

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie et de Microbiologie

Mémoire de fin de cycle

**Envue de l'obtention du diplôme de MASTER en Sciences
Alimentaires**

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Thème

**Suivi des analyses physico-chimiques et Microbiologiques
au cours de raffinage du sucre blanc produit par le
complexe agroalimentaire CEVITAL**

Présenté par :

BECHA RYMA et CHERIK KELTOUMA

Membres du jury :

Présidente :Mme BEDOUHENE FENANE Samia (MCB)

Examinatrice :Mme ALMI Dalila (MCB)

Promoteur:Mr SEBBANE Hillal (MCB)

Année universitaire: 2020/2021



REMERCIEMENTS


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

Nous avons l'honneur et le grand plaisir d'exprimer notre profonde estime à Monsieur SEBBANE Hillal, notre promoteur d'avoir accepté de nous encadrer, sa générosité, sa confiance, ses conseils, ces sacrifices et ses orientations qui nous ont accompagnés tout au long de cette expérience avec beaucoup de patience et de pédagogie, Autant de mots aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer notre gratitude.

Nous remercions sincèrement Mme BEDOUHENE FENANE Samia de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury, ainsi que Mme ALMI Dalila d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tout l'ensemble du personnel de la raffinerie du sucre **CEVITAL**, principalement l'équipe de laboratoire physico-chimique en particulier Monsieur BOULKARIA Zahir, BIREM Samir, ZIANI khodir, KADA Karim, Mohend Said, KRIM Toufik, IKHLEF Toufik pour leurs aides, leurs conseils et pour la confiance qu'ils nous ont témoignée et aux excellentes conditions du travail qu'ils nous ont assurées.

Enfin nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.



DÉDICACES

En tout premier lieu, je remercie le bon dieu le tout puissant, de m'avoir donner la force et la foie, ainsi que la témérité et la générosité pour dépasser toutes les difficultés.

Je dédie ce travail en signe de respect, confession et de gratitude :

A ma très chère mère FAZIA, Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour que j'éprouve pour toi. J'ai l'honneur d'être ta fille Tu m'as envahi de tendresse et d'affection. Tu n'as jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études.

En ce jour mémorable, pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mon très chère père CHABANE, que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A mon trésor cher frère MENZOU, pour ton soutien, ton encouragement, ta patience, ce travail est le vôtre.

A la mémoire de ma chère grand-mère ZAINA, qui auraient bien voulu voir cet instant, ton amour infini, ta bénédiction, ton sourire, ton visage angélique, gravie dans mon cœur jusqu'aux jours ou je serai à tes côtés, que ton âme repose en paix.

A mes chers grands parents (MOUHEND OU IDIR, REMDANE, THASSADIT) pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse et leurs prières tout au long de mes études.

A mon oncle, SAID et sa famille.

A toutes ma famille sans exceptions.

A mes sœurs que ma mère n'a pas donnée naissance, DJOUDJOU, KAMELIA, MERIEM, TINHINAN, CYLIA et LYDIA.

A ma binôme et sa famille et à tout moment de plaisir quand a passé durant ce travaille.

A toi NOUR EL HOUDA, je remercie dieu qui nous a dirigés vers ta connaissance.

RYMA



DÉDICACES

Premièrement je remercie Dieu le tout puissant de nous avoir aidé afin de conclure ce mémoire de fin de cycle.

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source d'amour incessible, à la mère des sentiments fragiles qui m'a bénie par ses prières NAIT KADI Farida, ma maman.

A mon support dans ma vie, qui m'a appris m'a supporté et m'a dirigé vers la gloire CHERIK Belkacem, mon papa.

Je les remercie pour leur confiance, leurs sacrifices et que dieu leurs accorde une très longue vie plein d'amour et de bonheur.

A mon adorable frère Sofiane et mes chères sœurs Amel, Bahdja et Meriem.

A toutes les personnes de ma grande famille en particulier ma grand-mère Nouara, ma chère tante Hayat qui était et restera ma deuxième maman, merci pour tes conseils.

A la mémoire de mon grand-père disparu trop tôt Mohand Amokrane. Puisse dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

A mes meilleures amies CHERNAI Amelia, BENAMARA Nourelhouda, SAHALI Leila et HADJED Dahbia. Je vous remercie énormément, votre amitié ne s'explique pas, il était et restera la nourriture de mon âme.

A ma chère binôme Ryma ainsi qu'à toute sa famille, merci pour le parcours qu'on a fait ensemble, merci pour les bons instants qu'on a subi toutes les deux, tu étais une sœur avant d'être ma collègue de ce travail qu'on a pu réaliser collectivement.

Keltoum



Liste des abréviations

- **ABS** : Absorbance.
- **Aw** : activité de l'eau.
- **CEE** : Communauté Economique Européenne.
- **C₂₈** : Conductivité corrigée à 28% de brix.
- **ICUMSA**: International Commission for Uniform Methodes of Sugar Analysis.
- **ISO**: Organisation International de Standardisation.
- **MS** : Matière sèche.
- **µm** : Unité de mesure de longueurs, micromètre
- **pH** : potentiel hydrogène.
- **POL** : Polarisation.
- **SAT** : Satisfaisant.
- **UFC** : Unité Formant Colonies.
- **UI** : Unité ICUMSA.
- **OGA** : Oxytétracycline Glucose Agar.
- **PCA** : Plat Count Agar.
- **VF** : Bouillon Viande-Fois.
- **MCL** : Mac Kleisky.
- **LM** : Levures et Moisissures.
- **GA** : Germes Aérobie.
- **GAC** : Germes Acidifiants.
- **ASR**: Clostridium sulfito- réducteurs.
- **SNFS** : Syndicat National des Fabricants de Sucre de France.
- **nm** : Unité de longueur, nanomètre.
- **NS** : Non sucre.
- **OM** : Dimension moyenne des cristaux (ouverture moyenne).
- **SPA** : Société Par Action.

Liste des Tableaux

Tableau I : Composition moyenne de la betterave sucrière.....	04
Tableau II: Origine de la canne à sucre	05
Tableau III : Composition moyenne de la canne à sucre	07
Tableau IV : Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose	10
Tableau V : Objectifs de pureté des masses cuites sur la chaîne des bas-produit définis par 4 raffineries	20
Tableau VI: Activités de Cevital	23
Tableau VII: Les analyses effectuées pour les différents produits lors de raffinage du sucre de la matière première jusqu'au produit fini	24
Tableau VIII: Les dilutions effectuées pour les produits intermédiaires	29
Tableau IX: Méthodes d'analyse du sucre blanc en morceau et utilisation de plan d'échantillonnage à trois classes	36
Tableau X: Micro-organismes recherches, volume filtre et milieu de culture utilise.....	38
Tableau XI: Résultat de la moyenne de la couleur, polarisation et d'humidité du sucre brut pendant les Cinq jours de pratique	42
Tableau XII: Résultats de la moyenne de la couleur durant le processus de raffinage du sucre roux du magma jusqu'à liqueur standard 3	43
Tableau XIII: Résultat de la moyenne de la pureté durant le processus de raffinage du sucre..	44
Tableau XIV : Résultat de la moyenne de la polarisation durant le processus de raffinage du sucre	44
Tableau XV: Résultat de la moyenne du Brix durant le processus de raffinage de sucre	45
Tableau XVI: Résultat de la moyenne des valeurs du pH durant le processus de raffinage du sucre	45

Liste des Tableaux

Tableau XVII: Résultat de la moyenne du pH et de la densité du lait de chaud lors de raffinage du sucre	46
Tableau XVIII: Résultat de la moyenne du pH et de l'alcalinité du jus chaulé lors de raffinage du sucre	47
Tableau XIX: Résultats du suivi de la conformité de l'humidité de sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B	47
Tableau XX: Résultats de suivi de la conformité de la polarisation du sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B.....	48
Tableau XXI: Résultats de suivi de la conformité de la teneur en cendres conductimétries du sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B	48
Tableau XXII: Résultats de suivi de la conformité de la couleur du sucre blanc par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B et la norme CEE	49
Tableau XXIII: Interprétation des résultats microbiologiques.....	50
Tableau XXIV: Interprétation des résultats microbiologiques	50
Tableau XXV: Interprétation des résultats microbiologiques	51

Liste des Figures

Figure 01 : Diffusion de la canne à sucre à partir de la nouvelle Guinée	3
Figure 02 : La betterave sucrière.....	5
Figure 03 : Les principales constituantes de la canne à sucre.....	6
Figure 04 : Cycle de culture de la canne à sucre.....	7
Figure 05 : Schéma du procédé de raffinage du sucre roux	15
Figure 06 : Appareils à cuire sous vide partiel.....	19
Figure 07 : Cristal de saccharose montrant les huit faces principales.....	22
Figure 08 : Photographie de polaser.....	26
Figure 09 : Les produits intermédiaires	30

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les sucres

I.1. Historique 3

I.2. Généralités sur la betterave sucrière 4

I.3. Généralités sur la canne à sucre 5

I.4. Définition des sucres 8

I.5. Propriétés physico-chimiques du saccharose 8

I.5.1. Composition 8

I.5.2. Propriétés physiques 8

I.5.3. Propriétés chimiques 10

I.6. Notion générale sur la chimie sucrière 11

Chapitre II : le processus de raffinage du sucre roux

II.1. Procédé de raffinage du sucre roux 14

II.1.1. Réception 16

II.1.2. Affinage et fonte 16

II.1.3. Carbonatation 16

II.1.4. Filtration 17

II.1.5.Décoloration.....	18
II.1.6.Concentration.....	18
II.1.7.Cristallisation.....	18
II.1.8.Séchage et maturation.....	20
II.1.9.Stockage et conditionnement.....	21

Partie pratique

Chapitre I: Matériel et méthode

I.1.Matériel.....	23
I.2.Methodes.....	23
I.2.1.Analyses physico-chimiques.....	23
I.2.1.1.Échantillonnage et prélèvement.....	23
I.2.1.2.Matière première.....	25
I.2.1.3.Produits intermédiaires.....	29
I.2.1.4.Produit fini.....	32
I.2.2.Analyses microbiologiques.....	35
I.2.2.2.Analyse.....	35
I.2.2.2.1.Recherche et dénombrement des germes.....	38

Chapitre II : Résultats et discussions

II.1.Analyses physico-chimiques.....	42
II.1.1.Résultats d'analyses de la matière première.....	42
II.1.2.Résultats d'analyses des produits intermédiaires.....	42
II.1.3.Résultats d'analyses du produit fini (conformité de sucre blanc de CEVITAL).....	47

II.2.Résultats des analyses microbiologiques 50

Conclusion et perspectives 52

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Introduction

L'industrie du sucre est considérée comme un secteur mûr reposant sur les principes de base développés au XIX^{ème} siècle. Cette industrie éprouve des changements, y compris des développements technologiques. L'économie d'énergie a toujours été un point clé dans l'avancement de la technologie (Arzat, 2005).

De plus, l'effet des opérations de la sucrerie sur l'environnement ont certainement influencé l'utilisation de nouvelles et diverses technologies. La conversion du procédé en temps différé vers un procédé en continu et l'accroissement de l'extraction de saccharose sont à la base de ces changements technologiques.

Le sucre (saccharose) est extrait soit de la betterave sucrière soit de la canne à sucre. Ces plantes possèdent la particularité d'avoir comme sucre de réserve le saccharose qui est un synonyme de sucre alimentaire et sucrose, un diholoside ou disaccharide formé de glucose et de fructose. Le saccharose est la forme de transport des glucides chez les végétaux et parfois une forme de réserve (betterave, canne à sucre, érable).

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. 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 (Arzat, 2005).

Le sucre est l'un des produits de l'agroalimentaire. Il est obtenu à la suite d'opération unitaire nécessitant beaucoup d'intervenants de différents types ; énergétique, mécanique, chimique etc.

Son obtention de la plante lui confère une coloration brune ou rousse d'où l'appellation sucre roux tandis que sa consommation comme édulcorant impose une coloration blanche d'où l'intervention des sucreries est nécessaire afin d'obtenir un sucre blanc de bonne qualité, la sucrerie est donc principalement une industrie de séparation et de purification.

Ils existent plusieurs entreprises en Algérie qui produisent le sucre blanc et chacune d'entre elles cherche à produire un produit de qualité. **CEVITAL** en est un exemple. Notre stage effectué au niveau de cette unité permet de suivre deux paramètres de qualité du sucre

blanc (physico-chimiques et microbiologiques). Notre thématique est une approche autour des analyses effectuées au niveau de cette industrie lors du raffinage du sucre blanc et le contrôle de la conformité du sucre obtenu vis-à-vis des normes **ICUMSA** et **ISO** tout en s'intéressant à l'évaluation du processus de fabrication du sucre blanc.

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques réalisées au niveau de deux laboratoires de contrôle de qualité du sucre sont illustrées et détaillées dans ce travail.

I.1. historique

La canne à sucre est connue depuis la préhistoire -8000 ans avant Jésus-Christ et elle serait originaire de Nouvelle-Guinée (**Figure 01**). Sa culture s'est progressivement étendue aux îles avoisinantes, puis a gagné l'Inde et la Chine. L'extraction de sucre de canne est attestée en Chine environ six siècles avant Jésus-Christ. La production de sucre existait en Inde 3000 ans avant Jésus Christ. C'est l'expédition d'Alexandre le Grand jusqu'à l'Inde aux alentours de -325 ans avant Jésus-Christ qui la fit connaître la première fois aux Européens (**Debibakas, 2012**).

Au XV^e siècle la république de Venise s'est assuré le monopole du commerce du sucre dans le bassin méditerranéen. Des raffineries de sucre apparaissent à Venise puis à Madère. Un peu plus tard la canne est introduite aux Antilles par les Espagnols puis à Saint-Domingue et en Amérique où elle va connaître un développement, sensiblement au même temps que le café et le cacao. Toutes fois le sucre reste rare et cher (**Multon, 1992**).

Aux XVII^e le commerce du sucre prend une importance considérable et le prix commencent à baisser, tendance qui se confirme au XVIII^e siècle. A cette époque le raffinage du sucre brut importé de l'Amérique commence à se développer dans les ports européens (**Multon, 1992**).

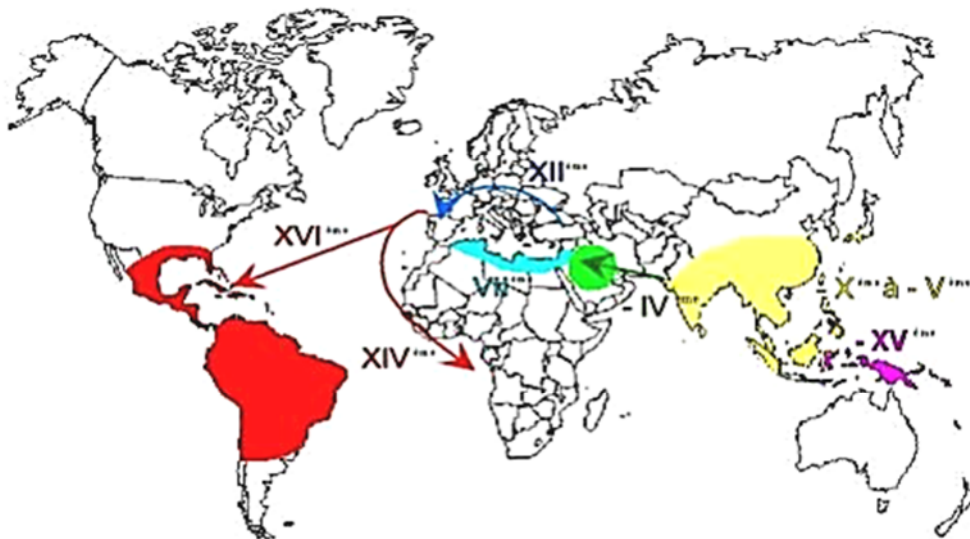


Figure 01 : Diffusion de la canne à sucre à partir de la nouvelle Guinée (Debibakas, 2012).

