

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*Université Abderrahmane. MIRA, Bejaia*

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département des Sciences Alimentaires*

*Filière : Sciences Alimentaires*

*Spécialité : Sciences Alimentaires*

*Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire*



Réf : .....

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

**MASTER**

**Thème**

**Suivi de la cristallisation du sucre blanc et l'impact de la liqueur  
standard 3 sur la qualité du sucre produit à la raffinerie du sucre  
3000 T/j Cevital**

Présenté par :

**M<sup>r</sup> TAOURIRT Sofiane & M<sup>r</sup> BELHADI Fayçal**

Soutenu le : **16 septembre 2020**

Devant le jury composé de :

<b>M<sup>me</sup> OUCHEMOUKH N.</b>	<b>MCA</b>	<b>Présidente</b>
<b>M<sup>me</sup> TOUATI N.</b>	<b>MCB</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> TAFININE Z.</b>	<b>MCA</b>	<b>Promotrice</b>

**Année universitaire : 2019 / 2020**

# Remerciements

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu, qui nous a donné la force, le courage, la volonté et le savoir pour achever ce modeste travail.*

*Nous exprimons toute notre gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice, Mme TAFININE Zina. Pour l'intérêt qu'elle a accordé au sujet proposé, pour ses conseils et ses orientations ainsi que pour la confiance qu'elle nous a donné tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier Mme OUCHEMOUKH Nadia, d'avoir accepté de présider le jury. Ainsi que Mme TOUATI Naima, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver, ici l'expression de notre reconnaissance et notre respect.*

*Nos vifs remerciements s'adressent au complexe CEVITAL pour nous avoir accueillis et mis à notre disposition toutes les conditions nécessaires pour la réalisation de ce travail, particulièrement tous les membres de l'équipe du laboratoire physico-chimique de raffinage du sucre.*

*Nous remercions chaleureusement tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail de près ou de loin.*

MERCI

# *Dédicaces*

*En signe de respect et de reconnaissance je dédie ce modeste travail à :*

*A mes très chers parents pour leur immense soutien, leur grand amour, leur exemple de dévouement qui n'ont pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Puisse dieu tout puissant, vous préserver et vous accorder santé et longue vie.*

*A mon cher frère et ma chère sœur.*

*A mon binôme TAOURIRT Sofiane.*

*A tous mes amis et proches qui ont contribué de près et de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

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

*Fayçal BELHADI*

# *Dédicaces*

*En signe de respect et de reconnaissance je dédie ce modeste travail à :*

*A mes très chers parents, mon exemple de réussite ; pour leur soutien, leur aide et surtout leur amour ; que Dieu vous protège et vous prête une longue et heureuse vie.*

*A mon cher frère : Mamine*

*A toute ma famille du petit au grand*

*A ma très chère bien aimé : Lyla*

*A mon cher cousin : Youghorta*

*A mes chers amis : Zaky, Mehdi, Saadi, Billal,*

*A mon camarade Fayçal et sa famille*

*A toute la promotion QPSA*

*A tous ceux que je connais de près et de loin*

*Sofiane TAOURIRI*

# *Table des matières*

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction ..... 1

## **Synthèse bibliographique**

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

I. 1. Origine du sucre ..... 2

I. 2. La canne à sucre ..... 2

I. 3. Le sucre Roux ..... 3

I. 3. 1. Composition du sucre roux et blanc ..... 3

I. 4. Extraction du sucre roux ..... 4

I. 4. 1. Réception de canne à sucre ..... 4

I. 4. 2. Extraction de jus ..... 4

I. 4. 3. Traitement du jus ..... 5

I. 4. 4. Evaporation à basse pression..... 5

I. 4. 5. Cristallisation ..... 5

I. 4. 6. Séchage et conditionnement..... 6

I. 5. Propriétés physique du sucre roux ..... 6

I. 5. 1. Granulométrie ..... 6

I. 5. 2. Température de fusion ..... 7

I. 5. 3. Pouvoir rotatoire ..... 7

I. 6. Propriétés chimique du sucre roux ..... 7

I. 6. 1. Décomposition du saccharose ..... 7

I. 6. 2. Fermentation ..... 8

I. 6. 3. Caramélisation ..... 8

I. 6. 4. Réaction de brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) ..... 8

I. 7. Technologie de raffinage du sucre roux de canne .....	9
I. 7. 1. Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries .....	9
Section 1 : Affinage et refonte.....	9
Section 2 : Carbonatation .....	9
Section 3 : Filtration .....	11
Section 4 : Décoloration.....	12
Section 5 : Concentration et évaporation .....	12
Section 6 : Cristallisation .....	13
Section 7 : Séchage et Maturation .....	13
Section 8 : Stockage et connditionnement .....	13
I. 8. Normes et qualité .....	14
I. 8. 1. Classification des sucres selon les différents textes réglementaires .....	14
I. 8. 2. Qualité organoleptique du sucre .....	16
I. 8. 3. Qualité microbiologique du sucre.....	16

## **Partie Pratique**

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

II. 1. Présentation de l'organisme .....	17
II. 2. Analyses effectuées.....	19
II. 2. 1. Echantillonnage et prélèvements .....	19
II. 3. Analyses physicochimiques effectuées .....	20
II. 3. 1. La polarisation.....	20
II. 3. 2. Le brix.....	21
II. 3. 3. La purté .....	21
II. 3. 4. Mesure du pH.....	21
II. 3. 5. La colorimétrie .....	21
II. 3. 6. Détermination du taux d'humidité .....	22
II. 3. 7. Mesure de la granulométrie.....	22

## Chapitre III : Résultats et discussion

III. 1. Etude de l'évolution de la pureté des liqueurs standards et des masses cuites et du sucre jet 3 .....	23
III. 1. 1. Evolution de la pureté de la LS1 en MC1 .....	23
III. 1. 2. Evolution de la pureté de la LS2 en MC2 .....	24
III. 1. 3. Evolution de la pureté de la LS3 en MC3 .....	25
III. 1. 4. Comparaison de l'évolution de la pureté LS1, LS2 et LS3.....	26
III. 1. 5. Evolution de la pureté de la LS3 en sucre jet 3.....	27
III. 2. Etude de l'évolution de la couleur des liqueurs standards et des masses cuites et des sucres (A1001 et Jet 3) .....	28
III. 2. 1. Evolution de la couleur de la LS1 en MC1 .....	28
III. 2. 2. Evolution de la couleur de la LS2 en MC2 .....	29
III. 2. 3. Evolution de la couleur de la LS3 en MC3.....	30
III. 2. 4. Comparaison de l'évolution de la couleur LS1, LS2 et LS3.....	30
III. 2. 5. Comparaison de l'évolution de la couleur des sucres (A1001 et Jet3).....	31
III. 3. Conformité du sucre blanc de CEVITAL .....	32
III. 3. 1. La conformité de la couleur du sucre blanc .....	33
III. 3. 2. La conformité de l'humidité du sucre blanc .....	33
III. 3. 3. La conformité de la granulométrie du sucre blanc.....	34
Conclusion .....	35
Références bibliographiques .....	36

## *Liste des abréviations*

- **BP** : Bas produit.
- **CEE** : Communauté Economique Européenne.
- **CV** : Coefficient de variation.
- **FAO** : Food and Agriculture Organization.
- **HP** : Haut produit.
- **ICUMSA** : International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis.
- **J.O.R.A** : journal officiel de la république algérienne.
- **LS** : Liqueur standard.
- **LS1** : Liqueur standard 1.
- **LS2** : Liqueur standard 2.
- **LS3** : Liqueur standard 3.
- **Max** : Maximum.
- **MC** : Masse cuite.
- **MC1** : Masse cuite 1.
- **MC2** : Masse cuite 2.
- **MC3** : Masse cuite 3.
- **Min** : Minimum.
- **MS** : Matière sèche.
- **OM** : Ouverture moyenne.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **S** : Sucre.
- **Sce** : Service
- **SNFS** : syndicat national des fabricants du sucre.
- **UI** : Unité ICUMSA
- **USA** : United States of America



## *Liste des Figures*

N°	Titre	Page
01	La canne à sucre	02
02	Extraction du sucre roux	04
03	Organigramme du complexe CEVITAL	18
04	Evolution de la pureté de la <b>LS1</b> en <b>MC1</b> au cours de la cristallisation du <b>jet1</b>	23
05	Evolution de la pureté de la <b>LS2</b> en <b>MC2</b> au cours de la cristallisation du <b>jet2</b>	24
06	Evolution de la pureté de la <b>LS3</b> en <b>MC3</b> au cours de la cristallisation du <b>jet3</b>	25
07	Evolution de la pureté de <b>LS1, LS2</b> et <b>LS3</b>	26
08	Evolution de la pureté de la <b>LS3</b> en sucre <b>Jet3</b>	27
09	Evolution de la couleur de la <b>LS1</b> en <b>MC1</b> au cours de la cristallisation du <b>Jet1</b> .	28
10	Evolution de la couleur de la <b>LS2</b> en <b>MC2</b> au cours de la cristallisation du <b>Jet2</b>	29
11	Evolution de la couleur de la <b>LS3</b> en <b>MC3</b> au cours de la cristallisation du <b>Jet3</b>	30
12	Evolution de la couleur de <b>LS1, LS2</b> et <b>LS3</b>	31
13	Evolution de la couleur du sucre <b>A1001</b> et <b>Jet3</b>	31
14	différence de couleur entre le sucre blanc <b>A1001</b> et <b>Jet3</b>	32

## *Liste des tableaux*

N°	Titre	Page
I	Composition de Sucre roux et sucre blanc	03
II	Les principes réactions résumant le cycle de la chaux	10
III	caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne	14
IV	Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE	15
V	Normes Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS)	16
VI	Echantillons prélevés des sections concernées et les paramètres étudiés	19
VII	Résultats des analyses du sucre blanc durant 8 jours	33

# ***INTRODUCTION***

La canne à sucre « *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 (**Arzate, 2005**). La cristallisation est l'étape clé du raffinage du sucre qui aboutit à la formation des cristaux du sucre.

L'industrie sucrière, comme dans toute autre industrie moderne doit produire vite et bien (dans les normes de qualité). Or la cristallisation est l'un des meilleurs moyens de purification qui peut assurer la qualité du produit pour être facilement transportable et stockable, les lois qui régissent ce phénomène sont un peu compliquées, surtout en milieu impur, et la rapidité peut poser des problèmes du point de vue de la qualité. Le but de la fabrication du sucre consiste à concilier au mieux ces deux facteurs et travailler aussi vite que possible tout en respectant les objectifs de qualité commerciale requise du produit fini : le sucre (**Emilie et Florent, 1994**).

