits obtenus sont différents [8].

H. Réaction de brunissement non-enzymatique :

a. Caramélisation :

La dégradation thermique telle que la caramélisation ne fait intervenir que les sucres. Elle est l'une des principales voies de transformation culinaire des éléments qui contiennent des sucres. La caramélisation a lieu lorsque l'on chauffe du saccharose au-delà de son point de fusion en présence d'un catalyseur acide. La réaction de caramélisation du saccharose fait intervenir une dissociation du disaccharide en glucose et fructose suivie d'une recombinaison variant en fonction du traitement thermique ou de l'acidité [8].

b. Réaction de Maillard :

La réaction de Maillard (figure 6) est l'ensemble des interactions résultant de la réaction initiale entre un sucre réducteur et un groupement aminé. Cette réaction a une importance énorme dans la chimie des aliments. Elle est la responsable principale de la production des odeurs, des arômes et des pigments caractéristiques des aliments cuits. Elle peut aussi donner naissance à des composés cancérigènes et également réduire la valeur nutritionnelle des aliments en dégradant des acides aminés essentiels. In vivo, elle intervient dans les processus de dégradation du collagène. On peut subdiviser la réaction de Maillard en trois étapes principales. Le premier conduit à la formation réversible de glycosylamines qui se réarrangent selon les réarrangements d'Amadori ou de Heyns. La seconde étape correspond à la dégradation des produits des réarrangements d'Amadori et de Heyns. Elle conduit, notamment, à la formation de composés hétérocycliques responsables des odeurs. La troisième étape correspond à la polymérisation d'intermédiaires réactionnels produits lors de la deuxième étape. Elle produit des mélanoidines. La température, le temps de réaction, la teneur en eau ainsi que la concentration et la nature des précurseurs influencent la réaction de Maillard. Les applications industrielles de la réaction de Maillard sont multiples [9].

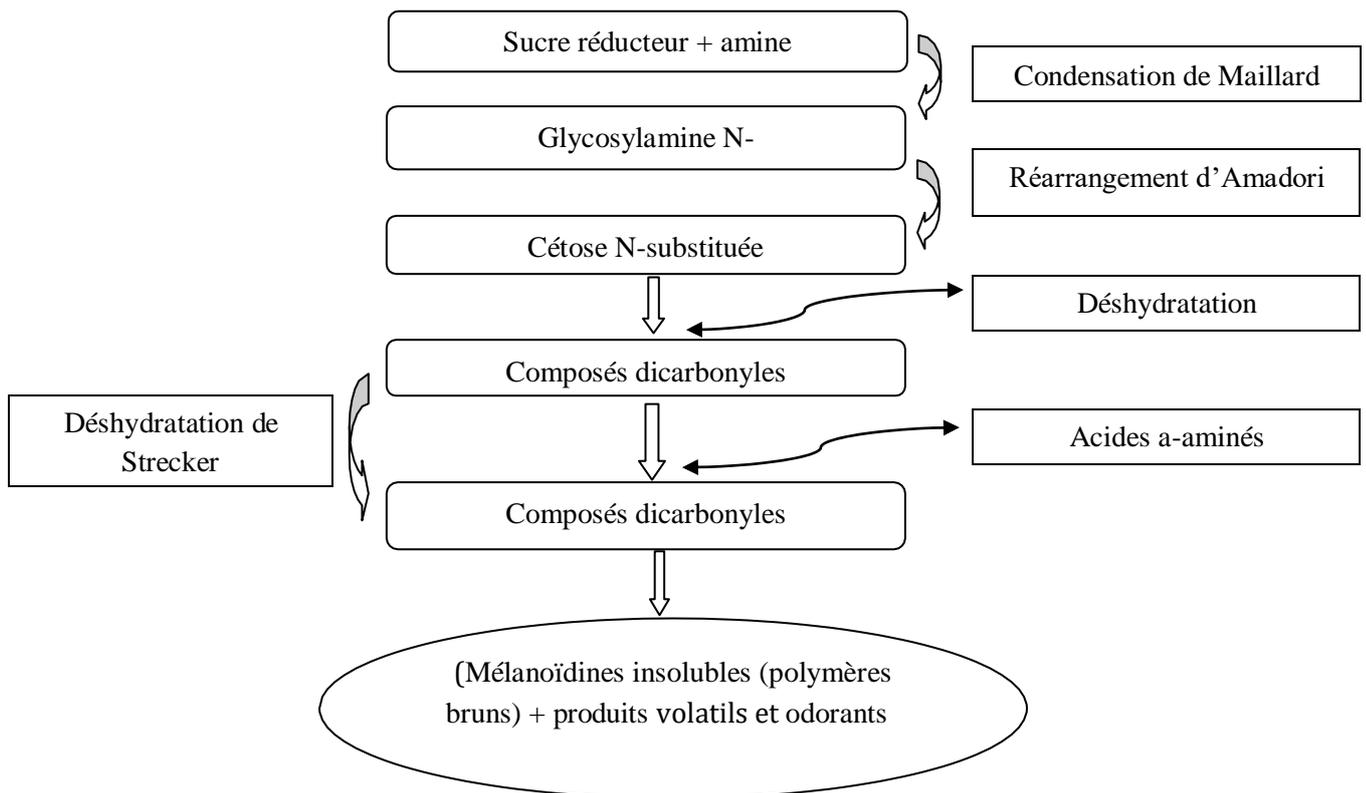


Figure 6 : Formation de Mélanoidines selon la réaction de Maillard

La cinétique de la réaction de Maillard dépend de plusieurs facteurs, en particulier :

- de la nature des sucres réducteurs,
- des acides aminés,
- du pH,
- de la température et
- de la teneur en eau [8].

I.4. Les variétés de sucre :

Afin de tirer le meilleur parti de toutes ses qualités, le sucre est retrouvé en une large variété de formes et de couleurs. Des présentations les plus classiques aux spécialités modernes, l'univers du sucre de canne se compose de huit variétés aux saveurs, arômes et usages spécifiques [5].

I.4.1. Le sucre blanc cristallisé :

C'est le plus pur, puisqu'il est constitué à 99,9 % de saccharose. Il est recueilli dans les turbines après concentration sous vide et cristallisation des sirops, au stade final de l'extraction en sucrerie. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros [5].

I.4.2. Le sucre en poudre ou sucre semoule :

Il est obtenu après broyage et tamisage du sucre cristallisé blanc. Il se présente en cristaux d'environ 0,4 mm [5].

I.4.3. Le sucre glace :

C'est une poudre blanche impalpable obtenue par le broyage extrêmement fin du sucre cristallisé blanc. De l'amidon est ajouté afin d'éviter son agglomération. Ses grains sont tellement fins que c'est le sucre qui se dissout le plus rapidement. Il se présente sous forme de cristaux inférieurs à 0,15 mm [5].

I.4.4. Le sucre en morceaux :

Est formé par compression et moulage de cristaux de sucre blanc ou brun encore chauds et humides. Le sucre en morceaux se présente sous la forme de dominos de tailles variables [5].

I.4.5. Le sucre en cubes :

Blanc ou brun, est issu du concassage de lingots de sucre de canne, eux-mêmes obtenus par réhumidification, moulage et séchage des cristaux de sucre [5].

I.4.6. Le sucre pour confitures :

C'est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits. C'est un sucre cristallisé auquel sont ajoutés des ingrédients qui facilitent la prise des préparations (pectine naturelle de fruits, acide citrique) [5].

I.4.7. La cassonade :

C'est un sucre cristallisé brun obtenu directement à l'issue de la première cuisson du jus de canne. Moins pur que le sucre cristallisé blanc, ce sucre brun contient environ 95 % de saccharose ainsi que des impuretés résiduelles (sels minéraux, matières organiques) qui lui donnent sa couleur et ses notes aromatiques [5].

I.4.8. Le sucre candi :

Résulte de la cristallisation, pendant 10 à 12 jours, d'un sirop très pur concentré et chaud. Le sirop est ensuite refroidi lentement à température ambiante. C'est la caramélisation qui lui donne sa couleur brune caractéristique [5].

