

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**  
**Université A.MIRA – Bejaïa**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Spécialité : QPSA



Référence : .....

# MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

**En vue de l'Obtention du Diplôme**

## **Master**

## **Thème**

**Suivi de la décoloration du sucre roux sur  
résine échangeuse d'ions**

Présenté par :

**M<sup>lle</sup> HADJOUT Dyhia & M<sup>lle</sup> GUERROUT Sabrina**

**Soutenu le 13 /09/ 2020**

Devant le jury composé de :

<b>M<sup>me</sup> BOULEKBACHE L</b>	Professeur	Présidente
<b>M<sup>r</sup> MOKRANI A</b>	MCA	Encadreur
<b>M<sup>me</sup> OUKIL N</b>	MCA	Examinatrice

**Année universitaire : 2019-2020**

# *Remerciements*

*Louange à dieu qui nous a donné la santé et la patience pour surmonter toutes les difficultés et éclairé le chemin tout au long de notre parcours.*

- *Nous remercions chaleureusement notre promoteur **Mr Mokrani A**, pour avoir accepté de nous encadrer, pour sa disponibilité et pour ses conseils et ses orientations bénéfiques.*
  
- *Nous tenons à exprimer notre reconnaissance pour les opérateurs de la raffinerie du sucre au sein du complexe Cevital pour leur sympathie, en particulier **Mr Itibrout M**, **Mr Chabane N**, qui ont répondu gracieusement à toutes nos questions.*
  
- *Nous adressons également nos vifs remerciements à **M<sup>me</sup> Boulekache L**, qui a accepté de présider ce jury de soutenance, et à **M<sup>me</sup> Oukil N**, pour nous avoir fait l'honneur de juger ce travail en tant qu'examinatrice.*
  
- *Sans oublier de remercier nos familles, nos amis et toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# *Dédicaces*

*Je suis contente que l'occasion me soit offerte afin de dédier ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents, mon véritable exemple pour leur immense soutien, leurs prières et leurs sacrifices dans le but de voir ma réussite.*

*Mes frères Riad et Lamine pour leurs présences et leurs encouragements.*

*Mes adorables sœurs Naima et Dalila ainsi que mes belles sœurs Samira et Linette pour leur soutien moral.*

*Mon fiancé Ahmed avec qui je souhaite un futur comblé de bonheur.*

*Mes cousins et cousines surtout Ghania et Samia.*

*Toutes mes copines en particulier Lilya, Safia, Dallal et Lynda qui m'ont beaucoup soutenu.*

*Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

*Toi ma chère binôme Dyhia.*

*SABRINA*

# *Dédicaces*

*Je suis contente que l'occasion me soit offerte afin de dédier ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents, mon véritable exemple pour leur immense soutien, leurs prières et leurs sacrifices dans le but de voir ma réussite.*

*Mon cher frère Maleket sa femme Sonia pour leurs encouragements.*

*Mes adorables sœurs Thinhinaneet Inas pour leur soutien moral.*

*Mes cousins et cousines.*

*Toutes mes copines en particulier Meriem, Sarah, Fernihet Siham qui m'ont beaucoup soutenu.*

*Mes très chères copines de chambre kahou, kaki, Lynda et Siham.*

*Machèrebinôme Sabrina et l'ensemble de sa famille. Je n'oublierai jamais tous les moments mémorables qu'on a passés durant l'élaboration de ce mémoire.*

*Toute la promotion Sciences Alimentaires 2019-2020.*

*Toutes les personnes qui me sont très chères.*

**DYHIA**

# Sommaire

**Remerciement.**

**Dédicace**

**Glossaire**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Introduction ..... 1**

## **Chapitre I : Généralités sur le sucre**

1. Généralités .....	2
1. Canne à sucre .....	2
1.1. Définition.....	2
1.2. Description botanique.....	2
1.3. Historique.....	4
1.4. Conditions de culture.....	4
1.5. Composition de la canne.....	5
2. Sucre roux.....	5
3. Saccharose.....	5
3-1. Les sources du saccharose.....	6
3.2. Propriétés du saccharose.....	6
3.2.1. Aspect.....	6
3.2.2. Granulométrie.....	6
3.2.3. Solubilité.....	7
3.2.4. Fusion.....	7
3.2.5. Pouvoir rotatoire.....	7
3.2.6. Inversion.....	7
4. Notions générales sur la chimie sucrière.....	7
4.1. Brix.....	7
4.2. Polarisation.....	8
4.3. Pureté.....	8
4.4. Solubilité .....	8
4.5. Saturation .....	8
4.6. La colorimétrie .....	9

4.7. Non sucre .....	9
----------------------	---

## **Chapitre II : Raffinage du sucre**

II. Raffinage.....	10
1. L'affinage et refonte.....	10
2. Épuration colco-carbonique.....	10
2.1. Préparation du lait de chaux .....	11
2.3. Première et deuxième carbonatation .....	11
3. Filtration.....	11
4. Décoloration .....	12
5. Concentration.....	12
6. Cristallisation.....	12
6.1. Cristallisations des hauts produits (HP) .....	13
6.2. Cristallisations des bas produits (BP) .....	13
7. Séchages et maturation.....	13
8. Stockage et conditionnement.....	13

## **Chapitre III : La décoloration**

III. La décoloration .....	15
1. Principe.....	15
2. Principaux colorants présents dans le sucre de canne.....	15
2.1. Colorant naturels.....	16
2.2. Colorant formé lors du procédé de fabrication.....	16
2.2.1. Mélanine .....	16
2.2.2. Melanoidines .....	16
2.2.3. Produits de Dégradation Alcaline des Hexoses (PDAH).....	16
2.2.4. Les caramels.....	17
3. Procédé de décoloration.....	17
3.1. Données de base de la décoloration.....	18
3.1.1. Caractéristique du sirop à traiter .....	18
3.1.2. Caractéristique du sirop traité.....	18
3.2. Condition de fonctionnement de la décoloration.....	19
3.3. Facteurs intervenant dans la décoloration.....	19
3.4. Résines échangeuses d'ions.....	20
3.4.1. Mécanisme d'action de la résine.....	21
3.4.2. Avantages et inconvénients des résines.....	21

3.4.3. Régénération des résines.....	22
3.4.4. Dépollution.....	23
3.4.5. Couplage de la décoloration et de la nanofiltration .....	23

## **Chapitre VI : Étude de cas : suivi de la décoloration du sucre roux au niveau de L'entreprise Cevital**

VI. étude de cas : suivi de la décoloration du sucre roux au niveau de L'entreprise Cevital.....	25
1. Analyse physico-chimiques.....	25
1.1. La couleur.....	26
1.2. Le PH.....	26
1.3. La polarisation.....	26
1.4. L'humidité.....	26
1.5. Dosage des sucres réducteurs.....	27
2. Analyse et interprétation des paramètres.....	27
2.1. Couleur des sirops.....	27
2.1.1. Couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1(SD1).....	27
2.1.2. Couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2(SD2).....	28
2.1.3. Couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3(SD3).....	29
2.1.4. Taux de décoloration (TD) des sirop (SD1),(SD2),(SD3).....	31
2.2. Mesure du PH et des sirops (SF), (SD1), (SD2), (SD3).....	32
2.2.1. PH du sirop filtré(SF) et du sirop décoloré 1 (SD1).....	32
2.2.2. PH du sirop filtré(SF) et du sirop décoloré 2 (SD2).....	33
2.2.3. PH du sirop filtré(SF) et du sirop décoloré 3 (SD3).....	34
2.3. Conformité du sucre blanc de CEVITAL .....	34
2.3.1. Mesure de la polarisation.....	34
2.3.2. Mesure de la teneur en sucre réducteurs (invertis).....	35
2.3.3. Mesure de la teneur en cendres conductimétries .....	36
2.3.4. Mesure de l'humidité.....	37
2.3.5. Mesure de la couleur .....	37
<b>Conclusion.....</b>	<b>39</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumé**

## Glossaire

**Boue :** Résidu provenant de la filtration de sucre épuré.

**Canne :** Nom de diverses espèces de roseaux (plante aquatique à tige creuse).

**Chaux :** Substance caustique solide obtenue par calcination du calcaire et d'autres formes de carbonate de calcium. La chaux pure est constituée d'oxyde de calcium (CaO).

**Désucrage :** Présente une large surface métallique poreuse conçue pour permettre l'évacuation de la vapeur d'eau et la rétention des gouttelettes d'eau contenant du saccharose à l'état liquide par agglutination sur sa surface.

**Dextrogyre :** Qui dévie à droite le plan de la lumière polarisée.

**Eau mère :** Sirop dans lequel baignent les cristaux de sucre de la masse cuite.

**Écume :** Résidu résultant du traitement de la boue au niveau du filtre presse.

**Egouts :** Les impuretés en suspension récupérés lors de turbinage.

**Graminée (graminacée) :** famille de plantes monocotylédones aux fleurs peu apparentes et groupées en épis.

**Hygroscopique :** Le caractère de ce qui a tendance à absorber l'humidité.

**Inverti :** Terme qualifiant le saccharose transformé en glucose et en fructose.

**Invertase :** Enzyme catalysant l'hydrolyse du saccharose en fructose et en glucose.

**Petit jus :** Eau sucrée récupérée lors de la filtration des boues.

**Raffinage :** Ensemble des traitements opérés de manière à obtenir un corps pur ou un mélange doué de propriétés déterminées.

**Roux :** Qui est d'un rouge tirant sur le jaune.

**Magma :** Produit d'empattage du sucre roux et d'eau sucrée.

**Masse cuite :** Substance obtenue par la cuite du jus de la canne à sucre.

**Mélasse :** Résidu incristallisable, visqueux, résultant de la cristallisation bas produits.

## Liste des abréviations

**A** : Norme de spécification A selon la réglementation Algérienne.

**APG** : Angiosperm Phylogeny Group.

**AFISUC** : Association pour la Formation et le perfectionnement dans les Industries sucrières.

**BP** : Bas Produits.

**CEE** : Communauté Européenne Economique.

**CV** : Coefficient de Variation.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**EDTA** : Éthylène Diamine Tétra Acétique.

**HP** : Hauts Produits.

**ICUMSA** : International Commission For Unification Methods for Sugar Analysis.

**MS** : Matières sèches.

**nm** : nanomètre.

**NS** : Non Sucre.

**OM** : Ouverture Moyenne.

**PDAH** : Produits de Dégradation Alcaline des Hexoses.

**pH** : potentiel Hydrogène.

**Q** : Quantité.

**QS** : Quantité de Sucre.

**S** : Sucre.

**SD** : Sirop Décoloré.

**SF** : Sirop Filtré.

**SPA** : Société Par Action.

**T** : Tonnes.

**UI** : Unité ICUMSA.

**UV** : UltraViolet.

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I :</b> Composition moyenne de la canne à sucre.....	<b>5</b>
<b>Tableau II :</b> Caractéristiques du sirop filtré à traiter par la section de décoloration (CEVITAL).....	<b>18</b>
<b>Tableau III :</b> Décoloration de sucre sur résine.....	<b>19</b>
<b>Tableau IV :</b> Conditions et paramètres de fonctionnement de la section de décoloration (CEVITAL).....	<b>19</b>
<b>Tableau V :</b> Caractéristiques de la résine de décoloration utilisée.....	<b>21</b>
<b>Tableau VI :</b> Avantages et inconvénients des résines anioniques fortement basiques.....	<b>22</b>
<b>Tableau VII :</b> Échantillons prélevés des différentes sections et leurs paramètres étudiés.....	<b>26</b>

## **Liste des tableaux en annexe I**

**Tableau I :** Principaux colorants présents en sucrerie et raffinerie de canne.

**Tableau II :** Classification des colorants en sucrerie de canne.

## **Liste des tableaux en annexe II**

**Tableau I :** Résultats de mesure de la couleur des sirops filtrés (SF) et sirops décolorés (SD1, SD2, SD3).

**Tableau II:** Résultats de mesure de pH des sirops filtrés (SF) et sirops décolorés (SD1, SD2, SD3).

**Tableau III:** Résultats d'analyse du sucre blanc.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Représentation schématique de la canne à sucre.....	2
<b>Figure 2</b> : Vue générale de la canne à sucre.....	3
<b>Figure 3</b> : Structure de saccharose.....	6
<b>Figure 4</b> : Schéma simplifié du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL.....	14
<b>Figure 5</b> : Schéma simplifié de la section décoloration au sein du complexe CEVITAL.....	17
<b>Figure 6</b> : Schéma simplifié de la régénération au sein de la raffinerie CEVITAL.....	23
<b>Figure 7</b> : Principe du traitement des effluents par nanofiltration.....	24
<b>Figure 8</b> : Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1).....	28
<b>Figure 9</b> : Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2).....	29
<b>Figure 10</b> : Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3 (SD3).....	30
<b>Figure 11</b> : Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et les sirops décolorés (SD1), (SD2), (SD3).....	31
<b>Figure 12</b> : Évolution du taux de décoloration (TD) des sirops SD1, SD2 et SD3.....	32
<b>Figure 13</b> : Évolution du pH des sirops (SF) et (SD1).....	33
<b>Figure 14</b> : Évolution du pH des sirops (SF) et (SD2).....	34
<b>Figure 15</b> : Évolution du pH des sirops (SF) et (SD3).....	35
<b>Figure 16</b> : Polarisation du sucre blanc.....	36
<b>Figure 17</b> : Teneur en sucres réducteurs du sucre blanc.....	36
<b>Figure 18</b> : Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.....	37
<b>Figure 19</b> : Humidité du sucre blanc.....	38
<b>Figure 20</b> : Couleur du sucre blanc.....	38

## INTRODUCTION

Le sucre est un ingrédient essentiel dans notre alimentation et même sans le vouloir ou le savoir on le consomme plusieurs fois dans la journée sous un menu (sodas, pain de mie, pain blanc, sucre en morceaux, pâtisseries, glaces, biscuits...).

Le sucre est extrait de nombreuses plantes, principalement de la canne à sucre et la betterave sucrière. La canne à sucre «*Saccharum officinarum*», est une graminée principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. Depuis la préhistoire, la canne à sucre et le miel furent longtemps les seules sources de sucre de l'humanité. Elle contient jusqu'à 16% de saccharose dans ses tiges (**Arzate, 2005**), dont, jusqu'à 96% peut être extrait lors d'un processus industriel.

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

Ainsi, l'un des critères de qualité les plus importants à assurer et à maîtriser est la couleur du sucre (sa pureté). Pour cela, il est nécessaire d'assurer le bon fonctionnement et la stabilité du processus de raffinage du sucre, notamment les étapes clés de la diminution de la couleur.