- Dans la 1<sup>ère</sup> partie de notre travail nous avons donné quelques généralités sur le sucre, et nous avons également souligné l'importance de chaque section de raffinage du sucre roux au sein de la raffinerie qui regroupe 8 sections.
- Dans la 2<sup>ème</sup> partie nous avons suivi l'évolution des paramètres physico-chimiques influençant la qualité du sucre produit au cours de la cristallisation à savoir la pureté et la couleur.

L'objectif de ce travail est double. D'une part, suivre le process de cristallisation du sucre blanc au sein de l'unité sucre 3000 T/j de Cevital , et d'autre part, s'intéresser à l'étude de quelques paramètres physico-chimiques influençant la qualité des sucres 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> jets et l'impact de la liqueur standard 3 sur la qualité de sucre blanc fini.

*Partie I.*

***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***

*Chapitre I.*

***GENERALITES SUR LE SUCRE***

## I. 1. Origine du sucre

Le sucre existe dans toutes les plantes contenant de la chlorophylle. On le trouve dans presque tous les fruits, dans de nombreux arbres (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'animaux (miel, lait, etc.). 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, etc.), c'est bien la betterave et la canne qui constituent les deux principales sources mondiales de sucre (**Van aelest, 2006**).

## I. 2. La canne à sucre

La canne à sucre « *Saccharum officinarum* » est une plante de la famille des Poacées (graminées). Toutes les espèces du genre « *Saccharum* » sont des graminées vivaces de grande longévité dont l'aspect rappelle celui du roseau (Figure 01). Il existe plusieurs variétés qui possèdent des caractéristiques diverses s'adaptant ainsi aux différentes régions de culture : robustesse, résistance aux maladies, teneur en sucre plus ou moins élevée, etc. (**Arzate, 2005**).

La canne à sucre est principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales (**Bonie, 2003**). Elle se reproduit par bouturage, à partir d'un morceau de tige comportant au moins un nœud. La plantation se fait au début de la saison des pluies. Cette plante demande un sol aéré, assez riche et bien irrigué (**Arzate, 2005**). Elle se compose de plusieurs parties, dont la tige qui est un des éléments qui la caractérise le mieux, et constitue le réservoir en sucre de la plante (**AFISUC, 2002**).

Les tiges peuvent atteindre entre 2,5 et 4 m de hauteur et 1,5 à 6 cm de diamètre, selon les variétés. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet. Les tiges sont structurées en tronçons de 10 à 20 cm (les entre-nœuds), séparées par des nœuds ou les feuilles prennent naissance (**Arzate, 2005**).



**Figure 01** : la canne à sucre  
(**Anonyme, 2011**)

### I. 3. Le sucre Roux

Le sucre roux est extrait directement du jus de la canne à sucre pressé, filtré et concentré. C'est un sucre complet auquel on a plus ou moins enlevé la mélasse (sous-produit noirâtre issu du raffinage) par centrifugation. Le sucre est ensuite séché et refroidi afin d'optimiser sa conservation. Il se caractérise par des cristaux de saccharose recouverts d'un film de mélasse de canne (Arzate, 2005).

Au niveau des raffineries de sucre, le sucre roux constitue la matière première qui subira plusieurs étapes de transformation pour aboutir à un produit final qui est le sucre blanc, commercialisable (Mathlouthi et Barbara, 2001).

#### I. 3. 1. Composition des sucres roux et blanc

La coloration brune foncée du sucre roux est proportionnelle à la teneur en résidu de canne, sa composition et celle du sucre blanc sont présentées dans le Tableau I.

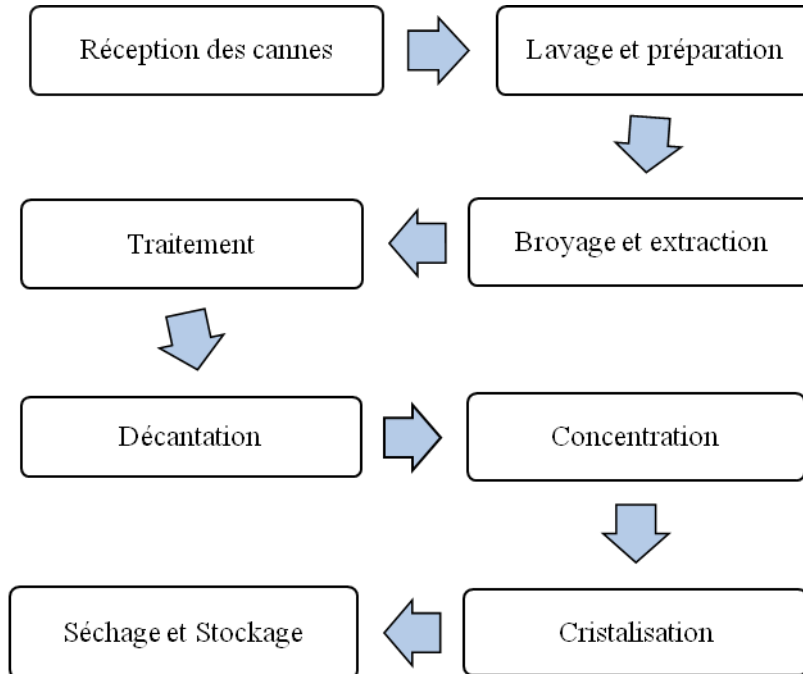
**Tableau I :** Composition de Sucre roux et sucre blanc (Arzate, 2005).

Composants	sucre roux (par 100 g)	sucre blanc (par 100 g)
Calories (kcal)	377	387
Eau (g)	1,77	0,02
Hydrates de carbone (g)	97,33	99,98
Calcium (mg)	85	1
Cuivre (mg)	0,298	0
Fer (mg)	1,91	0,01
Magnésium (mg)	29	0
Manganèse (mg)	0,32	0
Phosphore (mg)	22	0
Potassium (mg)	346	2
Sélénium (µg)	1,2	0,6
Sodium (mg)	39	0
Zinc (mg)	0,18	0
Vitamine B1 (mg)	0,008	0
Vitamine B2 (mg)	0,007	0,019
Vitamine B3 (mg)	0,082	0
Vitamine B5 (mg)	0,111	0
Vitamine B6 (mg)	0,026	0



## I. 4. Extraction du sucre roux

La **figure 02** ci-dessous résume les différentes étapes de l'extraction du sucre roux de canne.



**Figure 02** : Extraction du sucre roux (Audar *et al.*, 2018).

### I. 4. 1. Réception de la canne à sucre

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

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

### I. 4. 2. Extraction du jus

Il y a un enchaînement de 4 moulins. Chaque moulin comporte 3 compartiments (compartiment d'entrée, compartiment supérieur et un autre de sortie). La canne est broyée pour la première fois entre le compartiment d'entrée et le compartiment supérieur et une deuxième fois entre le compartiment supérieur et le compartiment de sortie (Audar *et al.*, 2018).

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

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

#### **I. 4. 3. Traitement du jus**

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

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

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

#### **I. 4. 4. Evaporation à basse pression**

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

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

#### **I. 4. 5. Cristallisation**

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

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

**Remarque :**

- les égouts pauvres encore appelé **la liqueur standard 2** provient à partir de la 1<sup>ere</sup> cristallisation composés d'eau, de sucre et de quelques impuretés, contiennent encore beaucoup de sucre. Elles sont soumises à une nouvelle cuisson, avec formation de cristaux, et un nouvel essorage : c'est le 2<sup>eme</sup> jet.
- les égouts de 2eme jet (**la liqueur standard 3**), toujours riches en sucre, sont cuits lors d'une étape ultime pour donner le 3<sup>eme</sup> jet.
- le sucre fini obtenu c'est l'ensemble de sucres 1er, 2ème et 3ème jets.

#### **I. 4. 6. Séchage et conditionnement**

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

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

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

### **I. 5. Propriétés physiques du sucre roux**

#### **I. 5. 1. Granulométrie**

Le sucre se présente sous différentes formes granulométriques, chacune adaptée aux multiples besoins des industries utilisatrices. La granulométrie est exprimée au moyen de

deux chiffres : l'ouverture moyenne qui caractérise la dimension moyenne des cristaux (OM) et le coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux autour de cette valeur moyenne (Clarke, 1995).

### I. 5. 2. Température de fusion

Le sucre Chauffé lentement à sec, commence à fondre puis se transforme en caramel avant de brûler vers 190° C, en donnant un résidu de « Charbon de sucre » (Doucet, 1992).

### I. 5. 3. Pouvoir rotatoire

Le saccharose à la propriété de dévier le plan de la lumière polarisée vers la droite, son pouvoir rotatoire «dextrogyre» spécifique est ( $\alpha^{\circ}D=66.5^{\circ}$ ). Elle est utilisée pour la détermination de la pureté du sucre et de la teneur en saccharose des solutions de sucre dans l'eau (Doucet, 1992).

Les composés d'inversion du sucre (glucose et fructose) peuvent se dégrader en donnant des colorants appelés : produits de dégradation alcaline des hexoses (Doucet, 1992).

La réaction d'inversion est en fonction de la Température, du pH (l'inversion est moins importante lorsque le pH est compris entre 7,5 et 8,5) et le temps de séjour (Doucet, 1992).

## I. 6. Propriétés chimique du sucre roux

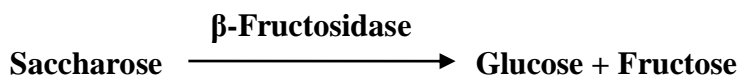
### I. 6. 1. Décomposition du saccharose

#### a. Inversion et dégradation

L'hydrolyse du saccharose en présence d'un acide est appelée transformation du saccharose en un mélange équimolaire de glucose et fructose. La solution obtenue prend le nom de sucre inverti en raison du changement de signe du pouvoir rotatoire, qui passe du positif (Dextrogyre) vers le négatif (Lévogyre). Cette inversion n'est pas réversible (Mathlouthi, 2007).

#### b. L'hydrolyse enzymatique

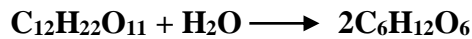
Le saccharose peut s'hydrolyser facilement sous l'action d'une enzyme (invertase) à pH 4,5. Cette enzyme hydrolyse spécifiquement les liaisons  $\beta$ -D fructofuranosique.



### I. 6. 2. 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. La fermentation s'effectue selon la réaction suivante (**Mathlouthi, 2007**):

- Hydrolyse :



- Fermentation :



### I. 6. 3. Caramélisation

C'est un phénomène courant en sucrerie, il se produit lorsque le saccharose est chauffé au-delà de son point de fusion (186° C) en présence d'un catalyseur acide. La réaction de caramélisation de saccharose fait intervenir une dissociation du disaccharide en glucose et fructose suivie d'une recombinaison qui varie en fonction du traitement thermique ou de l'acidité. Les caramels sont nuisibles par leurs colorations en plus du sucre perdu (**Mathlouthi, 2007**).