I.5. Valeur technologique du saccharose dans les produits alimentaires :

L'homme aime le sucre à cause de sa saveur sucrée (douceur) adorable. Cependant, cette douceur n'est qu'une de ces caractéristiques.

La valeur technologique du saccharose est définie comme étant la valeur qu'il apporte aux produits alimentaires en tant qu'ingrédient. Celle-ci résulte de la combinaison unique des propriétés physiques, chimiques et sensorielles qu'offre la molécule de saccharose [10].

Selon Asadi (2007), l'utilisation du saccharose en industries alimentaires se justifie par le fait qu'il :

- améliore le goût et la flaveur des produits alimentaires,
- améliore la durée de conservation de certains produits alimentaires,
- améliore certaines propriétés physiques des denrées alimentaires,
- améliore la couleur et la texture des produits cuits au four (par la caramélisation),
- améliore la propriété d'entassement en vrac des produits alimentaires,
- améliore la mousse en blanc d'œuf dans les produits de meringués,
- améliore la libération de la pectine des fruits dans les produits de la confiture,
- améliore la cuisson des denrées alimentaires,
- diminue le point de congélation des denrées congelées tel que les crèmes glacées,
- améliore l'activité de fermentation des levures et la levée des produits cuits et
- augmente le point d'ébullition et permet une cuisson rapide à haute température.

I.6. Notions générales de la chimie sucrière :

I.6.1. Le Brix :

La détermination des matières sèches des produits sucrés est réalisée par mesure de l'indice de réfraction à 20°C. La teneur en matières sèches pour 100 grammes de solution a en degrés Brix (°Brix).

Lorsqu'on chauffe une solution, l'eau s'évapore et lorsqu'elle est totalement évaporée, il reste les matières sèches (MS) puisque elle est constituée d'eau et de matières sèches.

Le Brix est le rapport entre la quantité de matière sèche (MS) contenues dans la solution et la quantité de la solution, il est exprimé en pourcentage par la formule suivante [12] :

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

Où

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

I.6.2. La pureté :

La pureté du saccharose cristallisé s'élève à plus de 39 %, les non-sucre présents étant constitués pour l'essentiel par de l'eau [8].

La pureté définit la quantité de sucre (QS) contenue dans la matière sèche (MS).

$$\text{La pureté} = QS(g)/MS(g) \text{ [12].}$$

I.6.3. La polarisation :

La teneur en saccharose se mesure par polarimétrie (polarimètre thermostat à 20°C) [4].

La polarisation d'une solution de sucre est le rapport entre la quantité de sucre contenue dans la solution et la quantité de solution. Elle est généralement exprimée en pourcentage par la formule suivante : [12]

Polarité= quantité de sucre (g)/ quantité de solution (g)

$$\text{Quantité de solution} = m(MS) + m(NS) + m(E) \quad \text{Avec } MS = S + NS$$

Avec : m(MS)=masse de la matière sèche, m(NS)= masse des non sucré, masse d'eau=m(E),

I.6.4. La colorimétrie :

La couleur du sucre cristallisé est déterminée selon la méthode décrite par l'ICUMSA, méthode GS 2/3-9 (2005). La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre. Elle est basée sur la diminution de la densité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser. Le résultat est exprimé en unité ICUMA (UI) [13].

I.6.5. La saturation :

Une solution de sucre dite saturée à une température donnée, lorsqu'elle est mise en présence de cristaux de sucre. Ces derniers ne se dissolvent pas et ne grossissent pas. En dessous de cette concentration en sucre, la solution est dite non-saturée, les cristaux peuvent

encore se dissoudre. La saturation est le rapport de la quantité maximale de sucre dissoute sur la quantité d'eau à une température T (°C). Elle est déterminée par la formule suivante :

$$S = MS / m_e \text{ avec } MS = \text{masse de sucre, } m_e = \text{masse d'eau}$$

I.6.6. La densité :

La densité d'une substance est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique de l'eau. La masse volumique s'exprime en kg /m³. Pour le saccharose, elle est mesurée à 15°C par Plato. Et sa valeur est de 1587,9 Kg/m³ [14].

I.6.7. Non sucre :

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

$$MS = S + NS = S + \text{matières organiques} + \text{cendres}$$

I.7. Norme et qualité du sucre blanc :

Les produits alimentaires destinés à la consommation directe doivent respecter un certain nombre de règles de conformités établies par les organismes internationaux dans le but de protéger la santé des consommateurs [15].

I.7.1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations :

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

I.7.1.1. La qualité du sucre selon la réglementation de la Communauté Economique

Européenne (CEE) :

La qualité du sucre blanc dépend, entre autres, de sa teneur en cendres, de son aspect (Blancheur) et de sa coloration en solution. La norme CEE attribue un nombre de points à chacun de ces critères. Ces points sont pondérés de telle manière qu'ils conservent leur importance relative. La qualité du sucre est d'autant meilleure que la somme des points est faible (Tableau 2). Selon le système des points, le classement du sucre blanc génère deux catégories :

Catégorie No. 1 : si le sucre analysé totalise moins de 8 points, le sucre est appelé sucre raffiné ou sucre blanc raffiné :

- 4 points pour l'aspect
- 3 points pour la coloration
- 6 points pour les cendres

Catégorie No. 2 : si le sucre analysé totalise de 8 à 22 points, le sucre est appelé sucre ou sucre blanc :

- 9 points pour l'aspect
- 6 points pour la coloration
- 15 points pour les cendres

Si le sucre totalise plus de vingt-deux points, il peut être classé comme sucre mi- blanc en fonction de ses autres caractéristiques [5].

Toutes ces caractéristiques sont regroupées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE [7].

Critères	Qualité type sucre blanc ou N°2	Qualité type sucre blanc raffiné ou N°1	Méthodes d'évaluation
Aspect	Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement	Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement	La vue
Polarisation Minimale	99,7° min	99,7° min	Polarimétrie
Taux d'humidité maximale	0,06% max	0,06% max	Rapport de poids entre avant et après déshydratation
Teneur maximale en sucre inverti	0,04% max	0,04% max	Titration avec une solution d'iode
Somme maximale des points	≤ 22	≤ 8	-
Pour la teneur en cendre	0,04% max	0,04% max	Mesure conductimétriques pour un Brix de 28° (0,018% de cendres = 1 point)
Pour la couleur	Max = 9 (couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)	Max = 6 (ou couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)	Comparaison avec des étalons (1 point=0,5 type de couleur)
Pour la coloration en solution	Max = 6 (ou 45 ICUMSA)	Max = 3 (ou 22.5 ICUMSA)	Méthode ICUMSA 4 - Mesures par spectrophotométrie en unités ICUMSA sur une solution d'un Brix de 50° (plus la solution est foncée, plus la valeur ICUMSA est élevée) 1 point = 7,5 unités ICUMSA

a. Aspects :

Le sucre est comparé avec un certain nombre d'échantillons types, numérotés de 0 à 7 de couleur parfaitement définie sous un éclairage également défini.

On attribue à l'échantillon, placé visuellement entre les types, un nombre de points égal au numéro du type, dont il se rapproche le plus multiplié par 2 [7].

b. Coloration en solution :

On détermine l'adsorption de la lumière sous une certaine longueur d'onde 420nm, d'une solution de sucre à contrôler diluée dans de l'eau distillée à une concentration de 50%. Cette solution, filtrée est examinée au spectrophotomètre dans une cuve de 1 cm de chemin optique. La lecture ramenée à l'aide d'une table à une concentration de 1% sous une épaisseur de 1 cm, et multiplier par 1000, prend le nom de coloration ICUMSA [13].

c. Matières minérales ou cendres :

Les cendres correspondent au tiers environ des impuretés solubles totales continues dans le sucre. Leur mesure est faite en fonction de leur conductibilité électrique. L'opération est effectuée sur une solution de sucre à 28 °Brix dans l'eau distillée [7].