C'est dans cette optique que nous nous sommes intéressés à l'étude de l'étape de décoloration du sucre blanc cristallisé. Pour cela, nous avons opté pour le plan suivant. Tout d'abord un premier chapitre portant sur les « Généralités sur le sucre ». Ensuite, un 2<sup>ème</sup> chapitre consacré au « Raffinage du sucre ». Puis, un 3<sup>ème</sup> chapitre dédié entièrement à la « La décoloration » ou sont cités les différents critères à analyser et à maîtriser afin d'obtenir un sucre de bonne couleur. Enfin, nous avons choisi de terminer notre étude par un 4<sup>ème</sup> chapitre qui est une étude de cas (Suivi de la décoloration du sucre roux au niveau d'une entreprise agroalimentaire : CEVITAL).

## Chapitre I : Généralités sur le sucre

### I. Généralités

La production du sucre occupe une place très importante dans l'économie du secteur agroalimentaire. Elle représente l'un des produits à large consommation, dont on ne peut s'en passer. Actuellement, il existe plusieurs entreprises qui produisent le sucre sous ses divers formes (cristallisé, liquide,...) et chacune d'entre elles vise à améliorer la qualité de son produit pour assurer sa place dans le marché et CEVITAL en fait partie.

#### 1. Canne à sucre

##### 1.1. Définition

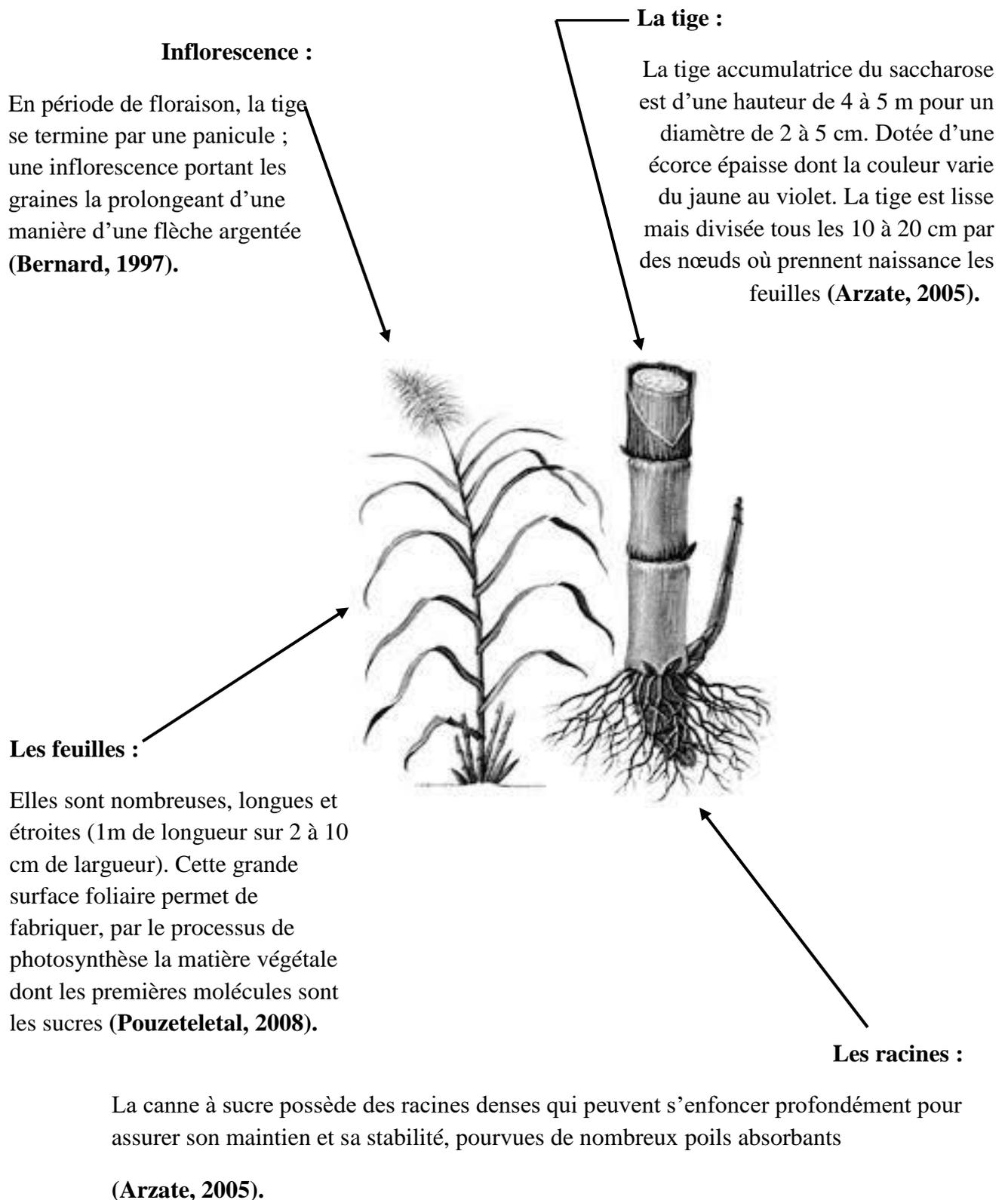
La canne à sucre (*Saccharum officinarum*) est une grande plante noble pour sa richesse en sucre. Elle est de la famille des graminées, cultivée dans les régions tropicales ou subtropicales. Le saccharose élaboré dans les feuilles par photosynthèse s'accumule dans les tiges de la plante. (Siret, 2008).



**Figure 1** : Représentation schématique de la canne à sucre (Fauconnier, 1991).

##### 1.2. Description botanique

La description botanique de la canne à sucre est représentée dans la figure 2.



**Figure 2 :** Description botanique de la canne à sucre (Debibakas, 2012).

### 1.3. Historique

La canne à sucre est originaire d'Inde et de la Chine. Vers 510, elle fut introduite par les Perses sur les bords de la Méditerranée orientale, puis au VII<sup>ème</sup> siècle par les Arabes en Egypte, Rhodes, Chypre, Afrique du Nord,.... Quand le sucre a été importé en Angleterre pour la première fois en 1264, il était considéré comme un médicament et un édulcorant alimentaire, que seulement les riches pouvaient acheter. Le sucre de canne est apparu en France au XI<sup>ème</sup> siècle, ramené de Palestine et de Syrie lors des croisades. Au XVI<sup>ème</sup> siècle, les conquérants de l'Amérique ont implanté aux Antilles, au Mexique, à Cuba et au Brésil la canne à sucre, puis dans les îles de l'océan Indien et de l'Indonésie (**Markal, 2008**).

Cette histoire montre que le sucre est un produit international, une denrée qui voyage sans cesse et qui est consommée, bien souvent, à des milliers de kilomètres de ses lieux de production.

### 1.4. Conditions de culture

La canne à sucre exige des sols relativement riches, ainsi qu'un climat chaud et humide. Sa culture s'étend sur les cinq continents, dans les zones tropicales et subtropicales (Brésil, Inde, Australie, Cuba, certains pays d'Afrique comme la Côte d'Ivoire ou le Mozambique), et plus particulièrement entre 35° de latitude Nord et 30° de latitude Sud (**Kandal, 2007**).

Sa croissance végétative est favorisée par des températures élevées entre 26°C et 34°C, par contre elle ne croît plus à des températures inférieures à 20°C et ne tolère pas le gel. La récolte de la canne à sucre intervient après 11 à 18 mois de culture avant la floraison (**Arzate, 2005**).

La canne à sucre s'épanouit bien dans des sols légèrement acides, l'optimal se situant à un pH d'environ 6,5. Toutefois, elle peut supporter des terres plus acides (jusqu'à pH 5) ou plus basiques (jusqu'à pH 8,5) (**Jackson, 2005**).

La récolte est une étape cruciale et demande une grande organisation. Elle se fait au moment où la canne présente la plus grande richesse en sucre. La coupe se fait beaucoup plus à la main, à l'aide d'une machette. Lors de la récolte, une partie de la tige est laissée en place pour une nouvelle poussée (**Hugot, 1987**).

### 1.5. Composition de la canne

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. La composition moyenne de la canne à sucre est présentée dans le tableau I. Selon l'état de maturité de la plante, la teneur en fibres varie 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 kg de débris, soit entre 25 et 30 % de la matière première (Arzate, 2005).

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

Composant	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Total	100

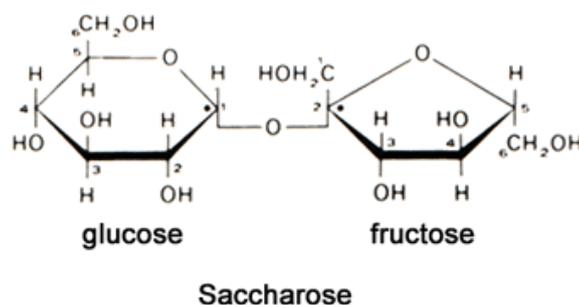
### 2. Sucre roux

Le sucre roux est un sucre raffiné à des degrés divers. Il contient peu de minéraux et vitamines et des impuretés responsables de sa couleur et de son arôme spécifiques (Raphael et al, 2000).

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

### 3. Le saccharose

Le saccharose est un disaccharide ou diholoside, non réducteur, il est formé de deux molécules d'hexoses réducteurs : le glucose (aldose) et le fructose (cétose) (Vercambre et Langellier, 2008). Son nom scientifique le précise :  $\alpha$ -D.glucoopyranosyl-(1,2)- $\beta$ -D.fructofuranoside, sa formule brute est :  $C_{12}H_{22}O_{11}$  et sa masse moléculaire est de 342,29g/mol (Alaiset al ,2008).



**Figure 3 :** Structure du saccharose (Oufdou, 2002).

### 3.1. Les sources du saccharose

Le sucre existe dans toutes les plantes contenant de la chlorophylle. On le trouve dans presque tous les fruits, dans de nombreux arbres (dattier, érable, palmier, saule, mélèze, frêne etc.), dans les racines, les feuilles et les tiges des plantes (canne, betterave, carotte, petits pois, patate douce, etc.), dans les fleurs (dahlia, lupin, etc.), dans les sécrétions d'abeilles (miel). Si quelques-unes de ces sources sont exploitées (sucre d'érable au Canada, sucre de coco et de palme en Thaïlande, sirop de maïs aux USA), c'est bien la betterave et la canne qui constituent les deux principales sources mondiales de sucre (Van Aelst, 2006).

### 3.2. Propriétés du saccharose

#### 3.2.1. Aspect

Le saccharose se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante qui n'est pas hygroscopique, il est inodore et de saveur caractéristique, sa stabilité au stockage est très grande et son humidité est très faible (de l'ordre de 0,05) (Doucet, 1992).

#### 3.2.2. Granulométrie

Le sucre cristallisé est disponible commercialement selon des granulométries, qui sont adaptées aux différentes applications alimentaires (Mathlouthi et Reiser, 1995). La granulométrie est exprimée au moyen de deux chiffres : l'ouverture moyenne qui caractérise la dimension moyenne des cristaux (OM) et le coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux autour de cette valeur moyenne (Doucet, 1992).

### 3.2.3. Solubilité

L'une des propriétés fondamentales du saccharose est sa grande solubilité dans l'eau. Celle-ci est due à sa structure qui favorise la formation de liaisons hydrogènes avec la molécule d'eau (**Mathlouthi, 2001**). Le saccharose n'est pratiquement pas soluble dans l'alcool pur (**Bubnik et kadlec, 1995**). Sa solubilité dépend de la température et de la pureté de la solution (**Barbara et Mathlouthi, 2004**).

### 3.2.4. Fusion

La valeur de la température de fusion du saccharose généralement admise est de 186°C. Cette valeur varie entre 182 et 192°C (**Mathlouthi, 2004**). La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre (**Asadi, 2007**). Chauffés lentement à sec, les sucres commencent à fondre vers 150°C puis se transforment en caramel avant de brûler vers 190°C en donnant un résidu charbon de sucre (**Mantovani et Vaccari, 1995**).

### 3.2.5. Pouvoir rotatoire

Le saccharose en solution est une molécule optiquement active (chirale). C'est une substance dextrogyre ; elle dévie le plan de la lumière polarisée vers la droite. Il se distingue des autres sucres car sa rotation spécifique demeure constante dans le temps (**Mathlouthi, 2002**). Cette propriété fondamentale est utilisée pour la détermination de la pureté du sucre et de la teneur en saccharose des solutions sucrées (**Doucet, 1992**).

### 3.2.6. Inversion

La liaison glucidique du saccharose peut être hydrolysée par l'action d'un acide, sous haute température ou par l'action d'une enzyme appelée « invertase », présente dans l'intestin grêle et dans la levure de bière. Il se forme en effet un mélange équimoléculaire de D-glucose et de D-fructose, désigné par le terme « sucre inverti » (**Frenot, 2001 ; Elatyky, 2007**).

## 4. Notions générales sur la chimie sucrière

### 4.1. Le Brix

Lorsqu'on chauffe une solution, l'eau s'évapore et lorsqu'elle est totalement évaporée, il reste les matières sèches (MS). Une solution est donc composée de matières sèches et d'eau (**Afisuc, 2002**). Le Brix est le rapport entre la quantité de matières sèches contenues dans l'eau et la quantité de solution, il est exprimé en pourcentage par la formule suivante :

**Brix(%) = (quantité de la matière sèche / quantité de la solution) x 100 (%)**

La mesure du Brix est réalisée à l'aide d'un réfractomètre qui donne la quantité de matière sèche (Afisuc, 2002).

#### 4.2. Polarisation

La polarisation est une technique utilisée dans le monde entier, elle permet de déterminer rapidement le taux de saccharose (Hoareau et al, 2007). La teneur en saccharose se mesure par polarimétrie (polarimètre thermostaté à 20°C). La concentration en saccharose d'une solution est proportionnelle à l'angle de rotation (Decloux, 2002).

La polarisation d'une solution de sucre est le rapport entre la quantité de sucre contenu dans la solution et la quantité de solution. Elle est généralement exprimée en pourcentage par la formule suivante (Afisuc, 2002).

**Polarisation % = (quantité de sucre / quantité de la solution) x 100 (%)**.

#### 4.3. Pureté

La pureté définit la quantité de sucre contenu dans la matière sèche. Elle est généralement exprimée en pourcentage selon la formule suivante (Afisuc, 2002).

**Pureté = quantité de sucre (QS) / Matière sèche (MS) x 100 (%)**.

Du fait que la pureté est le rapport entre la quantité de sucre et la quantité de matière sèche, la dilution ou la concentration d'une solution est sans effet sur sa pureté. Ainsi, un jus avant évaporation et le sirop correspondant ont la même pureté (Afisuc, 2002).

#### 4.4. Solubilité

Elle s'obtient en divisant la quantité (Q) de sucre dissout par la quantité (Q) d'eau dans laquelle elle a été dissoute selon la formule suivante (Afisuc, 2002).

**La solubilité = Q de sucre dissout (g) / Q d'eau (g)**.

#### 4.5. Saturation

Une solution de sucre est dite saturée à une température donnée lorsque, mise en présence de cristaux de sucre, ces derniers ne se dissolvent et ne grossissent pas. En

dessous de cette concentration en sucre, la solution est dite sous-saturée, les cristaux peuvent se dissoudre (**Mathlouthi et Barbara, 2004**).