### I. 6. 4. Réaction de brunissement non enzymatique (réaction de Maillard)

La réaction de Maillard est la réaction d'un sucre réducteur avec un groupement  $\alpha$ -aminé. Ces étapes sont complexes et aboutissent à la formation de composés carbonylés très réactifs (furfurals, réductones...), ainsi que des mélanoïdines (des pigments polymères bruns ou noir insolubles, de poids moléculaire élevé).

La cinétique de la réaction de Maillard dépend de plusieurs facteurs : la nature des sucres réducteurs, des acides aminés, le pH, la température et la teneur en eau (**Mathlouthi, 2007**).

## I. 7. Technologie de raffinage du sucre roux de canne

### I. 7. 1. Procédé de raffinage du sucre au niveau des raffineries

La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrerie, elle traite des sucres roux de canne, des sucres bruts de betterave et des sirops de sucrerie. Le but du raffinage est d'éliminer les impuretés (sels minéraux, matières organiques) (**Romain et al., 2007**).

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

#### Section 1 : Affinage et refonte

##### a. Affinage

Le sucre roux est déversé dans un malaxeur et mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement sous-saturé (favorise la dissolution superficielle des cristaux).

Cette opération constitue « l'empattage ». Ceci va permettre à la couche superficielle des cristaux (la plus impure), de se dissoudre. Cette étape aboutit à la préparation du magma entre 80 et 85° brix (**Decloux et al., 1999 ; Mathlouthi et Barbara, 2001**).

##### b. Refonte

Le sucre affiné passe dans des turbines d'affinage pour être débarrassé des impuretés et matières colorantes sur la surface des cristaux, puis refondu dans un fondoir avec de l'eau sucrée et chaude à 85° C (pour augmenter la solubilité du sucre) pour donner « un sirop de refonte » (**Rachedi, 2002**).

Le sirop de refonte obtenu est acheminé vers des séparateurs (tamiseuses) afin de débarrasser le sirop de refonte des déchets grossiers qui sont recueillis dans un bac à déchets.

#### Section 2 : Carbonatation

La carbonatation a été proposée en sucrerie de betteraves par Perier et Posez, elle provoque dans un jus un précipité de carbonate de chaux, ce dernier va enrober les matières colorantes et les gommes (**Hugot, 1987**). La réaction est alcaline, et fournit ainsi un complément de clarification notable. Le précipité formé est granuleux et se filtre aisément, comme le montre la réaction suivante ;



La chaux, sous l'action de gaz carbonique, se transforme en carbonate de calcium et piège les impuretés responsables de la couleur (**Decloux et al., 1999**).

#### a. Préparation du lait de chaux

Le lait de chaux est constitué d'un mélange de chaux industrielle et du petit jus provenant de la filtration (**Rachedi, 2002**). Le petit jus est utilisé 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 process (**Rachedi, 2002**).

La chaux est mélangée modérément avec le petit jus, le mélange est homogénéisé et agité afin d'éviter la décantation de la chaux (**Rachedi, 2002**). Le sirop obtenu est mélangé au lait de chaux dans des réacteurs de carbonatation, à ce niveau, il est appelé « jus chaulé » (**Decloux et al., 1999**).

#### b. Process de la carbonatation

Le procédé de la carbonatation est présenté dans le Tableau II :

**Tableau II** : Les principes réactions résumant le cycle de la chaux.

<b>Préparation de lait de chaux</b>	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 159 \text{ Kcal}$	Lait De chaux
<b>Chaulage</b>	Saccharose + lait de chaux $\rightarrow$ Saccharate de chaux	
<b>1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> carbonatation</b>	Saccharate de chaux + $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{Saccharose} + \text{H}_2\text{O} + 276 \text{ Kcal}$	

Le sirop chaulé est envoyé vers la première chaudière pour subir « la première carbonatation ». Le gaz carbonique est pompé avec un débit régulé par une vanne jusqu'à avoir un pH=11, le produit est renvoyé dans la deuxième chaudière pour subir « la deuxième carbonatation ». Le sirop carbonaté sort avec un pH d'environ 8 et à une température de 90 °C vers la troisième section (**Rachedi, 2002**).

#### c. Mécanisme de l'épuration calco-carbonique

L'épuration du jus est assurée grâce à quatre types de réactions dont certaines sont encore mal connues.

- **Précipitation**

Cette réaction est due généralement aux ions  $\text{Ca}^{++}$  qui se complexent avec certains acides tels que l'acide carbonique, l'acide oxalique, l'acide citrique, etc., en donnant un précipité sous forme de sels insolubles (**Burzawa, 1999**).

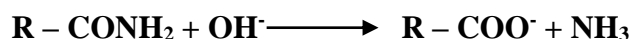
- **Coagulation - floculation**

Le sirop de refonte comporte des molécules à très haut poids moléculaire comme les protéines et les pectines. En milieu légèrement acide, elles sont sous forme colloïdale présentant à la surface des charges négatives qui, par répulsion, maintiendront la dispersion des particules.

Le principe de la floculation est donc de supprimer ces forces répulsives par ajout d'un cation polyvalent comme le  $\text{Ca}^{++}$ . À un pH donné, il va annuler les charges électriques et assurer la Co-précipitation (**Burzawa, 1999**).

- **Dégradation**

La dégradation des substances azotées sous l'action des ions  $\text{OH}^-$ , aboutit au dégagement d'ammoniac et à la formation simultanée d'un sel de calcium insoluble selon la réaction suivante (**Burzawa, 1999**) :



- **Adsorption**

Cette réaction a lieu au moment de la formation des cristaux de carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ). Le carbonate naissant comporte des charges positives permettant la fixation (adsorption) des particules portant des charges négatives comme les colorants, dénommés « Produits de Dégradation Alcaline d'Hexoses » (PDAH), et certains sels de calcium et des acides organiques solubles (**Burzawa, 1999**).

### **Section 3 : Filtration**

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

Les particules déposées finissent par former une pré-couche, qui au fur et à mesure que la filtration avance, se transforme en un "gâteau" dont l'épaisseur va en croissant.



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 (**Rachedi, 2002**).

Le sirop carbonaté arrive au niveau du tank pour la filtration. Une circulation de vapeur d'eau permet la vidange de la pré-couche, une fois formée. Cette dernière est par la suite vidangée. Une fois le filtre vidangé, la boue résultante contenant du sucre résiduel passe dans le filtre à presse.

Les éléments du filtre sont des plaques carrées en plastique portant des cannelures sur chaque face (**Rachedi, 2002**).

#### **Section 4 : Décoloration**

De façon générale, les colorants du sucre sont des macromolécules ayant un comportement d'acides faibles. Ils se présentent sous la forme de longues chaînes carbonées hydrophobes et possédant une extrémité hydrophile au niveau de leur fonction acide faible (**Theoleyre et al., 1999**).

En effet, les résines échangeuses d'ions possèdent, outre leurs propriétés d'échange d'ions, de très bonnes propriétés d'adsorption. Les résines anioniques fortement basiques se révèlent plus efficaces sur le sirop de canne (**Lameloise et Decloux, 2007**).

La régénération se fait avec une saumure alcaline (NaCl 10%, NaOH 0,5%), l'eau quitte la résine par effet d'osmose, entraînant avec elle les composés fixés (**Lameloise et Decloux, 2007**).

#### **Section 5 : Concentration et évaporation**

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 processus (**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 à environ 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 barr et maintenu à une température inférieure à 800°C (**Bouras, 1998**).

**Section 6 : Cristallisation**

La cuite permet la cristallisation par évaporation de l'eau, le sirop est transformé en masse cuite qui est composée de cristaux et d'eau. Lorsque le sirop est concentré dans la cuite jusqu'à une certaine viscosité, l'introduction d'une semence (cristaux fins), permet d'amorcer la cristallisation par introduction progressive de sirop. Les cristaux fins de la semence absorbent le saccharose et grossissent jusqu'à atteindre un diamètre suffisant puis la cuite passe en coulée (**Theoleyre et al., 1999**).

Une fois coulée, la masse cuite passe à travers les turbines pour séparer les cristaux de sucre de l'eau mère (égout). Cette étape va permettre l'obtention d'un maximum de cristaux homogènes à partir d'un sirop bien concentré. (**Decloux, Martine, 2003**).

Après essorage dans des turbines, on obtient un sucre blanc dit de premier jet « Jet1 », égouts riches et égouts pauvres. L'égout riche va être recyclé et l'égout pauvre est envoyé pour produire « Jet2 » dit de deuxième jet ainsi de suite. Le sucre est ensuite évacué, puis il est séché avant d'être conditionné (**Decloux, Martine, 2003**).

**Section 7 : Séchage et Maturation**

Le sucre cristallisé blanc, issu du premier jet, est évacué encore chaud (45 à 60° C) vers un sécheur et présente un taux d'humidité de 1%. Il subit un séchage pour ramener ce taux à des valeurs comprises entre 0.03 et 0.06% (**Bouras, 1998**).

Au niveau du sécheur, le sucre y circule à co-courant avec de l'air chaud à 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 avec l'ambiance environnante (**Mathlouthi, 2004**).

**Section 8 : Stockage et conditionnement**

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

## I. 8. Normes et qualité

### I. 8. 1. Classification des sucres selon les différents textes réglementaires

- ❖ Les différents critères permettant le classement des sucres, selon la réglementation algérienne sont représentés dans le tableau III.
- ❖ Les critères du sucre blanc selon les critères de la CEE sont rassemblés dans le tableau IV.
- ❖ les critères de qualité du sucre blanc, selon les normes du Codex Alimentarius sont représentés dans le tableau V.

**Tableau III** : caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation algérienne (**J.O.R.A, 1997**)

Critères	Spécification A	Spécification B
Pouvoir rotatoire au minimum	99,7%	99,7% (polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (% matière sèche)	0,04% (inverti)	0,1% (inverti)
Teneur maximal en cendres (% matière sèche)	0,04%	0,1%
Perte à la dessiccation (3heures à 105°C) au maximum	0,1	0,1
Couleur au maximum	60	100
Teneur maximale en Arsenic (mg/kg)	1mg/kg	1mg/kg
Teneur maximal en cuivre (mg/kg)	2mg/kg	2mg/kg
Teneur maximal en plomb (mg/kg)	0,5mg/kg	0,5mg/kg

Tableau IV : Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE (DOUCET, 1992).