I.2. Généralités sur la betterave sucrière

La filière européenne de betterave sucrière est régie depuis 1968 par une organisation commune de marché (OCM) spécifique (Desbois *et al.*, 2007). Il fit remarquer que grâce à une pléiade de chercheurs dans le domaine de la chimie, la physique, l'agriculture et d'autres branches de la science, la fabrication du sucre de betteraves connaissait un développement prodigieux (Hendrik *et al.*, 2008).

I.2.1. Définition

La betterave sucrière (« Beta vulgaris ») appartient, comme les épinards, à la famille des « chénopodiacées », préfère un climat tempéré, des terres riches, profondes et humides. (Figure 02) (Arzat, 2005).

Tableau I : Composition moyenne de la betterave sucrière (Pennington et Baker, 1990)

Composant	Teneur (%)
Eau	75,9
Non-sucrés	2,6
Sucre	16
Pulpe	5,5
Total	100

I.2.2. la récolte de la betterave sucrière

La betterave sucrière préfère un climat tempéré, des terres riches, profondes et humides. Ses graines sont semées au printemps, après les gelées, de mi-mars à fin avril. Assez fragile, la betterave sucrière a besoin de traitements contre les maladies. Sa récolte commence en automne, fin septembre, et doit être terminée en décembre, avant les grands froids (Arzat, 2005).



Figure 02 : La betterave sucrière (Mors, 2020).

I.3.Généralités sur la canne à sucre

L'origine de la canne à sucre est résumée dans le tableau suivant.

Tableau II : origine de la canne à sucre (Carine, 2008).

Famille	Sous-famille	Tribu
Poaceae	Panicoideae	Andropogoneae

Avec un volume annuel de production d'environ 1,29 milliards de tonnes (Faostat, 2005). Cette dernière possède des racines denses qui peuvent s'enfoncer profondément dans le sol. Elles sont pourvues de nombreux poils absorbants qui aspirent l'eau et les sels minéraux du sol. D'autres racines plus profondes assurent le maintien et la stabilité de la plante. Leur écorce épaisse et lisse va du jaune au violet selon les variétés comme la montre la **figure 03**. Contrairement à de nombreux autres aliments, le sucre peut être produit dans les zones tempérées ainsi que dans les régions tropicales et subtropicales (Vlitos, 1995).

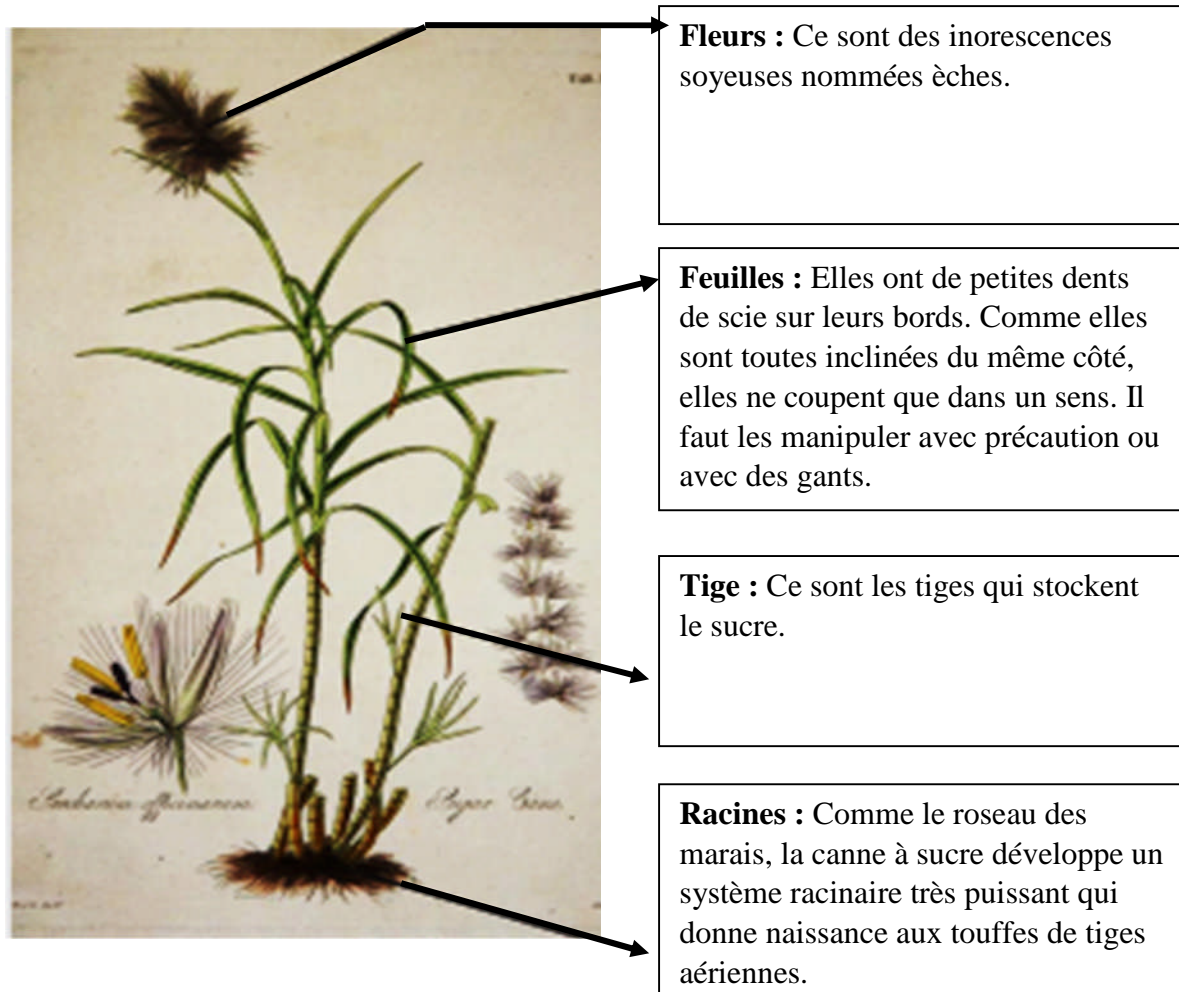


Figure 03 : Les principales constituantes de la canne à sucre (Benoît Lesne *et al.*, 2014).

I.3.1. La récolte de la canne à sucre

La croissance de la canne est limitée par le gel et la sécheresse. La canne est cultivée aussi bien sur des argiles que sur des tourbes ou sur des sols sableux. Elle est parfaitement adaptée aux conditions d'ensoleillement et de température intenses. Un sol aéré et irrigué est cependant plus adapté.

Le cycle de culture de la canne comprend : la plantation, la levée, le tallage, la croissance, la floraison, la maturation et la récolte (**Figure 04**) (Carine, 2008).

Le cycle entre deux récoltes varie entre 10 et 24 mois en fonction du climat et des choix économiques. Le cycle entre deux plantations est très variable et dépend surtout du critère socio-économique (Glaszmann, 1999).

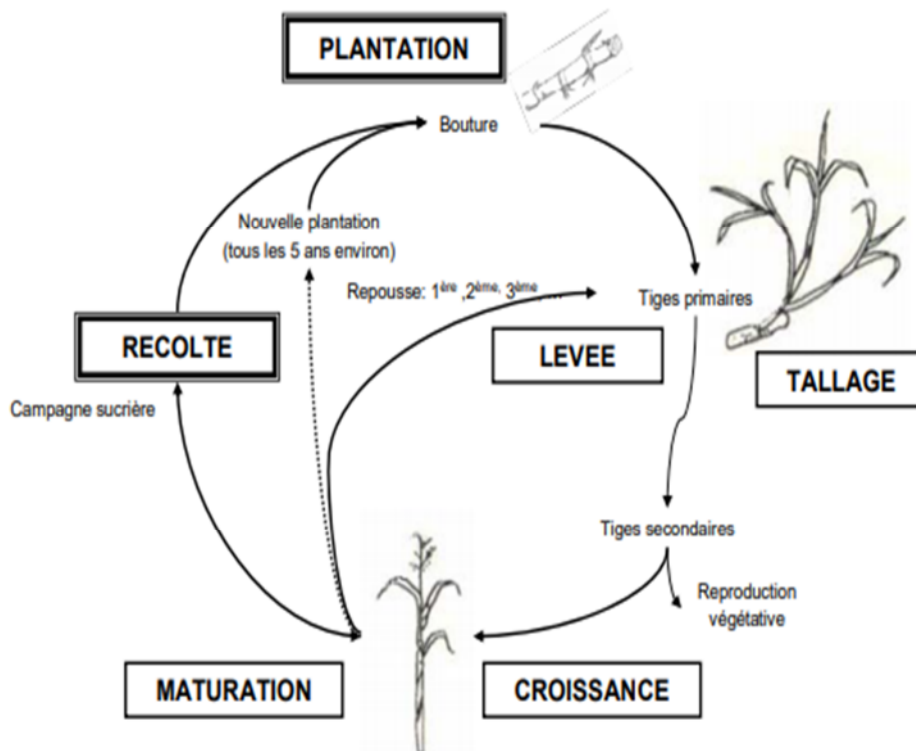


Figure 04 : Cycle de culture de la canne à sucre (Carine, 2008).

La récolte de la canne à sucre intervient après onze à dix-huit mois de culture, avant la floraison, afin de déterminer la période la plus favorable pour la coupe de la canne, la quantité de saccharose de la tige est mesurée à l'aide d'un réfractomètre (Arzat, 2005).

La canne à sucre est une plante facile à cultiver car elle s'adapte à des conditions très variées (Debibakas, 2012).

Elle est constituée de 99% de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. De culture pluriannuelle, son cycle dure 4 à 10 ans (Carine, 2008).

Tableau III : Composition moyenne de la canne à sucre (Arzat, 2005).

Les principaux constituants de la canne à sucre	La teneur en %
Eau	72 à 77
Fibre ligneuses	10 à 18
Saccharose	12 à 6
Impuretés	2 à 3

La betterave sucrière représente la majeure partie du sucre produit et consommé en Europe, bien que le sucre de canne soit toujours importé des pays dits de la Convention de Lomé (Afrique, Caraïbes, Fidji, etc.). Le premier producteur mondial de sucre est désormais la Communauté européenne (CE) (Vlitos, 1995).

I.4.Définition des sucres

Il est facile de définir les "sucres" au sens chimique du terme : communément appelée "glucides". Ces derniers sont habituellement répartis entre oses (monosaccharides) et osides, qui sont des polymères d'oses (polysaccharides) (Punidades, 1990).

I.4.1.Définition du sucre roux

Le sucre roux est obtenu à partir de jus de canne épuré, concentré, cristallisé puis centrifugé. On l'appelle sucre roux ou sucre brut. Les cristaux de ce sucre sont plus ou moins colorés et ont un léger goût dû aux impuretés contenues dans celui-ci (Punidades, 1990).

I.5. Propriétés physico-chimiques du saccharose

I.5.1.Composition

Le saccharose est un glucide (Aliment composé de Carbone, Hydrogène et Oxygène) Corps solide, blanc, brillant ; il se présente sous forme de cristaux. Il n'absorbe pas les odeurs, il est très soluble dans l'eau, et insoluble dans l'alcool (Technomitron, 2021).

Sa solubilité augmente avec la température. Le saccharose est formé de deux molécules d'hexoses réducteurs : le glucose (ou dextrose) et le fructose (ou lévulose) (Multon, 1992).

I.5.2.Propriétés physiques

I.5.2.1.Aspect

Le sucre du commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante qui n'est pas hygroscopique. Il est inodore et de saveur caractéristique. Son humidité est très faible (Multon, 1992).

I.5.2.2.Densité

La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, tel qu'une pile de sucre cristallisé, la densité apparente change légèrement selon la taille des cristaux et la distribution de cette taille en fonction du degré de tassement des cristaux (**Arzate, 2005**).

I.5.2.3.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 (**Multon, 1992**).

I.5.2.4.Activité de l'eau (Aw)

Une autre propriété importante du saccharose est sa capacité d'hydratation. Cette caractéristique affecte l'activité de l'eau (Aw) de la solution ou du produit dans lequel le saccharose est présent (**Technomitron, 2021**).

I.5.2.5.Solubilité

Le saccharose est très soluble dans l'eau, dans l'alcool et autres solvants polaires. Il est généralement insoluble dans le benzène et d'autres solvants organiques apolaires. La solubilité du saccharose en solution aqueuse pure est définie comme étant l'état d'équilibre entre la solution (liquide) et le cristal (solide) (**Mathlouthi et al., 2004**).

I.5.2.6.Degré Brix

La connaissance de la quantité de sucre dissous dans l'eau est d'importance industrielle. Le plus important indice est l'échelle Brix qui décrit la teneur en sucre dans une solution. Ce dernier est également employé pour mesurer des solutions aqueuses non pures (**Decloux, 2002**).

Pour les solutions contenant d'autres substances, le Brix représente les solides apparents ou la densité apparente (**Decloux, 2002**).

I.5.2.7. Viscosité

De façon générale, la viscosité augmente avec la diminution de la pureté du saccharose (Arzat, 2005).

Tableau IV : Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose (Arzat, 2005).

Brix	Viscosité (cp)	
	20C°	50C°
20	2	n.d.
40	6	n.d.
60	60	12
70	480	n.d.

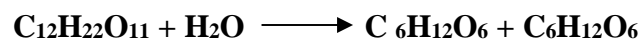
I.5.2.8. Fusion

Chauffé lentement à sec, le sucre commence à fondre vers 160 C° puis se transforme en caramel avant de brûler vers 190 C°, en donnant un résidu de charbon de sucre (Multon, 1992).

I.5.3. Propriétés chimiques

I.5.3.1. Inversion

Le sucre inverti est obtenu par hydrolyse du saccharose en milieu aqueux et plus ou moins acide et sous l'action combinée de la température.



Saccharose Eau Glucose Fructose

C'est ainsi que le saccharose s'invertit naturellement dans certaines préparations alimentaires et notamment dans les boissons lors d'un traitement thermique (Multon, 1992).

Industriellement, la fabrication du sucre inverti fait appel à trois procédés :

- L'hydrolyse acide qui est le plus répandu, le degré d'inversion dépendant de trois facteurs :
 - Concentration et nature de l'acide

- Temps
- Température
- L'inversion par résine échangeuse d'ions

On utilise des échangeurs de cation fortement acides et on obtient le pourcentage d'inversion désiré en faisant varier la température et la vitesse de percolation (**Multon, 1992**).

- L'inversion par hydrolyse enzymatique

Ce procédé est surtout utilisé pour des produits spécifiques ayant des caractéristiques particulières en matière de goût et de couleur notamment (sirops de canne) (**Multon, 1992**).

I.6. Notion générale sur la chimie sucrière

I.6.1. Brix

La détermination des matières sèches des produits sucrés est réalisée par mesure de l'indice de réfraction à 20°C. La teneur en matières sèches pour 100 grammes de solution a en degrés (°Brix) (**Decloux, 2002**).

Lorsqu'on chauffe une solution, l'eau s'évapore et lorsqu'elle est totalement évaporée, il reste les matières sèches (MS) puisque elle est constituée d'eau et de matières sèches (**Berkati, 2018**).

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

$$\text{BRIX} = \frac{\text{quantité de matière sèche (g)} \times 100 (\%)}{\text{quantité de solution}}$$

I.6.2. Polarisation

Une solution de sucre est composée de matières sèches et d'eau. Ces matières sèches contiennent des sucres et des non sucres (NS) (**ICUMSA, 2013**).

D'ou :

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

Avec ;

- (MS) : matières sèches
- m (E) : masse d'eau
- m(NS) : masse de non sucres.

$$\text{Polarisation \%} = \frac{\text{quantité de sucre (g)} \times 100}{\text{quantité de solution (g)}}$$

La polarisation peut être mesurée grâce à un polarimètre thermostaté à 20°C (**Berkati, 2018**).

I.6.3. Pureté

La pureté est le rapport sucre sur matières sèches exprimée en pourcentage. Cette notion conduit aussi à définir la notion de non-sucre, c'est-à-dire toutes les substances dissoutes autres que le sucre (**Berkati, 2018**).