I.7.1. 2. La qualité du sucre selon la commission du Codex Alimentarius :

Les normes de qualité du Codex Alimentarius sont établies par la FAO (Food and Agriculture Organisation) qui est la commission spécialisée pour l'alimentation et l'agriculture de l'Organisation des Nations Unies et l'Organisation Mondiale de la Santé [15].

Ces normes s'appliquent aux différentes sortes de sucre pour la consommation humaine sans processus de transformation supplémentaire. Chaque dénomination correspond à une description précise de l'état des sucres, sans appréciation de la qualité de chaque sucre [16].

La commission FAO/OMS du Codex Alimentarius qui a été créée pour mettre en œuvre le programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, a établi pour le sucre blanc les facteurs essentiels de composition et de qualité présentée dans le tableau 3 [7].

La commission du codex Alimentarius, est la référence internationale pour l'établissement des normes de qualité des produits alimentaires.

Tableau 3 : Normes de Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS) [17].

Critères	Normes
Pureté (min) (%)	99,7 (polarisation)
Humidité (max) (%)	0,1
Teneur max en sucres réducteurs (% MS)	0,04
Coloration max (ICUMA)	60
SO ₂ (mg/kg max)	20
Arsenic max (mg/kg)	1
Cuivre max (mg/kg)	2
Plomb max (mg/kg)	1

I.7.1. 3. Qualité du sucre selon la réglementation algérienne :

Les critères permettant le classement des sucres, selon la réglementation algérienne sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4. Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne [18].

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

I.7.2. La couleur critère d'évaluation de la qualité :

La couleur du sucre blanc constitue un des facteurs déterminants qui dans l'évaluation de sa qualité du produit. Celle-ci est une caractéristique forte sur laquelle le consommateur peut se baser pour faire son choix parmi plusieurs produits concurrents. Différents aspects de la couleur peuvent être considérés : scientifique, technologique et commercial. Pour une définition commerciale des sucres et leur contrôle, les méthodes officielles ICUMSA sont utilisées. La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre à 50 °Brix préalablement filtrée sur une membrane de 0,45 µm. Un point est attribué pour chaque 7,5 unités de la coloration exprimée en unités « ICUMSA » qui est la méthode de mesure utilisée à « CEVITAL ». L'aspect (ou type de couleur) est déterminé par comparaison avec une gamme numérotée de sucres (type de couleur) de l'institut Allemand de Brunswick. Un point est attribué pour chaque 0,5 unité de type de référence (farbtype) correspondant à l'échantillon analysé [19] Le tableau 5 présente les différentes valeurs de la couleur que devrait avoir le sucre blanc, selon différentes réglementations.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations

Réglementation algérienne	Couleur en solution	Spécification A	60 ICUMSA
	Au maximum	Spécification B	100 ICUMSA
Communauté économique européenne	Pour la couleur	Catégorie N°1	Max =6 (couleur = 3 sur L'échelle de Brunswick)
		Catégorie N°2	Max = 9 (couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)
	Pour la coloration en solution	Catégorie N°1	Max = 3 (couleur = 22,5 ICUMSA)
		Catégorie N°2	Max = 6 (couleur = 6 ICUMSA)
Codex alimentarius	Coloration en Solution	Maximum 60 ICUMSA	

Chapitre II

Raffinage du sucre roux et la décoloration

Partie A : Raffinage de sucre roux

La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrerie. Elle traite des sucres roux de canne, des sucres bruts de betterave et des sirops de sucrerie. Le but du raffinage est d'éliminer les impuretés telles que les sels minéraux et les matières organiques.

II.1. Procédés de raffinage du sucre roux « CEVITAL » :

Au niveau de l'entreprise de Cevital, le procédé de raffinage de sucre roux est celui représenté sur la figure 7

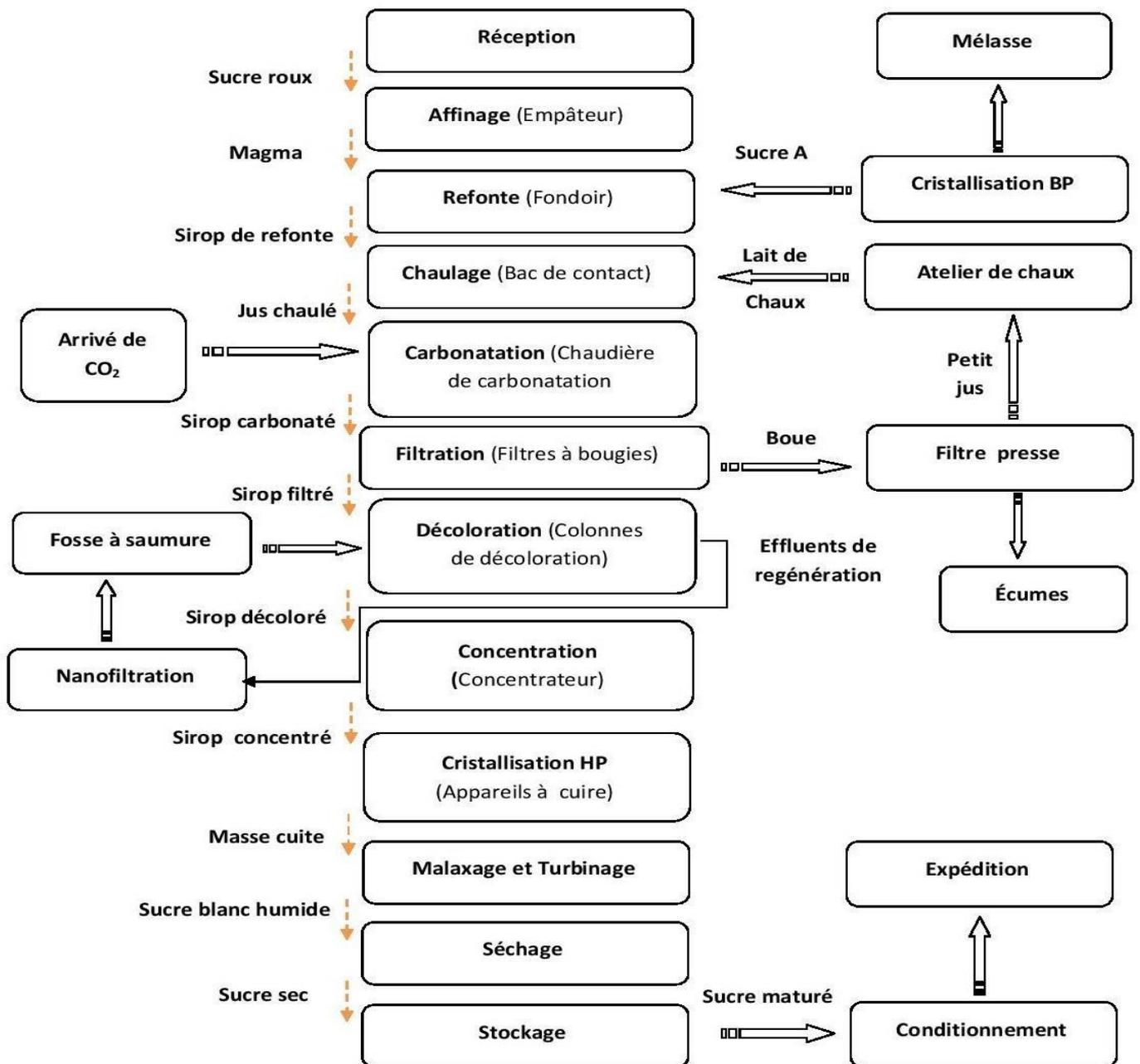


Figure 7 : Schéma du procédé de raffinage du sucre roux « CEVITAL »

II.2. Raffinage et effet du processus sur le sucre roux :

Le raffinage du sucre au niveau de la raffinerie de CEVITAL comporte huit sections à savoir :

II.2 .1. La section 1: Affinage et Refonte

L'affinage est une étape importante pour un bon raffinage car on obtient une amélioration de qualité qui dépend des non-sucre.