#### **4.6. La colorimétrie**

La mesure de la coloration en solution est effectuée en moyen d'un spectrophotomètre. Elle est basée sur la diminution de l'intensité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser pour la mesure de la couleur des solutions sucrées. ICUMSA a officiellement adopté la méthode de mesure à la longueur d'onde de  $\lambda=420\text{nm}$  (**ICUMSA, 1994**).

#### **4.7. Non sucres**

Les non sucres sont constitués de cendres et de matières organiques. Si l'on procède à l'évaporation totale de l'eau, il ne reste que la matière organique (**Manuel CEVITAL, 2008**).

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

Si on continue à chauffer, le sucre et les matières organiques se transforment en cendres à 128°C et l'ensemble donne du caramel. A 600°C, le sucre et les matières organiques ont complètement disparu, il ne reste que les cendres (**Afisuc, 2002**).

## Chapitre II : Raffinage du sucre

### II. Raffinage

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

#### 1. L'affinage et refonte

##### Affinage

Le sucre roux est déversé dans un malaxeur, mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement sursaturé. Le produit résultant de cette opération est appelée « magma d'affinage » (**Mathlouthi et Barbara, 2004**). Le sirop ajouté permet de fondre juste la couche la plus externe du cristal de sucre. Cette dernière contient la plus grande partie d'impuretés. Le sirop résultant de la fonte de la couche externe, est séparé des cristaux de sucre par centrifugation. La majeure partie des colorants sont enlevés pendant l'étape d'affinage (environ 50% de la couleur du sucre roux) (**Mc Neill, 2004**).

##### Refonte

Le sucre affiné passe par des turbines d'affinage pour être débarrassé des impuretés et matières colorantes sur la surface des cristaux, puis refondu dans un fondoir avec de l'eau sucrée chauffée à 85°C (augmenter la solubilité du sucre) pour donner un sirop de refonte (**Rachedi, 2002**). Le sirop de refonte obtenu est envoyé vers le bac de contact pour une épuration par chaulage et carbonatation (**Rachedi, 2002**).

#### 2. Épuration calco-carbonique

La carbonatation a pour but d'éliminer les non sucres du jus et de retenir éventuellement des particules insolubles passées accidentellement à la refonte (trop petites pour être arrêtées par les séparateurs et filtres). Pour cela l'action de la chaux combinée à celle du dioxyde de carbone, produit un précipité de  $\text{CaCO}_3$  qui piège, précipite, flocule et détruit les non sucres (**Burzawa, 1999**).

La réaction est alcaline, elle fournit ainsi un complément de clarification notable. Le précipité formé est granuleux et filtre aisément, comme le montre la réaction suivante :



Lait de chaux                  Carbonate de chaux

Les principales étapes de la carbonatation sont réparties comme suit :

### 2.1. Préparation du lait de chaux

Le lait de chaux se prépare par l'addition d'une chaux de bonne qualité (poudre impalpable) à une eau légèrement sucrée qui provient de désucrage des boues au niveau des filtres à presses et décoloration (**Burzawa, 1999**).

### 2.2. Chaulage

Le chaulage assure les réactions de dégradation et apporte une charge suffisante de chaux qui, carbonatée, servira de support de filtration. Le chaulage est immédiatement suivi d'un réchauffage à 85°C et d'un temps de contact de l'ordre de 15 minutes afin d'assurer au mieux les réactions de dégradation (**Burzawa, 1999**).

### 2.3. Première et deuxième carbonatation

Le but principal de la 1<sup>ère</sup> carbonatation est de précipiter sous forme de CaCO<sub>3</sub> l'excès de chaux ajouté au cours du chaulage afin d'enrober les impuretés en amont et permettre ainsi une bonne sédimentation et filtration. A ce stade, se fait l'adsorption de l'impureté telle que les PDAH (Produit de Dégradation Alcaline des Hexoses) (**Mathlouthi et barbara, 2001**).

La deuxième carbonatation a pour rôle d'éliminer le maximum de calcium encore en solution dans les jus clairs filtrés de première carbonatation (**Burzawa, 1999**).

## 3. Filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration sur filtres à bougies autonettoyants. Le sirop filtré est envoyé vers la décoloration. La boue résultante passera par un filtre à presse pour

récupérer le sucre résiduel sous forme de petit jus. Les boues (ou écumes) sont évacuées et utilisées pour la fertilisation du sol (engrais) **(Putsch, 2010)**.

#### 4. Décoloration

La décoloration est la phase la plus délicate de la purification du sucre. Cette étape très importante qui décolore le sirop filtré en un sirop décoloré.

#### 5. Concentration

Avant de cristalliser, le sirop est concentré dans un évaporateur et les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le procès **(Bouras, 1998)**. Le jus est ramené à une température d'ébullition afin d'éliminer l'eau, entraînant ainsi sa concentration sous forme d'un sirop entre 60° et 70° Brix de saccharose. Le sirop initialement aux environs de 58% de Brix se retrouve à la sortie du concentrateur de 72° Brix. A la fin de l'évaporation, le sirop de sucre se caractérise par un taux de pureté de 93 %. Ce sirop va entrer dans le processus de cristallisation. Pour cela, il est transvasé dans une cuve sous vide à une pression d'environ 0,2 bar et maintenu à une température inférieure à 80°C (ce qui évite la caramélisation du sirop et permet l'évaporation de l'eau) **(Bouras, 1998)**.

#### 6. Cristallisation

La cristallisation du sucre est une opération qui permet d'extraire le saccharose en solution dans le jus concentré **(Gromdin-Perez et al, 2005)**, alors que les impuretés restent concentrées dans le liquide pour donner au final une solution résiduelle épuisée **(Mathlouthi et Barbara, 2001)**.

La cristallisation est un processus pouvant être influencé par de nombreux paramètres à savoir : la viscosité, la sursaturation, la température, la pureté et l'agitation **(Pérez, 1995)**.

##### 6.1. 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. C'est selon ces derniers paramètres qu'on détermine le nombre de jets qu'on doit avoir. La cristallisation à trois jets est la plus répandue **(Romain et al, 2007)**.

## 6.2. Cristallisation des bas produits (BP)

La cristallisation des bas produits s'alimente des égouts issus de la cristallisation (HP), généralement des égouts 3 (**Romain et al, 2007**). Elle aboutit à « un sucre A » qui est acheminé avec des quantités modérées vers le fondoir (recyclage) et une mélasse qui est une matière première utilisée dans plusieurs secteurs agroalimentaires à savoir :

- Production d'alcool ;
- Alimentation de bétail ;
- Fermentations industrielles ;
- Production de levures ;

## 7. Séchage et maturation

Le sucre blanc, issu du premier jet, est évacué à chaud vers le sécheur tambour où il va subir un séchage à contre-courant. Le but de cette section est de ramener le taux d'humidité à des valeurs comprises entre 0.03 et 0.06 % (**Schrevel, 2001**).

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

## 8. Stockage et conditionnement

Après séchage, le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement où il peut être directement ensaché ou conditionné en morceaux ou stocké en silos. Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec et fluide mais la cristallisation du sucre se poursuit au cours des premiers jours de stockage s'accompagnant d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos (maturation) (**Romain et al, 2007**).

Le procédé de raffinage du sucre roux au niveau de CEVITAL se résume par les étapes suivantes :

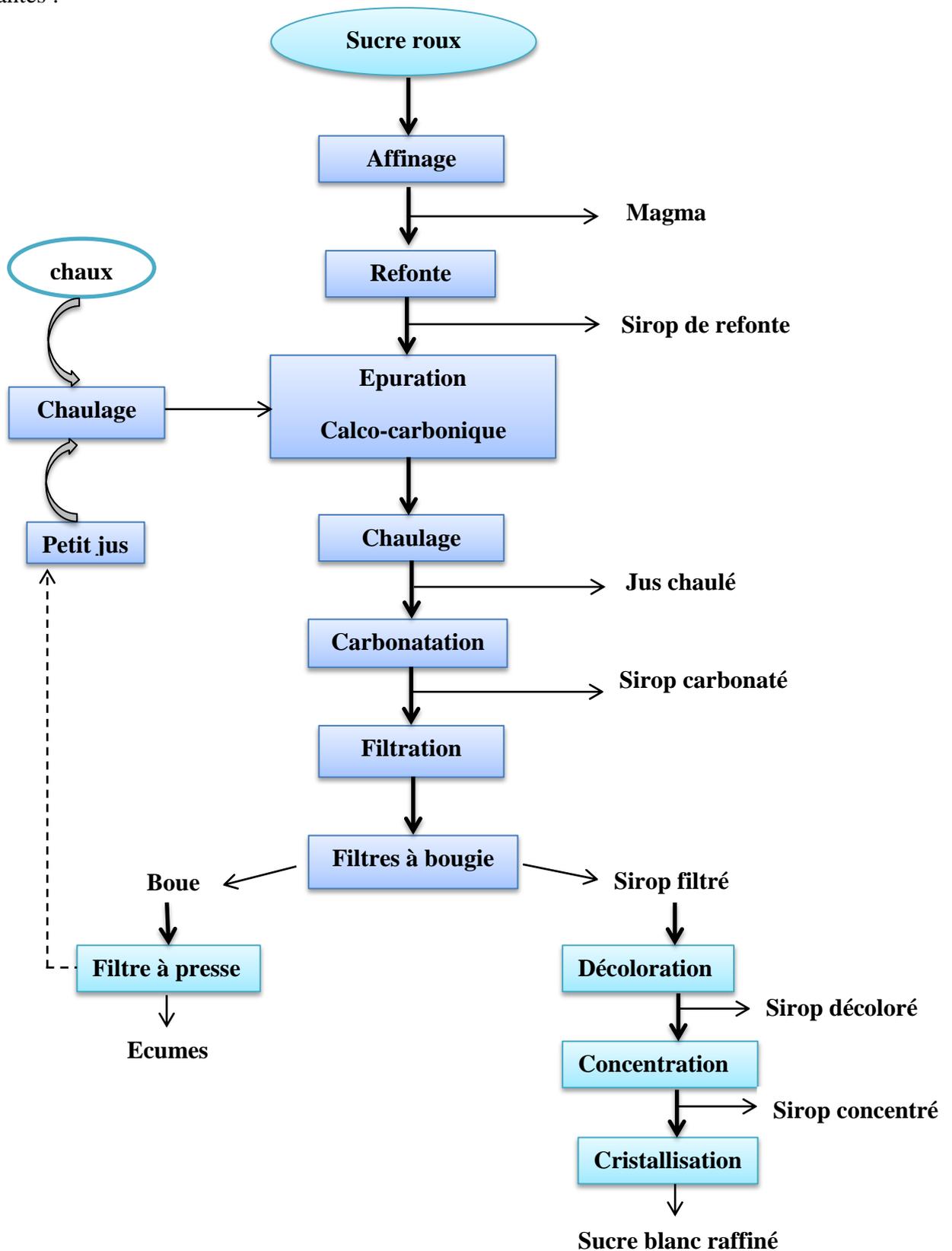


Figure 4 : Schéma simplifié du procédé de raffinage de sucre roux au niveau de CEVITAL.

## Chapitre III : La décoloration

### III. La décoloration

Le premier objectif du raffinage du sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés dans le but de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique. La couleur détermine la catégorie du sucre roux, brut ou blanc et elle est le souci principal du producteur (Ellis, 2004).

#### 1. Principe

La décoloration se réalise généralement sur résine échangeuse d'ions. L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (par exemple des anions) sont éliminés de cette solution par adsorption sur un matériel solide (l'échangeur d'ions) pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge (Arden et Dardel, 1981).

Pour cela plusieurs efforts ont été consacrés dont le but est de déterminer la nature des colorants (pigments) et les méthodes qu'il faut mettre au point pour les éliminer.

#### 2. Principaux colorants présents dans le sucre de canne

Les colorants du sucre sont constitués d'un mélange complexe de composés organiques d'origine multiple (Decloux et al, 1999). De façon générale, ce sont des macromolécules ayant un comportement d'acide faible. Ils se présentent sous la forme de longues chaînes carbonées hydrophobes et possèdent une extrémité hydrophile au niveau de leur fonction acide faible (Theoleyreet al, 1999). Par exemple des mélanoides, des produits de dégradation alcaline des hexoses (PDAH), des caramels et d'autres complexes (Decloux, 2002).

On distingue les pigments naturels de la canne et les colorants issus du procédé de fabrication. Les principaux colorants présents sont indiqués dans le *tableau I* tandis que le *tableau II* représente la classification des colorants en sucrerie de canne (voir *l'annexe I*).

Les principaux colorants éliminés en raffinerie du sucre de canne au niveau de la section décoloration sont :

## 2.1. Colorants naturels

Les colorants naturels de la canne et leurs précurseurs sont les pigments typiques des plantes à savoir les chlorophylles et les flavonoïdes (**Godshall, 1996**). Les flavonoïdes sont difficiles à éliminer et les chlorophylles sont éliminées par clarification (**Smith et Paton, 1985**). Ils sont caractérisés par une faible masse molaire (**Kelly et Brown, 1978**).

Les autres molécules colorées de la canne sont constituées par les sucres réducteurs, les acides aminés et d'autres composants phénoliques qui participent à la formation de colorants uniquement lors du procédé de fabrication (**Decloux et al. 1999**).

## 2.2. Colorants formés lors du procédé de fabrication

Ce sont les mélanines, les caramels, les mélanoïdines (les produits de la réaction de Maillard) et les produits de la dégradation alcaline des hexoses (PDAH). Selon **Decloux et al. (1999)** Ils sont d'une masse molaire plus élevée que les colorants naturels.

### 2.2.1. Mélanines

Les mélanines résultent de la polycondensation oxydative des dérivés phénoliques par voie chimique ou enzymatique. L'oxydation met en jeu des enzymes de type oxydoréductase et sont responsables du brunissement de la canne à sucre. Les mélanines sont des pigments bruns de haut poids moléculaire dont la formation est favorisée par l'oxygène, l'augmentation de la température et du pH ainsi que par la présence des métaux de transition (cuivre, fer,... etc). (**Belhamri, 2005**).

### 2.2.2. Mélanoïdines

Ce sont les produits de la réaction de Maillard, formés par combinaison d'un sucre réducteur, glucose ou fructose, et d'un composé aminé tel que l'acide glutamique (**Decloux et al, 1999**). Ils se forment à des températures ambiantes mais sont favorisés à une température élevée (environ 85°C), un Brix élevé et une basse pureté (**Mersadet al, 2003**). Ces colorants absorbent entre 285-295 nm (**Cosmeur et Mathlouthi, 1999**).