La pureté définit la quantité de sucre (S) contenue dans la matière sèche (MS). Elle est généralement exprimée en pourcentage (%) (**Berkati, 2018**). La pureté ne se mesure pas, elle se calcule selon cette formule :

$$\text{Pureté} = \frac{\text{polarisation} \times 100}{\text{Brix}}$$

I.6.4. Colorimétrie

L'indice de couleur ICUMSA du sucre peut donner des informations sur les conditions générales de traitement dans les sucreries, depuis la récolte jusqu'à l'emballage du sucre (**Keskar, 1999**). La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre. Elle est basée sur la diminution de la densité lumineuse d'un faisceau monochromatique qui traverse la solution à analyser. Le résultat est exprimé en unité ICUMA (UI) (**ICUMSA, 1994**).

I.6.5.Densité

Pour le saccharose, elle est mesurée à 15°C par Plato. La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, tel qu'une pile de sucre cristallisé, la densité apparente change légèrement selon la taille des cristaux et la distribution de cette taille en fonction du degré de tassement des cristaux (**Arzat, 2005**).

Chapitre II : le processus de raffinage du sucre roux**II.1. Procédé de raffinage du sucre roux.**

La fabrication du sucre blanc de canne passe par deux longues chaînes de transformation en sucrerie, puis en raffinerie (**Figure 05**). Complémentaire de la sucrerie, la raffinerie achève la purification du sucre roux en sucre blanc (**Cartier, 1997**). Ce dernier contient entre 94 et 98.5% de saccharose, les impuretés sont constituées de matières minérales et organiques qui sont des macromolécules solubles et insolubles (**Cartier, 1997**).

Chaque opération unitaire de la sucrerie ou de la raffinerie représente une étape de purification puisqu'il vise à extraire le saccharose à partir du jus de canne ou du sucre roux en éliminant les impuretés, c'est-à-dire les non sucres (NS), qui se retrouvent dans la mélasse pour la plus part. Certaines opérations telles que la clarification et la cristallisation sont communes à la sucrerie et à la raffinerie. On distingue néanmoins en raffinerie la chaîne haut-produit dont la cristallisation conduit à la production de sucre blanc, et la chaîne bas-produit rassemblant les produits de faible pureté (**Cartier, 1997**).

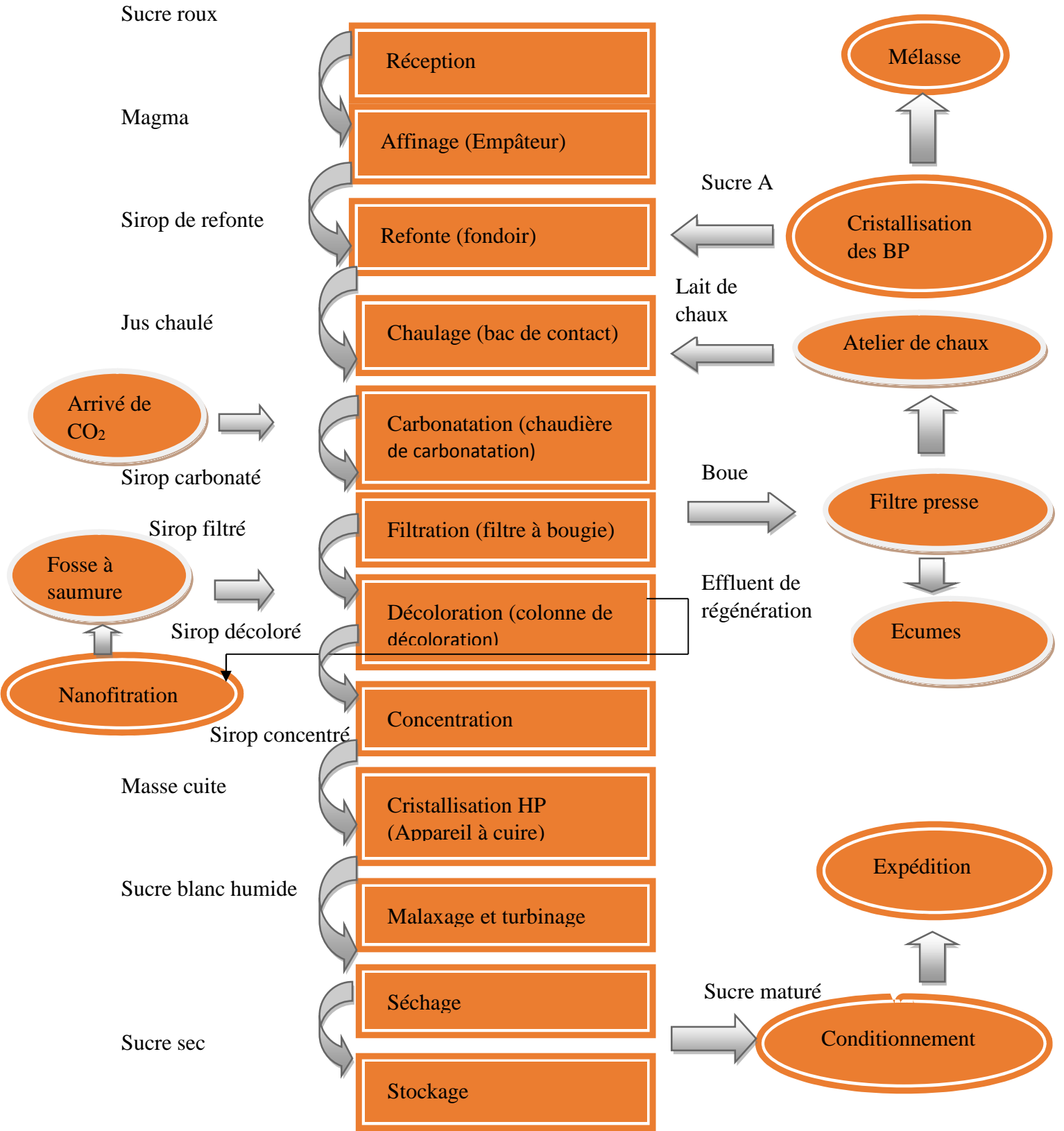


Figure 05 : Schéma du procédé de raffinage du sucre roux (Punidadas, 1990).

II.1.1.Réception

Le sucre brut est déchargé sur un convoyeur qui l'amène directement dans l'entrepôt où il est entreposé en piles. Cet entrepôt peut contenir jusqu'à 65000 Tonnes de sucre (**Arzate, 2005**).

II.1.2.Affinage et Refonte

II.1.2.1.Affinage

Le sucre brut à raffiner est un sucre roux provenant d'une sucrerie de canne à sucre, ce sucre roux présentant une teneur en matière sèche (essentiellement saccharose) de l'ordre de 97 à 99% en poids (**Claus, 1937**).

Une part importante des impuretés du sucre roux est répartie dans une fine couche à la surface du cristal. L'affinage permet donc de retirer cette pellicule en empattant le sucre brut dans un sirop pur légèrement sous saturé. Du sucre en périphérie se dissout. Un essorage du magma avec clairçage (lavage des cristaux) permet d'obtenir des cristaux partiellement purifiés (**Punidades, 1990**).

II.1.2.2.Refonte

Cette étape consiste à une dissolution dans une solution aqueuse sucrée ou de l'eau. Le milieu aqueux est à une température suffisante pour que l'opération de refonte se fasse (**Claus,1937**).

II.1.3.Carbonatation

L'objectif est ici d'éliminer les gommes et autres impuretés essentiellement organiques (**Punidades, 1990**).

Pour précipiter l'excès de chaux, principalement présente en suspension dans le jus. On emploie du lait de chaux qui forme des précipités retenant ces impuretés. La chaux précipitée sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) sur la surface des particules, absorbent certains composés non-sucre qui se trouvaient en solution (**Arzate, 2005**).



II.1.3.1. Préparation de lait de chaux

Le lait de chaux est fabriqué dans l'usine à partir de chaux vive obtenue par cuisson des pierres calcaires dans un four, avec ajout de 9% de coke en combustible. Le mélange est ensuite carbonaté (barbotage de gaz carbonique récupéré au moment de la cuisson des pierres calcaires) (**Burzawa et al., 1995**).

II.1.3.2. Chaulage

Ce procédé consiste à additionner au sirop de la chaux préparée sous forme de lait de chaux (Ca(OH)_2), et à faire baigner dans ce mélange, qui est introduit dans des chaudières à carbonater, du gaz dioxyde de carbone (CO_2) provenant des chaudières à vapeur (**Claus, 1937**).

II.1.3.3. Première et deuxième carbonatation

Le sirop trouble formé est alcalinisé par addition de lait de chaux, les impuretés précipitées sont retirées par flottaison et filtration (**Arzate, 2005**).

La plupart des fabricants de sucre emploient de la chaux avant la deuxième carbonatation, l'expérience montre qu'il est plus facile, dans ces conditions, d'obtenir des sucres blancs de qualité (**Claus, 1937**).

II.1.4. Filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration sur des filtres autonettoyants à bougies en toile, le sirop filtré est envoyé vers la décoloration (**Burzawa et al., 1995**).

Les impuretés ainsi précipitées et enrobées par le carbonate précipités sont séparées sur des filtres, on obtient donc, un jus jaune limpide et pur et de l'autre côté le carbonate de chaux (les écumes) contenant la majeure partie des impuretés (**Burzawa et al., 1995**).

II.1.5. Décoloration

Le procédé de décoloration proprement dit n'a pas pour seul objectif de faire disparaître la coloration optique mais surtout d'éliminer les molécules colorables ou précurseurs de colorants (**Punidades, 1990**).

La décoloration est généralement effectuée avec des adsorbants tels que les résines qui sont un procédé qui se développe de plus en plus en raffinerie du fait de son efficacité, de sa facilité d'utilisation et de son coût moindre (**Arzate, 2005**).

Les adsorbants utilisées en sucreries sont des échangeurs anioniques fortement basique, généralement sous forme chlorure, avec une capacité d'échange faible (**Punidades, 1990**).

II.1.6. Concentration

Consiste à ramener la concentration du sirop décoloré à un Brix de 70% par l'évaporation d'une certaine quantité d'eau introduite par les opérations précédentes. Cette opération facilitera la cristallisation du sucre. Le sirop initialement à environ 58% de brix se retrouve à la sortie du concentrateur à un brix de 72%. Elle est la partie la plus subtile du processus de fabrication. A la fin de l'évaporation, le sirop de sucre se caractérise par un taux de pureté de 93% (**Mathlouthi et al., 2004**).

II.1.7. Cristallisation

Le but de cette opération est la formation de cristaux de sucre à partir du jus épuré en ajoutant la semence, on peut introduire directement dans la solution des germes (les premiers petits cristaux qui se forment) préparés par broyage de cristaux de saccharose. Ces germes introduits dans une solution modérément sursaturée, vont se développer par dépôts des molécules de saccharose sur les différentes faces pour former le cristal (**Figure 07**) (**Burzawa, 1994**).

Il est impossible de cristalliser en une seule étape plus de 60% de saccharose. L'extraction se déroule par conséquent en plusieurs jets (généralement trois jets) Ainsi, la couleur du sucre est en fin de compte le résultat de l'efficacité globale des différentes étapes du traitement (**Keskar, 1999**).



Figure06 : Appareil à cuire sous vide partiel (CEVITAL, 2021).

Le schéma de cristallisation de la raffinerie est onéreux et plus compliqué que celui de la sucrerie, la **figure 06** montre l'appareil de cristallisation utilisé au niveau des raffineries (Cartier, 1997).

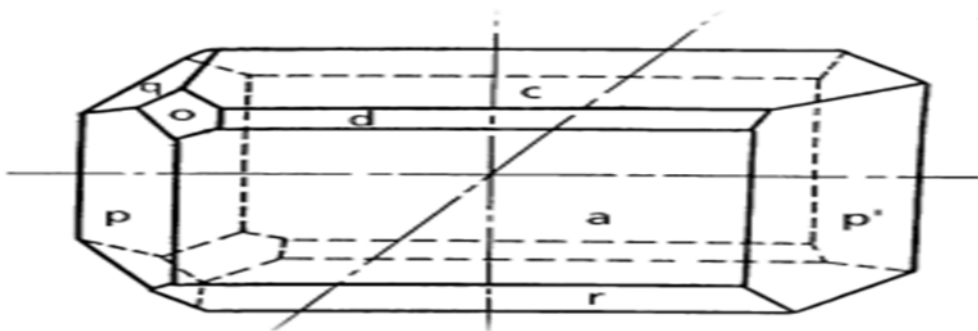


Figure07 : Cristal de saccharose montrant les huit faces principales a, c, d, p', o, q, r (Burzawa, 1994).

II.1.7.1. La 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. Le cas répondu le plus souvent est la cristallisation à trois jets (**Romain et al., 2007**).

II.1.7.2. La cristallisation des bas produits (BP)

La cristallisation des bas produits s'alimente des issus de la cristallisation des hauts produits, généralement des égouts 3. 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 (**Romain et al., 2007**).

Le tableau V montre la diminution de la pureté (de 80 à 60) de la masse cuite des bas-produits en trois jets (**Cartier, 1997**).

Tableau V : Objectifs de pureté des masses cuites sur la chaîne des bas-produit définis par 4 raffineries (**Cartier, 1997**).

Raffinerie	Pureté Masse cuite I	Pureté Masse cuite II	Pureté Masse cuite III
1	83	72-74	64-67
2	81-85	68-70	57-59
3	80	70	55-60
4	80	70	58-60

II.1.8. Séchage et maturation

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

La masse-cuite est malaxée et turbinée dans une centrifugeuse afin de séparer les cristaux de sucre et le sirop épuisé. On obtient le sucre du premier jet. Le sirop épuisé est malaxé et turbiné à nouveau pour obtenir le sucre de deuxième jet. Le sirop est encore malaxé et turbiné une deuxième fois pour l'obtention du sucre de troisième jet et de la mélasse (**Arzat, 2005**).

Le sucre sort des centrifugeuses avec une humidité de 0.5% il est dirigé par un transporteur à bande tapis vibreur vers le tambour relatif qui est formé à l'intérieur de cloisons sous forme de pal ; un air chaud est envoyé à contre-courant dans des granulateurs à tambour (Arzat, 2005).

II.1.9. Stockage et conditionnement

Le but est d'assurer la maturation du sucre avec de l'air conditionné qui élimine l'humidité résiduelle contenue dans les cristaux de sucre. Il est important que la couche de sucre soit bien ventilé par air pouvant entraîner l'excès d'humidité par contre cet air ne doit pas être trop sec. Le sucre est ensuite stocké dans des silos dont l'air est conditionné en température et humidité afin d'éviter la prise en masse (maturation) (Burzawa, 1994).

- **Présentation du complexe agroalimentaire de Cevital**

Le complexe industriel agroalimentaire Cevital, implanté à proximité du port de Bejaïa (**Figure08**), est le plus grand complexe agroalimentaire privé en Algérie.



Figure 08 : Carte géographique montrant la position du complexe **CEVITAL** (Bejaïa).



Aujourd'hui, CEVITAL SPA. Offre des produits d'une qualité supérieure à des prix compétitifs, grâce à son savoir-faire, ses unités de production ultramodernes, son contrôle strict de qualité et son réseau de distribution performant (**Manuel CEVITAL, 2021**).

- les activités de CEVITAL

Tableau VI : Activités de CEVITAL (CEVITAL, 2021)

Activités	Capacité de production
Raffinage des huiles	1800 tonnes/jour
Conditionnement d'huile	1400 tonnes/jour
Raffinage de sucre	3000 tonnes/jour et 3500 tonnes/jour
Production de margarines	600 tonnes/jour
Fabrication d'emballage PET (poly éthylène téréphtalate)	9600 unités/heure
Épuration des eaux usées	-
Traitement des pâtes de la neutralisation	-
Stockage des céréales	120000 tonnes
La cogénération	Une capacité de production arrive jusqu'à 64 MW

I.1. Matériel

L'étude des paramètres a nécessité un matériel (**voir annexe I**) et des méthodes d'analyses de référence pour les sucres, en utilisant les méthodes ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis).