Le sucre roux est déversé dans un malaxeur et mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement, cette opération constitue à débarrasser les cristaux de sucre les impuretés superficielles. Cette étape aboutit à la préparation du magma d'un Brix variant 80 à 85 % [20].

La masse cuite ainsi obtenu est essorée avec clairçage et le sucre obtenu est un sucre d'affinage [6].

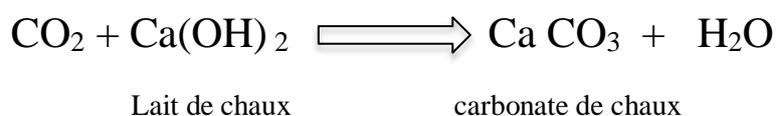
Le sucre affiné peut atteindre un Brix de 89 % [21].

La refonte est une étape qui consiste à préparer un mélange d'eau et de sucre roux (magma). Avec un Brix de 89 % minimum [20]. Le sucre affiné est déplacé dans des turbines d'affinage pour être débarrassé des impuretés et des matière colorantes collées à la surface des cristaux, puis refondu dans un fondoir avec de l'eau légèrement sucrée et chauffée à 85°C pour augmenter la solubilité du sucre et pour donner un sirop de refonte [22].

II.2 .2. La section 2 : Epuration (carbonatation)

L'épuration a comme but l'élimination du non-sucre du sirop et de retenir éventuellement des particules insolubles passées accidentellement à la refonte car trop petites pour être arrêtées par les séparateurs et filtres. Pour cela, l'action de la chaux combinée à celle du dioxyde du carbone produit un précipité de CaCO_3 qui piège, précipite, et détruit le non-sucre [23].

Le précipité formé est granuleux comme le montre la réaction suivante :



a. **Principe de l'épuration** : cette opération comporte la préparation du lait de chaux et chaulage.

• **Préparation du lait de chaux** :

Le lait de chaux est un mélange constitué de chaux industrielle et du petit jus provenant de la filtration. On utilise le petit jus car la chaux se dissout plus facilement dans une eau sucrée afin d'augmenter sa solubilité et de minimiser la quantité d'eau dans le processus [21].

• **Chaulage** :

Le sirop soutiré est réchauffé dans un échangeur à température de 95 °C et additionné avec le lait de chaux (de densité =1.07). Au cours de cette étape de chaulage, la chaux va avoir une action sur les impuretés mais aussi sur les colorants. L'épuration sera assurée grâce à quatre principales réactions qui sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Mode d'épuration par la chaux [23].

Etape	Réactifs utilisés
Précipitation	-Acides : carbonique, oxalique, lactique et tartrique -Cations -Anion : Sulfates, phosphates
Coagulation	Protéines, colorants polyphénoliques et saponines
Dégradation	Amines, amides et réducteurs
Adsorption	Colorants, acides organiques et produits de condensation

b. Première et deuxième carbonatation :

Son principal but est de précipiter sous forme de CaCO_3 l'excès de chaux ajouté au chaulage et de piéger les impuretés ainsi que les colorants dans du CaCO_3 .

Le principe de la carbonatation est de barboter le dioxyde de carbone dans le jus chaulé. À l'entrée de la chaudière de la carbonatation, la température est de l'ordre de 80 °C,

l'alcalinité adéquate doit être de l'ordre de 5,5 g CaO/l. Le pH à l'intérieur de la première chaudière à carbonater est compris entre 9,2 à 9,5 tandis que le pH de la deuxième carbonatation doit être légèrement basique 8,2 à 8,5 [23].

Ces trois étapes de la carbonatation sont résumée ci-après : [23]

<p>Four :</p> $\text{CaCO}_3 + 435\text{KCal} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ <p style="text-align: center;"> Pierre à Chaux Carbonique Chaux Anhydre vive Carbonique </p>
<p>Chaulerie :</p> $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 159\text{Kcal}$ <p style="text-align: center;"> Chaux Lait de chaux </p>
<p>Première et deuxième carbonatation :</p> $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 276\text{Kcal}$ <p style="text-align: center;"> Cristaux de carbonates De calciums naissants </p>

L'épuration est une étape très importante pour l'élimination des colorants, permettant une diminution entre 25 et 50% de la couleur du sirop de refonte. L'action de la chaux couplée à la carbonatation sera mise en évidence lors de la filtration qui permettra d'éliminer les colorants ainsi piégés dans le CaCO₃.

Une carbonatation réussie se traduit par un maximum de filtrabilités. Il est donc nécessaire de précipiter le CaCO₃ en de larges particules hautement agglomérées. Pour ce faire les facteurs ci-dessous requèrent une attention particulière [24].

- **Qualité de la chaux :** Dissoudre de la chaux provenant des pierres à chaux donne généralement une plus grande filtrabilité que dissoudre de la chaux provenant de la craie.
- **Temps de rétention :** le temps de rétention n'est vraiment important que pour la première chaudière où presque la totalité du CaCO₃ (90 %) se précipite. Pour un maximum de filtrabilité, un temps de rétention à ce niveau de carbonatation ne pourrait être inférieur à 45 minutes.

- **pH** : pour un maximum de filtrabilité le pH de la première carbonatation ne doit pas dépasser 10. Un compromis satisfaisant entre le pH et l'adsorption du CO_2 peut être atteint à un pH de 9,5.
- **Brix et température** : ces deux paramètres n'affectent pas uniquement la viscosité du sirop dont l'influence est observable sur le taux de filtration mais aussi la qualité des particules de CaCO_3 précipitées. Le degré de congglomération des particules de CaCO_3 précipités augmente avec une température avoisinant $82\text{ }^\circ\text{C}$ et décroît pour un Brix particulièrement supérieur à 60.

II.2 .3. Section 3 : Filtration :

Le but de la filtration est d'éliminer le carbonate de calcium en suspension dans le sirop carbonaté et ainsi débarrasser le sirop des impuretés et colorants et récupérer le petit jus. Le sirop carbonaté passe à travers des filtres à bougie, le liquide sort du support filtrant tant dis que les particules sont arrêtées.

Les particules déposées finissent par former une pré-couche qui se transforme au début de l'ultration en un gâteau dont l'épaisseur va en croissance. [22]

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

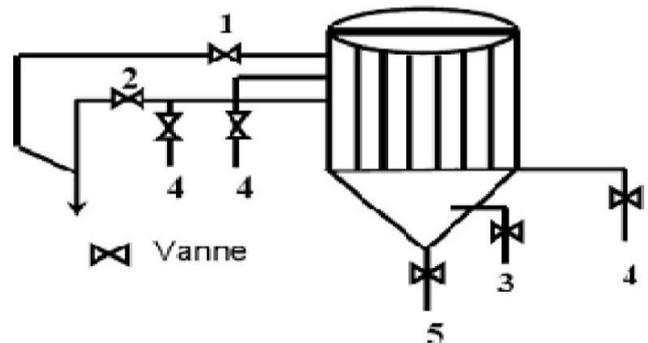


Figure 8 : Schéma illustrant fonctionnement d'un filtre à bougie.

Au fil du temps, la vitesse de filtration diminue sous l'effet de l'augmentation des pertes de charge, ainsi le filtre passe en vidange pour renouveler la filtration.

Le sirop carbonaté arrive au niveau du tank pour la filtration, une circulation de vapeur d'eau permet la vidange de la pré-couche, une fois formé .cette dernière est par la suite vidangée.

Après vidanger le filtre, la boule résultante contenant du sucre résiduel passe dans le filtre à presse, et qui subira un désucre. Le gâteau obtenu est lavé avec de l'eau chaude et on obtient de l'eau sucrée qu'on appelle « petit jus » et les boues final constituant un gâteau solide, appelé « écumes » utilisé comme amendement en agricultures [25].