### 2.2.3. Produits de Dégradation Alcaline des Hexoses (PDAH)

Les PDAH se forment lorsque la solution de saccharose est chauffée en milieu alcalin. Les hexoses sont alors transformés en acide lactique, acétique, formique et en matières colorantes de couleur brune (**Décloux et al, 1999**). Les PDAH se forment au cours de

l'épuration (Josiane, 2002). Les PDAH absorbent entre 250 et 265 nm (Cosmeur et Mathlouthi, 1999).

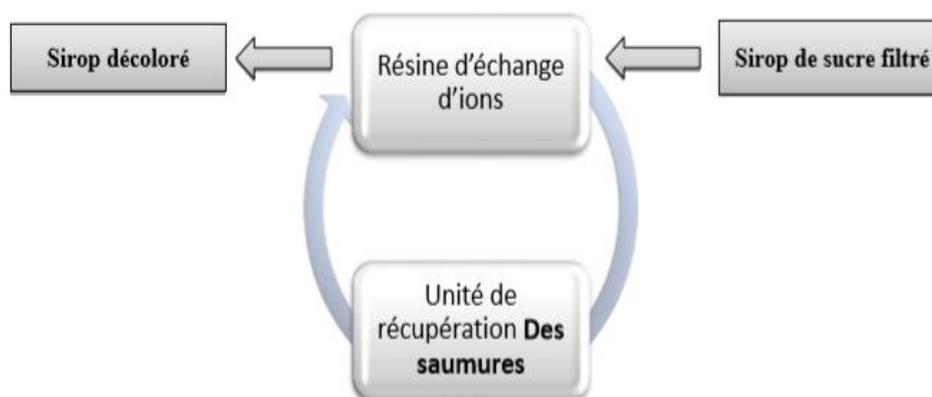
#### 2.2.4. Les caramels

La formation des caramels en sucrerie est due à la déshydratation complète du saccharose à haute température ce qui permet l'hydrolyse du saccharose en sucre inverti (glucose et fructose) (Krouh, 1994). Ces molécules ont un intérêt considérable en industrie alimentaire. Ils sont formés par dégradation thermique du saccharose et ne sont pas influencés par les variations du pH (Mersad *et al.*, 2003).

En sucrerie, les caramels ne sont responsables que de 1% de coloration. Par ailleurs, les réactions de caramélisation sont souvent plus lentes que celles dues aux formations des mélanoidines et des PDAH (Mersad, 2001). Les caramels absorbent entre 282 et 283 nm (Cosmeur et Mathlouthi, 1999).

### 3. Procédé de décoloration

Le sucre roux de canne est constitué de 94 à 98.5 % de saccharose. Il comprend également des impuretés de diverses natures telles que les colorants (Gratius *et al.*, 1995) qui représentent une gêne à la cristallisation ce qui influe sur la qualité du sucre (Decloux *et al.*, 2001). La décoloration décolore les sirops des refontes du sucre roux après affinage et carbonatation. Le sirop traité (décoloré) présente généralement une couleur de l'ordre de 1000 ICUMSA qu'il faut ramener à 200 voire 100 ICUMSA avant la cristallisation (Theoleyreet *al.*, 1999).



**Figure 5** : Schéma simplifié de la section de décoloration au sein du complexe CEVITAL (Applexion, 2006).

### 3.1. Données de base de la décoloration

#### 3.1.1. Caractéristiques du sirop à traiter (à décolorer)

Les différentes caractéristiques du sirop destiné à la section de décoloration sont résumées dans le tableau II.

**Tableau II:** Caractéristiques du sirop filtré à traiter par la section de décoloration (Applexion, 2006).

Paramètres	Valeurs
Débit massique nominal du sirop	132 t/h (158 t/h maximum. En pointe)
Débit volumique nominal du sirop	100 m <sup>3</sup> /h (120 m <sup>3</sup> /h max. En pointe)
Concentration	65 Brix
Densité	1,32
Coloration	600 IU max
Matières en suspension	10mg/l

#### Remarque :

Pour fonctionner dans des bonnes conditions, la température du sirop à l'entrée des colonnes de décoloration doit être de 85°C. Cette température est un accord entre une bonne adsorption (réaction endothermique) et une inhibition de la caramélisation (Applexion, 2005).

#### 3.1.2. Caractéristiques du sirop traité

Les caractéristiques du sirop traité (filtré) sont indiquées dans le tableau III.

**Tableau III** : Décoloration de sucre sur résine (**Applexion, 2005**).

Brix	65
Couleur entrée (ICUMSA)	600
Couleur sortie (ICUMSA)	100
Décoloration %	83
Capacité (Kg MS/l de résine)	30
Volume passé (Bed Volume BV)	35

**Remarque :**

En cas d'augmentation de la couleur du sirop filtré, le procédé d'échanges d'ions conservera une performance de 80 à 85 % de taux de décoloration avec une réduction correspondante du temps de cycle (**Applexion, 2005**).

**3.2. Conditions de fonctionnement de la décoloration**

Le bon fonctionnement de l'installation de décoloration exige le respect de certains paramètres qui sont représentés en le tableau IV.

**Tableau IV** : Conditions et paramètres de fonctionnement de la section de décoloration (CEVITAL) (**Applexion, 2006**).

Paramètres	Valeurs
Débit de sirop traité	170 m <sup>3</sup> /h
Concentration	60 Brix
Densité	1.29
Vitesse de passage du sirop	8.3 m <sup>3</sup> /h
Durée de chaque étape PD/FD/R	12h
Nombre de régénérations par jour	4

**3.3. Facteurs intervenants dans la décoloration**

D'après **Theoleyre et al. (1999)**, les principaux facteurs qui interviennent dans la décoloration d'un sirop de sucre sont :

- **La couleur de la matière première** ; sucre roux.
- **Les caractéristiques du sirop carbonaté-filtré** : son Brix doit être de 60 à 65 % maximum et sa température de 85°C.
- **Respecter les paramètres physiques de la décoloration** :
  - La température dans la colonne doit être de 70 à 80°C pour que le sirop de sucre reste fluide et ne cristallise pas.
  - Le pH doit être légèrement basique (6,80 - 8,30).
  - Le temps de séjour qui est en fonction du débit du sirop traité (84m<sup>3</sup>/h).
- **La qualité de la résine**
  - La hauteur totale du lit de résine.
  - Une bonne régénération des résines qui dépend de la bonne qualité de la saumure, qui doit être d'une pureté de 99%, qui elle-même dépend du rendement de la nanofiltration.

### 3.4. Résines échangeuses d'ions

Les résines ont été employées pendant plus de cinquante ans dans l'industrie sucrière (Cortés, 2007). Elles sont utilisées dans le but de décolorer les refontes de sucre roux après affinage et carbonatation (Theoleyreet al, 1999).

Deux types de résines sont utilisées pour la décoloration du sucre. Elles diffèrent par leur squelette : copolymères de styrène et de divinylbenzène ou d'acide acrylique et de divinylbenzène. Ce sont des copolymères de longues chaînes carbonées présentant un comportement très hydrophobe pour les résines styréniques, un peu moins hydrophobe pour les résines acryliques.

Sur ce squelette sont greffées des fonctions amines quaternaires. Cette fonction constitue un pôle hydrophile et confère à la résine son caractère de résine anionique forte qui veut dire sa capacité à fixer les ions négatifs (Cl<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup>, SO<sup>2-</sup><sub>4</sub>) présents dans la solution dans laquelle ils sont immergés(Theoleyreet al, 1999).

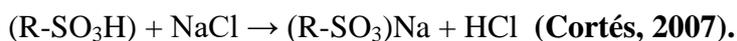
La basicité des groupements fonctionnels de la résine permet l'élimination de tous les anions y compris ceux qui sont faiblement dissociés tels que la silice (Jean et al, 1998). La structure macroporeuse à larges pores liée à la forte basicité des groupements fonctionnels, permet l'élimination des molécules organiques même à haut poids moléculaire (Stephen et al, 2002).

En général, la résine utilisée est un copolymère anionique fortement basique à structure polystyrénique macroporeuse (Tableau V) (Rachedi, 2002).

**Tableau V:** Caractéristiques de la résine de décoloration utilisée (applexion, 2006).

Caractéristiques	Composition
Squelette	Copolymère styrène divinylbenzène
Groupement fonctionnel	CH <sub>2</sub> N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Cl <sup>-</sup>
Forme ionique livrée	Chlorure
Rétention d'humidité	58 à 64 %
Densité	0,5 à 1,08
Régénérant	NaCl

Ces résines se comportent comme des acides forts ayant la capacité d'être fortement ionisées sous les formes d'acide et de sels. Elles fonctionnent par la réaction suivante :



### 3.4.1. Mécanisme d'action de la résine

Selon Theoleyreet *al.* (1999), deux mécanismes interviennent dans la décoloration sur résine :

**a/** Interaction hydrophobe entre les chaînes carbonées du polymère et du colorant. Il s'agit d'une liaison faible. Ce sont les parties apolaires des impuretés qui assurent ces interactions.

**b/** Echange d'ions ou échange entre les ions Cl<sup>-</sup> initialement fixés sur la résine et les acides organiques (colorants) présents dans la solution à traiter. Les bilans de régénérations montrent que la capacité d'échange mise en jeu au cours de la décoloration est très limitée, moins de 0,2 eq/l de résine.

### 3.4.2. Avantages et inconvénients des résines

Les avantages et les inconvénients de l'utilisation des résines dans la décoloration sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau VI :** Avantages et inconvénients des résines anioniques fortement basiques (Applexion, 2006).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Élimination complète des anions (incluant la silice et CO<sub>2</sub>)</li> <li>-Coût initial faible</li> <li>-Efficacité et qualité variables</li> <li>-Excellentes cinétiques</li> <li>-Rinçage court</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Résistance faible aux polluants organiques</li> <li>-Vie limitée</li> <li>-Instable thermodynamiquement</li> </ul>

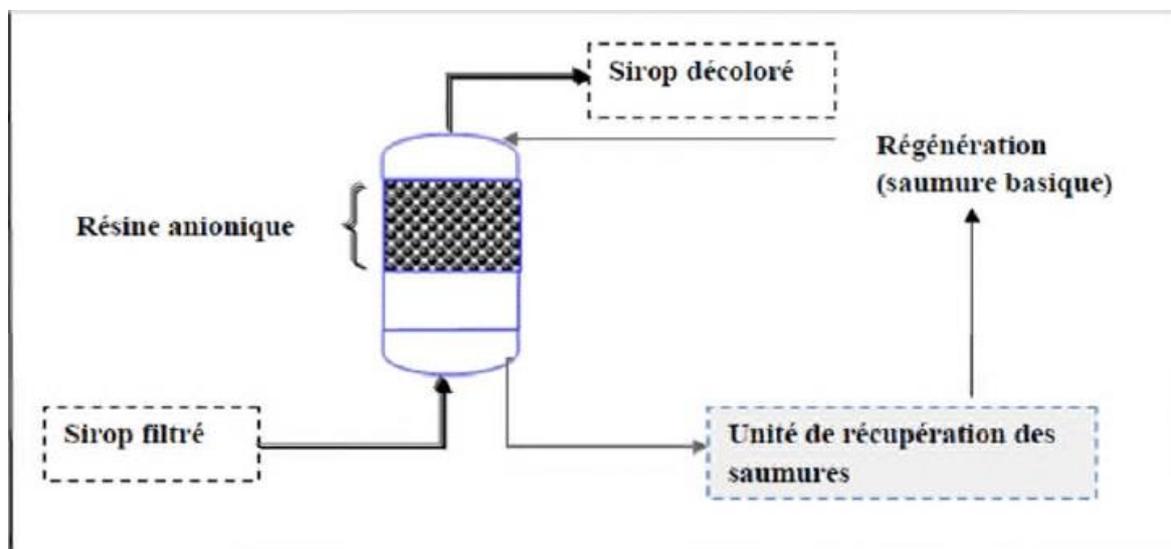
### 3.4.3. Régénération des résines

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 du produit traité augmente progressivement. Donc, une régénération est nécessaire pour extraire ces impuretés (colorants). Pour cela, il est nécessaire de faire appel à une régénération (Decloux, 2001). Le but de cette dernière est de retrouver la capacité initiale de la résine de décoloration (Applexion, 2006).

La régénération des résines est réalisée par une saumure basique : solution de sel (NaCl) à 100 g/l additionnée de 5 à 10 g/l de soude (NaOH) (Theoleyre et al, 1999). 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<sup>-</sup> en favorisant la fixation du Cl<sup>-</sup> et la libération des colorants. La soude, en conférant au milieu un pH élevé, favorise l'ionisation des acides organiques. Ce faisant, le caractère hydrophile des colorants est renforcé et les interactions hydrophobes sont diminuées.

La forte concentration en sel de la saumure de régénération génère une importante différence de pression osmotique entre les milieux interne et externe. Ce déséquilibre se manifeste par une diminution de la taille des billes et une migration du liquide interne, riche en colorants, vers l'extérieur. Ce mécanisme de désorption des colorants peut ainsi être assimilé à « l'essorage d'une éponge » (Theoleyre et al, 1999).

La régénération se fait à contre-courant par rapport au sirop à traiter. Cela pour éviter la pollution de 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 (Applexion, 2006).



**Figure 6 :** Schéma simplifié de la régénération au sein de la raffinerie CEVITAL.

#### 3.4.4. Dépollution

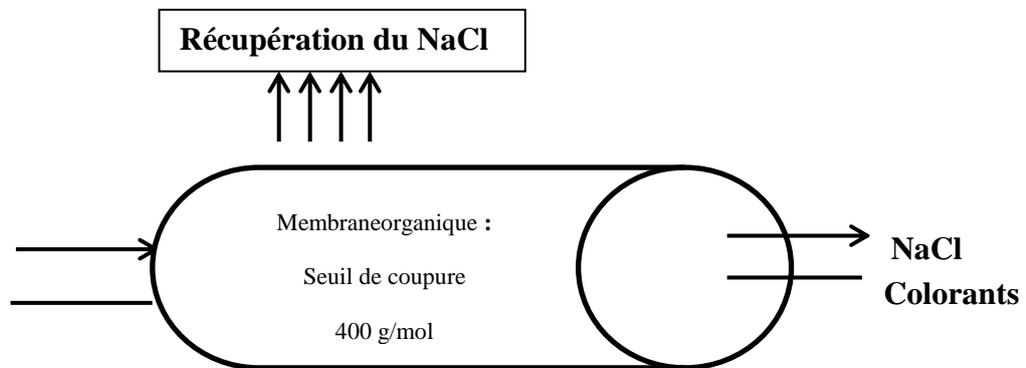
Lorsqu'on observe une diminution importante de la capacité de la résine après régénération, il est nécessaire de procéder à une dépollution de la résine. Cette opération est effectuée grâce à l'injection d'une solution d'acide à 1% suivi d'un rinçage. Dans ce cas, il est important de faire 2 régénérations à la saumure basique pour neutraliser le milieu. La fréquence des dépollutions dépend essentiellement de la qualité du sirop entrant dans l'unité de décoloration. On peut cependant estimer cette fréquence à une dépollution acide tous les 10 cycles environ (Applexion, 2006).