Critères	Qualité type sucre blanc ou n°2	Qualité type sucre blanc raffiné ou n°1	Méthodes d'évaluation
Aspect	Cristaux homogène, secs, s'écoulant librement	Cristaux homogènes, sec, s'écoulant librement	La vue
Polarisation minimale	99,7°	99,7°	Polarimétrie
Taux d'humidité maximale	0,06%	0,06%	Rapport de poids entre avant et après déshydratation
Teneur maximale en sucre inverti	0,04%	0,04%	Titration avec une solution d'iode
Somme maximale des points	≤ 22	≤ 8	
La teneur en cendres	Max = 15 (teneur en cendres max = 0,27%)	Max = 4 (teneur en cendres max = 0,072%)	Mesure conductimétrique pour un Brix de 28° (0,018% de cendres = 1 point)
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)
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

**Tableau V** : Normes Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS) (Multon, 1992).

Critères	Sucre blanc
Pureté minimale	99,7% (polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (% matière sèche)	0,04 (inverti)
Humidité (maximale)	0,1%
Teneur maximale en cendres (% matière sèche)	0,04
Coloration (ICUMSA, maximale)	60
Teneur maximale en SO <sub>2</sub> (mg/Kg)	20
Teneur maximale en Arsenic (mg/Kg)	1
Teneur maximale en Cuivre (mg/Kg)	2
Teneur maximale en plomb (mg/Kg)	1

### I. 8. 2. Qualité organoleptique du sucre

Le sucre inverti a une saveur légèrement plus sucrée que celle du saccharose. La mesure des pouvoirs sucrants fait appel à des méthodes très sophistiquées, qui s'appuient sur des tests organoleptiques à l'aide de panels et de dégustateurs expérimentés (Ait Amar, 1981).

### I. 8. 3. Qualité microbiologique du sucre

La contamination par des souches pathogènes est un risque très faible. On trouve en particulier des moisissures et des levures, qui peuvent se développer en surface et contaminer progressivement toute la masse par suite de mouvements de convection. L'application régulière des mesures de propreté éliminera les causes de contamination (Mathlouthi et Reiser, 1995).

*Partie II.*

***ETUDE EXPERIMENTALE***

*Chapitre II.*

***MATERIEL ET METHODES***

## **II. 1. Présentation de l'organisme**

### **1) Historique**

Cévital est un groupe familial qui s'est bâti sur une histoire, un parcours et des valeurs qui ont fait sa réussite et sa renommée. Première entreprise privée algérienne créée en 1998 par Mr ISAAD REBRAB à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiés, elle a traversée d'importantes étapes historiques pour atteindre sa taille et sa notoriété actuelle.

### **2) Situation Géographique**

Le complexe cevital se situe au niveau du nouveau quai du port de Bejaia à 3 Km du Sud-Ouest de cette ville et répartie sur une superficie de 45000m<sup>2</sup>, à proximité de la rase nationale N°09. L'entreprise a beaucoup profité de cette situation qui lui donne un avantage de proximité économique car elle se trouve proche du port et de l'aéroport.

### **3) Principales Activités de Cevital**

- Lancé en mai 1998, le complexe cevital a débuté son activité par conditionnement de l'huile en décembre 1998.

- En Février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, cette dernière est devenue fonctionnelle en Août 1999.

- L'ensemble des activités de cevital est concentré sur la production et la commercialisation des huiles végétales, de margarine et de sucre et se présente comme suite :

- > Une unité du sucre liquide
- > Une raffinerie d'huile
- > Deux raffineries du sucre
- > Une margarinerie
- > Une unité de conditionnement minéral
- > Une unité de fabrication et de conditionnement de boissons
- > Une unité de fabrication de chaux calcinée
- > Une conserverie

La figure 03 ci-dessous représente l'organigramme du complexe CEVITAL.



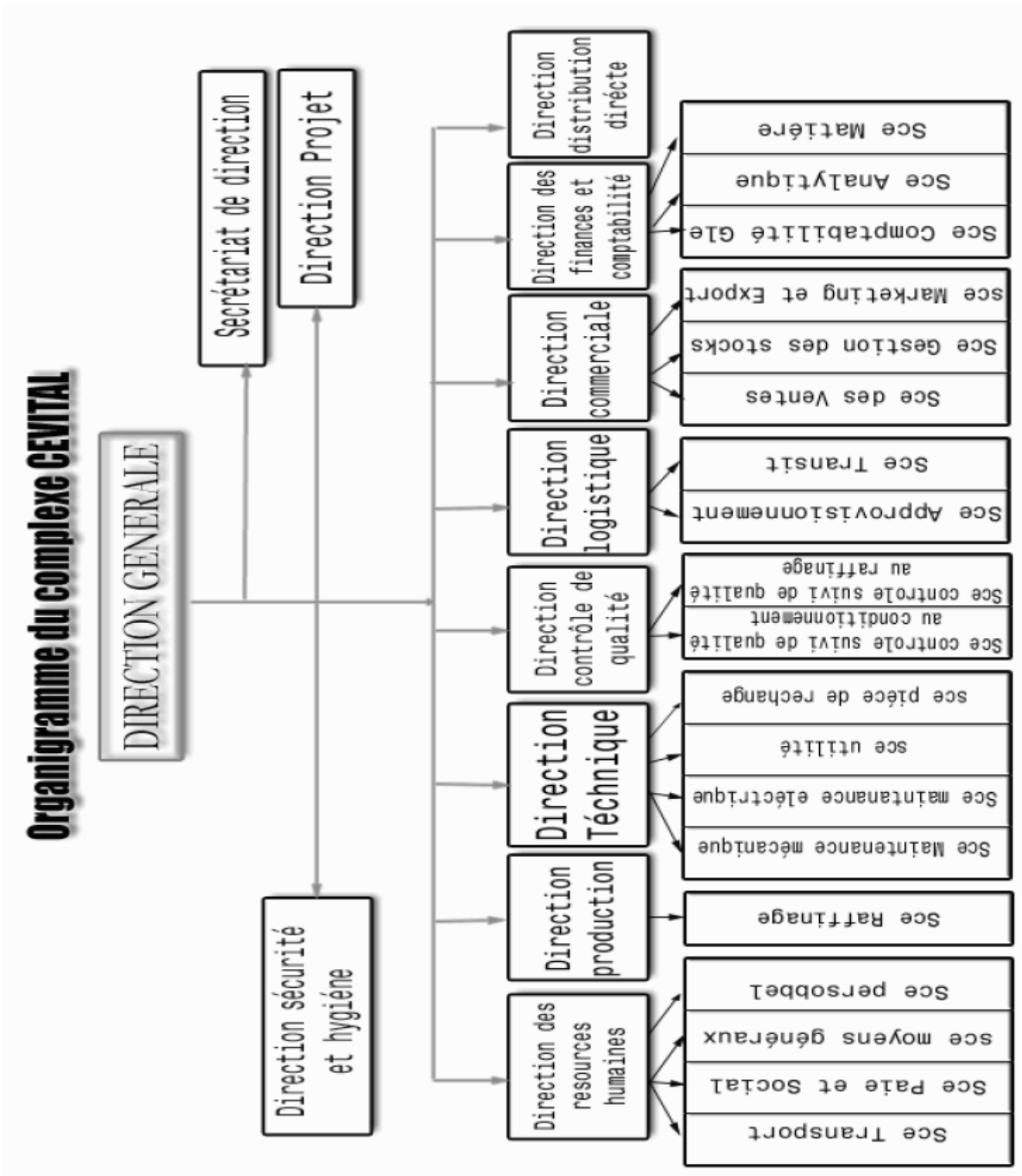


Figure 03 : Organigramme du complexe CEVITAL.

Sce : Service.

## II. 2. Analyses effectuées

### II. 2. 1. Echantillonnages et prélèvements

Cette étude est réalisée au niveau de la raffinerie de sucre « CEVITAL » consiste à suivre, d'une part l'évolution de deux (02) principaux paramètres physico-chimiques, à savoir la pureté et la couleur au cours du processus de cristallisation, d'autre part l'impact de la liqueur standard 3 sur la qualité du sucre durant huit jours (**tableau VI**) .

**Tableau VI** : Echantillons prélevés des sections concernées et les paramètres étudiés.

Section	Echantillon prélevé	Les paramètres étudiés	Matériels utilisés
<b>Concentration</b>	- Liqueur standard <b>(LS1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Couleur.</li> <li>✓ Polarisation</li> <li>✓ Brix</li> <li>✓ Pureté</li> <li>✓ pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre</li> <li>• Polarimètre</li> <li>• Réfractomètre</li> </ul>
<b>Cristallisation</b>	-Masses cuites <b>(MC1, MC2, MC3)</b> - Liqueurs standards <b>(LS2, LS3)</b> - Sucre blanc sorti turbine du <b>3<sup>ème</sup> jet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Couleur.</li> <li>✓ Polarisation</li> <li>✓ Brix</li> <li>✓ Pureté</li> <li>✓ pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre</li> <li>• Polarimètre</li> <li>• Réfractomètre</li> </ul>
<b>Séchage</b> (C'est au niveau de cette section qu'ont été prélevés les échantillons pour les analyses de contrôle de qualité et de conformité du sucre blanc).	- Sucre blanc <b>A1001</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Couleur.</li> <li>✓ Granulométrie</li> <li>✓ Humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre</li> <li>• Granulomètre</li> <li>• Etuve + Dessiccateur</li> </ul>

Sur les **LS** et **MC** (du **jet1** jusqu'au **jet3**) et le sucre raffiné blanc sortie de turbine (Jet3), une appréciation de la pureté et de la couleur est réalisée en fonction du temps (jours),

tandis que sur le sucre A1001, un contrôle de la qualité physico-chimique est effectué, en s'appuyant sur des analyses de la couleur, de la granulométrie et de l'humidité.

Les échantillons concernant les **LS** sont prélevés au niveau des jonctions (une vanne située à chaque jonction), et les échantillons de la **MC** sont directement prélevés à l'entrée des turbines.

Les échantillons prélevés sont recueillis dans des pots en plastique étiquetés de 500ml, ces derniers sont préalablement rincés avec le sirop en question (échantillon prélevé). Les pots sont immédiatement transportés au laboratoire pour l'analyse.

Pour l'évaluation de la couleur du sucre **Jet3**, des prélèvements sont effectués à la sortie des turbines. tandis que pour l'évaluation de la qualité physicochimique du sucre **A1001**, les prélèvements sont effectués au niveau de la section séchage où, les échantillons sont mis dans des pots en plastiques étiquetés de 500ml, préalablement lavés et séchés puis immédiatement transportés au laboratoire pour analyses.

*NB/* Dans le cadre de cette étude on s'est focalisé sur l'atelier de cristallisation hauts produits. Sachant qu'il existe un autre atelier de cristallisation des bas produits, qui s'alimente des égouts issus de la cristallisation HP, généralement des égouts 3.

## II. 3. Analyses physicochimiques effectuées

### II. 3. 1. La polarisation

La détermination de la polarisation est effectuée par mesure de la rotation optique de la solution avec un polarimètre (**ICUMSA Méthode GS 2/3-1 (2011)**). A partir des solutions précédemment préparées, la polarisation est directement lue sur le polarimètre à l'échelle de 26g. Les résultats sont exprimés comme suit :

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

(Exprimé en g)

Avec : **K = 0.26** le poids normal du saccharimètre est à 26 g.