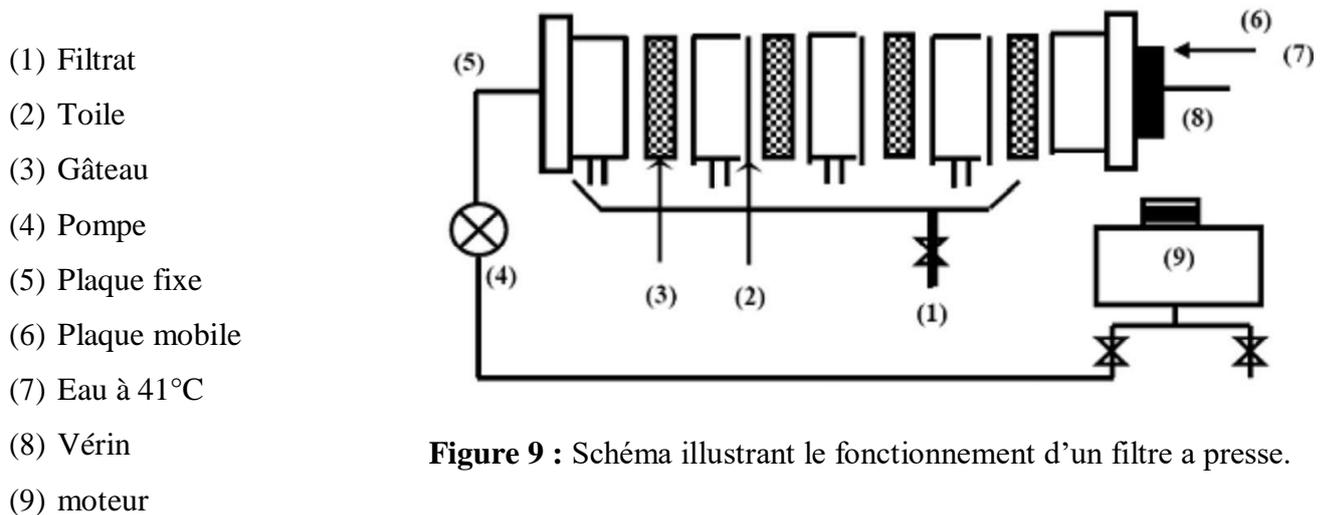


Figure 9 : Schéma illustrant le fonctionnement d'un filtre à presse.

II.2 .4. La section 4 : Décoloration :

Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination du colorants présent en faible concentration et ce afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique [25].

Cette étape sera largement évoquée sous le titre (II.3).

II.2 .5. La section 5 : Concentration :

Avant la cristallisation, il faut amener le jus à une concentration la plus proche possible de la valeur correspondant à la saturation du sucre en cristallisation [26]. La concentration a lieu dans un évaporatoire. Les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour des besoins de chauffage durant le processus [6]. Le jus est ramené à une température d'ébullition afin d'éliminer l'eau entraînant ainsi, sous forme d'un sirop, entre 60 à 70 % de saccharose.

Le sirop a environ 58 % de Brix avant la concentration et se trouve à la sortie du concentrateur à un Brix de 72 %.

Ce sirop va entrer dans le processus de cristallisation. Pour cela, il est traversé dans une cuve sous vide à une pression d'environ 0,2 Bar.

II.2 .6. La section 6 : Cristallisation :

La cristallisation est la dernière étape de transformation du sirop de canne. Cette opération unitaire consiste en un changement de phase liquide-solide réalisé suivant un protocole défini par l'industrie et dans des conditions thermodynamique précises [27]. Le sirop est chauffé sous pression réduite dans des chaudières alimentées avec une vapeur à basse pression. Une masse cuite est alors obtenue, elle est composée d'une phase solide (les cristaux) et d'une phase liquide (la liqueur mère) [27].

La cristallisation est généralement effectuée en trois étapes appelées jets : la cuisson, le malaxage et le turbinage.

a. Cristallisation des hauts produits (HP) :

La cristallisation du saccharose se fait selon une chronique qui met en jeu deux facteurs la couleur du sucre et sa pureté [26]. C'est selon ces deux paramètres qu'on détermine le nombre de jets qu'on doit avoir. Le cas répandu le plus souvent est la cristallisation à trois jets.

b. Cristallisation des bas produits (BP) :

La cristallisation des bas produits s'alimente des égouts issus de la cristallisation HP, généralement des égouts 3 [26]. Elle aboutit à « un sucre A » qui est acheminé avec des quantités modérés vers le fondoir (recyclage) et une mélasse qui est une matière première utilisée dans plusieurs secteurs agroalimentaires à savoir :

- la production d'alcool,
- les aliments de bétail,
- la production des levures et
- l'utilisation pour fermentation.

c. Paramètre influençant la cristallisation :

La cuisson est une étape critique pour la qualité de sucre final en général les cuissons rapides et les cuissons lentes sont à éviter. Dans le cas de la cuisson rapide, l'augmentation du débit horaire d'évaporation peut provoquer la montée brutale de la saturation de l'eau mère. Lorsque cette dernière est amenée à des valeurs en dehors de la zone métastable, la nucléation spontanée peut avoir lieu et le taux de fines dans le sucre final augmente. Par ailleurs l'augmentation brutale de la température de cuisson accélère la formation des colorants et facilite leur incorporation dans le sucre. En effet, l'hétérogénéité de la température dans la cuite, due à l'augmentation brutale de la température, provoque des zones de saturation

différentes. Etant donné que les cristaux sont en mouvement permanent dans la cuite, en passant d'une zone à l'autre, ils se dissolvent partiellement ou recristallisent. Ceci crée des cavités à la surface des cristaux et par conséquent favorise l'inclusion de l'eau mère riche en impuretés [28].

II.2 .7. La section 7 : Séchage et maturation :

Le sucre cristallisé issu du premier jet est chaud (50 °C) il est transmis vers un sécheur pour ramener le taux d'humidité de 1 % à 0,030 et 0,060 [29]. Au niveau du sécheur, le sucre y circule à contre-courant avec de l'air chaud à environ 91 °C, puis à contre-courant avec de l'air froid sec à 6 °C, pour refroidir le sucre et obtenir un équilibre stable en humidité et température ambiante [29].

II.2 .8. La section 8 : Stockage et conditionnement :

Après séchage, le sucre est tamisé, classé est pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement où il peut être directement ensaché ou conditionné en morceau ou stocké en silos. Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec est fluide, mais la cristallisation du sucre se poursuit au cours des premier jours de stockage. Elle s'accompagne d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos (maturation) [30].

Le temps de maturation du sucre est de 48 heures. Un air conditionné circule à l'intérieur des silos avec un débit de 2500 m³/h en continu, dans le but de maintenir le sucre dans de bonnes conditions de température et d'humidité et pour que le sucre soit fluide au moment de la vidange des silos [21].

Partie B : La décoloration du sucre

II.3.1. Introduction :

Une application importante utilise les propriétés de décoloration dans plusieurs domaines, notamment le raffinage du sucre de betterave et de canne à sucre. La présence des composés colorés dans les sirops de sucre résulte des réactions survenant pendant la production. La structure chimique de certains de ces colorants est assez complexe et difficile à déterminer dans de nombreux cas. Les structures des substances colorées les plus importantes qui se développent pendant la transformation du sucre peuvent être classées en trois groupes généraux [31] :

- a. Les mélanines.
- b. Les mélanoïdines.
- c. Les caramels.

Les méthodes classiques pour empêcher la formation de ces composés comprennent un traitement avec du dioxyde de sucre ou de peroxyde d'hydrogène. Cependant, bien que ces étapes de traitement retardent la formation de certains de ces composés, elles ne peuvent pas les éliminer complètement. Afin de produire du sucre blanc de haute qualité, un traitement du jus avec du charbon actif ou des résines échangeuses d'ions sont généralement nécessaires.

II.3.2. Description du procédé :

Ce procédé nécessite une installation (figure 10) destinée à la décoloration sur résines de sirop de sucre filtré pour une capacité nominale de 100 m³/w à 65 °Brix. La coloration à l'entrée du sirop à traiter sera de 600 ICUMSA maximum. Le taux de décoloration moyen par cycle est estimé à 80 %, soit environ 150 à 180 ICUMSA pour le sirop traité.