#### 3.4.5. Couplage de la décoloration et de la nanofiltration

Dans l'industrie sucrière, le développement de l'utilisation des résines en décoloration est limité par la production d'effluents liquides riches en sels et en colorants. Ces effluents constituent une source de pollution importante et difficile à dégrader du fait de la teneur en sel et de la teneur en DCO des colorants présents (Theoleyre *et al.*, 1999).

Durham *et al.* (2003), ont confirmé que la nanofiltration a été appliquée avec succès pour le rétablissement des saumures épuisées lors des échanges anioniques. L'utilisation

de ce type de membrane permet de concentrer les colorants et de produire une fraction riche en sel réutilisable pour la régénération des résines (AFISUC, 2002). Le principe de traitement des effluents par la nanofiltration est illustré dans la figure suivante :



**Figure 7** : Principe du traitement des effluents par nanofiltration.

(Lameloise L et Decloux M, 2007).

## Chapitre IV : Étude de cas : Suivi de la décoloration du sucre roux au niveau de l'entreprise Cevital

Afin de bien comprendre l'importance de l'étape de décoloration dans l'obtention d'un produit fini de bonne qualité, nous avons choisi d'étudier l'étape de décoloration du sucre roux au niveau du complexe agroalimentaire Cevital. Nous avons choisi de suivre certains paramètres physico-chimiques (couleur, pH, polarisation, dosage des sucres réducteurs, détermination des cendres conductimétriques, humidité) choisis en fonction de leur importance. Dans ce chapitre, les résultats de chaque paramètre sont exprimés en fonction du temps par des graphiques qui seront interprétés en nous référant aux normes du sirop de sucre.

### 1. Analyses physico-chimiques

Au niveau de la raffinerie de sucre du complexe Cevital, l'évolution de la couleur est suivie tout au long de la chaîne de production (à partir du sirop filtré jusqu'au sucre blanc cristallisé), tout en appréciant le rôle de la section de décoloration et son influence sur la qualité du sucre blanc. Le tableau VII résume les types de sirops analysés ainsi que les paramètres étudiés.

**Tableau VII** : Échantillons prélevés des différentes sections et leurs paramètres étudiés

Section	Echantillons analysés	Paramètres
Filtration	Sirop filtré (SF)	. Couleur . pH
Décoloration	Sirops décolorés (SD1 + SD2)	. Couleur . pH
Ensachage	Sucre blanc	. Polarisation . Dosage des sucres réducteurs . Détermination des cendres conductimétriques . Couleur . Humidité

### 1.1. La couleur

La mesure de la coloration en solution est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visible. Les mesures se font à une longueur d'onde de 420 nm.

### 1.2. Le pH

La mesure du pH se fait par un pH mètre muni d'une électrode en verre. Elle est basée sur une réaction mettant en jeu les ions  $H^+$  libres d'une solution.

### 1.3. La polarisation

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

### 1.4. L'humidité

Le principe de la méthode repose sur le séchage à l'étuve 105°C suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées.

### 1.5. Dosage des sucres réducteurs

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

### 1.6. Détermination des cendres conductimétriques

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

## 2. Analyse et interprétation des paramètres

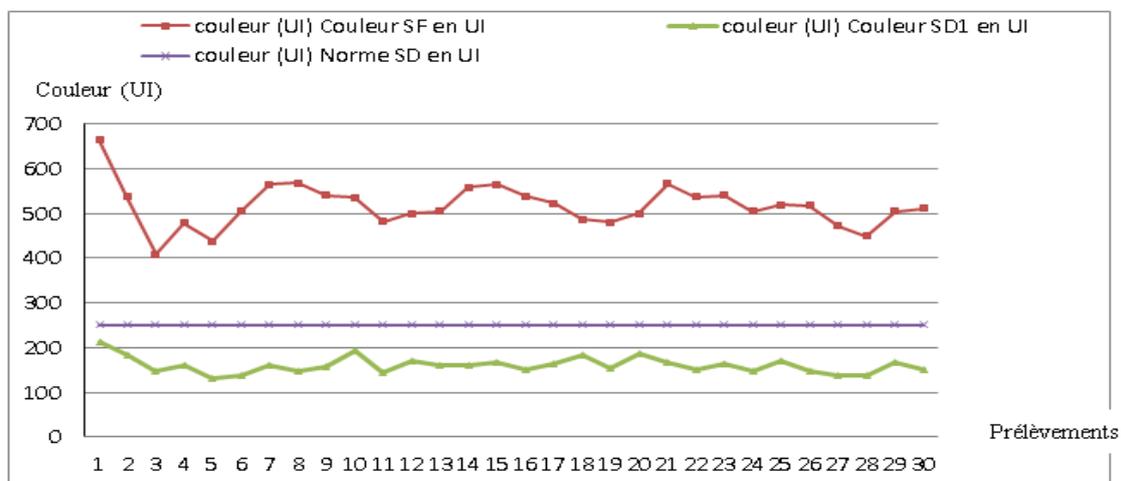
### 2.1. Couleur des sirops

La section de décoloration au niveau de Cevital est composée de trois lignes de décoloration, les sirops SD1, SD2, SD3 sont respectivement issus des trois lignes 1,2 et 3.

#### 2.1.1. Couleur du Sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1)

Le tableau I (voir annexe II) donne les valeurs de variation de la couleur du sirop filtré et du sirop décoloré 1.

La figure 8 représente l'évolution de la couleur (UI) du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1) en fonction des prélèvements.



**Figure 8 :** Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1).

## Interprétation et discussion

### Sirop filtré

D'après le graphe illustré ci-dessus, on observe que les valeurs de la couleur du sirop filtré évoluent aléatoirement en fonction du temps. Ces valeurs varient entre 409 et 664 UI (unités ICUMSA).

La variation de la couleur du sirop filtré est liée à :

- La qualité de la matière première (variation de la couleur du sucre roux).
- Une coloration élevée du sucre A (extrait à partir de la cristallisation des bas produits) réinjecté dans le fondoir car une simple élévation de la couleur engendre une élévation subite de la coloration du SF.
- Une instabilité de processus de raffinage surtout lors de :

L'épuration calco-carbonique : l'instabilité de la carbonatation influence négativement sur la couleur.

La filtration : une mauvaise filtration influence directement sur la couleur du SF.

### Sirop décoloré 1 (SD1)

D'après la figure 8, on remarque une certaine stabilité dans les valeurs de la coloration. Ces valeurs varient entre 132 et 213 UI (unités ICUMSA) avec quelques variations importantes (192 et 213 UI). Ces variations dans les valeurs de la coloration du SD1 sont dues à 2 facteurs :

- Le sirop filtré en termes de couleur.
- La capacité de la décoloration de la résine qui dépend de son bon fonctionnement et de sa durée de vie.

### Comparaison des deux courbes SF et SD1

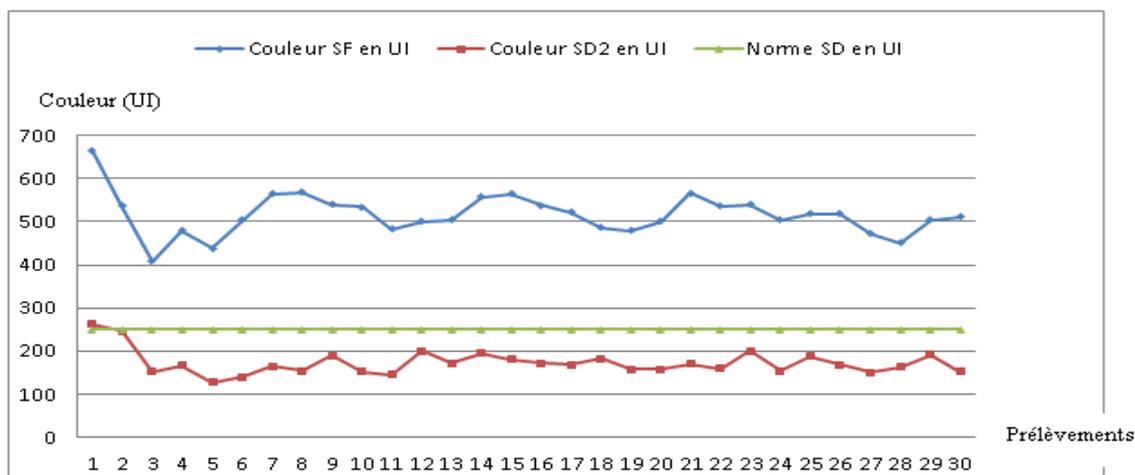
D'après le calcul de la moyenne des variations du sirop décoloré 1 (SD1), on confirme qu'elle est conforme à la norme industrielle (160,46 UI) qui est (<250).

La courbe du SD1 reflète celle du SF en termes d'acheminement mais en termes de valeurs de couleur, elles diffèrent. Ceci montre le rôle de la ligne de décoloration 1 dans l'abaissement de la couleur.

### 2.1.2. Couleur du Sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau I (voir Annexe II).

La figure 9 représente l'évolution de la couleur (UI) du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2) en fonction des prélèvements.



**Figure 9 :** Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2).

### Interprétation et discussion

#### Sirop décoloré 2 (SD2)

La courbe de la figure 9 représente les valeurs de mesure de la couleur du SD2. Ces résultats varient entre 127 et 263 UI avec des variations importantes (247 et 263 UI). Ces variations sont probablement dues à la coloration élevée du SF et la résine.

#### Comparaison des deux courbes SF et SD2

D'après le calcul de la moyenne des variations du sirop décoloré 2 (SD2), nous confirmons qu'elle est conforme à la norme industrielle (172,63UI) qui est (<250).

La courbe du SD2 reflète celle du SF en termes d'acheminement sauf pour quelques valeurs qui s'expliquent par les facteurs cités ci-dessus mais en termes de valeurs de couleur, elles diffèrent. Ceci montre le rôle de la ligne de décoloration 2 dans l'abaissement de la couleur.

### 2.1.3. Couleur du sirop filtré (SF) et sirop décoloré 3 (SD3)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau I (voir annexe II).

La figure 10 représente l'évolution de la couleur (UI) du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3 (SD3) en fonction des prélèvements.

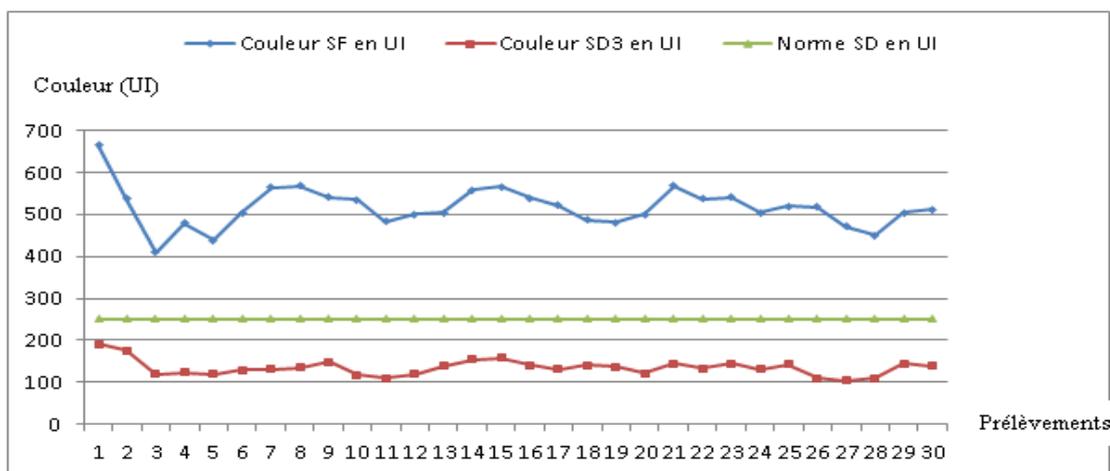


Figure 10 : Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3 (SD3).

### Interprétation et discussion

#### Sirop décoloré 3 (SD3)

La courbe de la figure 10 représente les valeurs de mesure de la couleur du SD3. Ces résultats varient entre 103 et 190 UI. Elles sont donc moins élevées que celles du SD2 et SD1 avec des variations importantes (176 et 190 UI). Ces variations sont dues aux mêmes facteurs du sirop décoloré 2 (SD2).

#### Comparaison des deux courbes SF et SD3

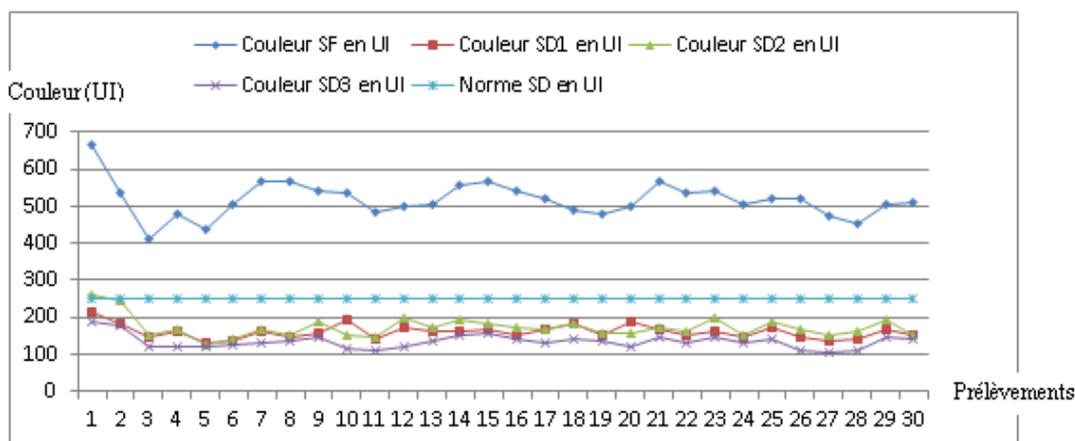
D'après le calcul de la moyenne des variations du sirop décoloré 3 (SD3), nous confirmons qu'elle est conforme à la norme industrielle (134,6 UI) qui est (<250).

La courbe du SD3 reflète celle du SF en terme d'acheminement sauf pour quelques valeurs qui s'expliquent par les mêmes facteurs cités ci-dessus, mais en termes de valeurs de couleur, elles diffèrent, ceci montre le rôle de la ligne de décoloration 3 dans l'abaissement de la couleur.

#### Comparaison entre (SF), (SD1), (SD2), (SD3)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau I (voir annexe II).

La figure 11 représente l'évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et les 3 sirops décolorés (SD1), (SD2), (SD3).



**Figure 11:** Évolution de la couleur du sirop filtré (SF) et les sirops décolorés (SD1), (SD2), (SD3).

### Interprétation et discussion

D'après la courbe, on constate que les valeurs du SD1 et SD2 sont proches tandis que les valeurs du SD3 sont moins élevées que les précédentes ce qui signifie que la résine de ligne décolorée 3 (SD3) est la plus récente. Les variations de la couleur de sirop filtré sont dues à deux facteurs qui sont : la qualité du sucre roux et à la stabilité du processus.