### II. 3. 2. Le Brix

La détermination de la teneur massique en matière sèche du sucre (le Brix) est réalisée par mesure de l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre thermostaté à 20°C (ICUMSA Méthode GS 2/3-1 (2011)). Les résultats obtenus sont exprimés soit en gramme par millilitre (g / ml) ou par pourcentage de matière sèche (%) présente dans la solution.

$$\text{Brix} = \text{Lecture au réfractomètre} \times \text{Dilution}$$

### II. 3. 3. La pureté

La pureté se définit par la quantité de sucre (S) contenue dans la matière sèche (MS), elle est exprimée en pourcentage (Rachedi, 2002).

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

#### ➤ Mesure de la pureté

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

$$\text{pureté}(\%) = \frac{\text{Polarisation}}{\text{Brix}} \times 100$$

### II. 3. 4. Mesure du pH

La mesure du pH des sirops et du sucre blanc en solution est réalisée à l'aide d'un pH-mètre selon la méthode officielle SNFS – Chapitre 1 : Méthode n° 17 (1999).

### II. 3. 5. La colorimétrie

La mesure de la coloration en solution est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre, selon ICUMSA méthode GS 2/3-10 (2007). La couleur est déterminée à partir de la valeur de l'absorbance mesurée à 420nm et les résultats sont exprimés selon la relation suivante :

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

A : Absorbance de la solution à 420nm.

B : Longueur de la cellule en cm.

C : Concentration de la solution en g/ml.

▪ **Remarque :**

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

### II. 3. 6. Détermination du taux d'humidité

L'humidité est mesurée selon **ICUMSA GS 2/1/3/9-15 (2007)**. Le principe de la méthode est basé sur un séchage à l'étuve atmosphérique (105°C) de l'échantillon, suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées. Les résultats sont exprimés comme suit

$$\text{Humidité (H)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

$m_1$  : récipient + couvercle ;

$m_2$  : récipient + couvercle + échantillon avant séchage ;

$m_3$  : récipient + couvercle + échantillon après séchage.

### II. 3. 7. Mesure de la granulométrie

L'expression de la granulométrie du sucre blanc est donnée par **SNFS méthode officielle n°7 (2000)**. Cette méthode a pour objet de mesurer la dimension et l'hétérogénéité des cristaux de sucre. Le sucre étudié est passé à travers une série de tamis dans des conditions bien déterminées, le sucre restant dans chaque tamis et dans le fond est pesé.

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

- L'ouverture moyenne (**OM**) qui est la dimension moyenne des cristaux,
- Coefficient de variation (**CV**) qui caractérise la dispersion des cristaux.

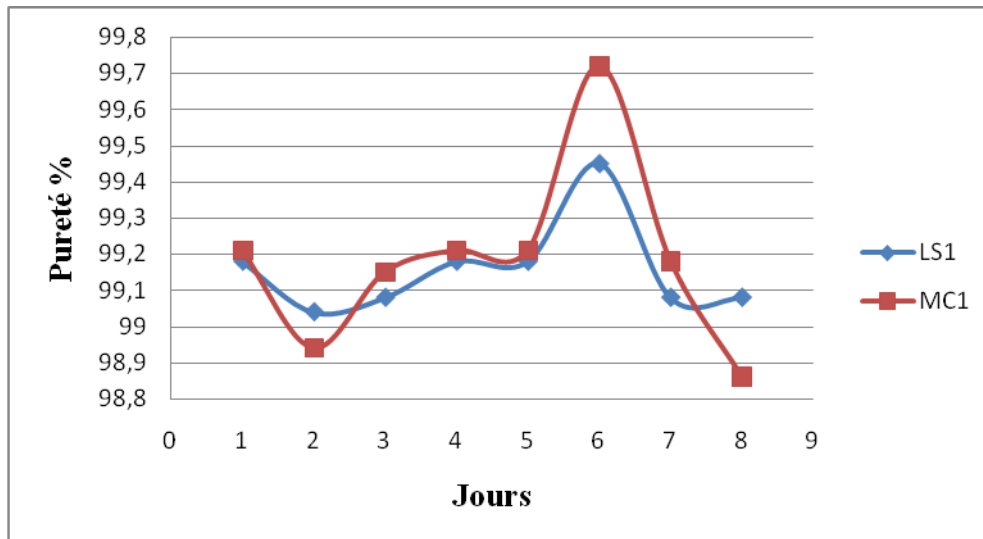
*Chapitre III.*

***RESULTATS ET DISCUSSION***

### III. 1. Etudes de l'évolution de la pureté des liqueurs standards, des masses cuites et du sucre jet 3

#### III. 1. 1. Evolution de la pureté de la LS1 en MC1

La **figure 04** représente l'évolution journalière de la pureté de la liqueur standard 1 (**LS1**) issue du concentrateur, et la masse cuite (**MC1**) au cours de la cristallisation du **jet1**.



**Figure 04** : Evolution de la pureté de la **LS1** en **MC1** au cours de la cristallisation du **jet1**.

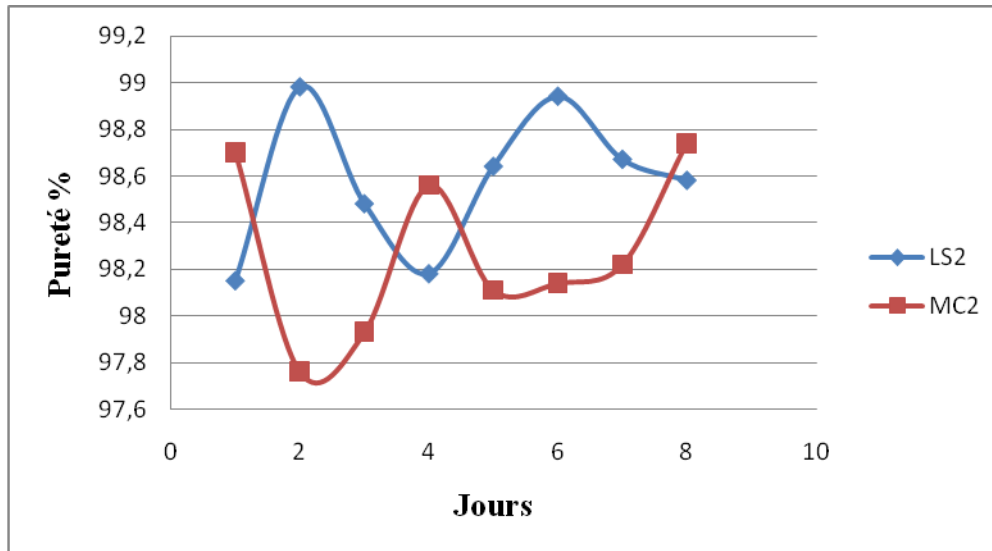
- Les deux courbes de la **figure 04**, montrent des écarts de pureté entre les **LS1** et les **MC1** d'un jour à l'autre, respectivement dans le **2<sup>ème</sup> jour** (99.04 - 98.94%) et le **8<sup>ème</sup> jour** (99.08 - 98.86%). Ceci est dû à un mauvais grainage et un temps de concentration insuffisant, ou bien à la formation des germes de cristaux dans la liqueur standard avant son injection dans la cuite (réacteur).

- Le faible écart de pureté entre la **LS1** et la **MC1** dans le **1<sup>er</sup>** (99.18 - 99.21%), **3<sup>ème</sup>** (99.18 - 99.21%), **4<sup>ème</sup>** (99.18 - 99.21%), **5<sup>ème</sup>** (99.18 - 99.21%) et **7<sup>ème</sup>** jour (99.27 - 99.23%), est dû au bon déroulement des opérations de concentration et de cristallisation.

- Le cas du **6<sup>ème</sup>** jour (99.45 – 99.72%), où la pureté de la **LS1** est moins importante que la **MC1** pourrait être expliqué par la présence d'une autre liqueur standard d'une pureté plus grande que celle qui est évaluée ; qui serait présente dans le bac tampon qui alimente la cuite du **jet1**.

### III. 1. 2. Evolution de la pureté de la LS2 en MC2

La **figure 05**, représente l'évolution journalière de la pureté de la liqueur standard 2 (**LS2**) issue du jet 1 et de la masse cuite 2 (**MC2**) au cours de la cristallisation du **jet2**.



**Figure 05** : Evolution de la pureté de la **LS2** en **MC2** au cours de la cristallisation du **jet2**.

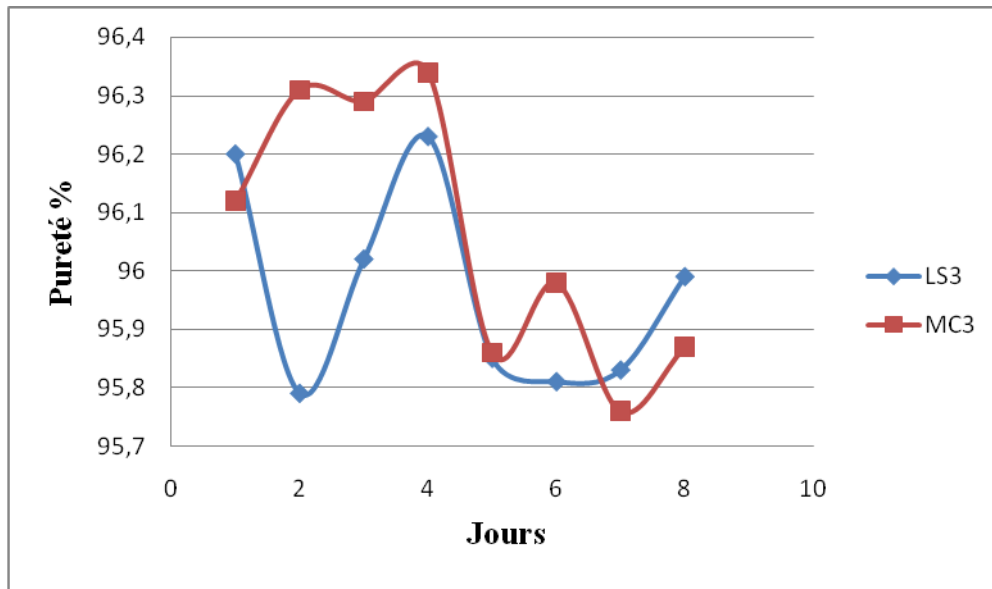
- La **figure 05** montre des écarts de puretés très importants entre la **LS2** et la **MC2** respectivement au cours des **2<sup>ème</sup>** (98.98 – 97.76), **3<sup>ème</sup>** (98.48 – 97.93), **5<sup>ème</sup>** (98.64 – 98.11) **6<sup>ème</sup>** (98.94 – 98.14) et **7<sup>ème</sup>** jours (98.67 – 98.22), ils se traduisent par une mauvaise formation des cristaux (hétérogène) dans la cuite, ou par un grainage prématuré ou bien à une concentration insuffisante de la liqueur standard dans la cuite (cristallisateur).