L'installation proposée est composée de colonnes d'échanges d'ions à double compartiment acceptant des pressions d'alimentation jusqu'à 6-8 bar d'où une grande robustesse du système et la possibilité de traiter des sirops de refonte de caractéristiques variables en couleur et en concentration.

L'unité de décoloration existante comporte un poste de décoloration sur résines composé de 3 colonnes de diamètre 3300 mm avec une charge de résines de 21 m³ par colonne et un poste de préparation et de retraitement des saumures de régénération.

Au niveau de la raffinerie de Cevital, pour faire face à l'augmentation de la capacité, il est nécessaire d'ajouter au système existant deux colonnes supplémentaires. Pour optimiser les délais de réalisation de projet d'extension de l'unité industrielle existante, il a été prévu de récupérer deux colonnes de diamètre 3600 mm de l'affaire en cours de réalisation avec une charge de résines de 21 m³ par colonnes, comme pour les colonnes existantes [32].

II.3.2.1. Procédé général de la décoloration : la figure 10 représente le procédé générale de la décoloration à l'unité Cevital.

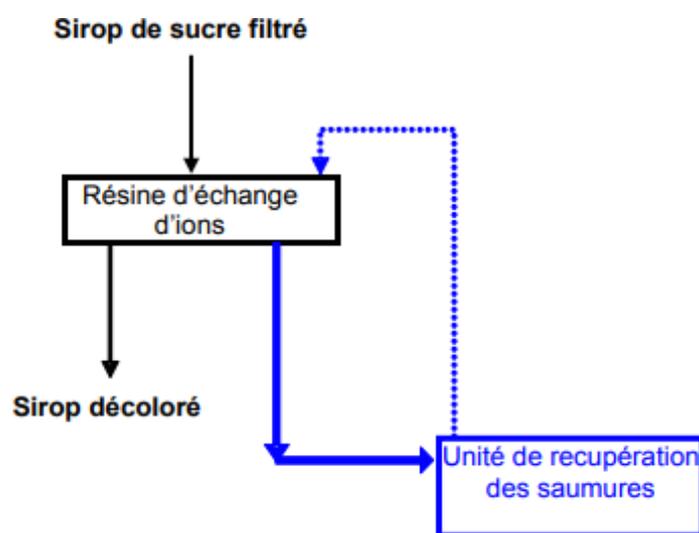


Figure 10 : Procédés généraux de la décoloration à l'unité CEVITAL

II.3.3. Les principaux colorants présents lors du processus de décoloration :

Deux classes de colorants sont rencontrées lors du processus de décoloration : des colorants naturels et des colorants formés lors du processus.

II.3.3.1. Les colorants naturels :

Phénoliques : ceux-ci sont dérivés, dans une large mesure enzymatiquement, à partir de précurseurs d'acide flavonoïde et cinnamique présents naturellement dans la canne, ils sont caractérisés par une faible masse molaire [33].

Ces produits qui sont les pigments typiques des plantes à savoir les flavonoïdes sont difficiles à éliminer et les chlorophylles qui sont éliminés par clarification [34].

II.3.3.2. Les colorants formés lors du processus :

De nombreux composés sont impliqués dans la formation de la couleur, résultant de réactions très complexes. Les réactions les plus importantes étant celles de la formation des produits colorés de très haut poids moléculaires tels les mélanines, les mélanoïdines, caramels et les produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH).

II.3.3.2. 1. Les mélanines :

Les mélanines ont été classées comme une subdivision des mélanoïdines. Ils sont formés par oxydation enzymatique des composés phénoliques dans les quinones par des polyphénoloxydases (PPO) pour produire des polymères d'indole [35]. Ils se forment à une température comprise entre -18 °C et 55°C et à un pH compris entre 4,5 et 8 [36].

II.3.3.2. 2. Les mélanoïdines :

Ce sont par définition les produits des réactions de Maillard. Ces réactions commencent par la condensation d'un composé carbonyle (sucre réducteurs, vitamines, quinones, etc...) avec une amine (acide aminé, protéines, ammoniac, etc.). Ils se forment à des températures ambiantes mais sont favorisés par une température élevée (environ 85°C), un Brix élevé et une basse pureté [35].

II.3.3.2. 3. Les caramels :

Les caramels présentent un intérêt considérable pour l'industrie alimentaire. Leur composition peut varier considérablement en fonction des conditions de formation. Le principal intérêt de l'industrie sucrière concerne ceux qui sont formés par la dégradation thermique du saccharose et ne sont pas influencés par les variations de pH [35].

II.3.3.2. 4. Les produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH) :

Ces colorants sont appelés des produits de dégradation alcaline des hexoses et produits de dégradation alcaline du fructose. Ils sont produits par décomposition de monosaccharide en milieu alcalin. Ils ont tendance à être de couleur brune. Comme ils sont produits par des températures élevées, leur production est continue tout au long du processus de sucre en particulier sur des surfaces chauffées [36].

II.3.4. Les résines échangeuses d'ions (REI) :

L'échange d'ions est un procédé chimique dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (par exemple des cations) sont éliminés de cette solution par

adsorption sur un matériau solide (l'échangeur d'ions) pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide. Les ions de charges opposées ne sont pas affectés. Cette technologie a été développée à l'échelle industrielle après la seconde guerre mondiale, principalement dans les années 1950-1970.

Un échangeur d'ions est un sel, un acide ou une base, solide et insoluble dans l'eau mais hydraté c'est-à-dire gonflé d'eau comme une éponge. La teneur en eau d'un matériau apparemment sec peut être de plus de 50% de sa masse totale et les réactions d'échange se déroulent dans cette eau, dite eau de gonflement ou d'hydratation à l'intérieur de l'échange.

L'échange d'ions est à la base d'un grand nombre de procédés de l'industrie ou de laboratoires. Ces procédés sont classés en trois catégories principales : substitution, séparation et élimination [37].

II.3.4.1. Les principaux types de résines :

On distingue deux classes de résines échangeuses d'ions : les anioniques et les cationiques.

II.3.4.1.1. Les résines échangeuses d'ions anioniques :

Les échangeurs anioniques sont fabriqués par traitement du polystyrène réticulé par du chlorométhyle éther $\text{CH}_2\text{Cl-O-CH}_3$, en milieu anhydre en présence de catalyseur AlCl_3 ou SnCl_4 , on obtient du polystyrène chlorométhyle (figure 11).

Au cours d'une seconde étape, on peut remplacer le chlore du groupe chlorométhyle par un groupe amine ou même de l'ammoniac. Selon le réactif choisi, on obtient un échangeur d'anions plus ou moins fortement basique alors que les échangeurs de cations courants se divisent en deux classes seulement selon leur groupe actif qui peut être fortement acide (groupe sulfonique) ou faiblement acide (groupe carboxylique) [37].

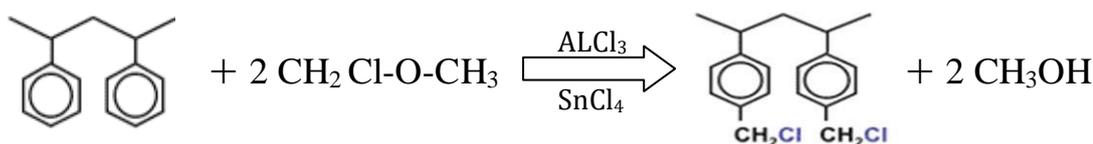


Figure 11 : Préparation du polystyrène chlorométhyle à partir de polystyrène réticulé

II.3.4.1.2. Les résines échangeuses d'ions cationiques :

Il existe deux types de REI cationiques : les résines cationiques faiblement acides et les résines cationiques fortement acides.

Les faiblement acides toujours obtenues à partir d'un squelette polyacrylique que l'on hydrolyse en présence de la soude (NaOH) ou d'acide sulfurique (H₂SO₄) pour former un groupement fonctionnel de type acide carboxylique.