I.2. Méthodes

I.2.1. Analyses physico-chimiques

I.2.1.1. Échantillonnage et prélèvement

L'étude est réalisée au niveau de la raffinerie de sucre du complexe **CEVITAL**, a consisté, d'une part à suivre les analyses de tous les paramètres des différentes sections. Et d'autre part à suivre l'évolution de la conformité des différents paramètres de qualité du sucre blanc d'ensilage. En cours de ce stage pratique nous avons effectué différents prélèvements pour les analyses physico-chimiques pendant une période de 15 jours.

Les échantillons sont recueillis au niveau des différentes sections de l'atelier de production. Le prélèvement consiste à ouvrir la vanne permettant de recueillir une quantité suffisante et la transportés directement au laboratoire pour l'analyser.

Les différentes analyses effectuées au cours du stage pratique et les types de produits analysés sont résumés dans les tableaux I, II, III. Les produits concernés sont les matières premières de raffinage du sucre, les produits intermédiaires (produits obtenu au cours du procédé de raffinage) et le produit fini (le sucre blanc).

Tableau VII : Les analyses effectuées pour les différents produits lors de raffinage du sucre de la matière première jusqu'au produit fini.

Produits Paramètres physico-chimiques	Matière première (sucre roux)	Produits intermédiaires									Produit fini (sucre blanc)
		M	SR	Lait de chaud	SC	JC	SF	SD	S[C]	LS	
Polarisation	+	+	+				+	+	+	+	+
Couleur	+	+	+				+	+	+	+	+
Humidité	+										+
Brix		+	+				+	+	+	+	
pH			+	+	+	+	+	+		+	
Pureté		+	+				+	+	+	+	
Alcalinité						+					
Teneur en cendres conductimétries											+
Densité				+							

+ : analyses effectuées.

M : Magma, **SR** : sirop de refonte, **SC** : sirop carbonaté, **JC** : jus chaulé, **SF** : sirop filtré, **SD** : sirop décoloré, **S[C]** : sirop concentré, **LS** : liqueur standard.

I.2.1.2. Matières premières

I.2.1.2.1. Mesure de la polarisation des sucres bruts (ICUMSA Méthode GS 1/2/3/9-1, 2011)

- **Principe :**

Cette méthode mesure la rotation optique normale de sucre brut. La polarisation est exprimée en Z° de l'échelle saccharimétrique internationale.

- **Mode opératoire :**

- ✓ Peser avec précision $26,000 \pm 0,002$ g de sucre roux aussi vite que possible dans une fiole de 100ml séchée.
- ✓ Transférer ce sucre dans une fiole volumétrique de 100 ml rincée à l'eau distillée sans dépasser un volume voisin de 70 ml.
- ✓ Dissoudre complètement par agitation manuelle ou en utilisant un agitateur mécanique.
- ✓ Ajouter une cuillère à café d'acétate de plomb basique. Mélanger la solution par agitation douce, ajouter de l'eau distillée au-dessous du trait de jauge, s'il y a formation de bulles d'air, ajouter quelques gouttes d'alcool ou d'éther
- ✓ Ajuster la température de la solution de sucre à 20°C en la mettant dans un bain d'eau environ 15 à 20 minutes.
- ✓ Sécher la paroi interne du col de la fiole avec du papier filtre, et ajuster le volume de la solution exactement au trait de jauge avec de l'eau à 20°C avec une pipette de transfert.
- ✓ Boucher la fiole et mélanger la solution en secouant énergiquement à la main
- ✓ Laisser reposer la solution pendant 5 minutes, puis filtrer à travers un filtre plissé contenant de la terre infusoire.
- ✓ Lire la valeur de la polarisation à l'aide d'un polarimètre.



Figure 09: Photographie de polaser (CEVITAL, 2021)

- **Expression des résultats :**

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

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

P₂₀ : polarisation a 20C°

P_t : polarisation mesurée à la température t

T : la température de la solution

I.2.1.2.2. Détermination de la teneur en amidon (ICUMSA Méthode GS 1-16, 2005)**• Principe**

Le sucre roux est dissout dans de l'eau distillée, puis en ajoute à la solution le chlorure de calcium/acide acétique pour solubiliser toute la quantité d'amidon présente.

On ajoute la solution de potassium iodure/iodate pour former le complexe amidon-iodure de couleur bleu. L'absorbance de ce complexe est lu dans un spectrophotomètre à 700 nm, à cette longueur d'onde l'effet de l'absorbance des impuretés du sucre roux est minimal.

• Mode opératoire

- ✓ Peser $3,60 \pm 0,02$ g de sucre roux dans chacune des deux fioles de 50ml : a) solution du blanc, b) solution test
- ✓ Ajouter $7,0 \pm 0,1$ ml d'eau distillée dans chaque fiole
- ✓ Agiter jusqu'à dissolution complète du sucre
- ✓ A l'aide d'une burette, ajouter dans chaque fiole 15 ml de chlorure de calcium/acide acétique « $\text{CaCl}_2 / \text{CH}_3\text{COOH}$ », agiter puis boucher :
- ✓ Placer les fioles pendant 15 ± 1 dans un bain bouillant ($95 - 100^\circ\text{C}$)
- ✓ Agiter les fioles pendant 5 et 10 minutes qui suivent pour faciliter la dissolution de l'amidon.

- ✓ Après 15 minutes retirer les fioles du bain bouillant puis les refroidir
- ✓ Dans chaque fiole ajouter, à l'aide d'une burette, $15 \pm 0,05$ ml d'acide acétique à 0.033 mol/l puis agiter bien
- ✓ Ajuster la fiole de la solution du blanc (a) avec de l'eau distillée et mélanger bien
- ✓ Ajouter $10,00 \pm 0,04$ ml de la solution potassium iodure/iodate « KI/KIO₃ » à la solution test (b) et ajuster avec de l'eau distillée, boucher la fiole et agiter
- ✓ Lire l'absorbance de la solution test entre les 2 à 5 minutes qui suivent l'ajout du « KI/KIO₃ » dans une cellule de 2 cm à 700 nm par rapport à la solution du blanc qui est prise comme solution référence.

I.2.1.2.3. Mesure de la couleur en solution brut (Méthode GS 1-7, 1994)**• Principe**

Le sucre brut est dissous dans l'eau distillée la solution est filtré à travers une fine membrane filtrante pour éliminer le trouble, la solution est ajuster a $\text{pH} = 7 \pm 0,1$ par l'ajout de fine gouttelette de solution de NaOH 0,1N ou de HCl 0,1N.

Avec un spectrophotomètre UV visible l'absorbance de la solution filtré est mesurée à 420nm dans une cuve en quartz d'un trajet optique de 1 Cm. Le brix de la solution est déterminé puis la couleur est calculée à partir de la formule incluse dans le logiciel Cléopâtre.

La concentration et la longueur de la cellule sont choisies pour obtenir une transmittance dans l'intervalle allant de 20 à 80%

• Mode opératoire

- ✓ Préparer une solution sucrée d'un brix de 30 ($30 \pm 0,1$) g de sucre et ($70 \pm 0,1$) g d'eau
- ✓ Dissoudre le sucre à température ambiante manuellement ou à l'aide d'un agitateur mécanique.
- ✓ Ajouter à la solution une cuillère de terre infusoire (la silice), filtrée la solution à analyser sous vide à travers une membrane filtrante (0,45 μm)
- ✓ On ajuste le ph de filtrat à 7 après avoir nettoyé et sécher l'électrode
- ✓ En mesure l'absorbance de la solution à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420nm, en utilisant la cellule de 1 Cm
- ✓ Mesurer la matière sèche réfractométrie (MSR) de la solution à $\pm 0,1$ g / 100g prés
- ✓ La cellule de mesure doit être propre et les parois (que traverse le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes. Rincer la cellule avec la solution de sucre avant de la remplir (éviter les bulles d'air).

- Expression des résultats

$$\text{Couleur ICUMSA}_{420} = \frac{A_{420} \times 1000}{b \times c}$$

A : Absorbance de la solution à 420 nm

B : Longueur de la cellule en cm

C : Concentration de la solution en g/l

I.2.1.3. Produits intermédiaires

Des échantillons vont être prélevés à partir de chaque section de raffinage du sucre (**Figure 10**), Ces derniers vont être analysés en appliquant des dilutions qui se différencient d'un échantillon à un autre comme le montre le **tableau VIII**.

Tableau VIII : les dilutions effectuées pour les produits intermédiaires

Produits	Dilution opérée pour le brix	Dilution opérée pour la polarisation	Dilution opérée pour la coloration
Magma	1/5	1/5	1/5
Sirop de refonte	1/5	1/5	1/5
Sirop filtré	1/5	1/5	1/5
Sirop décoloré 1	1/5	1/5	1/5
Sirop décoloré 2	1/5	1/5	1/5
Sirop concentré	1/5	1/5	1/5
Liqueur standard 1	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard 2	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard 3	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard 1 ^E	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard 2 ^E	1/10	1/10	1/10
Liqueur standard 3 ^E	1/10	1/10	1/10

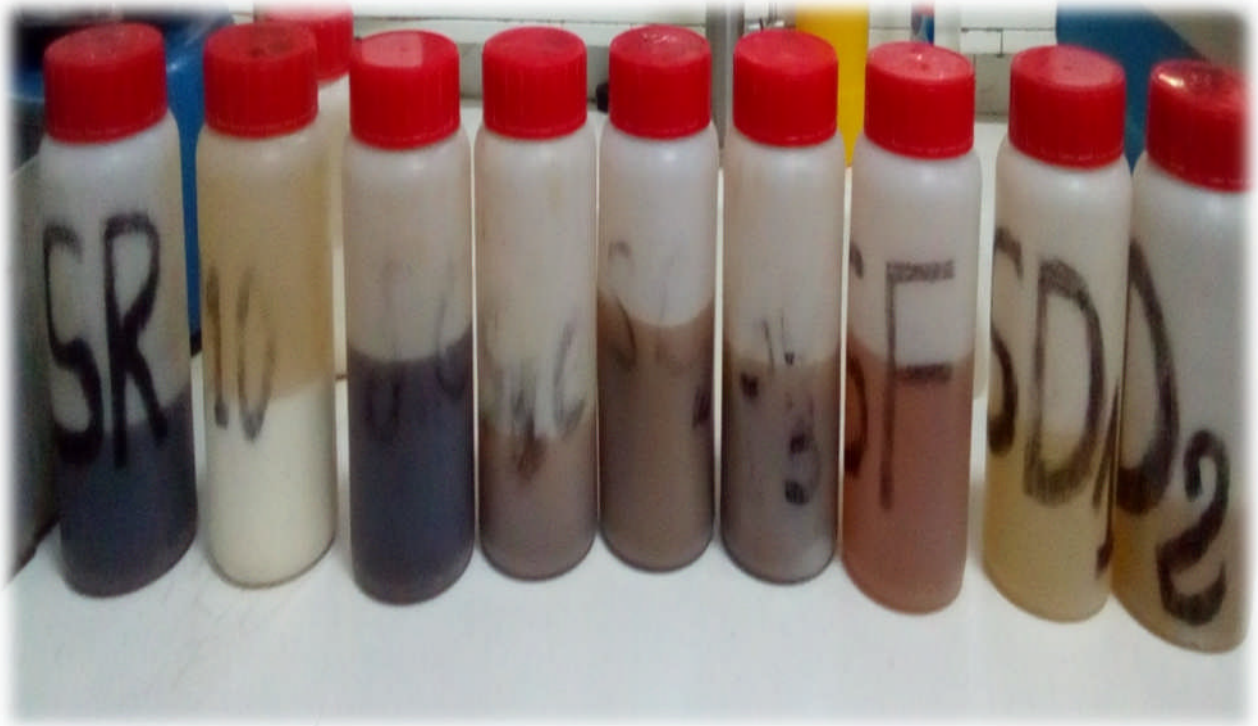


Figure 10: Les produits intermédiaires (CEVITAL, 2021).

M : Magma, **SR** : sirop de refonte, **SC** : sirop carbonaté, **JC** : jus chaulé, **SF** : sirop filtré, **SD** : sirop décoloré, **S[C]** : sirop concentré, **LS** : liqueur standard.

I.2.1.3.1. Mesure de brix (M, SR, SF, SD1, SD2, SC, LS1, LS2, LS3)

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

Une quantité de la solution préparée est analysée par le réfractomètre. Les résultats obtenus sont exprimé soit en gramme par millilitre (g/ml) ou par pourcentage de matière sèche (%) présent dans la solution.

La mesure de brix est réalisée à l'aide d'un réfractomètre qui donne la quantité de matière sèche (sucre + non sucre) pour 100g de solution. Il est toujours mesuré sur des solutions non filtrées (Brix poids exprimée en g% g de produit).

$$\text{°Brix} = \text{lecture sur le réfractomètre} \times \text{le facteur de dilution}$$

I.2.1.3.2. Mesure de l'alcalinité

- **Principe**

C'est la quantité de chaux exprimée en g/l de Ca(OH)_2 , l'alcalinité doit être contrôlée durant le chaulage de la première et de la deuxième carbonatation. Les ions de calcium réagissent avec un acide (HCl), ce forment les chlorures de calcium selon la réaction suivante :



- **Mode opératoire**

- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à 28 ml de sirop chaulé au carbonate mis dans un bécher
- ✓ tirer avec l'HCl (0,1) jusqu'à la zone e virage (changement de couleur du rose à l'incolore).

- **Expression des résultats**

La chute de burette (HCl) nous donne directement le nombre de gramme de Ca(OH)_2 /l selon la formule suivante :

$$\text{Alcalinité (g/l)} = 1,4 V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}}$$

I.2.1.4. Produit fini**I.2.1.4.1. Détermination des cendres conductimétriques dans le sucre blanc (ICUMSA Méthode GS 2/3/9-17, 2011)**

- **Principe**

Les cendres conductimétriques dans les solutions à 28g /100g permettant de mesurer la concentration des sels solubles ionisés présents dans les solutions de faible conductivité.

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser $28 \pm 0,1$ g de sucre blanc dans un bécher de 250 ml, ajuster à 100 g avec de l'eau distillée de conductivité $\leq 2\mu\text{S} / \text{Cm}$.
- ✓ Mélanger soigneusement jusqu'à dissolution complète.
- ✓ Mesurer la conductivité de cette solution à $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$.
- ✓ Mesurer la conductivité de l'eau distillée à $20 \pm 0,2^\circ\text{C}$.

- **Expression des résultats**

La conductivité corrigée (C_{28}) de la solution à 28g/ 100g est:

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

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

- **Correction de la température** : Si la mesure de la conductivité ne peut pas être faite à 20°C , on apporte une correction de T° pour exprimer le résultat à 20°C cette mesure ne doit pas excéder $\pm 5^\circ\text{C}$.

La correction est donnée par:

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

I.2.1.4.2. Mesure du pH

- **Principe**

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

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

Le pH de l'eau pure à 20°C définit la neutralité à pH 7,0.

Le pH d'une solution est obtenu par lecture directe sur un appareil pH mètre munie d'une électrode combinée en verre.

I.2.1.4.3. Protocole pour le dosage des sucres réducteurs dans le sucre blanc (ICUMSA méthode GS2/3/9-5, 2007)

- **Principe**

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 l'indicateur coloré murexide.

- **Mode opératoire**

- ✓ Peser 5g de sucre blanc dans un tube à essai, ajouter 5 ml d'eau distillée, agité jusqu'à dissolution complète.
- ✓ Ajouter 5 ml de solution alcaline cuivrique, mettre le tube dans un bain d'eau bouillante pendant 5 min exactement.
- ✓ Refroidir immédiatement le tube à l'eau courante, transvaser le contenu du tube et les eaux de rinçage dans un erlenmeyer et ajouter une pincée de murexide.
- ✓ Titrer la solution avec de l'EDTA 0,005 mol/l jusqu'au virage du vert au pourpre et noter le volume de titrage T.