- Les valeurs de pureté de la **MC2** qui sont supérieures à celles de la **LS2** respectivement au cours des **1<sup>er</sup>** (98.15 - 98.70), **4<sup>ème</sup>** (98.18 - 98.56) et **8<sup>ème</sup>** jours (98.58- 98.74) sont le résultat d'une bonne concentration ainsi qu'à un temps de séjour plus important.



### III. 1. 3. Evolution de la pureté de la LS3 en MC3

La **figure 06**, représente l'évolution de la pureté de la liqueur standard 3 (**LS3**) issue du **jet2** et celle de la masse cuite (**MC3**) au cours de la cristallisation du **jet3**.



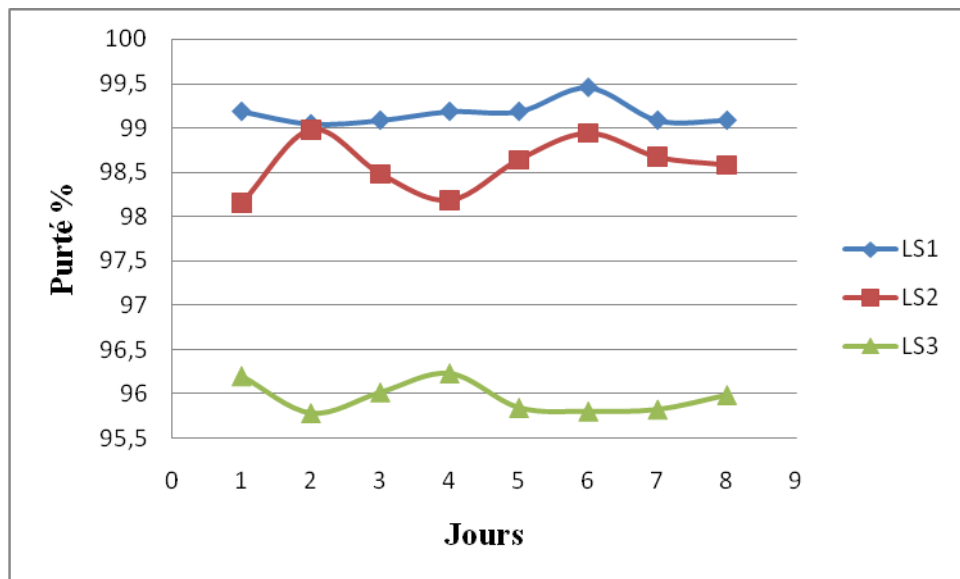
**Figure 06** : Evolution de la pureté de la **LS3** en **MC3** au cours de la cristallisation du **jet3**.

- La **figure 06** montre des écarts de puretés importants entre la **LS3** et la **MC3** respectivement au cours du **2<sup>ème</sup>** (95.79 – 96.31), **3<sup>ème</sup>** (96.02 – 96.29), **4<sup>ème</sup>** (96.23 - 96.34) et **6<sup>ème</sup>** jours (95.81 - 95.98). Ces écarts s'expliquent par l'épuisement extrême de la **LS3** pour un gain de matière (sucre), ou bien par une bonne cristallisation.

- Les valeurs de pureté entre la **LS3** et la **MC3** proches dans le **1<sup>er</sup>** (96.20 -96.12), **5<sup>ème</sup>** (95.85 - 95.86), **7<sup>ème</sup>** (95.83 - 95.76) et **8<sup>ème</sup>** jours (95.99 - 95.87) présentent un cas particulier puisque des valeurs de bonnes puretés sont atteintes ; ceci peut s'expliquer par un enrichissement de la liqueur standard 3 lors de l'injection dans le réacteur (cuite) par **LS1** ; cet enrichissement accélère le phénomène de cristallisation et fait gagner du temps en concentration.

### III. 1. 4. Comparaison de l'évolution de la pureté de LS1, LS2 et LS3

La **figure 07**, représente l'évolution journalière de la pureté des trois liqueurs standards (LS1, LS2 et LS3).



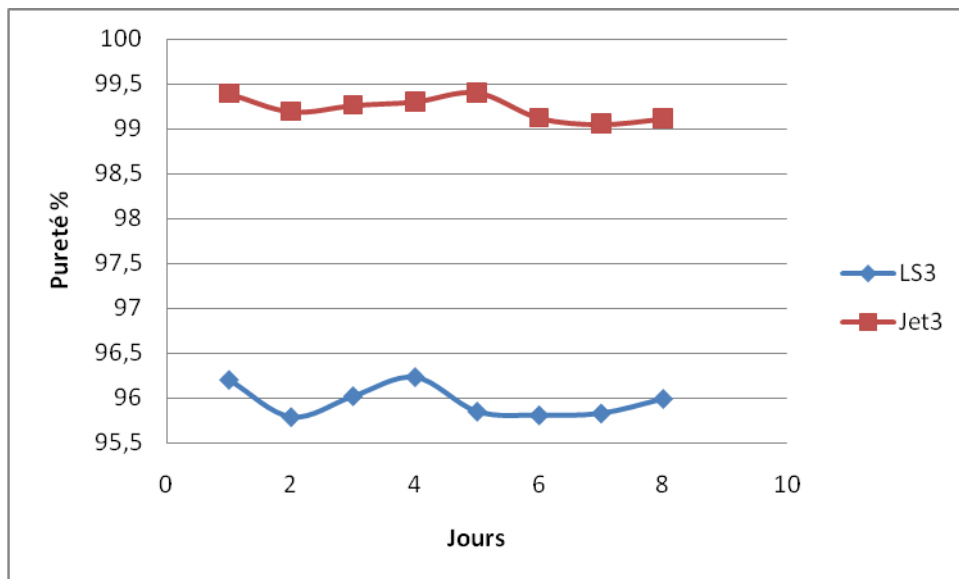
**Figure 07** : Evolution de la pureté de LS1, LS2 et LS3.

- Les trois courbes de la **figure 07**, montrent des écarts de pureté entre les trois liqueurs d'un jour à l'autre. Ceci est dû à un bon épuisement de sucre dans les trois liqueurs ce qui induit une bonne concentration avec un temps de concentration important et une cristallisation conforme aux normes.

- A l'exception du 2<sup>ème</sup> jour où on remarque un faible écart de pureté entre LS1 et LS2 (99.04 – 98.98 %). Ceci est dû à la richesse de LS2 en sucre qui peut se définir par un temps de séjour moins important de la MC1 durant la cristallisation.

### III. 1. 5. Evolution de la pureté de la LS3 en sucre Jet3

La **figure 08** représente l'évolution de la pureté de la liqueur standard 3 (**LS3**) issue du **Jet2**, et celle du sucre **Jet3**.



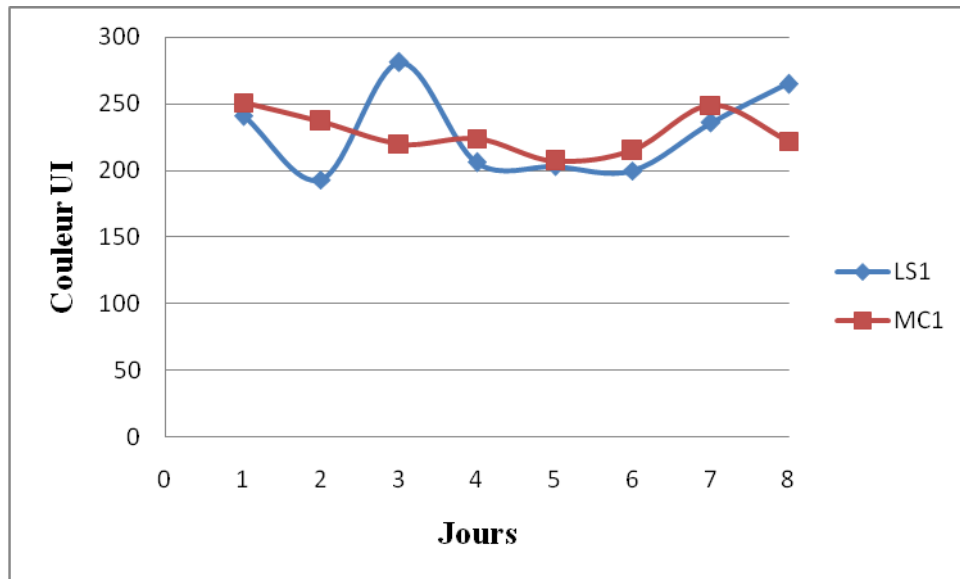
**Figure 08** : Evolution de la pureté de la **LS3** en sucre **Jet3**.

- La **figure 08** montre un écart de pureté très important entre la **LS3** et le sucre **Jet3**. Cela est du vraisemblablement à l'épuisement extrême de **LS3** pour un gain de matière (sucre) et un bon déroulement des deux étapes de cristallisation et turbinage.

### III. 2. Etude de l'évolution de la couleur des liqueurs standards, masses cuites et des sucres (A1001 et Jet3)

#### III. 2. 1. Evolution de la couleur de la LS1 en MC1

La **figure 09** représente l'évolution de la couleur de la liqueur standard 1 (**LS1**) issue du concentrateur et de la masse cuite (**MC1**) au cours de la cristallisation du **jet1**.



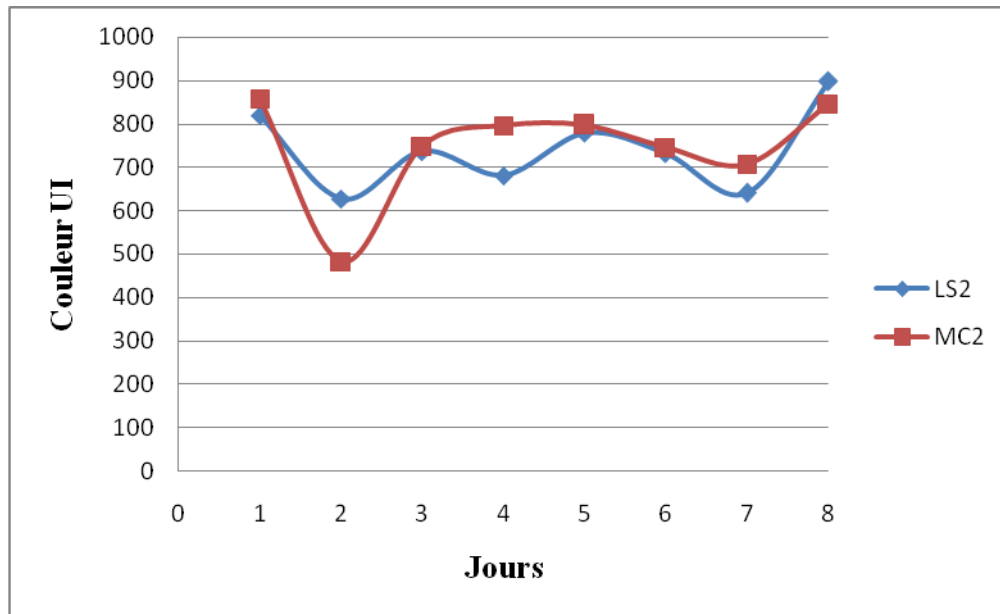
**Figure 09** : Evolution de la couleur de la **LS1** en **MC1** au cours de la cristallisation du **Jet1**.