Les résines cationiques fortement acides obtenues à partir des billes chimiquement inertes de polystyrène qui sont traitées par de l'acide sulfurique ou sulfochlorique concentré. On obtient alors un sulfonate de polystyrène réticulé. Ce produit est la résine échangeuse de cations la plus courante [37].

II.3.4.2. Mécanisme d'action de la résine :

Deux mécanismes interviennent dans la décoloration [25] :

- interaction hydrophobe entre les chaînes carbonées du polymère et du colorant. Il s'agit de liaisons faibles (adsorption physique).
- échange d'ions ou échange entre les ions Cl⁻ initialement fixés sur la résine et les acides organiques (colorants) présentes dans la solution à traiter.

II.3.4.3. Les caractéristiques de la résine utilisée au niveau de CEVITAL :

Au niveau de l'unité de Cevital, la décoloration de sucre filtré s'effectue avec une résine anionique de marque AMBERLITE XA 4041 Cl [38]. Les principales caractéristiques de la résine sont illustrées dans le tableau 7:

Tableau 7 : les principales caractéristiques de l'AMBERLITE XA 4041 Cl [38].

Squelette	Copolymère styrène di vinylbenzène	
Groupement fonctionnel	CH ₃) ₃ N ⁺	
Forme ionique livrée	Chlorure (Cl ⁻)	
Capacité d'échange total (eq/L)	≥ 0,80 (Cl ⁻)	
Capacité de rétention d'humidité (%)	56 _ 64 (Cl ⁻)	
Densité	0,5 _ 1,08	
Poids d'expédition (g/L)	670	
Régénération	NaCl	NaOH
Concentration (%)	10	2
Température maximal de fonctionnement (°C)	100 (Cl ⁻)	60 (OH ⁻)
Débit de Sirop (m ³ /h)	84	

II.3.4.4. Régénération des résines :

Pendant la phase de décoloration, la résine se charge en matières colorantes et en anions divers. Elle se sature au cours du temps et la coloration des produits traités augmente progressivement. Il est alors nécessaire d'extraire les impuretés retenues pour retrouver la capacité de la résine de décoloration, la colonne entre en phase de régénération. La figure 12 représente le schéma de régénération à contre-courant d'une colonne de décoloration au sein du complexe CEVITAL.

Une solution de chlorure de sodium (NaCl) en milieu basique (NaOH) permet de retirer les matières colorantes qui ont été fixées par les résines au cours des cycles de production. La régénération se fait à contre-courant pour éviter la pollution des couches supérieures des lits de résines (qui sont moins polluées) par les colorants déplacés des couches inférieures (les plus polluées) au cours de la régénération. Ce principe de fonctionnement nous permet d'assurer une meilleure régénération des résines et donc une plus grande efficacité lors des étapes de production. [38]

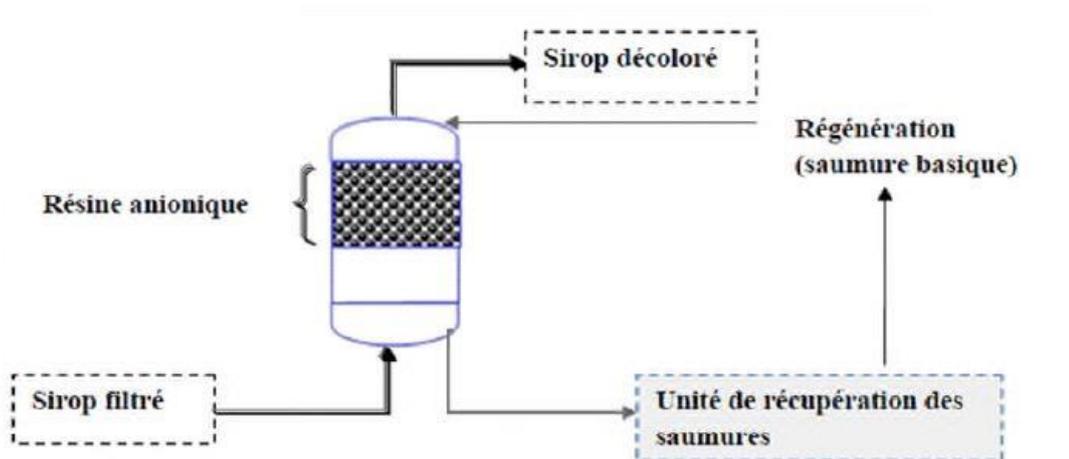


Figure 12 : Schéma de régénération à contre-courant d'une colonne de décoloration au sein du complexe CEVITAL.

II.3.4.5. Dépollution :

Lorsqu'on observe une diminution importante de la capacité de la résine après régénération, il est nécessaire de procéder à une dépollution de la résine. Ceci est effectué grâce à l'injection d'une solution acide 1 suivi d'un rinçage. Dans ce cas, il est important de faire 2 régénérations à la saumure basique par la suite.

La fréquence de la dépollution dépend essentiellement de la qualité du sirop entrant dans l'unité de décoloration. On peut cependant estimer cette fréquence à une dépollution acide tous les 10 cycles environ [38].

II.3.4.6. Les étapes complètes de fonctionnement des résines d'un cycle :

Le cycle complexe se déroule en différentes phases :

- a. **Production 1 et 2 :** Le produit sortant de la colonne est du sirop décoloré qui est envoyé vers le bac de sirop décoloré. La production est décomposée en deux étapes : production 1 et 2 uniquement pour une raison d'automatisme, la fin de production 1 provoque le détassage de la colonne qui était en attente [38].
- b. **Attent :** C'est l'étape point de départ du cycle automatique et de retour en fin de cycle de fonctionnement [38].
- c. **Détassage :** Il est important de réaliser le détassage juste avant l'entrée en production de la colonne. Cette séquence détasse la résine et permet de limiter la perte de charge à travers la résine. Le détassage se fait grâce à un courant d'eau ascendant dans la colonne (du bas vers le haut) [38].
- d. **Ensucrage :** on distingue deux étapes :
 - **Ensucrage 1 :** La résine de la colonne en attente a été régénérée ; elle est prête à traiter du produit, le jus envoyé à travers de la résine « pousse », l'eau continue dans celle-ci. Dans un premier temps, l'eau recueillie à la sortie de la résine anionique ne contient pas de sucre, elle est « propre » et est récupérée dans le bac d'eau récupérée. Cette eau sera utilisée ultérieurement lors de la phase de régénération.
 - **Ensucrage 2 :** L'eau sortant de la colonne s'enrichit de plus en sirop et les eaux sucrées sont dirigées vers la cuve d'eau sucrée [38].
- e. **Vidange partielle :**

Cette séquence consiste à abaisser le niveau de liquide dans la colonne et limiter la dilution lors des désucrages. Pour ce faire, de l'air comprimé est injecté à la partie supérieure. Le sirop sortant de partie inférieure (n'ayant donc pas été traité) est recyclé en amont de la décoloration vers l'épuration. Les résines décolorantes reposent maintenant sur le plateau inférieur et les copolymères sont redescendus sur les résines de la colonne (dans le compartiment supérieur) [38].

II.3.4.7. Régénération à la saumure nano-filtré 1/2 :

La régénération des résines est réalisée par une saumure basique qui est une solution sel (NaCl) à 100 g/l additionnée de 5 à 10 g/l de soude (NaOH).

Du point de vue de l'échange d'ions, la régénération représente la réaction inverse de la décoloration. En mettant la résine en contact avec une solution ayant une forte concentration en Cl⁻ on favorise la fixation du Cl⁻ et libération des acides organiques.

La soude, en conférant au milieu un pH élevé, favorisé l'ionisation des acides organiques. Ce faisant, le caractère hydrophile des colorants est renforcée et les interactions hydrophobes sont diminuées [25].

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Les exigences du consommateur et la concurrence du marché obligent les industriels à investir dans des projets visant l'amélioration des traitements des produits proposés.

Dans le domaine de l'industrie sucrière, le raffinage joue un rôle primordial dans la qualité du sucre produit.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la chaîne de raffinage au niveau du complexe agro-alimentaire « CEVITAL ». Dans une première étape, le sucre roux subit un ensemble de traitements à savoir affinage et refonte, épuration, filtration, décoloration, concentration, cristallisation, séchage et maturation et en fin stockage et conditionnement.