- **Expression des résultats**

La teneur en sucre réducteurs est calculée à partir du tableau suivant présentant le pourcentage en sucre réducteurs par rapport au volume de titrage.

I.2.1.4.4. Protocole de dosage de l'humidité du sucre (ICUMSA Méthodes GS 2/1/3/9-15, 2007)

- **Principe**

Le principe de la méthode est le séchage à l'étuve atmosphérique (105C°) suivi d'un refroidissement dans des conditions normalisées.

- **Mode opératoire**

- ✓ Sécher le récipient couvercle ouvert à l'étuve à 105C° pendant au moins 30minutes.
- ✓ Refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
- ✓ Peser aussi rapidement que possible $m_1 = \pm 0,0001g$.

- ✓ Mettre aussi rapidement que possible 20 à 30 g d'échantillon remettre le couvercle et peser $m_2 \pm 0,0001$ g l'épaisseur ne doit pas dépasser 1 Cm.
 - ✓ Remettre le récipient ouvert à l'étuve pendant 3h.
 - ✓ S'assurer qu'il n'y a pas de perte physique de sucre.
 - ✓ Replacer le couvercle et refroidir au dessiccateur jusqu'à température ambiante.
 - ✓ Peser m_3 a $\pm 0,0001$ g.
- **Expression des résultats :**

$$H\% = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

M₁ : masse de la capsule vide

M₂ : masse de l'échantillon avant étuvage

M₃ : masse de l'échantillon

I.2.2. Analyses microbiologiques

I.2.2.1. Prélèvements et échantillonnages

Le prélèvement des échantillons en vue d'un contrôle microbiologique nécessite des précautions particulières afin que l'échantillon prélevé reflète fidèlement la flore microbienne du produit dont il dérive (**Faradji, 2017**). Dans cette étape, certaines conditions doivent être respectées pour avoir de bons résultats lors du transport, de la réception et du stockage.

- **Transport:** Le mode de transport des échantillons vers le laboratoire doivent garantir que ceux-ci sont transportés dans des conditions de température et d'humidité réduisant les plus possibles toutes modifications du nombre de micro-organismes présents.
- **Réception :** Lors de l'arrivée des échantillons au laboratoire, ces derniers doivent être réceptionnés et enregistrés pour identification.
- **Stockage :** les échantillons en attente d'être analysés doivent être stockés dans des conditions de façon à garantir le plus possibles de réduire tout changement du nombre de micro-organismes présents (**ISO 7218 :2014**).

I.2.2.2. Analyse

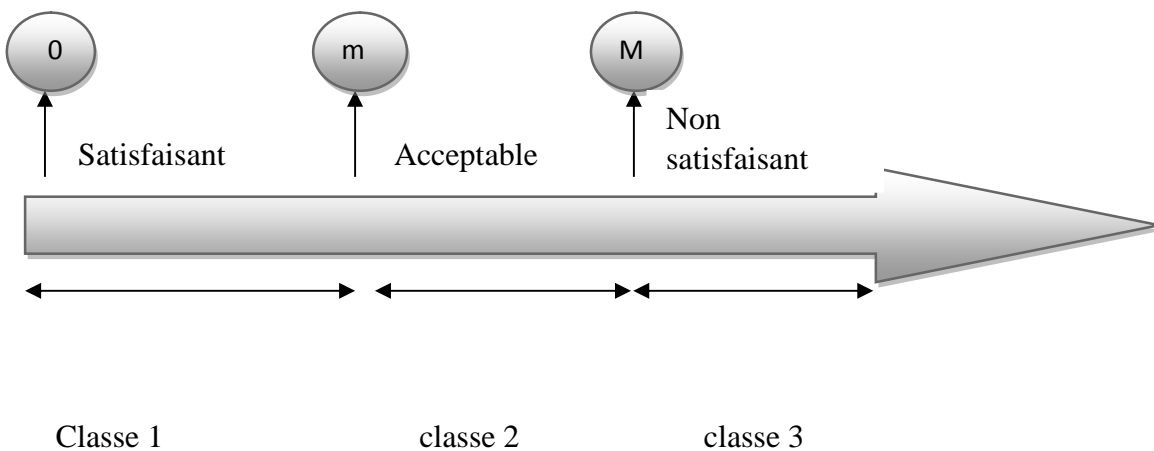
Le sucre doit avoir une bonne qualité bactériologique. Il ne doit comporter qu'une minime quantité de bactéries (GA, GAC, ASR), levures et moisissures.

Les analyses microbiologiques sont effectuées au niveau de laboratoire de microbiologie du complexe CEVITAL. Pour assurer la conformité du lot, ces derniers sont opérés selon les méthodes d'analyse **ICUMSA** et **ISO15213 (Manuel CEVITAL)**.

Tableau IX : Méthodes d'analyse du sucre blanc en morceau et utilisation de plan d'échantillonnage à trois classes.

Catégorie de denrées alimentaires	Microorganismes Recherchés	Plan d'échantillonnage		Limites		Méthode d'analyse	Stade d'application du critère
		n	C	m	M		
Sucre blanc en morceau	GA	5		600	2000	ICUMSA	Fin du procédé de fabrication
	LM	5		30	100	ISO15213	
	GAS	5		150	500		
	ASR	5		3	10		

Les résultats d'analyse sont exprimés selon le plan suivant :



n = nombre d'unités dont se compose l'échantillon

m = seuil limite en dessous duquel tous les résultats sont considérés comme satisfaisants

M = seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants

c = nombre d'unités d'échantillonnage donnant des valeurs comprises entre m et M.

Au niveau de complexe CEVITAL deux types de techniques de recherche sont réalisées pour le dénombrement des microorganismes selon la méthode d'analyse **ISO** et **ICUMSA**.

➤ La technique d'ensemencement en masse

Principe

Un ensemencement en masse est le plus souvent réalisé afin de dénombrer des micro-organismes. Un volume de 1 ml d'inoculum est dispersé dans le fond d'une boîte de Pétri, et le milieu de culture est ensuite coulé par-dessus. Les micro-organismes se développent dans la masse du milieu gélosé, on obtient donc des Unités Formant Colonies (U.F.C.) (**Proc. 27th Session ICUMSA, 2010, 168**).

Le calcul du nombre N de micro-organismes par g de produit est obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$\frac{\sum c}{(n_1 + 0.1n_2) \times d} \text{ UFC / g}$$

$\sum C$: somme des colonies comptées sur les boîtes retenues

d : taux de dilution correspondant à la première dilution

n1 : nombre des boîtes de Pétri comptées pour la première dilution

n2 : nombre des boîtes de Pétri comptées

✓ Filtration sur membrane

Principe

Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre à travers des membranes stériles dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries. Le filtre qui a retenu les bactéries, est ensuite déposé sur un milieu de culture approprié où les bactéries puisent les éléments nécessaires à sa croissance et se développent. Après incubation, les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de sucre. Selon le milieu de culture où est déposé le filtre, on met en évidence la présence de différents types de microorganismes.

Le calcul du nombre N de micro-organismes par 10 g de produit est obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum c}{n} \text{ UFC / 10 g}$$

$\sum C$: somme des colonies comptées sur les boîtes retenues

n : nombre des boîtes de Pétri comptée

I.2.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes

Le sucre blanc raffiné est un produit qui présente une humidité très faible. Les analyses montrent que l'activité de l'eau (A_w) du sucre est située entre 0,2 et 0,3. Ces valeurs sont largement inférieures à la limite de développement des micro-organismes (0,6- 0,7)

Tableau X: Micro-organismes recherches, volume filtre et milieu de culture utilise

Micro-organisme recherchés	Volume d'eau filtré	Milieu de culture	Incubation
LM	100ml	OGA	30°C pendant 72 h
GA	100ml	PCA	30°C pendant 48 h
GAC	100ml	MCL	44 °C pendant 48 h
ASR	10ml	VF	37°C pendant 48 h

LM: levures et moisissures, **GA**: germes aérobies, **GAC**: germes acidifiants, **ASR**: clostridium sulfite-réducteurs, **OGA**: Oxytétracycline Glucose Agar, **PCA**: Plat Count Agar, **MCL**: Mac Kleisky, **VF**: Bouillon Viande-Foie.

- **Prélèvement et préparation de l'échantillon en condition stérile**

L'échantillonnage destiné à une analyse microbiologique revêt une précaution supplémentaire par rapport au prélèvement destiné à un contrôle physico-chimique. Celle d'être réalisé en conditions stériles :

- Préparer la suspension à partir de l'échantillon à analyser (40 g de sucre blanc en morceau à dissoudre dans 350 ml d'eau distillé stérile) ;
- Préparer les boîtes de pétri nécessaires à la recherche des germes (numéroter et coller les géloses spécifique de chaque germe et laisser solidifier)
- Flacon stérile, rempli sans toucher l'échantillon avec les mains ni un quelconque matériel (broc, entonnoir, pipette...) à moins d'avoir été désinfecté
- Flambage du col de la bouteille

Après le prélèvement, maintien de l'asepsie :

- Interdiction stricte d'ouvrir le flacon jusqu'à l'analyse
- Ouverture de l'échantillon seulement sous hotte à flux laminaire ou à proximité directe de la flamme bleue du bec Bunsen
- Aucune culture microbienne, en tube ou en boîte de Pétri, ne doit être ouverte à l'air libre

I.2.2.2.1.1. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

- **Les champignons**

Les champignons sont des micro-organismes filamenteux, dont l'élément structural est l'hyphe, plusieurs hyphes formant le mycélium ou thalle (**Delarras, 2014**).

- **Les levures**

Elles sont en général acidophiles et mésophiles, et se multipliant à des pH 3 et 7,5 et à des températures optimales voisines de 25-28 °C.

- **Les moisissures**

Sont omniprésentes dans la nature, elles sont aérobies strictes et exemptes de chlorophylle. Elles sont hétérotrophes et peu exigeantes, la majorité des espèces se développe

dans des zones de pH assez large et des températures optimales de l'ordre de 20 à 25 °C (Florent, 1993).

La recherche et le dénombrement des levures et des moisissures ont été réalisés sur gélose OGA en surfusion additionnée d'un antibiotique chlorophynicol, selon la méthode (ICUMSA.GS2/3-47).

I.2.2.2.1.2. Recherche et dénombrement des germes totaux

Renseignant sur les conditions d'hygiène et sur une possible contamination fécale. Le nombre de germes totaux pourront donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du produit. Après incubation 24 heures à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux, les colonies ont été dénombrées sur des boîtes contenant entre 15 et 150 colonies (Hammoudi, 2013). La recherche de la flore mésophile totale est effectuée sur gélose PCA selon la méthode (ICUMSA.GS2/3-41 :2011).

I.2.2.2.1.3. Recherche et dénombrement des germes acidifiants

Les acidifiants alimentaires accroissent l'acidité et confèrent un gout acide aux aliments. Également appelé régulateurs alimentaires de pH, ils permettent de contrôler l'acidité d'une denrée alimentaire. Les germes acidifiants sont dénombrés sur le milieu de culture MCL selon la méthode (ICUMSA.GS2/3-45 :2002).

- **Mode opératoire pour la recherche des germes totaux (milieu OGA), acidifiants (milieu MCL), levures et moisissures (milieu PCA)**
- ✓ Déposer délicatement à la pince désinfectée à l'éthanol, le filtre quadrillage du filtre vers le haut et bien centrée sur la plaque-support ;
- ✓ Dans des conditions aseptiques, filtrer 100 ml d'échantillon à analyser à travers une membrane ($\Phi = 0,45\mu\text{m}$) qui retient les microorganismes présentes dans l'échantillon ;
- ✓ A l'aide d'une pince stérile, déposer les membranes à la surface des milieux préparés spécifiques pour chaque germe (OGA pour les LM, PCA pour les GA, MLC pour les GAC) en veillant à ne pas former de bulle d'air entre la membrane et le milieu. La membrane doit être déposée face contaminée (quadrillée) vers le haut ;
- ✓ Incubation des boîtes à des températures et à des temps spécifiques pour chaque germe (30°C /72h pour LM, 30°C/48h pour les GA, 44°C/48h pour les GAC).

Pour chaque recherche et dénombrement des germes, on effectue un témoin de milieu de culture et un témoin diluant (pour confirmer la source de contamination en cas d'existence).

I.2.2.2.1.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito- réducteurs

La recherche de *Clostridium* Sulfito-réducteurs est basée sur la recherche des formes sporulées. Pour cela, on détruit les formes végétatives par chauffage puis on refroidit rapidement. L'incubation se fait sur gélose viande foie additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et de sulfite de sodium. La réduction du sulfite en sulfure de fer provoque un noircissement des colonies. Ces colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices (**Hamaidi, 2016**).

- **Mode opératoire**

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont dénombrés sur le milieu de culture VF agar en tube pour favoriser les conditions d'anaérobiose selon le protocole suivant :

- ✓ Ensemencer aseptiquement environ 10 ml de l'échantillon à analyser en profondeur des tubes stérile
- ✓ Introduire dans les tubes contenant la suspension le milieu de culture Vf en surfusion (± 47)
- ✓ Homogénéiser les tubes et laisser se solidifier
- ✓ Créer l'anaérobiose par l'ajout d'une couche fine de gélose Vf
- ✓ Incuber à 37 °C pendant 48 heures (**ISO 15213**).

II.1. Analyses physico-chimiques

II.1.1. La matière première

II.1.1.1. Evolution de la couleur, la polarisation et d'humidité du sucre brut

Les résultats de la moyenne de la couleur, polarisation et d'humidité du sucre brut sont résumés dans le **tableau XI**.

Tableau XI: Résultat de la moyenne de la couleur, polarisation et d'humidité du sucre brut pendant les Cinq jours de pratique

Critères	Couleur (UI)	Polarisation (Z°)	Humidité (%)
Norme	900	99	0,150
Moyenne	819,2	98,17	0,0804

Les résultats de la moyenne de la couleur montrent que la valeur est proche de celle de la norme (812,2 UI), cette valeur reflète le nombre d'impuretés et des adsorbants colorant contenant dans la matière première.

Pour la polarisation la valeur est de (98,17 UI), cette dernière confirme sur le taux élevé de saccharose compris dans la matière première.

L'humidité est de (0,0804 %), les cristaux du sucre roux ne doivent pas être dépassés la norme exige car elle influence sur la qualité du produit fini

II.1.2. Produits intermédiaires

II.1.2.1. Détermination de la moyenne de la couleur durant le processus de raffinage du sucre

En première étape, le sucre roux est additionné d'une eau froide et qu'on appelle communément magma (une masse pâteuse du sucre roux). Le magma sort de l'empâteur pour être acheminer dans un fondoir où l'on rajoute à cette masse pâteuse de l'eau osmose chaude (pour dissoudre la couche superficielle d'impuretés des cristaux de sucre roux) pour obtenir ce qu'on appelle le sirop de fonte, la couleur continue d'augmenter dans le fondoir à cause de l'eau saturée en sucre.

Après l'étape de la filtration, la couleur diminue perceptiblement jusqu'à atteindre 499 UI, car les filtres retiennent certains colorants et les impuretés piégés après la section de la carbonatation.

Le sirop filtré ainsi obtenue est stocké dans un bac pour alimenter la section prochaine qui est la décoloration. En passant par un échangeur de chaleur et des filtres, le sirop filtré arrive dans les colonnes de décoloration dotées d'une résine échangeuse d'ions dont le rôle est de piéger les pigments colorés contenue dans le sirop. Ce dernier prend donc désormais l'appellation de sirop décoloré (SD) et atteint une couleur de 164,6 UI.

A CEVITAL il y a deux lignes de colonnes décoloratrices qui travaillent en parallèle d'où SD₁ ET SD₂.

Le sirop donc décoloré est conduit vers un bac qui alimente à son tour une colonne de concentration du sirop appelé aussi concentrateur dans lequel la couleur augmente légèrement, cela due a l'effet thermique qui provoque la caramélisation du sirop et par l'augmentation du Brix. Dans les liqueurs standards 2 et 3 la couleur augmente après chaque jet, parce que les égouts sont envoyés d'un jet à l'autre.