- Les valeurs de la couleur de la **MC1** prennent des variations plus considérables par rapport aux valeurs de la **LS1**, cette dernière acquiert une coloration lors de la concentration et la cristallisation. Il se traduit pas une concordance de la coloration avec **MC1**, qui à son tour se retrouve dans un état de séparation lors du turbinage, ainsi l'abaissement de la coloration sous la forme du sucre **Jet1** (nettement décoloré).

- Au cours 3<sup>ème</sup> (281 UI) et 8<sup>ème</sup> jours (265 UI), la couleur de la **LS1** est supérieure à celle de la **MC1** avec des pics de coloration importants. Cela s'explique par une élévation de pH, une décoloration insuffisante lors de l'étape de décoloration, une élévation de la température lors de l'étape de concentration ou bien un temps de séjours plus important lors de la même étape.

### III. 2. 2. Evolution de la couleur de la LS2 en MC2

La **figure 10** représente l'évolution de la couleur de la liqueur standard 2 (**LS2**) issue du **jet1** et la masse cuite 2 (**MC2**) au cours de la cristallisation du **jet2**.



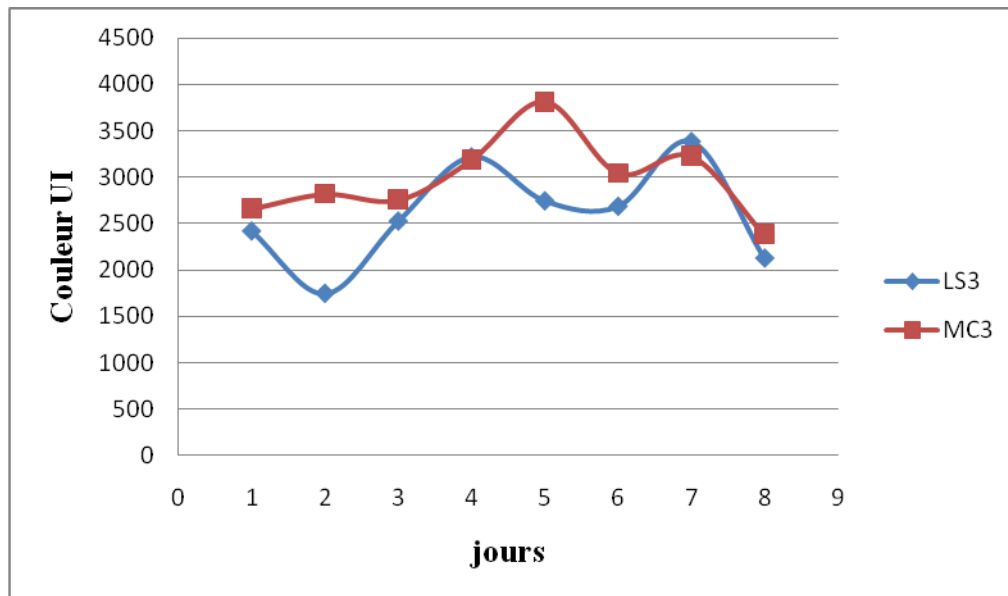
**Figure 10** : Evolution de la couleur de la **LS2** en **MC2** au cours de la cristallisation du **Jet2**.

D'après la **figure 10**, les valeurs de couleur de la **MC2** (comprises entre 482 et 858 UI) varient considérablement par rapport aux valeurs de **LS2**, cela est dû essentiellement à la cristallisation et à la concentration, car la variation de la coloration d'un sirop est en fonction de sa concentration.

- Au cours du **2<sup>ème</sup>** (482 UI) et **8<sup>ème</sup>** jour (846 UI), la coloration de la **MC2** est inférieure à celle de la **LS2**, ceci est dû peut être à la présence d'une autre liqueur standard de coloration inférieure à celle utilisée dans le bac tampon.

### III. 2. 3. Evolution de la couleur de la LS3 en MC3

La **figure 11** représente l'évolution de la couleur de la liqueur standard 3 (**LS3**) issue du **jet2** et la masse cuite 3 (**MC3**) au cours de la cristallisation du **jet3**.



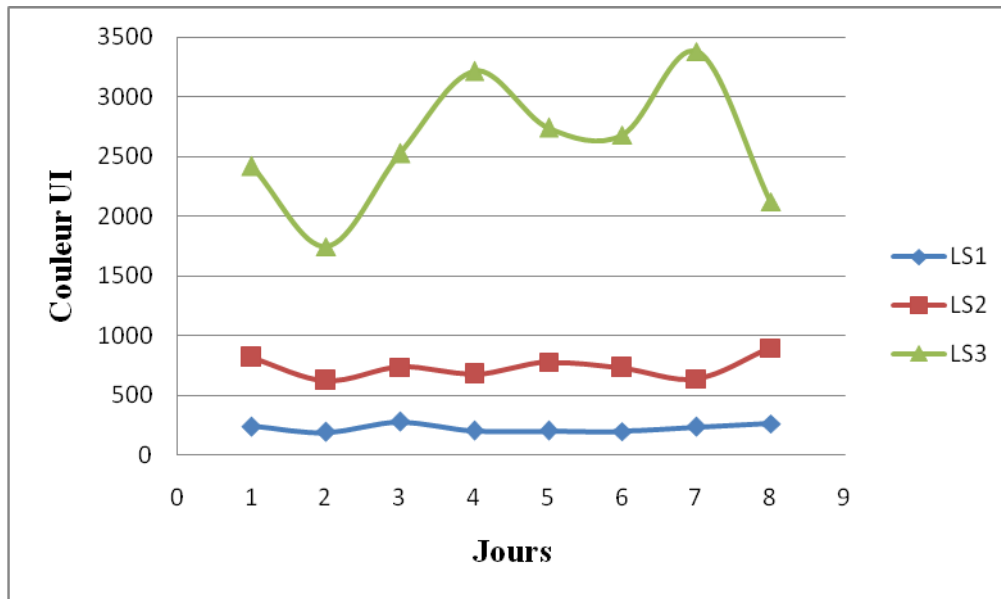
**Figure 11** : Evolution de la couleur de la **LS3** en **MC3** au cours de la cristallisation du **Jet3**.

- Les valeurs de la couleur de la **MC3** prennent des variations plus considérables par rapport aux valeurs de la **LS3** au cours des **1<sup>er</sup>**, **2<sup>ème</sup>**, **3<sup>ème</sup>**, **5<sup>ème</sup>**, **6<sup>ème</sup>** et **8<sup>ème</sup>** jours, cela est dus essentiellement à la cristallisation et à la concentration, en parallèle cette dernière contient une quantité importante d'impureté, ce qui aboutit a une coloration plus importante.

- Au cours du **4<sup>ème</sup>** (3187 UI) et **7<sup>ème</sup>** jour (3228 UI), la coloration de la **MC3** est inférieure à celle de la **LS3**, cela peut être expliqué par l'enrichissement de la **LS3** par la **LS1**, dont le but d'accélérer le phénomène de cristallisation et par conséquent la diminution de la coloration de la **MC3**.

### III. 2. 4. Comparaison de l'évolution de la couleur de LS1, LS2 et LS3

La **figure 12** représente l'évolution journalière de la couleur des trois liqueurs standards (**LS1**, **LS2** et **LS3**).

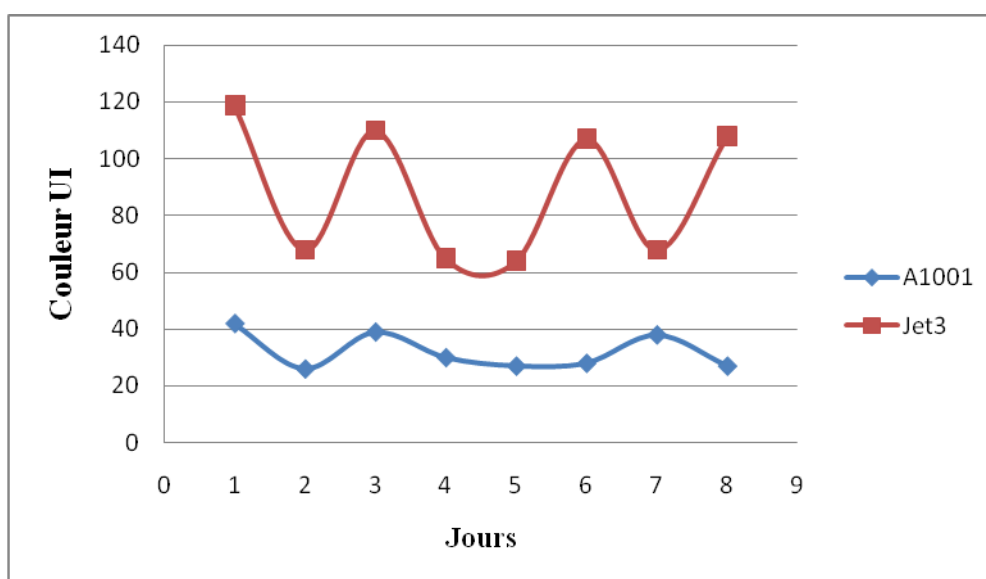


**Figure 12 :** Evolution de la couleur de **LS1**, **LS2** et **LS3**.

- Les trois courbes de la **figure 12**, montrent des écarts de couleur entre les trois liqueurs, les valeurs de **LS3** sont supérieures par rapport aux valeurs des **LS1** et **LS2**. La forte coloration de **LS3** résulte de sa faible teneur en saccharose par l'épuisement des liqueurs précédentes (**LS1** et **LS2**), par conséquent elle contient une quantité importante d'impureté (les non sucre), ce qui induit une coloration plus importante.

### V. 2. 5. Comparaison de l'évolution de la couleur des sucres (A1001 et Jet3)

La **figure 13**, illustre l'évolution journalière de la couleur des sucres **A1001** et **Jet3**.