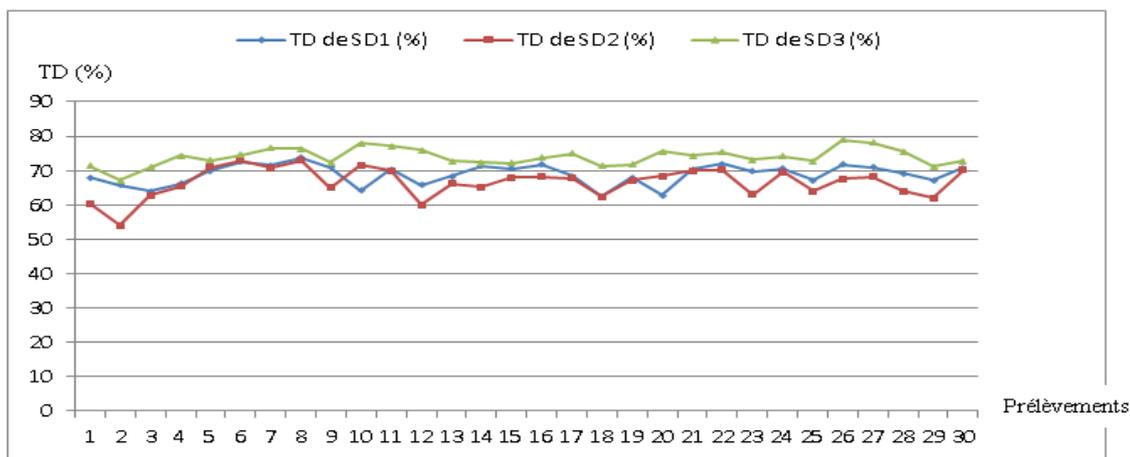
Pour la section de décoloration, on observe une légère variation dans les valeurs de la couleur de sirop décoloré 1 et du sirop décoloré 2, par contre les valeurs de la couleur de sirop décoloré 3 sont moins élevées, mais sont toujours dans la norme industrielle (250 UI). Ceci est dû à la capacité de la résine notamment la disponibilité des groupements fonctionnels (la saturation de la résine au cours du temps). Cette variation est engendrée par la variation de la couleur de sirop filtré.

#### 2.1.4. Taux de décoloration des sirops SD1, SD2 et SD3 (voir tableau I, annexe II).

Le taux de décoloration (TD) est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{TD (\%)} = \frac{\text{Couleur du SF (UI)} - \text{Couleur du SD (UI)}}{\text{Couleur du SF (UI)}} * 100$$

La figure 12 représente l'évolution des taux de décoloration (TD) des trois sirops (SD1), (SD2), (SD3), exprimée en pourcentage %



**Figure 12 :** Évolution du taux de décoloration (TD) des sirops SD1, SD2 et SD3

### Interprétation et discussion

On remarque quelques variations dans les valeurs des taux de décoloration de (SD1) , (SD2), (SD3) qui sont comprises entre 62,42 et 73,76 pour le (SD1) , entre 54,00 et 72,88 pour le (SD2) et entre 67,22 et 78,95 pour le (SD3).

Ces variations sont justifiées par l’instabilité des paramètres liés :

- A la variation du débit d’entrant du sirop filtré.
- A la régénération de la résine.

### 2.2. Mesure du pH des sirops (SF), (SD1), (SD2), (SD3)

Le pH est l’un des paramètres qui influence le procédé de décoloration dont le suivi s’avère indispensable. Le pH du sirop destiné à la décoloration devrait être compris entre 8 et 8,5. À l’issue de cette opération, le pH du sirop traité ne devrait pas être inférieur à 7. Sinon l’étape de cristallisation ne se réalise pas.

#### 2.2.1. pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau II (voir annexe II).

La figure 13 représente l’évolution du pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 1 (SD1) en fonction des prélèvements.

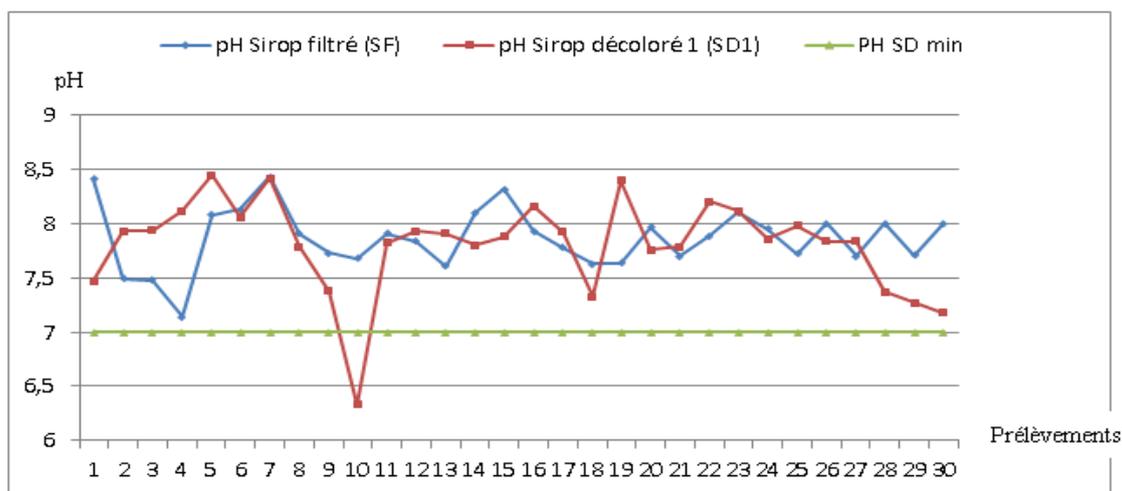


Figure 13 : Évolution du pH des sirops (SF) et (SD1).

D’après le graphe, les valeurs du pH du sirop filtré varient (SF) entre 7,14 et 8,43 avec une moyenne de 7,85 et pour le sirop décoloré 1 (SD1), les résultats varient entre 6,33 et 8,45 avec une moyenne de 7,80.

### 2.2.2. pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau II (voir annexe II).

La figure 14 représente l’évolution du pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 2 (SD2) en fonction des prélèvements.

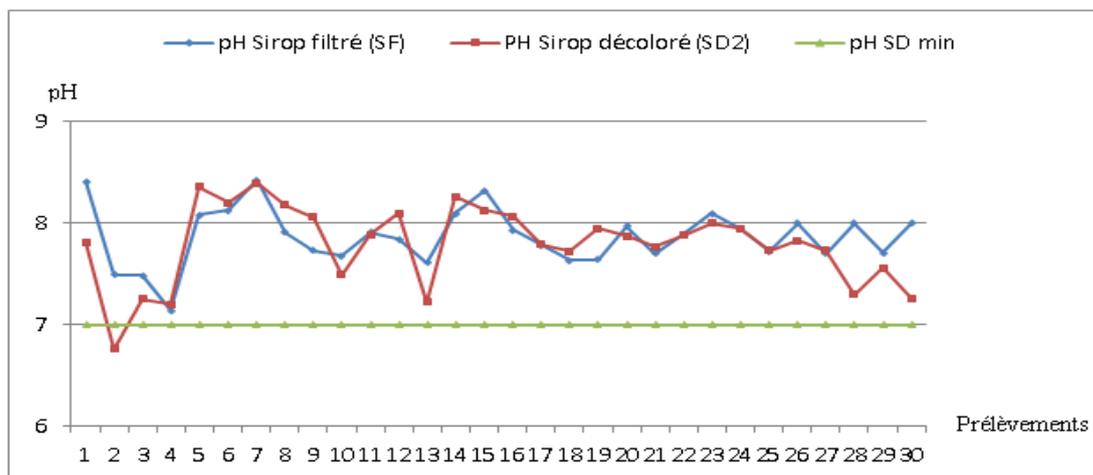


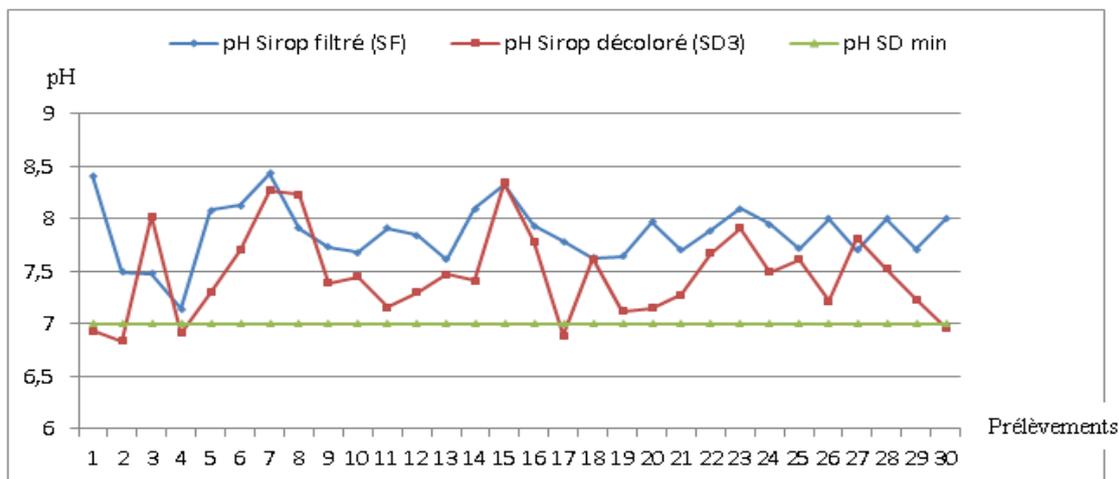
Figure 14 : Évolution du pH des sirops (SF) et (SD2).

D’après la courbe, les résultats du pH du sirop décoloré 2 (SD2) varient entre 6,76 et 8,40 avec une moyenne de 7,79.

### 2.2.3. pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3 (SD3)

Les valeurs sont indiquées dans le tableau II (voir annexe II).

La figure 15 représente l'évolution du pH du sirop filtré (SF) et du sirop décoloré 3 (SD3) en fonction des prélèvements.



**Figure 15 :** Évolution du pH des sirops (SF) et (SD3).

D'après la figure 15, les valeurs du pH du sirop décoloré 3 (SD3) varient entre 6,84 et 8,34 avec une moyenne de 7,46. La moyenne du pH du SF est conforme à la norme industrielle, expliquée par l'élimination de la chaux.

Les moyennes du pH des 3 sirops SD1, SD2 et SD3 sont plus basiques que celle du SF ce qui est probablement dû à la régénération basique fréquente qui augmente le pH qui chaque semaine elle est suivie par la dépollution acide pour l'abaissement du pH.

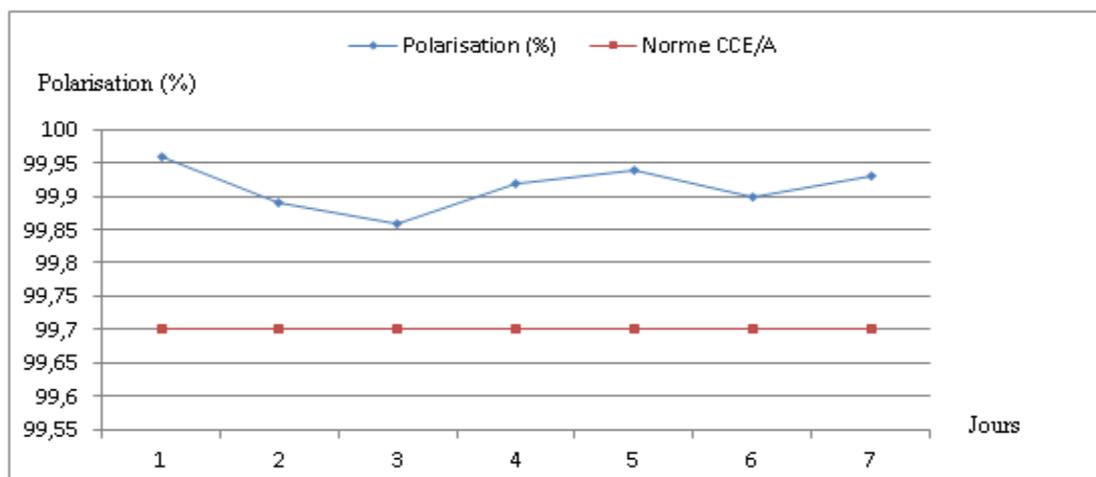
## 2.3. Conformité du sucre blanc de CEVITAL

Les résultats d'analyses physicochimiques du sucre blanc produit au niveau de la raffinerie du sucre Cevital, sont représentés dans le tableau III (voir annexe II).

### 2.3.1. Mesure de la polarisation

Les valeurs de mesure de polarisation sont indiquées dans le tableau III (voir annexe II).

La figure 16 représente les résultats de mesure de la polarisation en fonction des jours.



**Figure 16 :** Polarisation du sucre blanc.

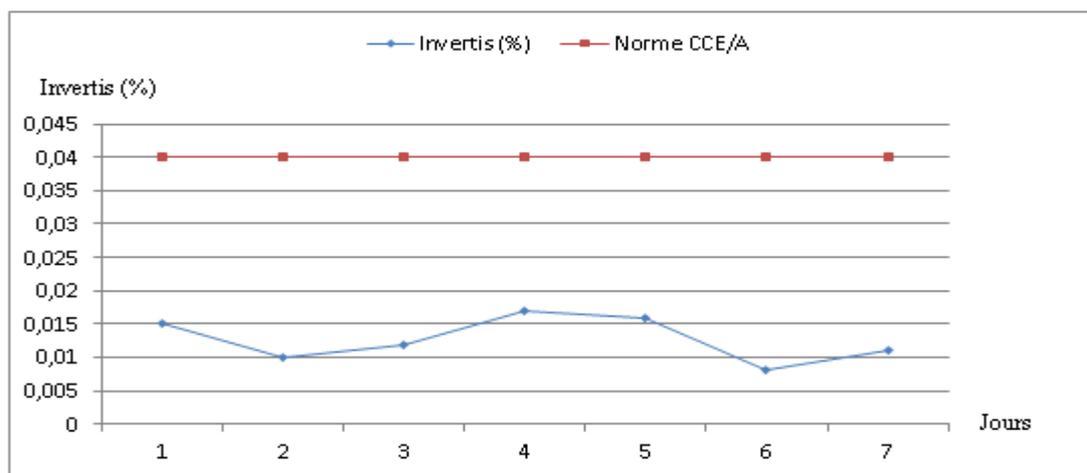
La courbe de la figure 16 représente les valeurs de la polarisation du sucre blanc. Les résultats montrent que la polarisation du sucre blanc du Cevital est toujours au-dessus des deux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius) dont la valeur moyenne de la polarisation est de 99,91 %, ce qui est supérieur à la valeur minimale (99,7) préconisé par les normes d'entreprise.