L'objectif de notre travail est l'étude de l'étape de décoloration qui consiste à éliminer les composés colorés dans les sirops de sucre résultant des réactions survenant pendant la production. Afin de produire du sucre blanc de haute qualité, un traitement du jus avec des résines échangeuses d'ions est effectué.

Au niveau de l'unité de « CEVITAL », la décoloration de sucre filtré s'effectue avec une résine anionique de marque AMBERLITE XA 4041 Cl.

Pendant cette phase, la résine se charge en matières colorantes et en différents anions. Avec le temps, elle devient saturée et la coloration des produits traités augmente. Pour retrouver la capacité de la résine, il est important d'extraire les impuretés retenues sur la résine donc régénérer la colonne. Une solution de chlorure de sodium en milieu basique est utilisée pour retirer les matières colorantes qui ont été fixées par les résines au cours des cycles de production. La régénération se fait contre-courant pour éviter la pollution des couches supérieures des lits de résines.

La décoloration étant une étape très importante pour produire un sucre de qualité, après traitement le sirop décoloré voit sa couleur diminuée de plus de 50 %.

A la fin de processus de raffinage, le sucre obtenu par CEVITAL a une couleur répondant aux normes de la réglementation algérienne.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- [1] : **POULAIN Christophe.** (2015). Les produits sucrés .Technologie pâtisserie. Classe 2B3PB.
- [2] : **Philippe REISER. Janvier (2008).** Les brève du sucre (veille technique) cedus le sucre
- [3] : **Stähelin P. (2007).** Le sucre, une énergie naturelle, toute de douceur, Sucrieries Aarberg + Frauenfeld S.A., pp 10-24.
- [4]: **Decloux M. (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (partie1). Techniques de l'ingénieur. F6150, 1-18.
- [5] : **Arzate A. (2005).** Extraction et raffinage du sucre de canne, Revue de l'ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint- Norbert-d'Arthabaska, novembre, 41p.
- [6] : **Mathlouthi M. et Mc Barbara R. (2001).** Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, P7.
- [7] : **DOUCET J. (1992).** Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires. (Multon J.L.) Ed. TEC et DOC Lavoisier, pp 258 – 268
- [8] : **Mathlouthi M. (2001).** La sucrerie de canne CEDUS. Centre d'études et de documentation du sucre, p1
- [9] : **Machiels, D., & Istasse, L. (2002).** La réaction de Maillard: importance et applications en chimie des aliments. *Ann. Méd. Vét, 146, 347-352.*
- [10] : **Clarke M. (1995).** Valeur technologique du saccharose dans les produits alimentaires. In *Le saccharose : Propriétés et applications* (Mathlouthi M. et Reiser P). Ed. Polytechnica,
- [11] : **Asadi M. (2007).** Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. USA. 884 p. pp 45-62
- [12] : **AFISUC. (2002).** Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrière. Ed. Cristal 1, pp15

Références bibliographique

- [13] : **ICUMSA, (1994)**. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
- [14] : **Reiser P, Birch G, et Mathlouthi M. (1995)**. Propriétés physiques. In “ Le Saccharose Propriétés et Applications “. Ed : Polytechnica, Paris. PP 197-235.
- [15] : **LESCURE J.P. (1995)**. L’analyse des solutions de sucre. In le saccharose : propriétés et application (**MATHLOUTHI M. ET REISER P**). Ed. Polytechnica. pp. 164-196.
- [16] : **Codex STAN 212. (1999). (Amend. 1-2001)**. Norme codex pour les sucres.
- [17] : **Multon J.L. (1992)**. Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution dans les aliments. In Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires. Ed. TEC et DOC Lavoisier. pp. 2-6.
- [18] : **J.O.R.A. (1997)**. Arrête interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc. 2p
- [19] : **Ait Amar A. (1981)**. Cours de technologie du sucre. Institut national des industries légères Boumerdes - Alger, 182p
- [20] : **Decloux M., Tatoud L. et Messad A. (1999)**. Rétention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association avh, 6ème symposium, reims, pp58-63.
- [21] : **Rachedi.N. (2002)**. Procédés de transformation dans la raffinerie de cevital spa .rapport de transformation, pp 1-30
- [22] : **Hugot E. (1987)**. La sucrerie de canne. In : « carbonatation ». Lavoisier. Tec & Doc, 3ème édition, 738p

Références bibliographique

- [23] : **Burzawa E. (1999)**. Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6ème symposium. Reims, 10p.
- [24] : **MEAGE, G.P and CHEN, J.P.C. (1977)**. Cane sugar handbook. 10th Ed. New York: John Wiley and Sons. 441-446 p. ISBN 0745800456.
- [25] : **THEOLEYRE M.A., CARTIER S et DECLOUX M. (1999)**. « Couplage de la décoloration et de la nano filtration des éluants de régénération en raffinerie de canne». Association AVH, 6ème Symposium, Reims,
- [26] : **DECLOUX, Martine. (2003)**. Procédés de transformation en sucrerie (partie 2). In Techniques de l'ingénieur, p. 2 – 16.
- [27] : **Libelle T. (2007)**. Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet en sucrerie de canne expérimentation et simulation (doctoral dissertation) p 46.
- [28] : **BENSOUISSI, Abdelfattah**. Auxiliaires technologiques utilisés en sucrerie de betterave et qualité du sucre blanc. 146p. Thèse de doctorat : Reims Champagne- Ardenne : Université de Reims Champagne-Ardenne, Centre de Recherche en Physico-chimie et Biotechnologie Agroindustrielle « Europol-Agro », U.F.R. Sciences Exactes et Naturelles : (2007).
- [29] : **Mathlouthi M. (2004)**. Propriétés physique et chimique du saccharose p6.
- [30] : **Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007)**. *Science des aliments*. Lavoisier, Tec et Doc, 449p.
- [31] : **Kearsley, M. W., & Dziejic, S. Z. (Eds.). (1995)**. Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives. Springer Science & Business Media. Products and Their Derivatives. Chapman Hill, London.
- [32] : **RAMPNOUX D et ROUSSET F. (2006)**. Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante.

Références bibliographique

- [33]: **Chen, J. C., & Chou, C. C. (1993)**. Cane sugar handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. John Wiley & Sons.-chapitre 13- decolorization- p460 ardenne,
- [34]: **Smith. P et Paton N. H. (1985)**. Sugarcane flavonoids. Sugar Technology Reviews, p142.
- [35]: **Mersad et al, (2003)**. Colorants in the Sugar Industry: Laboratory Preparation and Spectrometric Analysis. International sugar journal 105(1254), 269-281.
- [36]: **Cortes A. (2007)**. Direct white sugar production: optimization and chemical regeneration of fixed-bed activated carbon adsorbers. Biological and Agricultural Engineering. Master of Science, pp 6-8, 13-20.
- [37]: **F.DARDEL. (2005)**. Principes de base, Rapport J 2783, Techniques de l'ingénieur.
- [38]: **Applexion. (2006)**. Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante. Manuel opératoire CEVITAL-ALGERIE. FORM 002A.

Résumé

Le sucre est extrait de nombreuses plantes, principalement de la canne à sucre et de la betterave sucrière. La transformation industrielle de la canne à sucre en sucre est un processus long et délicat et dont le but est de produire de la qualité demandée par le client et à moindre coût. Dans cette étude nous avons pris en considération toute la chaîne de raffinage afin de suivre l'évolution de la couleur du sucre roux de canne, celle des produits intermédiaires, ainsi que la couleur du produit fini, à savoir le sucre blanc.

Sugar is extracted from many plants, mainly sugar cane and sugar beet. The industrial transformation of sugar cane into sugar is a long and delicate process, the aim of which is to produce the quality requested by the customer and at a lower cost. In this study, we took into account the entire refining chain in order to follow the evolution of the color of brown cane sugar, that of intermediate products, as well as the color of the finished product, namely white sugar.