**Figure 13 :** Evolution de la couleur du sucre **A1001** et **Jet3**.

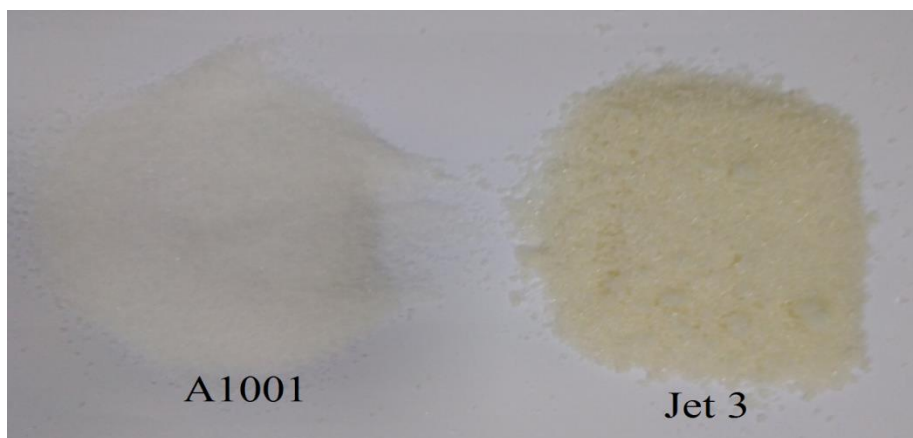
**NB** : Le sucre **A1001** (sucre fini) c'est le mélange entre le **Jet1** + **Jet2** ou bien **Jet1** + **Jet3**.

- La couleur du sucre **A1001** d'après la **figure 13**, montre une faible coloration qui est comprise entre [26 – 42 UI] par rapport à celle du sucre **Jet3**.

- L'augmentation de la couleur du sucre **A1001** au cours des **1<sup>er</sup>**, **3<sup>ème</sup>** et **7<sup>ème</sup>** jours peut s'expliquer par la présence d'un mélange du sucre **Jet1** + **Jet3**, car ce dernier est fortement coloré et influence la couleur du mélange. On outre, la forte coloration du **Jet3** issu du **LS3** qui été fortement colorée à son tour.

- La bonne couleur du sucre **A1001** durant les **2<sup>ème</sup>**, **4<sup>ème</sup>**, **5<sup>ème</sup>**, **6<sup>ème</sup>** et **8<sup>ème</sup>** jours, est dus à la présence du sucre **Jet1** de faible coloration qui est prédominant assure un mélange plus au moins équivalent au **Jet2**, et à un temps de séchage et de turbinage suffisant.

✓ La **figure 14** ci-dessous montre la différence de couleur entre le sucre blanc **A1001** et le sucre **Jet 3** sortie de turbine.



**Figure 14** : différence de couleur entre le sucre blanc **A1001** et **Jet3**.

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

Les résultats de la comparaison des analyses physico-chimiques pour la conformité du sucre blanc de CEVITAL par rapport à la norme **ICUMSA**, sont présentés dans le **tableau VII**.



Tableau VII : Résultats des analyses du sucre blanc durant 8 jours.

Paramètres Jours	Couleur (UI)	Humidité (%)	Granulométrie	
			OM (mm)	CV %
J1	42	0.020	0.574	32.50
J2	26	0.026	0.592	33.90
J3	39	0.017	0.595	35.45
J4	30	0.020	0.574	32.50
J5	27	0.021	0.645	34.00
J6	28	0.017	0.600	36.20
J7	38	0.017	0.621	32.60
J8	27	0,019	0.591	32.50
<b>NORME ICUMSA</b>	<b>Max 45</b>	<b>Max 0.04</b>	<b>0.55 à 0.65</b>	<b>Max 40</b>

### III. 3. 1. La conformité de la couleur du sucre blanc

- Le tableau ci-dessus montre que les résultats d'analyse de la couleur du sucre blanc sont au-dessous de celle de l'ICUMSA (Max 45 UI), ce qui certifie la conformité du sucre blanc de CEVITAL.

### III. 3. 2. La conformité de l'humidité du sucre blanc

- les résultats de l'humidité du sucre blanc sont largement au-dessous de celle représentée par la norme ICUMSA. Ceci nous mène à conclure que l'humidité du sucre blanc de CEVITAL est conforme à la norme internationale ICUMSA.

**III. 3. 3. La conformité de la granulométrie du sucre blanc****a) Ouverture moyenne (OM)**

- Les résultats de l'OM des échantillons analysés se trouvant entre les deux valeurs d'**ICUMSA** (Min et Max). On déduit du point de vue OM de la granulométrie, le sucre blanc de CEVITAL est conforme à la norme **ICUMSA**.

**b) Coefficient de variation (CV)**

- Les résultats du CV exprimés en % des échantillons testés sont tous au dessous de la norme **ICUMSA**, par conséquent, le CV de la granulométrie du sucre blanc analysé est conforme à la norme **ICUMSA**.

# ***CONCLUSION***

## *Conclusion*

---

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

Au terme de ce travail et sur la base des résultats obtenue nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- Le sucre produit au niveau du complexe Cevital est de bonne qualité, du point de vue physico-chimiques au vu de la conformité des différents paramètres étudiés avec les normes réglementaires (ICUMSA).
- L'instabilité de la couleur du sucre **jet 3** est due à l'épuisement de la **LS3** en sucre et a la richesse de cette dernière en impuretés.
- L'élévation de la couleur du sucre **jet 3** a comme conséquence la diminution de la qualité du sucre fini
- Les résultats de la comparaison des analyses révèlent une conformité aux normes de l'entreprise

Il sera souhaitable de proposer des suggestions pour une meilleure maîtrise et une amélioration des paramètres :

- ✓ Eviter les températures extrêmes, et minimiser le temps de séjour des sirops dans les bacs.
- ✓ Réaliser une analyse sur la qualité de la semence.
- ✓ Etudier l'influence des non-sucre sur la vitesse de la cristallisation.

Le contrôle effectué sur l'étape de cristallisation ainsi que la matière première et sur toutes les différentes étapes de la fabrication garantie la qualité et la salubrité du produit.

## ***REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

## *Références Bibliographiques*

### **A**

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

**Ait Amar A. (1981).** Cours de technologie du sucre. Institut national des industries légères Boumerdes - Alger, 182p.

**Anonyme,(2011):** Maeva mon ile intense . [en ligne]. 2011. disponible sur  
« <http://maeval3fle.wordpress.com/ile-de-la-reunion/les-saveurs-de-notre-ile/la-vanilleet-la-canne-a-sucre/> ».

**Anonyme, (2016).** MGT (Mayfair Global trading).

**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.

**Audar,R. Boulot,B. Gelie,P. Sadikalay,S .(2018).** Espace et mouvement, transformation de l'espace : le sucre de canne (26 pages). AVH, 6ème symposium. Reims.

### **B**

**Bonie D, (2003).** Cours de technologies industrielles : l'usine agroalimentaire (p42), école polytechnique universitaire de Lille.

**Bouras A, (1998).** Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. Ed. Office des publications universitaires, Alger. p. 272

**Burzawa E, (1999).** Rappel des bases de l'épuration calco-carbonique (p 1-9). Association collaboration de l'université de Reims.

### **C**

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

**D**

**Decloux. M, Martine, (2003).** Procédés de transformation en sucrerie (partie 2). In .Techniques de l'ingénieur. p. 12-16.

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

**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. p. 256-269.

**E**

**Emilie. B, Florent H. (1994).** La cristallisation du sucre : des bases théoriques à la production industrielle. In. La cristallisation. 3<sup>ème</sup> colloque. Paris. (17p).

**H**

**Hugot E, (1987).** Carbonatation. In. La sucrerie de canne. Ed. Lavoisier, tec & Doc. (738p)

**I**

**ICUMSA** méthode GS 1/2/3-1 (1994).

**ICUMSA** méthode GS 2/3-10 (2007).

**ICUMSA** méthode GS 2/1/3/9-15 (2007).

**ICUMSA** méthode GS 2/3-1 (2011).

**J**

**J.O.R.A. (1997).** Arrête interministériel du 27 avril 1997 fixant les spécifications techniques du sucre blanc, 2p.

**L**

**Lameloise L et Decloux M, (2007).** Les membranes en sucrerie et distillerie. Ed. Tec et Doc Lavoisier. pp. 258-281.

**M**

**Mathlouthi M. (2004).** Propriétés physiques et chimiques du saccharose. In. Dossier CEDUS avec collaboration de l'Université de REIMS pp 1-34.

**Mathlouthi M, (2007).** Dossier CEDUS. Les propriétés physiques et chimiques du saccharose (p 15-20).

**Mathlouthi M. et Barbara R. (2001).** L'extraction du sucre. CEDUS : centre d'étude et de documentation du sucre. Ed. française polytechniques, pp1-14.

**Mathlouthi M. et Reiser P. (1995).** Le saccharose propriétés et application. Ed. Economica, pp 199-240.

**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, pp2-6.

**R**

**Rachedi N, (2002).** Précèdes de transformation dans la raffinerie de CEVITAL spa. Rapport de formation. p1-30, Reims.

**Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B, (2007).** Science des aliments, In Technologie des Produits Alimentaires. Ed. TEC et DOC Lavoisier, (p 449).

**S**

SNFS- chapitre 1 : méthode n°17 (1999).

SNFS méthode officielle n°7 (2000).

**T**

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

**V**

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



## **Résumé**

*Le sucre est un composant indispensable de l'alimentation quotidienne, issu de la nature, également connu sous le nom de saccharose. Sa confection repose sur des principes physico-chimiques de cristallisation qui doivent être continuellement contrôlés. Le premier objectif du raffinage de sucre est l'élimination de la couleur parmi les autres impuretés, et ce afin de produire un sucre de bonne couleur et présentant une bonne homogénéité cristallographique. La cristallisation permet d'obtenir le saccharose sous forme de cristaux, on veillera dans ce cas à bien réussir la cuite et épuiser autant que possible l'eau mère afin de pouvoir extraire de la masse cuite un maximum de sucre de qualité désirée. Les différentes analyses effectuées démontrent la fiabilité des résultats et la stabilité du processus de raffinage au niveau de la section cristallisation. La bonne qualité du sucre blanc de CEVITAL et sa conformité sont le résultat du bon déroulement du procédé de raffinage et le bon suivi du contrôle de qualité.*

***Mots clés :** Saccharose; Cristallisation ; Raffinage de sucre ; Impuretés ; Masse cuite ; Sucre blanc.*

## **Abstract**

*Sugar is an essential component of daily food which comes from nature. Known as sucrose. Its preparation is based on physicochemical crystallization principles which need to be constantly monitored. The primary objective of sugar refining is the elimination of color among other impurities, this process enables us to produce the colour type of the sugar mostly desired with a good crystallographic homogeneity. Crystallization allows us to obtain sucrose crystals, for this purpose, we need to achieve a successful cooking and collect as much as possible the mother liquor in order to extract from the cooked mass a maximum amount of sugar at the desired quality. The various analyses which are carried out revealed the reliability of the results and the stability of the refining process at the crystallization section. The good quality of CEVITAL's white sugar and its compliance are not only the result of the successful conduct of the refining process but also of the good monitoring of quality control.*

***Key Words :** Sucrose; Crystallization; Sugar refining; Impurities; Cooked mass; White sugar*