On peut dire que, du point de vue de la polarisation, le sucre blanc du Cevital est conforme aux normes CEE et A.

### 2.3.2. Mesure de la teneur en sucres réducteurs (invertis)

Les valeurs de mesure des sucres réducteurs sont indiquées dans le tableau III (voir annexe II).

La figure 17 représente les résultats de mesure de la teneur en sucres invertis en fonction des jours.



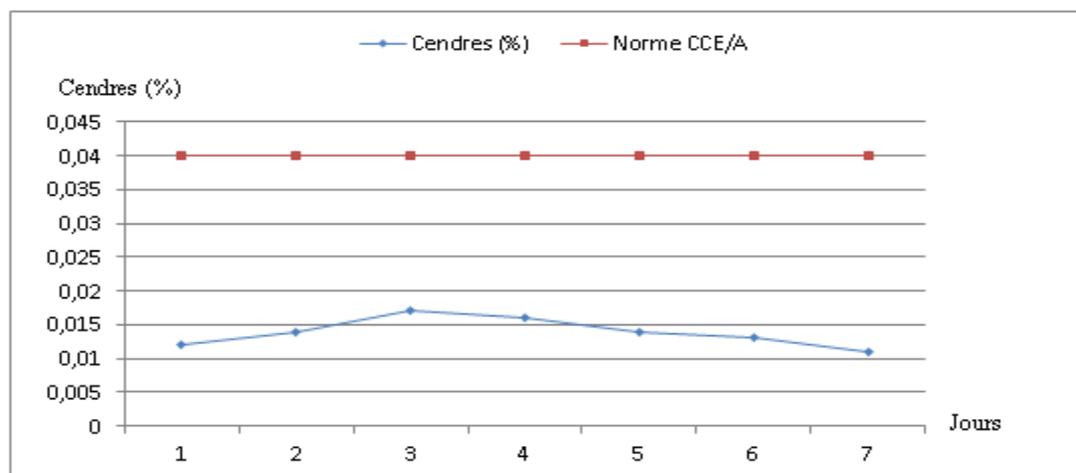
**Figure 17 :** Teneur en sucres réducteurs du sucre blanc.

La courbe représente les valeurs de la teneur en sucres réducteurs du sucre blanc. Ces valeurs sont comprises entre 0,008 et 0,017 qui sont au dessous de la valeur maximale exigée par les deux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius) qui est de 0,04%. Cela signifie que la teneur en sucres réducteurs du sucre blanc répond aux deux normes A et CEE.

### 2.3.3. Mesure de la teneur en cendres conductimétriques

Les valeurs de mesure des teneurs en cendres conductimétriques sont indiquées dans le tableau III (voir annexe II).

La figure 18 représente les résultats de mesure de la teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc en fonction des jours.



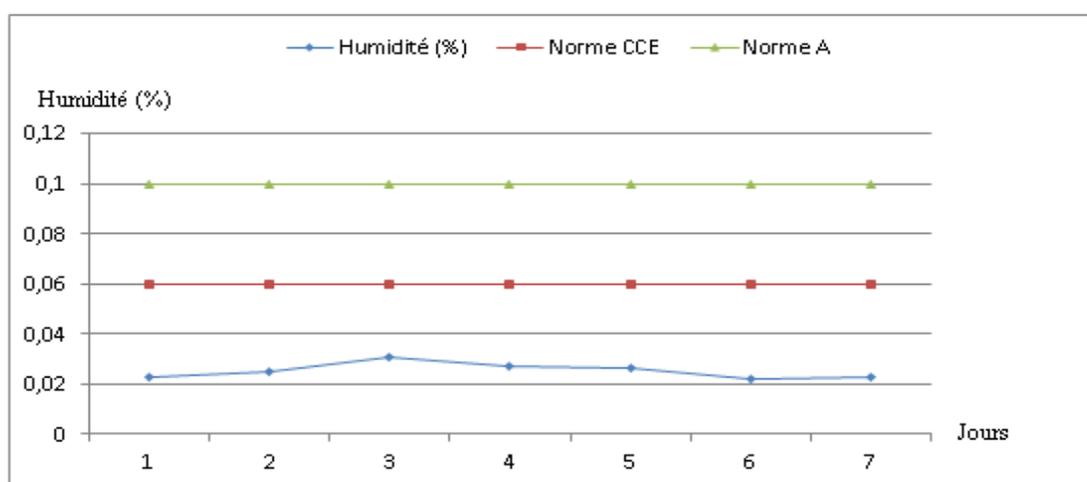
**Figure18 :** Teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc.

La courbe représente les valeurs de la teneur en cendres conductimétriques du sucre blanc. Les résultats varient entre 0,011 et 0,017 qui sont au dessous de la valeur maximale (0,04) représentée à la fois par les deux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius). Alors, on déduit que du point de vue de la teneur en cendres conductimétriques, le sucre blanc est conforme aux deux normes A et CEE.

### 2.3.4. Mesure de l'humidité

Les valeurs de mesure des teneurs en cendres conductimétriques sont indiquées dans le tableau III (voir annexe II).

La figure 19 représente les résultats de mesure de l'humidité du sucre blanc en fonction des jours.



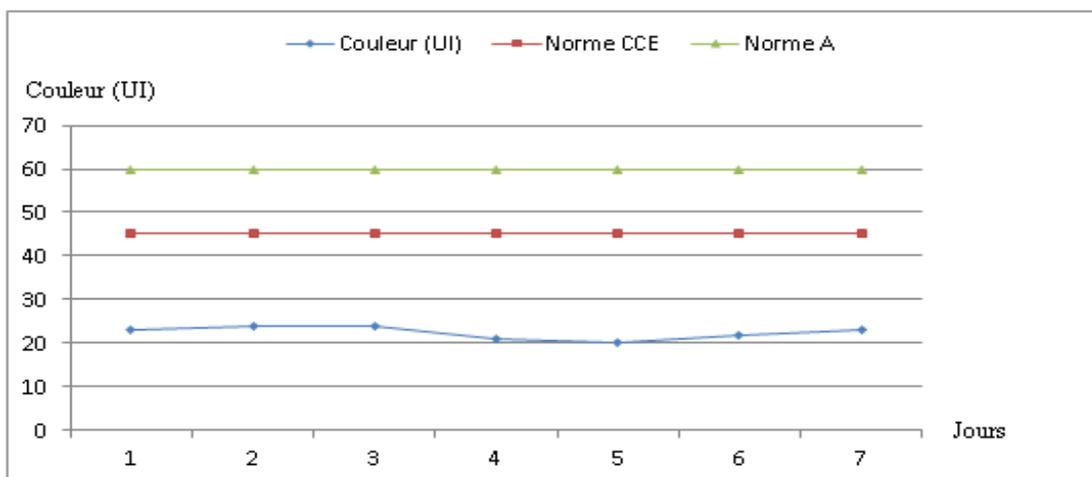
**Figure 19 :** Humidité du sucre blanc.

La figure 19 montre que les valeurs de l'humidité du sucre blanc sont comprises entre 0,022 et 0,031 sont au dessous des deux valeurs maximales 0,06 et 0,10 exigées respectivement par les deux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius). Ceci nous mène à dire que l'humidité du sucre blanc de Cevital est conforme aux deux normes A et CEE.

### 2.3.5. Mesure de la couleur

Les valeurs de mesure de la couleur sont indiquées dans le tableau III (voir annexe II).

La figure 20 représente les résultats de mesure de la couleur du sucre blanc en fonction des jours.



**Figure 20 :** Couleur du sucre blanc.

D'après la courbe, les valeurs de la couleur du sucre blanc sont comprises entre 20 et 24 restent au dessous des valeurs maximales 45 et 60 UI exigées respectivement par les deux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius). Ce qui confirme la conformité du sucre blanc de Cevital.

A partir de ces différentes analyses de conformité, on conclut que le sucre blanc produit par Cevital répond aux normes CEE : norme adoptée par l'entreprise (Communauté Européenne Economique) et A : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius) ce qui nous amène à dire qu'il est de bonne qualité physicochimique suite au bon déroulement de processus de raffinage dont la décoloration est une étape déterminante.

## Conclusion

Aujourd'hui, dans le secteur alimentaire, la qualité est devenue un enjeu stratégique des industries agro-alimentaires et un élément déterminant des choix des consommateurs afin de leur offrir un produit qui répond à leurs exigences tout en respectant le rapport qualité/prix.

L'objectif du raffinage du sucre est de transformer le sucre roux de canne (matière première) en sucre blanc. C'est un procédé très délicat qui nécessite un contrôle continu et qui passe par plusieurs étapes successives qui sont : affinage et refonte, épuration calco-carbonique, filtration, décoloration, concentration, cristallisation, séchage et maturation, stockage et conditionnement, dont la décoloration est une étape déterminante dans la qualité du produit fini.

La décoloration a pour but d'éliminer des quantités considérables des colorants et d'obtenir à la fin des sucres blancs propres à la consommation humaine avec des rendements satisfaisants. Elle fait appel à des résines échangeuses d'ions qui sont utilisées pour décolorer les sirops de sucre de canne.

Dans ce travail, nous avons essayé de faire synthèse bibliographique sur le rôle de la décoloration dans le raffinage du sucre blanc. Tout d'abord nous avons commencé notre étude par quelques notions de base de la chimie sucrière. Ensuite nous avons cité les différentes étapes du raffinage du sucre roux en sucre blanc. Après, nous avons consacré tout un chapitre pour parler de l'étape de décoloration et de son importance dans l'obtention d'un produit de qualité ainsi que l'importance du respect des paramètres physico-chimique pour une bonne décoloration. Enfin, nous avons terminé notre travail par une étude de cas dans laquelle nous avons suivi la décoloration du sucre cristallisé au niveau d'une entreprise agroalimentaire Cevital et les différentes analyses physico-chimiques effectuées. Ces analyses nous ont permis de conclure que le sucre blanc produit au niveau du complexe Cevital est de bonne qualité d'après la conformité des différents paramètres étudiés avec les normes réglementaires.

En conclusion, ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur la production du sucre blanc cristallisé à partir du sucre roux. De comprendre le rôle de la maîtrise de la décoloration dans l'obtention d'un produit fini de bonne qualité ainsi que l'importance du respect des paramètres physicochimiques.

## Références bibliographiques

### A

**AFISUC. (2002).** Association pour la formation et le perfectionnement dans les industries sucrières. Cristal 1- 15p.

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

**Alais C., Linden G. et Miclo L., (2008).** Biochimie alimentaire. 6<sup>ème</sup> édition DUNOD, Paris,

**Applexion. (2005).** Management de la qualité. Extension de l'unité de décoloration existante. Manuel Opérateur CEVITAL- ALGERIE. FORM 002A.

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

**Arden, Victor et DE Dardel, François.** Echange d'ions. Extraits des cahiers techniques de l'ingénieur, 1981, p.1-16.

**Arzate A. (2005).** Extraction du sucre de betterave. Ed. ACER, pp 6-44.

**Arzate A. (2005).** Extraction et raffinage du sucre de canne, Revue de l'ACER (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint-Norbert-d'Arthabaska, novembre, 41p. Biochimie alimentaire. 6<sup>ème</sup> édition DUNOD, Paris, 260..

### B

**Belhamri R. (2005).** Extraction des macromolécules pariétales des eaux de presse de betteraves sucrières étude de leur composition, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur effet sur le processus sucrière p4, 98,99.

**Bento M., Pereira M. et SA, S. (1997).** Improved analysis of sugar colorants. International Sugar Journal, 99 (1187), p 562.

**Bouras A. (1998)** Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. (p272). Ed-Bouras A, 1998 Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. (p272). Ed.

**Bubnik Z. et Kadlec P. (1995).** La solubilité du saccharose. In le saccharose : propriétés et applications (Mathlouthi M. et Reiser P).Ed.Polythecnica,pp 106-129.

**Burzawa E. (1999).** Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique. Association AVH, 6<sup>ème</sup> symposium. Reims, 7-10p.

### C

**CEVITAL (2008).** Manuel Opérateur Généralités, p34.

**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.

**Cosmeur A et Mathlouthi M. 1999.** Etude en microcuite de l'effet de certaines impuretés sur la qualité du sucre blanc de betterave. AVH Association, 6<sup>th</sup> Symposium, Reims. pp 1-51.

### D

**Debibakas S. (2012).** Impact de la diversité génétique du sugarcaneyellowleaf virus sur les déterminismes de résistance de la canne à sucre à la feuille jaune. Thèse doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, Faculté des sciences exactes et naturelles, École doctorale pluridisciplinaire.

**Decloux M. Tatoud L. et Messad A. (1999).** Rétention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Association AVH, 6<sup>ème</sup> symposium, Reims, pp 58-63.

**Decloux M. (2001).** Procédés de transformation en sucrerie (partie1). In techniques de L'ingénieur, pp 2-16.

**Decloux M, (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (partie 1). In techniques de l'ingénieur, 18p.

**Decloux M. (2002).** Procédés de transformation en sucrerie (partie 2). In techniques de l'ingénieur, pp 1-18.

**Doucet J. (1992).** Le sucre (saccharose) et ses dérivés traditionnels et nouveaux. In « le sucre, les sucrés. Edulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires ». Ed : Tec et Doc, Lavoisier. pp 258-278.

**Durham R., Sleigh R. et Hourigan A. (2003).** Nanofiltration for recovery of spent ion exchange brines. Centre for Advanced Food Research, University of Western Sydney, Locked Bag 1797, SthPenrith, NSW, 1797. pp 1-6.

### *E*

**Ellis B. (2004).** Modeling of Cane Sugar Colorant Removal in Packed-Bed Ion Exchange Columns and an Investigation into Pretreatment Methods. Chemical Engineering Baton Rouge, Louisiana State University Master of Science : 249p.

### *F*

**Fauconnier R. (1991).** La canne à sucre. Le technicien d'agriculture tropicale. Ed : Maisonneuve & Larose. 165 p.

**Frenot, M et Vierung, E. (2004).** Biochimie des aliments diététiques du sujet bien portant. Edition Lavoisier, pp : 15-20.

### *G*

**Godshall M. (1996).** Recent progress in sugar colorants. Sugar Refining Research. New Orleans. Louisiana. USA. pp 262-305.

**Gratius I., Decloux M., Dornier M. et Cuvelier G. (1995).** The determination of polysaccharides in raw cane sugar syrups : perfecting of the phenol sulfuric acid method in order to characterize crossflow filtration . International Sugar Journal, pp 339-341.

**Grondin-Perez B; Benne M. et Chabriat J. P. (2005).** Supervision of crystallization in Bois Rouge sugarmill using on-line crystal content. Estimation using synchronous microwave and refractometric brix measurements. Journal of Food Engineering 76p.

### *H*

**Hoareau, S. Hoareau, W. Petit, A. Corcodel, L. (2007).** état des lieux de la polarisation proche infrarouge sur les différents produits de l'industrie sucrière réunionnaise, pp : 1-13.