Tableau XII: Résultats de la moyenne de la couleur durant le processus de raffinage du sucre roux du magma jusqu'à liqueur standard 3

	M	SR	SF	SD1	SD2	S[C]	LS1	LS2	LS3
Norme	1200	1500	800	250	250	300	300	800	3000
Moyenne	1220	1242,2	499	164,6	188,4	197	199,8	724	2625,6

couleur

M : Magma, SR : Sirop de Refonte, SF : Sirop Filtré, SD: Sirop Décoloré, S[C] : Sirop concentré, LS : Liqueur Standard

Le **tableau XII** montre que la moyenne de la mesure de la couleur des sirops durant le processus de raffinage du sucre est proche de la moyenne de la norme, sauf à partir de LS₃ ou il y a une élévation remarquable. L'analyse des mesures représenté dans le **tableau XII** montre que cette élévation rentre dans le cadre de la norme.

Ces valeurs obtenues sont conformes aux normes (couleur ICUMSA) de la section magma jusqu'à la section LS₃.

II.1.2.2. Evolution de la pureté durant le processus de raffinage du sucre

Le résultat de la moyenne de la pureté est résumé dans le **tableau XIII**.

Tableau XIII: Résultat de la moyenne de la pureté durant le processus de raffinage du sucre

	M	SR	SF	SD1	SD2	S[C]	LS1	LS2	LS3
Norme	89,5	98,5	98,5	99	99	99	99	98	95
Moyenne	98,8	98,8	99	99,1	99,1	99	99	98,6	95,7

pureté

M : Magma, SR : Sirop de Refonte, SF : Sirop Filtré, SD : Sirop Décoloré, S[C] : Sirop concentré, LS : Liqueur Standard

L'analyse de l'évolution de la pureté au cours de raffinage du sucre montre une stabilité de la moyenne tout au cours du processus, du magma avec une valeur de 98,8% jusqu'à LS₂ ou elle atteint une valeur de 98,6%. La moyenne s'incline vers une valeur plus basse au niveau de LS₃ qui est 95,6 %, cela est due à la diminution de taux de saccharose dans les liqueurs après séparation du sucre.

II.1.2.3. Évolution du Brix durant le processus de raffinage du sucre

Le résultat de la moyenne du Brix est résumé dans le **tableau XIV**.

Tableau XIV: Résultat de la moyenne du Brix durant le processus de raffinage de sucre

	M	SR	SF	SD ₁	SD ₂	S[C]	LS ₁	LS ₂	LS ₃
Norme	70	60	60	56	56	63	63	75	75
Moy	71	60,7	56,5	56,8	56,7	66,1	66,05	71,2	72,7

Brix

M : Magma, SR : Sirop de Refonte, SF : Sirop Filtré, SD₁ : Sirop Décoloré, S[C] : Sirop concentré, LS : Liqueur Standard

L'analyse de l'évolution du brix au cours de processus de raffinage du sucre montre une légère diminution de la moyenne au cours des différentes sections. Le magma a un brix de 71%, cette dernière diminue d'une manière remarquable jusqu'à 60,7 dans le fondoir (sirop de refonte) cela est due a l'ajout d'une certaine quantité d'eau chaude ce qui a permet la dissolution des cristaux du sucre affiné.

La moyenne du brix continue à diminuer progressivement jusqu'à atteindre une moyenne de 56,5 % au niveau du sirop filtré, cela est due a l'étape de la carbonatation, cette

valeur reste stable jusqu'au sirop concentré ou elle augmentera pour atteindre une valeur de 66,1 % au niveau de concentrateur.

Dans les liqueurs standards LS1, LS2 et LS3, la moyenne du brix augmente respectivement. Cette élévation est due à l'effet de l'accumulation des égouts récupérés.

II.1.2.4.Évolution de la polarisation durant le processus de raffinage du sucre

Le résultat de la moyenne de la polarisation est résumé dans le **tableau XV**.

Tableau XV: Résultat de la moyenne de la polarisation durant le processus de raffinage du sucre :

	M	SR	SF	SD ₁	SD ₂	S[C]	LS ₁	LS ₂	LS ₃
Norme	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Moy	70,2	60,1	56	56,3	56,2	65,5	65,4	65,4	69,6

pol

M : Magma, SR : Sirop de Refonte, SF : Sirop Filtré, SD : Sirop Décoloré, S[C] : Sirop concentré, LS : Liqueur Standard

D'après le **tableau XV** représentant des valeurs de la polarisation des différents sirops lors de raffinage du sucre, ces dernières restent au-dessus de la norme, dont la valeur de la polarisation moyenne est de 98%.

II.1.2.5. Evolution du pH durant le processus de raffinage du sucre

Le résultat de la moyenne du pH est résumé dans le **tableau XVI**.

Tableau XVI: Résultat de la moyenne des valeurs du pH durant le processus de raffinage du sucre

	SR	SC ₁	SC ₂	SC ₃	SF	SD ₁	SD ₂	LS ₁	LS ₂	LS ₃
Norme	6,5-7,5	9,5-10,5	8,5-9	8-8,5	8-8,5	7-9	7-9	7-8,5	6,8	6
Moyenne	6,9	9,6	8,5	8,2	8,18	8,05	8,1	8,07	7,6	7,3

pH

SR : Sirop de Refonte, SC : Sirop Carbonaté, SF : Sirop Filtré, SD : Sirop Décoloré, LS : Liqueur Standard

Les résultats du pH, montre une augmentation de pH de SR (6,9) jusqu'à JC, cela est dû à l'étape de chaulage. Après cette étape on procède à une première carbonatation du jus chaulé, le CO₂ajouté va réagir avec le Ca(OH)₂ pour former le carbonate de calcium CaCO₃

qui absorbe les non-sucres contenus dans le jus. La première carbonatation s'arrête à un pH de 9,6. Puis une forte diminution de pH dans la deuxième carbonatation jusqu'à un pH 8,5. L'objectif est d'éliminer le calcium résiduel qui risque de se précipiter au niveau des colonnes d'évaporateurs lors de l'étape de concentration. Cette valeur est presque au-dessus de la norme qui est liée à la quantité de CO₂ injectée dans la pompe où le taux de la chaux est élevé, alors que dans la troisième carbonatation le pH est dans la norme à cause de réglage de débit de CO₂ dans la pompe. Quant au SF, Le pH reste stable grâce à la filtration de CaCO₃ puis une augmentation marquée pour SD₁ et SD₂ est essentiellement lié au rinçage de la résine avec HCl et NaOH après la régénération. Une diminution remarquable de pH de LS₁ (8,07) jusqu'à EP₃ est en rapport direct à l'effet des impuretés qui sont acide présentes dans les égouts récupérés.

II.1.2.6. Résultat de la moyenne de pH et de la densité du lait de chaud durant le processus de raffinage

Le résultat de la moyenne du pH est résumé dans le **tableau XVII**.

Tableau XVII: Résultat de la moyenne du pH et de la densité du lait de chaud lors de raffinage du sucre

Critères	pH	Densité
Norme (Min)	12	1,070
Moy	12,244	1,0898

D'après les résultats obtenue, les valeurs de pH et de la densité du lait de chaud du premier jour jusqu'au cinquième jour de pratique réponds à la norme, l'augmentation de pH (12) s'explique par l'ajout de la chaud qui est de nature basique ce qui diminue la charge des protons et rend les milieux alcalin.

II.1.2.7. Résultat de la moyenne de pH et d'alcalinité du jus chaulé durant le processus de raffinage du sucre

Le résultat de la moyenne du pH est résumé dans le **tableau XVIII**.

Tableau XVIII: Résultat de la moyenne du pH et de l'alcalinité du jus chaulé lors de raffinage du sucre

Critères	pH	Alcalinité gcao/l
Norme	10,5-12	4,5-5,5
Moy	10,968	4,8-62

pH : Potentiel d'Hydrogène

D'après les résultats obtenus, les valeurs de pH et de l'alcalinité du jus chaulé du premier jour jusqu'au cinquième jour réponds à la norme.

II.1.3. Produit fini (conformité de sucre blanc de CEVITAL)

Quatre paramètres principaux (humidité, polarisation, cendre et couleur) font l'objet d'analyse afin de suivre la conformité du produit fini (sucre blanc) sur un intervalle de temps de 5 jours.

II.1.3.1. Mesure de l'humidité du sucre blanc

Le résultat de l'humidité est résumé dans le **tableau XIX**.

Tableau XIX: Résultats du suivi de la conformité de l'humidité de sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B.

Prélèvements	1	2	3	4	5
Humidité %	0,016	0,032	0,019	0,015	0,024
Norme CEE	0,06 max	0,06 max	0,06 max	0,06 max	0,06 max
Norme A	0,10 max	0,10 max	0,10 max	0,10 max	0,10 max
Norme B	0,10 max	0,10 max	0,10 max	0,10 max	0,10 max

CEE : Communauté Economique Européenne

Le **tableau XIX** montre que, les résultats de l'humidité sont au-dessous de celle de la norme **CEE** qui exige un maximum de **0,06 %** et aux normes spécifiques Algériennes **A, B** qui exigent un maximum de **0,10 %**. Ce qui montre que le sucre blanc répond à la norme **CEE** ainsi qu'aux normes spécifiques Algérienne **A, B**.

II.1.3.2. Conformité de la Polarisation du sucre blanc

Le résultat de la polarisation est résumé dans le **tableau XX**.

Tableau XX: Résultats de suivi de la conformité de la polarisation du sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B.

Prélèvements	1	2	3	4	5
Polarisation (Z°)	99,89	99,90	99,85	99,89	99,89
Norme CEE	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min
Norme A	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min
Norme B	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min	99,7 min

CEE : Communauté Economique Européenne

Le **tableau XX** montre que, les valeurs de la polarisation du sucre blanc sont au-dessous des exigences préconisées par les normes Algérienne A, B et la norme CEE. Ceci nous amène à conclure que la polarisation du sucre blanc de CEVITAL répond à la norme CEE ainsi qu'aux normes Algériennes A et B exigées à savoir 99,7.

II.1.3.3. Conformité de la teneur en cendres conductimétries du sucre blanc

Le résultat de la teneur en cendres conductimétries est résumé dans le **tableau XXI**.

Tableau XXI: Résultats de suivi de la conformité de la teneur en cendres conductimétries du sucre blanc par rapport à la norme CEE et par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B.

Prélèvements	1	2	3	4	5
Cendres %	0,012	0,007	0,016	0,011	0,016
Norme CEE	0,027 max	0,027 max	0,027 max	0,027 max	0,027 max
Norme A	0,04 max	0,04 max	0,04 max	0,04 max	0,04 max
Norme B	0,04 max	0,04 max	0,04 max	0,04 max	0,04 max

Le **tableau XXI** montre que, les valeurs de la teneur en cendres conductimétries du sucre blanc est au-dessous des exigences préconisées par les normes Algériennes **A, B** et la norme **CEE**. A partir de ces résultats, on peut dire que sur le critère de cendre, le sucre blanc de

CEVITAL répond à la norme **CEE** qui exige un maximum de **0,027%** et aux normes spécifiques Algériennes **A** et **B** qui exigent un maximum de **0,04%**.

II.1.3.4. Conformité de la couleur du sucre blanc

Le résultat de la couleur du sucre blanc est résumé dans le **tableau XXII**.

Tableau XXII: Résultats de suivi de la conformité de la couleur du sucre blanc par rapport aux normes spécifiques algériennes A, B et la norme CEE.

Prélèvements	1	2	3	4	5
Couleur (UI)	33	29	42	36	41
Norme CEE	45 max	45 max	45 max	45 max	45 max
Norme A	60 max	60 max	60 max	60 max	60 max
Norme B	100 max	100 max	100 max	100 max	100 max

CEE : Communauté Economique Européenne

Selon les résultats du **tableau XXII**, les valeurs de la couleur du sucre blanc varient entre 29 et 42 UI. Ces valeurs restent au-dessous des valeurs des normes spécifiques Algériennes **A (max 60 UI)**, **B (max 100 UI)** et celle de la **CEE (max 45 UI)**. Ce qui montre la conformité de la couleur du sucre blanc de CEVITAL aux normes Algériennes ainsi qu'à la norme **CEE**.

II.2. Analyses microbiologiques

Les différents prélèvements sont effectués sur des échantillons du sucre blanc au niveau de laboratoire de microbiologie du groupe **CEVITAL** au cours du stage pratique, afin de suivre la qualité microbiologique de notre produit fini (sucre blanc).

II.2.1. Qualité microbiologique du sucre blanc

Les résultats microbiologiques de l'échantillon 1 sont résumés dans le **tableau XXIV**.

Tableau XXIII: Interprétation des résultats microbiologiques de l'échantillon 1.

Germes recherchés	Germes aérobie 30°C/10g	Germes acidifiants 44°C/10g	Levures 30°C/10g	Moisissures 30°C/10g	Clostridium sulfito-réducteur
Moyenne	37,4 ± 20,07	2,6 ± 2,50	0,6 ± 0,8	04 ± 0,8	0
Normes	200	150	30	30	3

Le sucre blanc contient très peu de germes car les conditions de développement sont peu favorables. Pour chaque germe, la qualité microbiologique du sucre blanc de l'échantillon 1 est satisfaisante selon le plan d'échantillonnage à trois classes. L'activité de l'eau (a_w) du sucre sec est située entre 0,2 et 0,3. Ces valeurs sont largement inférieures à la limite de développement des micro-organismes (0,6-0,7). (**Tianen, 2007**).

II.2.2. Qualité microbiologie du sucre blanc en morceau de l'échantillon 2

Les résultats microbiologiques de l'échantillon 2 sont résumés dans le **tableau XXIV**.

Tableau XXIV: Interprétation des résultats microbiologiques de l'échantillon 2

Germes recherchés	Germes aérobie 30°C/10g	Germes acidifiants 44°C/10g	Levures 30°C/10g	Moisissures 30°C/10g	Clostridium sulfito-réducteur
Moyenne	33,2 ± 21,75	2 ± 21,06	0,4 ± 0,8	0,6 ± 0,8	0
Normes	200	150	30	30	3

Le sucre blanc est Satisfaisant, car tous les résultats correspondent aux normes. On peut conclure que pour chaque germe, la qualité de l'échantillon 2 du sucre blanc est satisfaisante selon le plan d'échantillonnage à trois classes.

II.2.3. Qualité microbiologie du sucre blanc en morceau de l'échantillon 3

Les résultats microbiologiques de l'échantillon 3 sont résumés dans le **tableau XXVI**.

Tableau XXV:Interprétation des résultats microbiologiques de l'échantillon 3

Germes recherchés	Germes aérobie 30°C/10g	Germes acidifiants 44°C/10g	Levures 30°C/10g	Moisissures 30°C/10g	Clostridium sulfito-réducteur
Moyenne	23 ± 7,13	1,8 ± 1,33	1 ± 0	1,4 ± 1,74	0
Normes	200	150	30	30	3

Le sucre blanc est Satisfaisant car tous les résultats répondent aux normes. On conclue que pour chaque germe, la qualité de l'échantillon 3 du sucre blanc est satisfaisante selon le plan d'échantillonnage à 3 classes.

Conclusion et perspectives

La présente étude est réalisée au niveau de deux laboratoires de physico-chimie et de microbiologie du complexe **CEVITAL** (Bejaia). L'objectif était d'une part, de faire des analyses physico-chimiques sur le sucre roux, les produits intermédiaires et sur le sucre blanc ou on a basé sur le suivi de la conformité des différents paramètres physico-chimiques du produit fini (sucre blanc) vis-à-vis des normes **ICUMSA** et d'autre part, de suivre la qualité microbiologique du produit fini (sucre blanc) selon les méthodes d'analyses **ISO** et **ICUMSA**.