**Hugot E. (1987).** La sucrerie de canne : carbonatation (738p). Lavoisier, tec & Doc. 3éme.

### *I*

**ICUMSA, (1994).** International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.

### *J*

**Jackson P.A. (2005).** Breeding for improved sugar content in sugarcane. Field crops Research, 92, pp 277-290.

**Jean A., Potus J., Polffait A. et Dauvillier P. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, Paris .254p. Journal 100 (1191) : 111-117.

**Josiane C. (2002).** Caractérisation des macromolécules dans les produits sucriers issus de la betterave, AVH Association, 9<sup>th</sup> Symposium, Reims. P51-53.

### *K*

**Kandel P., (2007).** Du soleil au sucre. Edition CEDUS (Centre d'Etudes et de Documentation du Sucre), p 6.

**Kelly F. et Brown D. (1978).** Thermal decomposition and color formation in aqueous sucrose solutions. Sugar Tech. Reviews. 6 (1), p48.

**Krouh. (1994).** Caramelisation in food and beverages. Food Chemistry, 51:373-379.

### *L*

**Lameloise L et Decloux M. (2007).** Les membranes en sucrerie et distillerie : Applications récentes et en développement. UMR GénIAI. AgroParisTech, site de Massy, 21p.

### *M*

**Mantovani, G. et Vaccari, G. (2005).** Nucléation et Ensemencement en Cristallisation Industrielle .In : « Industries Alimentaires et Agricoles », pp : 56-60.

**Markal. (2008).** Sucre complet de canne MASCAVO BIOLOGIE, p : 1.

**Mathlouthi M. et Reiser P. (1995).** Le saccharose propriétés et application. Edition Française polytechnique, p200.

**Mathlouthi M. (2001).** les propriétés chimiques et physiques du saccharose .CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, pp :5-30.

**Mathlouthi M et Barbara R. (2001).** L'extraction du sucre.CUDUS : Centre d'Etude et de Documentation du Sucre.pp1-11-14.

**Mathlouthi M. (2002).** Les propriétés physiques et chimiques du saccharose. Dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims. PP 1-11.

**Mathlouthi M. (2004).** Propriétés physiques et chimiques du saccharose, p6.

**Mathlouthi M. Barbara R. (2004).** La sucrerie de canne .Dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims.pp 1-7.

**Mc Neill T. (2004).** Sugar quality.In "Sugar Trading Manual (S T M)". Jonathan Kingsman. Ed : Woodhead Publishing Limited. Cambridge England. pp 285-300.

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

**Mersad A., Lewandowski R., Heyd B. etDecloux M. (2003).** Colorants in the sugar industry : Laboratory preparation and spectrometric analysis. International sugar journal 105(1254), pp240-299.

**Mohtadhi-Lamballais C. (1989).** LES ALIMENTS. Paris : Éditions MALOINE.

### *O*

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

### *P*

**Paton N.H., Smith P. (1985).** Sugarcane flavonoides. Sugar Technology Reviews, pp 117-142.

**Pérez S. (1995).** Conformité du saccharose à l'état cristallin. In le saccharose : propriétés et application. (p11-33).Ed. Polytechnica.

**Putsch groupe. (2010).** Filtre à bougies / Filtre à cadres.20p.

### *R*

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

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

### *S*

**Schrevel G. (2001).** Interaction eau-saccharose et conséquences sur le séchage, la maturation et le stockage du sucre cristallisé. Association AVH, 8<sup>ème</sup> symposium, Reims, 9p.

**Siret C. (2008).** Structure des aliments. Professeur agrégé de biochimie-génie biologique au lycée polyvalent R.J.Valin à l'I.U.F.M de la Rochelle, p14.

**Stephen N. et Walford M. (2002).** Applications of ion chromatography in cane sugar research and process problems. Journal of Chromatography A(956), 187-199.

### *T*

**Theoleyre M.A., Cartier S. et Decloux M. (1999).** Couplage de la décoloration et de la nanofiltration des éluants de régénération en sucrerie de canne. Association AVH, 6<sup>ème</sup> Symposium, Reims, 2-13p.

### *V*

**Van Aelst, G. (2006).** Sucre de Tirmont, Introduction aux Sweet Moments..., Ed. SÜDZUCKER, pp 9-14.

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

## Présentation de l'entreprise

CEVITAL est une société par action (SPA) au capital de 25 milliards de DA, elle représente une grande force industrielle et économique africaine et elle fait partie des entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée de notre pays en économie de marché. Cette entreprise a été créée par des fonds privés en 1998.

L'usine de CEVITAL est implantée dans l'enceinte portuaire de Bejaia et s'étend sur une superficie de 75,000 m<sup>2</sup>. Grâce à cette situation géographique exceptionnelle et ses importantes capacités d'accostage de l'entreposage et de transit, le port de Bejaia est devenu un pôle économique de première importance.

CEVITAL contribue largement au développement de l'industrie agroalimentaire nationale. Elle vise à s'imposer dans le marché national et international en offrant une large gamme de produits de qualité. Elle est considérée comme l'un des plus grands complexes agroalimentaires en Algérie et possède plusieurs unités et services :

- Une raffinerie de sucre d'une capacité de production de 3000 tonnes/jour.
- Une raffinerie de sucre d'une capacité de production de 1600 tonnes/jour.
- Une unité de production de sucre liquide d'une capacité de 600 tonnes/jour.
- Une raffinerie d'huile d'une capacité de production de 1800 tonnes/jour.
- Une margarinerie d'une capacité de production de 600 tonnes/jour.
- Une unité de conditionnement d'huile d'une capacité de production de 2200 tonnes/jour.
- Fabrication de l'emballage BET.
- Stockage de céréales (capacité 120 000T).
- Aménagement de la pépinière EL Hamiz 38 Hectares.
- Montage de citernes et de remorques tous types.
- Préfabrication béton précontraint – Alger (Capacité 600 m<sup>3</sup> /jour).
- Fabrication de verre flottant (Capacité 600T/jour).
- Unité d'eau minérale d'une capacité de production de 3 000 000 bouteilles/jour.

**Tableau I :** Principaux colorants présents en sucrerie et raffinerie de canne (Decloux et al, 1999).

Origine	Colorants	Formation	Caractéristiques
Pigments et précurseurs de colorants de la canne.	Flavones	/	Composés phénoliques pâles en milieu acide, jaune-vert en milieu basique.
	Mélanines	Brunissement enzymatique des composés phénoliques présents dans la canne	Polymères colorés bruns ou noirs.
Colorants de fabrication.	Caramels	Dégradation thermique du saccharose	/
	Mélanoïdes	Produits de réaction de Maillard : entre un sucre réducteur et un acide aminé	Composés azotés d'une couleur très foncée.
	PDAH	a-Inversion du saccharose en milieu acide. b-Dégradation des hexoses en acides et produits colorés en milieu basique.	-Molécules difficilement distinguées des précédentes : acides. -Couleur brune.

**Tableau II** : Classification des colorants en sucrerie de canne (**Bento et al, 1997**).

<b>Classe de couleur</b>	<b>Masse molaire (kg/mol)</b>	<b>Pouvoir colorant</b>	<b>Type de colorants</b>	<b>Répartition dans le cristal</b>
<b>A</b>	>250	Peu coloré	Complexes colorât polysaccharide	Adhère au cristal
<b>B</b>	12-250	Plus fortement coloré	Mélanoïdines	Adhère un peu au cristal
<b>C</b>	2,5-12	Assez coloré	Caramels et PDAH	Dans les eaux mères.

**Tableau I** : Résultats de la mesure de la couleur des sirops filtrés (SF) et décolorés (SD1, SD2, SD3).

Jours	Sirop filtré (SF)	Sirop décoloré1 (SD1)		Sirop décoloré2 (SD2)		Sirop décoloré3 (SD3)	
	Couleur	Couleur	TD (%)	Couleur	TD (%)	couleur	TD (%)
1	664	213	67,92	263	60.39	190	71,38
2	537	184	65,73	247	54.00	176	67,22
3	409	147	64,05	152	62.83	119	70,90
4	479	162	66,17	166	65.34	123	74,32
5	438	132	69,86	127	71.00	119	72,83
6	504	138	72,61	139	72.42	128	74,60
7	564	161	71,54	165	70.74	131	76,44
8	568	149	73,76	154	72.88	135	76,23
9	540	157	70,92	189	65.00	149	72,40
10	535	192	64,11	152	71.58	118	77,94
11	482	143	70,33	145	69.91	110	77,17
12	500	171	65,80	200	60.00	120	76,00
13	505	160	68,31	171	66.13	138	72,67
14	558	160	71,32	194	65.23	154	72,40
15	565	166	70,61	181	67.96	157	72,21
16	538	152	71,74	171	68.21	141	73,79
17	522	165	68,39	168	67.81	131	74,90
18	487	183	62,42	183	62.42	140	71,25
19	480	154	67,91	158	67.08	136	71,66
20	500	186	62,80	158	68.40	122	75,60
21	567	168	70,37	170	70.01	145	74,42
22	537	151	71,88	160	70.20	133	75,23
23	540	163	69,81	200	62.96	145	73,14
24	504	148	70,63	154	69.44	130	74,20
25	519	171	67,05	187	63.96	142	72,63
26	518	146	71,81	168	67.56	109	78,95

<b>27</b>	472	137	70,97	150	68.22	103	78,17
<b>28</b>	450	139	69,11	162	64.00	110	75,55
<b>29</b>	504	166	67,06	192	61.90	145	71,23
<b>30</b>	511	150	70,64	153	70.05	139	72,79

**TD** : Taux de Décoloration.

**Tableau II:** Résultats de mesure de pH des sirops filtrés (SF) et décolorés (SD1, SD2, SD3).

<b>Jours</b>	<b>Sirop filtré (SF)</b>	<b>Sirop décoloré1 (SD1)</b>	<b>Sirop décoloré2 (SD2)</b>	<b>Sirop décoloré3 (SD3)</b>
	pH	pH	pH	pH
<b>1</b>	8,41	7,47	7,81	6,93
<b>2</b>	7,49	7,93	6,76	6,84
<b>3</b>	7,48	7,94	7,25	8,02
<b>4</b>	7,14	8,12	7,20	6,91
<b>5</b>	8,08	8,45	8,36	7,30
<b>6</b>	8,13	8,06	8,20	7,70
<b>7</b>	8,43	8,42	8,40	8,27
<b>8</b>	7,91	7,79	8,18	8,23
<b>9</b>	7,73	7,38	8,06	7,39
<b>10</b>	7,68	6,33	7,49	7,45
<b>11</b>	7,91	7,82	7,89	7,16
<b>12</b>	7,84	7,93	8,10	7,30
<b>13</b>	7,61	7,91	7,22	7,47
<b>14</b>	8,10	7,80	8,26	7,41
<b>15</b>	8,32	7,88	8,13	8,34
<b>16</b>	7,93	8,16	8,07	7,78
<b>17</b>	7,78	7,92	7,79	6,89
<b>18</b>	7,63	7,33	7,72	7,62
<b>19</b>	7,64	8,40	7,95	7,12
<b>20</b>	7,97	7,76	7,87	7,15
<b>21</b>	7,70	7,79	7,77	7,28
<b>22</b>	7,89	8,20	7,88	7,67

23	8,10	8,12	8,00	7,91
24	7,95	7,86	7,95	7,49
25	7,72	7,98	7,73	7,61
26	8,00	7,84	7,83	7,22
27	7,70	7,84	7,73	7,81
28	8,00	7,37	7,30	7,52
29	7,71	7,27	7,56	7,23
30	7,80	7,18	7,26	6,96

Tableau III : Résultats d'analyse du sucre blanc.

sucre blanc Jours	Polarisation (%)	Invertis (%)	Cendres (%)	Humidité (%)	Couleur (UI)
J1	99,96	0,015	0,012	0,023	23
J2	99,89	0,010	0,014	0,025	24
J3	99,86	0,012	0,017	0,031	24
J4	99,92	0,017	0,016	0,027	21
J5	99,94	0,016	0,014	0,026	20
J6	99,90	0,008	0,013	0,022	22
J7	99,93	0,011	0,011	0,023	23
<b>Normes CEE</b>	<b>Min 99,7</b>	<b>Max 0,04</b>	<b>Max 0,04</b>	<b>Max 0,06</b>	<b>Max 45</b>
<b>Normes A</b>	<b>Min 99,7</b>	<b>Max 0,04</b>	<b>Max 0,04</b>	<b>Max 0,10</b>	<b>Max 60</b>

**Max** : Maximum, **Min** : Minimum, **Norme CEE** : (norme adoptée par l'entreprise),  
**Norme A** : Norme de spécification A selon la réglementation algérienne (Norme Codex Alimentarius).

## **Résumé**

---

Dans ce présent travail nous avons réalisé une synthèse bibliographique sur le rôle de la décoloration dans le raffinage du sucre roux. On a débuté notre étude par des notions de bases sur la chimie sucrière. Puis, nous avons expliqué les différentes étapes du raffinage du sucre roux. Ensuite, on s'est focalisé sur l'étape de décoloration. Enfin, nous avons terminé notre travail par une étude de cas dans laquelle nous avons suivi la décoloration du sucre roux et le produit fini au niveau d'une entreprise agroalimentaire Cevital et les différentes analyses physico-chimiques effectuées.

Ces analyses nous ont permis de conclure que le sucre blanc produit au niveau du complexe Cevital est de bonne qualité d'après la conformité des différents paramètres étudiés avec les normes réglementaires, ce qui traduit le bon suivi et l'efficacité des traitements appliqués aux différentes étapes du raffinage. En conclusion, ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur la production du sucre blanc cristallisé à partir du sucre roux. De comprendre le rôle de la maîtrise de la décoloration dans l'obtention d'un produit fini de bonne qualité ainsi que l'importance du respect des paramètres physicochimiques.

**Mots clés :** Sucre blanc, Raffinage, Décoloration, Résine, analyses physicochimiques.

## **Abstract**

---

In this work, we have carried out a bibliographical synthesis on the role of decolorization in the refining of brown sugar. We started our study with some basic notions of sugar chemistry. Then we explained the different stages of brown sugar refining. Then, we focused on the decolorization stage. Finally, we ended our work with a case study in which we followed the decolorization of brown sugar and the finished product at a Cevital food company and the various physicochemical analysis carried out.

These analysis allowed us to conclude that the white sugar produced at the Cevital complex is of good quality according to the conformity of the different parameters studied with the regulatory standards. which reflects the good monitoring and efficiency of the treatments applied at the different stages of the refining process. In conclusion, this work has enabled us to deepen our knowledge of the production of white granulated sugar from brown sugar. To understand the role of decolorization control in obtaining a good quality finished product as well as the importance of respecting the physicochemical parameters.

**Key words :** White sugar, Refining, Decolorization, Resin, Physicochemical analysis.