Pour conclure sur la qualité du sucre blanc produit par le complexe **CEVITAL** (Bejaia), les résultats de la présente étude font preuve de la bonne qualité du produit vis-à-vis des analyses physico-chimiques (l'humidité, la couleur, la quantité de cendres conductimétries et la polarisation). Les résultats obtenus montrent une stabilité de ces paramètres de contrôles, ceux-ci prouvent le bon fonctionnement des installations du complexe et du procédé de raffinage pratiqué à **CEVITAL**.

De même pour les analyses microbiologiques (~~Germes aérobies, germes acidifiant levures et moisissures, clostridium sulfite réducteurs~~) qui sont tous satisfaisants, ceux-ci prouvent la maîtrise des conditions d'hygiène du personnel et le respect du guide de bonne pratique hygiénique (application des procédures et instructions de nettoyage et de désinfection), le maintien des milieux de culture dans des conditions convenables de stockage (le bon stockage des produits), la normalisation des méthodes d'analyses utilisées et leurs mise à jour d'une façon routinière.

La qualité d'un produit n'est pas un concept figé, mais au contraire un concept évolutif.

Références Bibliographiques

- ✚ Arzat, A. (2005). Extraction et raffinage du sucre de canne. Revue de l'ACER (centre de recherche, de développement et e transfert technologique en agriculture).
- ✚ Benoît Lesne, Ollivaud Alice, Stéphane Oliéro, Didier Perrouin, Guillaume Blouin, avec la collaboration des jardiniers des serres d'agronomie tropicale du Grand-Blottereau Photos : SEVE, Jean-Louis Papin et fonds disponibles sur Internet Ont participé également : Marion Gassiot (Mission Santé Publique - Ville de Nantes), Béatrice Buteau-Sauger (Service Municipal de Restauration - Ville de Nantes) ; les tropiques à l'école 2014 / 2015).
- ✚ Berkati, S ; Fella-Temzi, S. E ;& Berkati, K. (2018). Suivi des paramètres physico-chimiques au cours du procédé de raffinage de sucre à l'unité CEVITAL.
- ✚ Burzawa, E, Heitz, F. (1995). La cristallisation du sucre: des bases théoriques à la production industrielle. Industries alimentaires et agricoles, 112(7), 522-532.
- ✚ Cartier, S. (1997). Application des procédés membranaires en sucrerie et raffinerie de canne (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires (ENSIA), Massy, FRA.).
- ✚ Claus IV, E. Congrès International Technique et Chimique des Industries Agricoles, Bruxelles, 1935; E. Claus. Centr.Zuckerind, 45, 531.
- ✚ De Whalley, H. C. S. (Ed.). (2013). ICUMSA methods of sugar analysis: official and tentative methods recommended by the International Commission for Uniform Methods of sugar analysis (ICUMSA). Elsevier.
- ✚ 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 (Doctoral dissertation, UAG).
- ✚ Hamaidi-Chergui, F. Demande d'intégration d'une revue. Larhyss Journal, 13(2), 183-208.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2005). Méthode : GS 1-16.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (1994). Méthode : GS 1-7.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007). Méthode : GS 1/3-7.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2001). Méthode : GS 2/3/9-17.

Références Bibliographiques

- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2005).
Méthode : GS 2/3-9.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007).
Méthode : GS2/3/9-5.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2007).
Méthode : GS 2/1/3/9-15.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2001).
Méthode : GS2/3-41.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2002).
Méthode : GS2/3-45.
- ✚ ICUMSA. International Commission for Uniform Method of Analysis (2011).
Méthode : GS 1/2/3/9-1.
- ✚ Jacob, S et Jaffrin, M. Y. (2000). Purification of brown cane sugar solutions by ultrafiltration with ceramic membranes: Investigation of membrane fouling. *Separation science and technology*, 35(7), 989-1010.
- ✚ Keskar, V. S et Nimbalkar, S. S. (1999). Colour survey in plantation white sugar processing. In *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists* (Vol. 23, pp. 60-67).
- ✚ BasseMarne Birame, 2005 ; Etude Comparative De Deux Milieux De Culture: Plate Count Agar et Marine Agar, Utilises Pour La Recherche De La Flore Mesophile Aerobie Totale Dans Les Filets De Sole Tropicale Congeles.
- ✚ Mathlouthi, M et ROGÉ, B. (2004). Caking of white sugar and how to prevent it. In *Proc S Afr Sug Technol Ass* (p. 78).
- ✚ Multon, J. L. (1992). sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les IAA. APRIA.
- ✚ Punidadas, P. (1990). Microfiltration tangentielle sur membrane minérale de produits sucrés (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires).

Résumé

La présente étude a pour objectif le suivi de la qualité physico-chimique et microbiologique du produit fini «sucre blanc» produit au niveau du complexe **CEVITAL** (Bejaia).

Les résultats des analyses microbiologiques tels que la recherche des germes aérobies, les germes acidifiants, levures moisissures et clostridium sulfito-réducteurs et ceux des paramètres physico-chimiques obtenus tels que, l'humidité, la couleur, la quantité des cendres conductimétries et la polarisation sont tous conformes aux normes nationales et internationales. Ce qui confirme que le produit fini (sucre blanc) produit au niveau de la raffinerie de sucre **CEVITAL** est de bonne qualité. Résolument, c'est la preuve de l'efficacité des traitements effectués à chaque étape du procédé d'une part, et aux bonnes conditions de stockage du produit d'autre part.

Mots clés

Processus de raffinage, sucre roux, sucre blanc, qualité microbiologique, paramètres physico-chimiques, qualité, normes.

Summary

The present study aims at monitoring the physico-chemical and microbiological quality of the finished product "white sugar" produced at the **CEVITAL** complex (Bejaia).

The results of microbiological analyses such as the search for aerobic germs, acidifying germs, yeasts, molds and sulfite-reducing clostridium and those of physico-chemical parameters obtained such as humidity, color, quantity of ash, conductimetry and polarization are all in accordance with national and international standards. This confirms that the finished product (white sugar) produced at the **CEVITAL** sugar refinery is of good quality. This is proof of the effectiveness of the treatments carried out at each stage of the process on the one hand, and the good storage conditions of the product on the other.

Key words

Refining process, brown sugar, white sugar, microbiological quality, physicochemical parameters, quality, and standards.

Annexes

Matériel

Appareillages

- Refractomètre pour déterminer le taux de la matière sèche dans la solution.
- Spectrophotomètre UV Pour mesuré des absorbances de la solution sucrée à 420 nm.
- Un papier filtre de 0.45 um et des filtres plissés standard Pour filtrer des solutions.
- Diluteur automatique mené d'une balance de précision Pour la dilution des solutions.
- Polarimètre Pour mesurer la polarisation.
- Agitateur magnétique +plaque chauffante Pour agiter et accélérer les dilutions des solutions.
- pH mètre Pour mesurer les pH des solutions.
- Ordinateur menés du pro-logiciel « CLEOPATRE » Lecture des résultats.

Réactifs

- Eau distillé Pour diluer les sucres et les solutions sucrées.
- HCl Pour neutraliser les pH des solutions.
- NaOH Pour neutraliser les pH des solutions.

Tableau I : Résultats de la couleur, polarisation et humidité du sucre brute a l'entrée d'usine durant cinq jours.

Analyse	Couleur unité Icumsa Max 900 UI	Polarisation Z° Min 99	Humidité % Max 0,150
Echantillon 1	906	99,17	0,090
Echantillon 2	923	99,20	0,095
Echantillon 3	925	99,21	0,072
Echantillon 4	919	99,19	0,072
Echantillon 5	923	99,12	0,073

Annexes

Tableau II : Résultats de brix, polarisation, pureté et la couleur du magma.

Brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur ICUMSA
Min 70		Min 98.5	Max 1200
71,15	70,46	99,04	1241
70,9	70,13	98,91	1271
70,85	70,06	98,89	1183
70,98	70,08	98,73	1196
71,25	70,43	98,85	1209

Tableau III : Résultats de brix, polarisation, pureté, ph et la couleur du sirop de refonte.

le brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur unité ICUMSA	pH
Min 60		Min 98,5	Max 1500	6,5-7,5
60,79	60,29	98,99	1264	7,01
60,85	60,1	98,93	1249	7,11
60,84	60,69	98,87	1252	7,06
60,71	59,48	98,81	1197	6,86
60,73	60,01	98,88	1249	6,78

Tableau IV : Résultats de pH, alcalinité, densité de lait de chaux et le jus chaulé ainsi le ph de la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} carbonatation.

Lait de chaux		Jus chaulé		1ère carbo	2ème carbo	3ème carbo
pH	Densité	pH	Alcalinité g CaO/l	pH	pH 8,50-9,00	pH
Min 12,00	Min 1,070	10,5-12,00	4,5-5,5	9,50-10,50		8,00-8,50
12,48	1,088	10,97	4,79	9,52	8,47	8,25
12,48	1,088	10,98	4,82	9,53	8,5	8,19
12,12	1,093	10,91	4,94	9,71	8,56	8,33
12,16	1,096	11,07	4,94	9,6	8,43	8,16
11,98	1,084	10,91	4,82	9,66	8,67	8,09

Annexes

Tableau V : Résultats de brix, polarisation, pureté, ph et la couleur du sirop filtré.

Brix %	Polarisation°Z	Pureté %	Couleur ICUMSA	pH
56-60		Min 98.50	Max 800	8,00-8,50
56,59	56,16	99,24	511	8,05
56,6	56,14	99,18	494	8,19
56,19	55,64	99,03	518	8,52
57,07	56,49	98,98	503	8,16
56,48	55,86	98,91	469	7,99

Tableau VI: Résultats de pH, brix, polarisation, pureté et la couleur du sirop décoloré.

pH	Brix %	Polarisation %	Pureté %	Couleur ICUMSA
7 ,00-9,00	Min 56		Min 99	Max 250
7,91	56,62	56 ,14	99,14	169
7,74	56,44	55,98	99,2	159
8,29	57,49	57	99,15	166
8,4	56,79	56,3	99,13	164
7,92	57,07	56,57	99,12	165

Tableau VII : Résultats de pH, brix, polarisation, pureté et la couleur du sirop décoloré 2.

pH	Brix	Polarisation %	Pureté %	Couleur ICUMSA
7,00-9,00	Min 56		Min 99	Max 250
7,9	56,6	56,11	99,13	179
7,82	56,51	56,06	99,22	174
8,45	56,75	56,24	99,1	199
8,33	56,86	56,37	99,14	221
8,26	56,94	56,44	99,12	169

Annexes

Tableau VIII : Résultats de brix, polarisation, pureté et la couleur des sirops concentré.

Brix %	Polarisation %	Pureté %	Couleur
Min 63		Min 99	ICUMSA
			Max 300
65,97	65,26	98,93	202
66,15	65,47	98,98	185
65,7	65,09	99,07	205
66	65,4	99,1	202
67	66,53	99,3	191

Tableau IX : Résultats de brix, pH, polarisation, pureté et la couleur du LS₁ durant cinq jours.

Brix %	Polarisation %	Pureté	Couleur ICUMSA	pH
Min 63		Min 99	Max 300	7,00-8,50
65,9	65,29	99,08	207	7,99
66,1	65,42	98,97	189	8,12
65,42	64,78	99,03	211	8,19
66,18	65,54	99,03	202	7,98
66,67	66,18	99,27	190	8,07

Tableau X : Résultats de brix, polarisation, pureté et la couleur des masses cuites Jet₁.

Brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur
Min 89		Min 99	ICUMSA
			Max 300
90,05	89,77	99,66	764
89,55	89,17	99,57	791
90,25	89,61	99,28	785
89,90	89,30	99,33	789
90,30	89,62	99,24	628

Annexes

Tableau XI : Résultats de brix, polarisation, pureté, Ph et la couleur des liqueurs standard LS₂.

Brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur	pH
68-75		Min 98	ICUMSA	Min 6,8
			Max 800	
71,07	70,16	98,73	738	7,46
71,23	70,37	98,79	761	7,43
71,1	70,24	98,79	773	7,9
72,63	71,44	98,36	773	7,79
70,33	69,49	98,81	575	7,83

Tableau XII : Résultats de brix, polarisation, pureté et la couleur des masses cuites 2.

Brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur ICUMSA
Min 89		Min 97.5	Max 800
90,28	89,1	98,69	796
90,45	88,19	97,61	788
89,55	87,52	97,71	793
91,07	89,33	98,09	787
90,36	88,55	97,99	679

Tableau XII : Résultats de brix, polarisation, pureté, pH et la couleur des liqueurs standard LS₃.

Brix %	Polarisation °Z	Pureté %	Couleur	pH
68-75		Min 95	ICUMSA	Min 6
			Max 3000	
72,67	69,54	95,7	2647	7,13
71,78	68,95	96,05	2091	7,29
72	69,03	95,88	2895	7,8
73,13	69,77	95,4	3022	7,11
74,12	70,83	95,59	2473	7,26

Annexes

Tableau XIII : Résultats de brix, polarisation, pureté et la couleur des masses cuites 3.

Brix % Min 89	Polarisation °Z	Pureté % Min 95	Couleur unité ICUMSA
90,39	86,49	95,69	2530
90	86,3	95,89	2440
90,35	87,26	96,58	2342
90,29	86,92	96,27	2452
90,41	86,81	96,02	2627

Tableau XV : Résultats de brix, polarisation, pureté, ph et la couleur d'Egout pauvre 3.

Brix % 75-78	Polarisation °Z	Pureté % Max 91	Couleur ICUMSA Max 10 000	pH Min 6
76,13	69,19	90,87	5446	6,6
75,1	68,27	90,9	5754	6,53
73	66,39	90,95	4927	6,9
78,1	71,04	90,95	6325	6,74
77,1	70,67	91,66	6737	6,57

Annexes

Tableau XVI: les résultats de suivi de la qualité microbiologique du sucre blanc en morceau par rapport aux normes d'essai.

Echantillons	1	2	3	4	5	Norme	Méthode d'essai
Désignation							
Germe	70	48	11	30	28	600	GS2/3- 41 :201 1
	23	53	12	65	13		
	22	26	11	23	33		
Germe	06	00	05	00	02	150	GS2/3- 45 :200 2
	01	05	00	04	00		
	00	02	01	02	04		
Acidifiants	00	02	00	00	01	30	GS2/3- 47 :199 8
	00	00	00	00	02		
	04	00	00	00	01		
Levures	00	00	02	00	00	30	GS2/3- 47 :199 8
	00	02	00	01	00		
	00	03	00	04	00		
Moisissures	00	00	00	00	00	3	ISO 15213
	00	00	00	00	00		
	00	00	00	00	00		
Clostridium	00	00	00	00	00		Sulfito- réducteurs
	00	00	00	00	00		
	00	00	00	00	00		

Annexes



Figure 1: Sucre roux importée par cevital (CEVITAL, 2021)

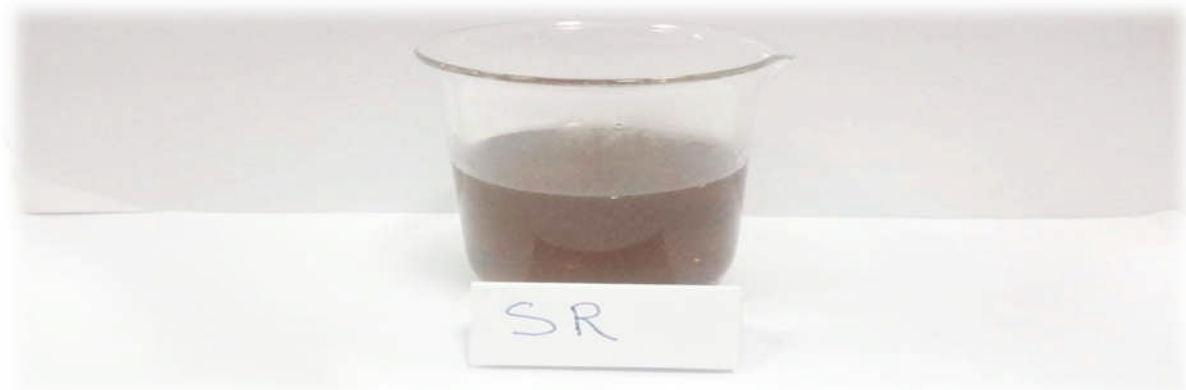


Figure 2 : Représente le sirop de fonte (CEVITAL, 2021).

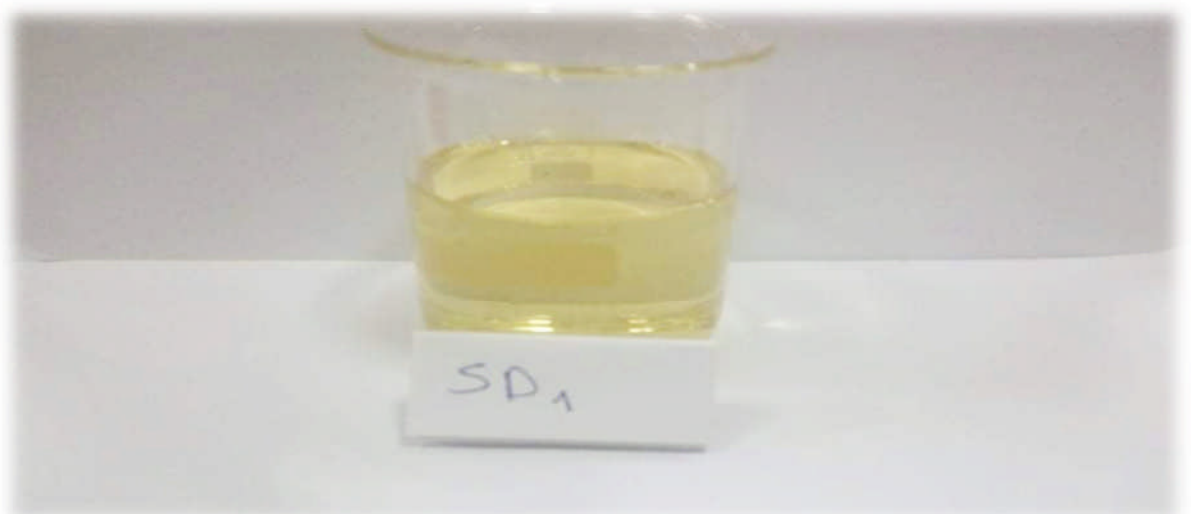


Figure 3 : Représente le sirop décoloré 1 (CEVIAL, 2021).

Annexes

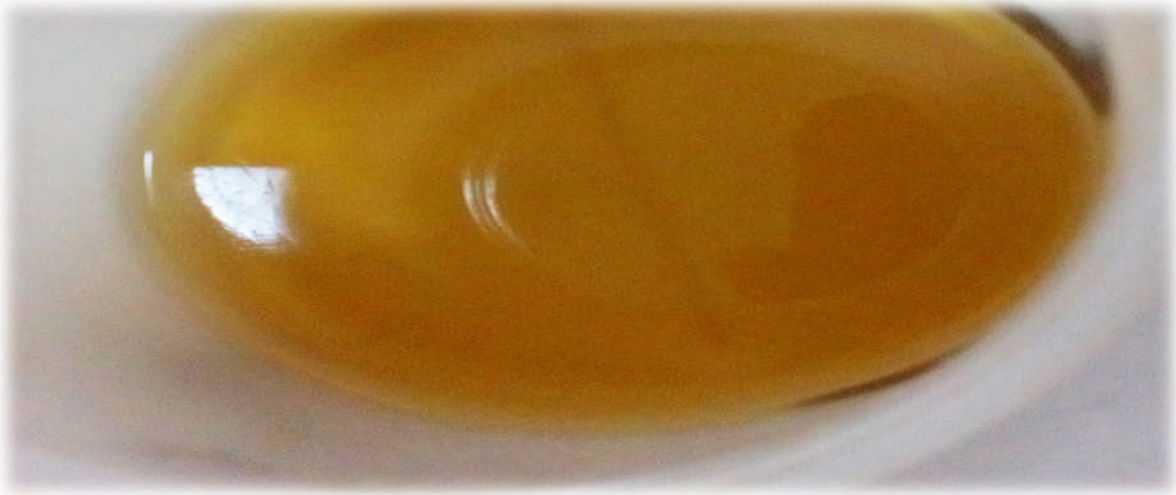


Figure 4: Représente le sirop décoloré 2 (CEVITAL, 2021).

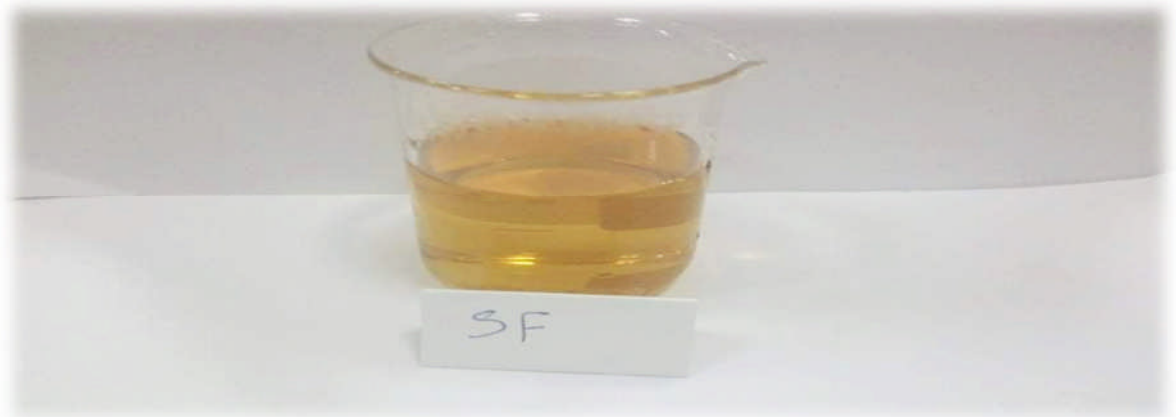


Figure 5 : Représente le sirop filtré (CEVITAL, 2021).

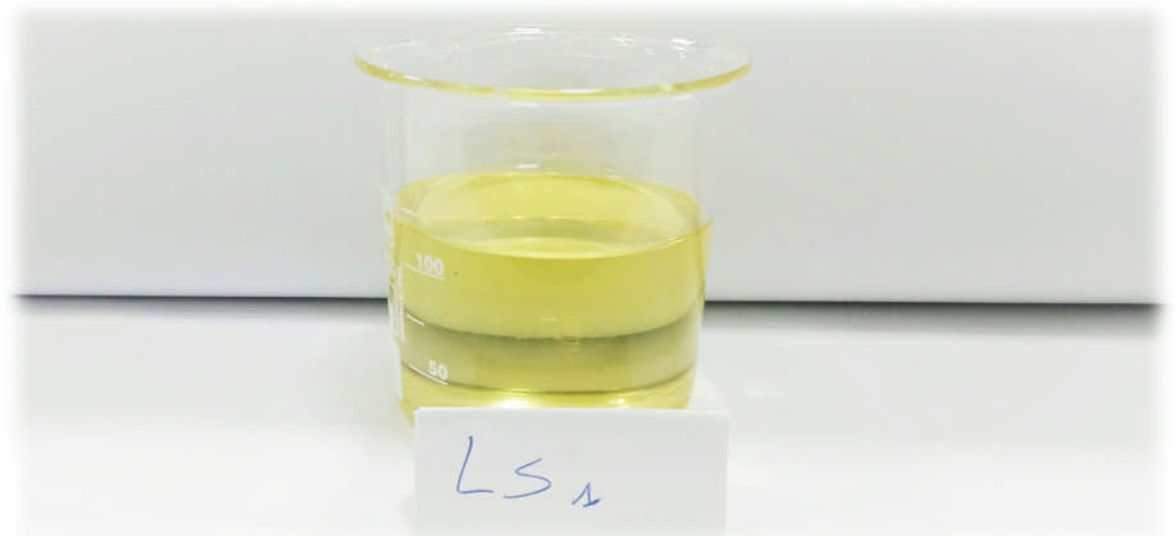


Figure 6 : Représente la liqueur standard 1 (CEVITAL, 2021).

Annexes

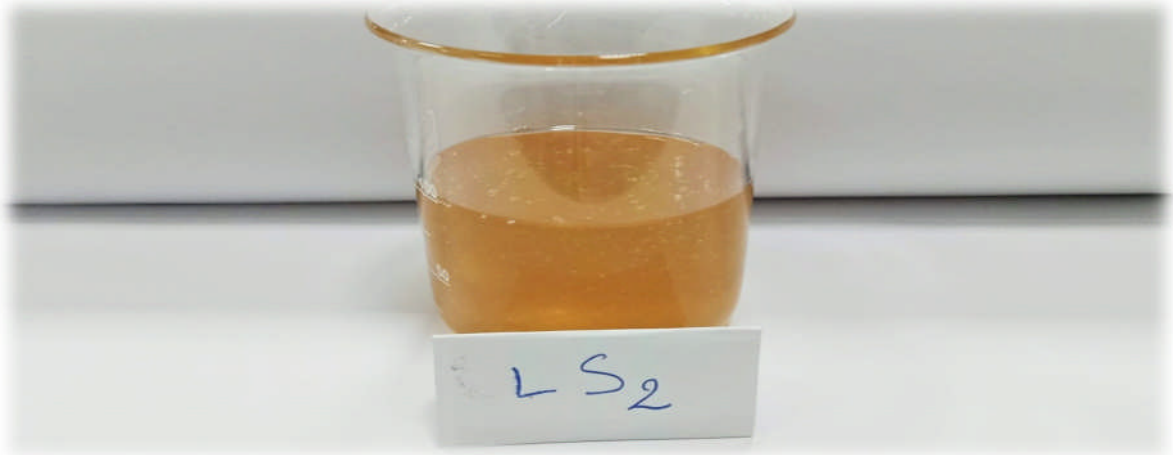


Figure 7: Représente la liqueur standard 2 (CEVITAL, 2021).

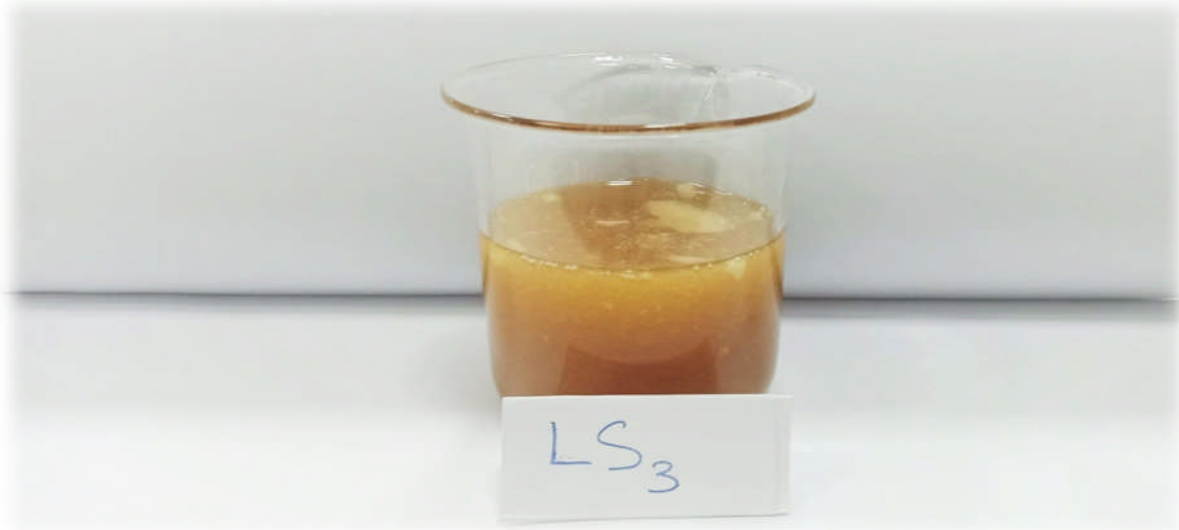


Figure 8: Représente la liqueur standard 3 (CEVITAL, 2021).

Annexes

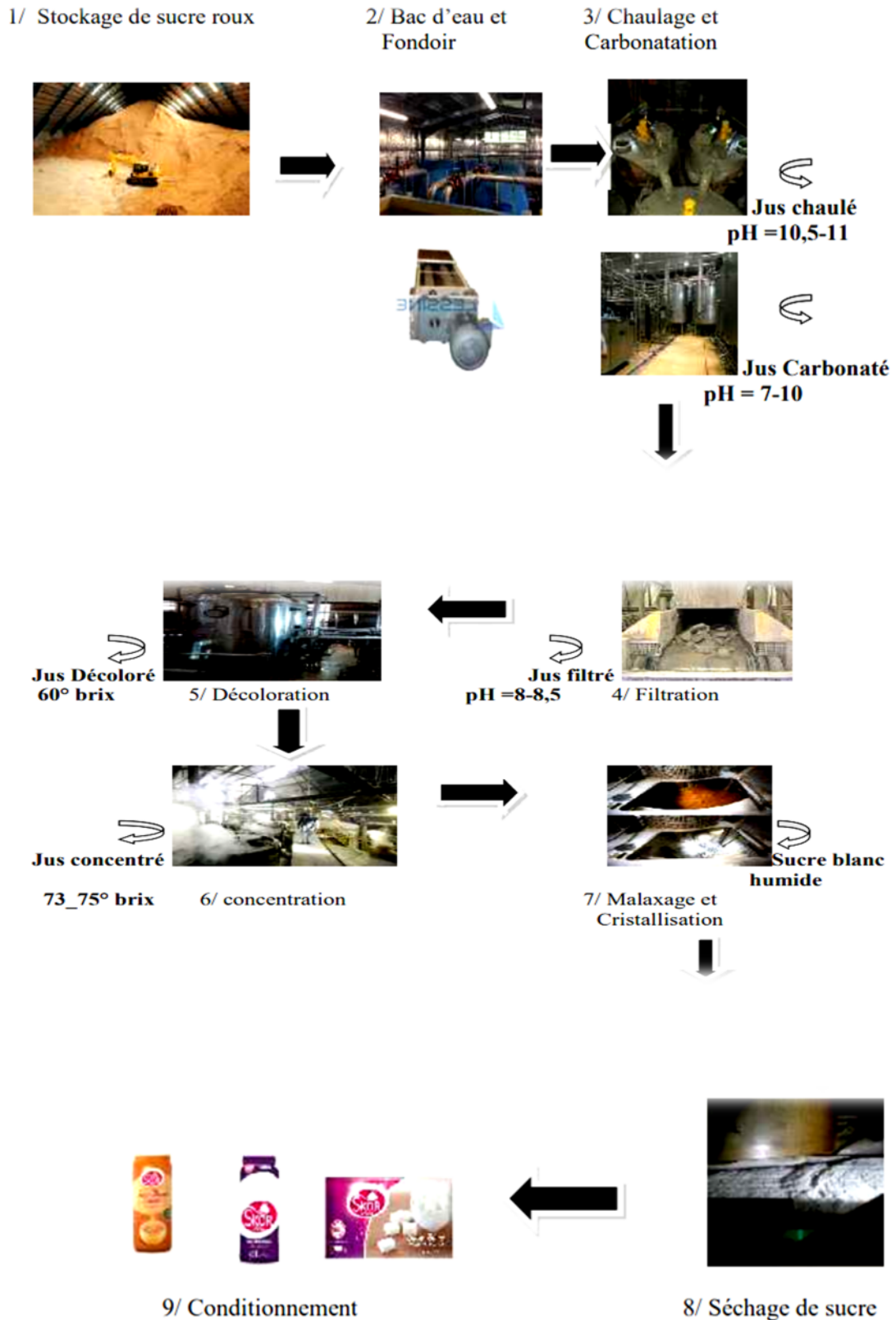


Figure 9 : Procédé de raffinage de sucre roux (CEVITAL, 2021).

Chapitre I Généralités sur les sucres

Chapitre II Le processus de raffinage du sucre roux

Partie pratique

Résultats et discussion

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexes