

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA- BEJAIA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE



Ref :

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine : SNV **Filière : biotechnologie microbienne**
Option : biotechnologie microbienne

Présenté par :

M^r KHENTICHE Lamine & M^r ADRAR Amine

Thème

**Suivi de fabrication du sucre liquide au complexe
CEVITAL**

Soutenu le : 22/06/2023

Devant le jury composé de :

| <i>Nom et Prénom</i> | <i>Grade</i> | | |
|----------------------------|--------------|------------------------|-----------|
| Mr. NABTI H | Pr | Univ. A.MIRA de Bejaia | Président |
| M ^{me} IDRES N | MCB | Univ. A.MIRA de Bejaia | Examineur |
| M ^{me} YAHIAOUI H | MAA | Univ. A.MIRA de Bejaia | Encadreur |

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Nous tenons à remercier tout d'abord notre Dieu **Allah**, le tout puissant de nous avoir donné la bonne santé, la patience, la force et la volonté pendant toutes ces années d'étude et pour réaliser ce travail.*

A notre enseignante et promotrice du mémoire,

Mme YAHIAOUI Houa

Nous sommes très heureux et très honorés de vous avoir eu comme encadrante de ce travail.

Nous avons le grand plaisir de travailler sous votre direction, et avons trouvé auprès de vous le conseiller et le meilleur guide qui nous a reçu en toutes circonstance avec patience, gentillesse, sympathie, sourire et bienveillance durant toute la période du travail.

Vous êtes notre meilleur exemple, vous nous avez appris à travailler avec abnégation, conscience et surtout de tout cœur.

Veillez cher docteur, trouver dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération et de notre profond respect.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble des membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce mémoire.

*À **Mr NABTI Hafid**, vous nous avez accordé un immense honneur en acceptant de présider le jury de notre mémoire. Veuillez, Cher enseignant, trouver dans ce modeste travail le témoignage de notre haute considération, de notre profonde reconnaissance et de notre sincère respect.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Mme IDRES Nacera**, pour avoir accepté d'examiner ce travail, vous nous avez fait l'honneur de faire partie de notre jury. Nous avons pu apprécier l'étendu de vos connaissances et vos grandes qualités.*

Nous tenons à exprimer nos chaleureux remerciements et notre gratitude à

***Mr SOUALMI Loucif**, chef de laboratoire de microbiologie du complexe CEVITAL, pour son accueil, son immense gentillesse et sa bienveillance, ainsi que son équipe.*

Toute l'équipe du laboratoire de physico-chimie du sucre liquide ainsi que le laboratoire d'osmose de CEVITAL

Nous tenons à exprimer nos chaleureux remerciements à tous nos enseignants, qui nous ont accompagné tout au long de notre cursus universitaire.

*Ces remerciements vont également au corps enseignants et administratif de la faculté SNV de l'université **Abderrahmane Mira** de Bejaia pour tous les efforts fournis afin d'assurer aux étudiants une formation actualisée.*

Nos remerciements et gratitude vont aussi à toute personne qui a contribué et aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Merci.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, à ma mère qui s'est démené pour mon bien être, à mon père en qui je témoigne un profond respect. Ceci est une petite récompense par rapport aux grands sacrifices qu'ils ont accompli. Je ne saurais les remercier pour avoir été tout au long de leur vie à mes côtés, ils ont accompli leur mission avec courage et abnégation.

À mes sœurs Amina Katia et Sarah qui n'ont jamais cessé de m'encourager.

À mes camarades et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce mémoire.

À ma famille aimante et dévouée,

Je dédie ce mémoire de fin d'études à vous, mes parents, qui m'avez toujours encouragé, soutenu et guidé tout au long de ma vie. Votre amour inconditionnel et vos sacrifices ont été la force motrice derrière ma réussite. Je suis reconnaissant pour votre soutien indéfectible et pour avoir été mes plus grands piliers.

À mes chère sœurs DINA ET MERIEM et frère YACINE

À mes amis fidèles et mes camarades de classe, qui ont partagé les hauts et les bas de cette aventure académique, je vous dédie ce mémoire. Vos encouragements, votre collaboration et les souvenirs que nous avons créés resteront gravés dans ma mémoire.

Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin, que ce soit dans ma famille, mes amis, mes enseignants ou mes proches, je vous suis infiniment reconnaissant. Votre présence dans ma vie a été un immense plaisir.

Cette dédicace est une humble expression de ma gratitude envers vous tous. Merci du fond du cœur d'avoir fait partie de cette belle aventure.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Liste des figures | 9 |
| Liste des tableaux | 10 |
| Introduction | 1 |
| I. Partie théorique | 2 |
| Chapitre I | |
| 1. Généralités sur la canne à sucre : | 2 |
| 2. Définition du sucre roux | 4 |
| 3. Définition du saccharose : | 4 |
| 3.1 Propriétés physiques et chimiques du saccharose | 4 |
| Chapitre II | |
| 2.Procédé d'osmose : | 8 |
| 3. Procédés de raffinage du sucre roux | 8 |
| 3.1. Affinage et fonte | 8 |
| 3.2. Chaulage et carbonatation..... | 9 |
| 3.3. Filtration..... | 10 |
| 3.4. Décoloration | 10 |
| 3.5. Concentration | 10 |
| 3.6. Cristallisation..... | 11 |
| 4.Procédé de fabrication du sucre liquide (Anonyme II) | 11 |
| 4.1. Déminéralisation (décoloration unité, SL 100) | 11 |
| 4.2. Charbon- filtration (unité, SL300)..... | 12 |
| 4.3. Pasteurisation-filtration stérile (unité, SL400) | 13 |
| 4.4. Concentration (unité, SL500) | 13 |
| 4.5. Stockage (unité, SL600) | 14 |
| 4.6. Quais de désinfection et expédition..... | 14 |
| 4.7. Unité SL1000..... | 14 |

| | |
|---|-----------|
| II. Partie pratique | 16 |
| 1.Présentation de l'organisme d'accueil CEVITAL | 16 |
| Matériel et méthodes | 17 |
| 1. Physico-chimique | 17 |
| Paramètres mesuré | 18 |
| 1.1. Brix | 18 |
| 1.2. Polarisation | 18 |
| 1.3. Pureté | 18 |
| 1.4. Couleur | 19 |
| 1.5. pH | 19 |
| 2. Microbiologie | 20 |
| 2.1. Technique utilisée pour le dénombrement des germes. | 21 |
| 2.2. les germes recherchés et dénombré dans le sucre liquide | 23 |
| 2.2.1. La flore totale mésophile | 23 |
| 2.2.2. Germes anaérobies sulfito-réducteurs | 23 |
| 2.2.3. Levures et moisissures | 24 |
| 2.2.4. Germes Acidifiants | 24 |
| 3.Composition des milieux de culture | 24 |
| Résultats | |
| 1. Analyses physico-chimique | 26 |
| 1.1. Pureté | 26 |
| 1.2. Brix | 27 |
| 1.3. Couleur | 28 |
| 1.4. pH | 29 |
| 2.Analyses microbiologiques du sucre liquide | 29 |
| 2.1. Conformité de la qualité du sucre liquide en germes aérobies ou la flore totale aérobie mésophile (FTAM). | 30 |
| 2.2. Conformité de la qualité du sucre liquide en germes acidifiants | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3. Conformité de la qualité du sucre liquide en levures et moisissures | 31 |
| 2.4. Conformité de la qualité du sucre liquide en germes anaérobies sulfite- réducteurs | |
| 31 | |
| Conclusion..... | 32 |
| Références bibliographiques | 45 |
| Annexes :..... | 45 |
| Résumé..... | 45 |

Liste des figures

Figure 1: Structure de la canne à sucre..... 1
Figure 2: Processus de fabrication du sucre de canne 3
Figure 3: Diagramme de fabrication du sucre liquide au complexe CEVITAL..... 7
Figure 4: Diagramme de fabrication du sucre liquide au complexe CEVITAL..... 11
Figure 5: Logo de l'entreprise CEVITAL et les différentes marques de produits 16
Figure 6: Rampe de filtration..... 21
Figure 7: Etapes de la technique filtration sur membrane 22
Figure 8: Évolution de la pureté durant le processus de fabrication du sucre liquide 27
Figure 9: Évolution du Brix durant le processus de fabrication du sucre liquide 27
Figure 10: Évolution de la couleur durant le processus de fabrication du sucre liquide 28
Figure 11: Évolution du pH durant le processus de fabrication du sucre liquide..... 29

Liste des tableaux

Tableau I: Composition moyenne de la canne à sucre 2

Tableau II: Paramètre physico-chimiques étudiés durant le processus 17

Tableau III: Germes recherchés selon le journal officiel de la république algérienne (JORA)..... 21

Tableau IV: Germes recherchés et la composition du milieu de culture..... 25

Tableau V: Recherche des germes aérobies dans le sucre liquide des deux bacs de stockage T601 et T603 à 30 °C/48h. 30

Tableau VI: Recherche des germes acidifiants dans le sucre liquide dans les deux bacs T601 et T603 après incubation à 44 °C/48h. 30

Tableau VII: Recherche des levures et moisissures dans le sucre liquide dans les deux bacs de stockage T601 et T603 après incubation à 30°C pendant 72h..... 31

Tableau VIII: Recherche des germes anaérobies sulfites-Réducteurs dans le sucre liquide des deux bacs de stockage T601 et T603 après incubation à 37 °C pendant 48h. 31

Introduction

Introduction

Le sucre liquide est un ingrédient essentiel dans de nombreux secteurs de l'industrie alimentaire, de la confiserie aux boissons, en passant par les produits laitiers et les desserts. Il est largement utilisé pour sucrer, aromatiser et conserver les aliments. Le sucre liquide offre une solubilité élevée, une répartition uniforme du sucre et une facilité d'utilisation dans les processus de production.

Cette forme de sucre est produite à partir de différentes sources, telles que la canne à sucre, la betterave sucrière ou d'autres matières premières riches en saccharose. Le sucre liquide est obtenu grâce à des procédés de raffinage et de purification spécifiques, qui permettent d'obtenir un sirop sucré concentré. Ce sirop est ensuite transformé en sucre liquide, prêt à être utilisé dans diverses applications alimentaires.

Comment les fabricants peuvent-ils garantir un produit de qualité étant donné que le sucre liquide est une matière première dont beaucoup d'industries dépendent !?

L'objectif de cette étude est de comprendre les paramètres clés qui influencent la production du sucre liquide, ainsi que les contrôles de qualité nécessaires pour assurer la conformité aux normes industrielles. En analysant en détail le processus de fabrication et en évaluant les caractéristiques physico-chimiques du sucre liquide, nous pourrions mieux appréhender les défis et les opportunités de ce domaine spécifique.

Dans cette étude, nous nous intéressons au processus de fabrication du sucre liquide au complexe CEVITAL ainsi que les analyses qui sont effectuées sur ce produit.

Notre travail est composé de deux parties :

- Une partie théorique qui inclut des généralités sur le sucre ainsi que les différentes étapes de raffinage du sucre roux pour obtenir le sirop sucré, les technologies utilisées pour transformer ce sirop en sucre liquide de haute qualité.
- Une partie pratique qui comporte les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées afin de garantir la qualité et la sécurité du sucre liquide.

Partie théorique

Chapitre I

Généralités sur le sucre

I. Partie théorique

1. Généralités sur la canne à sucre :

La canne à sucre de son nom scientifique *Saccharum officinarum* est définie comme une graminée principalement cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. Autrefois la canne à sucre et le miel furent les seules sources de sucre de l'humanité. La canne à sucre contient jusqu'à 16 % de saccharose dans ses tiges, dont 96 % peut être extrait lors d'un processus industriel (Arzate 2005).

D'un point de vue structural, la canne à sucre ressemble à une tige de bambou qui a besoin de soleil, d'eau et de chaleur afin de croître comme représenté dans la figure ci-dessous.

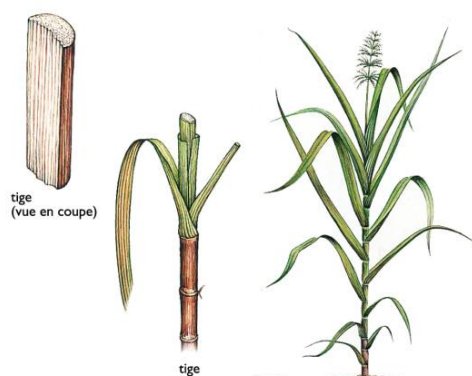


Figure 1 : Structure de la canne à sucre

C'est une plante vivace. La canne repousse après chaque récolte. Après cinq ou six « repousses », les vieux plants sont arrachés et une « canne vierge » est replantée. (Goebel et al., 2008).

Tableau I : Composition moyenne de la canne à sucre (Goebel et al. 2008).

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

Etapes de fabrication du sucre

Les étapes de fabrication du sucre de canne sont illustrées ci-dessous (Chi Chou, 1993).

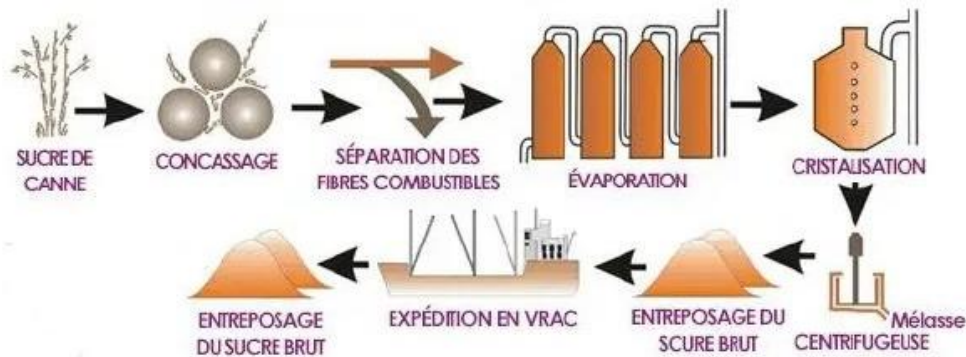


Figure 2 : Processus de fabrication du sucre de canne (Chi Chou, 1993).

- 1) **Récolte de la canne à sucre** : Les cannes à sucre sont récoltées à maturité, généralement entre 12 et 18 mois après la plantation. Les feuilles et les extrémités des tiges sont coupées, laissant les tiges de canne à sucre prêtes pour le traitement.
- 2) **Extraction du jus de canne** : Les tiges de canne à sucre sont pressées pour extraire le jus sucré (le vesou) il est de couleur brune assez trouble avec une composition et une qualité qui varient selon la variété et la qualité de la canne. Cela peut être réalisé mécaniquement par des presses ou par des procédés plus modernes utilisant des broyeurs et des diffuseurs. La bagasse, résidu fibreux qui sort des moulins, sert de combustible à la chaudière qui alimente toute l'usine
- 3) **Clarification du jus** : Le jus de canne (vesou) extrait contient des impuretés telles que des fibres, des particules solides et des composés organiques. Le jus est donc clarifié pour éliminer ces impuretés. Cela peut être réalisé par décantation, filtration ou utilisation d'enzymes spécifiques.
- 4) **Concentration du jus** : Le jus clarifié est chauffé et concentré pour augmenter la teneur en sucre. Cela peut être réalisé en utilisant des évaporateurs où l'eau est évaporée, laissant derrière elle un sirop de sucre concentré.
- 5) **Cristallisation** : Le sirop de sucre concentré est refroidi et agité pour favoriser la formation de cristaux de sucre. Ces cristaux sont séparés du liquide résiduel, connu sous le nom de mélasse, par centrifugation.

- 6) **Séchage et tamisage** : Les cristaux de sucre sont séchés pour éliminer l'excès d'humidité et ensuite tamisés pour obtenir la taille de grain souhaitée.
- 7) **Raffinage (facultatif)** : Selon le type de sucre souhaité, les cristaux peuvent subir une étape de raffinage supplémentaire pour éliminer davantage d'impuretés et produire un sucre plus pur. Cela peut inclure des étapes de chaulage, de filtration et de blanchiment.
- 8) **Conditionnement** : Le sucre est conditionné dans des sacs, des sachets ou des emballages spécifiques prêts pour la distribution et la vente ou vendu en vrac.

2. Définition du sucre roux

Le sucre roux est un type de sucre non raffiné qui conserve une certaine quantité de mélasse, ce qui lui confère une couleur plus foncée et une saveur légèrement caramel. Il est obtenu à partir du jus de canne à sucre ou de la betterave à sucre, subissant un processus de production moins raffiné que le sucre blanc. Le sucre roux de canne est composé de 94 à 98,5% de saccharose (Chi Chou, 2000).

3. Définition du saccharose :

Le saccharose également connu sous le nom de sucre de table est le principal glucide présent dans de nombreux aliments et boissons sucrés, c'est un disaccharide non réducteur composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose, reliées par une liaison osidique α , β -(1 \rightarrow 2). Sa formule chimique est $C_{12}H_{22}O_{11}$ de masse molaire d'environ 342,3 g/mol. Son nom officiel selon la nomenclature internationale est le α -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2) - β -D-fructofuranoside.

Il existe sous trois formes : cristalline, amorphe et la solution aqueuse (Pérez, 1995).

3.1 Propriétés physiques et chimiques du saccharose

Densité : La densité du saccharose dépend de sa concentration dans une solution. Par exemple, une solution de saccharose à 20% (poids/volume) a une densité d'environ 1,08 g/ML (Reiser et al, 1995).

La densité du cristal de saccharose est obtenue à partir des données cristallographiques, elle a été mesurée à 15°C par plato dès 1901 de la valeur obtenue =1587.9 kg/m³.

Indice de réfraction et Le pouvoir rotatoire : L'indice de réfraction du saccharose est utilisé pour mesurer sa concentration dans les solutions. Il varie en fonction de la température et de la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Le saccharose a la propriété de dévier le plan de la lumière polarisée vers la droite. Son pouvoir "dextrogyre" spécifique est : $[\alpha]_{20^{\circ}\text{D}} = 66^{\circ},55$.

Cette propriété fondamentale est à la base d'un instrument de mesure très précis appelé polarimètre, et est utilisé officiellement pour la détermination de la pureté du sucre et de la teneur en saccharose des solutions de sucre dans l'eau (**Lescure, 1995**).

Hygroscopicité : Le saccharose a une faible hygroscopicité, ce qui signifie qu'il a une faible tendance à absorber l'humidité de l'air, il abaisse le point de congélation de l'eau bien en dessous de 0°C. Le saccharose a un rôle de cryoprotecteur (**Bubnik et Kadlec, 1995 ; Reiser et al, 1995**).

Cristallinité : Le saccharose peut former des cristaux sous certaines conditions, ce qui peut influencer sa texture et sa stabilité (**Reiser et al, 1995**).

Point de fusion : Le point de fusion du saccharose pur est d'environ 186°C. Cependant, ce point peut varier légèrement en fonction de l'état de pureté du saccharose.

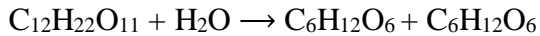
Conductivité électrique : Les solutions de saccharose sont des électrolytes faibles et ne conduisent pas bien l'électricité.

Les cristaux de saccharose sont tribolumiscents, c'est-à-dire qu'ils émettent de la lumière lorsqu'ils sont fracturés (**Reiser et al, 1995**).

Hydrolyse ou inversion : L'hydrolyse du saccharose, donne naissance à un produit constitué de glucose et de fructose (ou lévulose) : « le sucre inversé ».

Industriellement le sucre inversé est obtenu par l'action de la chaleur sur une solution de saccharose en présence d'un catalyseur (acide tartrique ou citrique) ou encore par l'action d'une enzyme spécifique : l'invertase

La formule chimique de l'inversion du saccharose est représentée comme suit :



Cette inversion du saccharose est couramment utilisée dans l'industrie alimentaire pour la production de sucre inverti, qui présente des caractéristiques différentes du saccharose en termes de goût, de texture et de propriétés chimiques.

L'inversion peut se produire dès les pH faibles et jusqu'à pH de 8.5 (Clarke, 1995).

Caramélisation : Lorsqu'il est chauffé à des températures élevées, le saccharose commence à fondre vers 160°C et subit une réaction de caramélisation vers 190°C, produisant des composés aromatiques et une couleur brun foncé.

Fermentation : Le saccharose peut être fermenté par des micro-organismes, tels que les levures, pour produire de l'alcool, comme dans le processus de fermentation du sucre pour la production de vin ou de bière (Clarke, 1995).

Réactivité chimique : Le saccharose peut participer à une variété de réactions chimiques, y compris la réduction, l'oxydation, la substitution et la condensation, en fonction des conditions réactionnelles.

Granulométrie : Le sucre se présente sous différentes formes granulométriques, chacune adaptée aux multiples besoins des industries utilisatrices (Bubnik et Kadlec, 1993).

La granulométrie est exprimée au moyen de deux chiffres : l'ouverture moyenne qui caractérise la dimension moyenne des cristaux (OM) et le coefficient de variation (CV) qui caractérise la dispersion des cristaux autour de cette valeur moyenne (Doucet, 1992).

Solubilité : le saccharose est nettement moins soluble dans les solvants non aqueux qu'en solution aqueuse, il n'est pas soluble dans les solvants apolaires. Il n'est pratiquement pas soluble dans l'alcool pur (Bubnik et Kadlec, 1995).

Chapitre II

Technologie Du raffinage du sucre

roux

Chapitre II

Durant le processus de fabrication du sucre liquide au sein de la raffinerie CEVITAL, l'eau osmosée et le sucre roux sont les deux matières premières indispensables au procédé suscité

Le raffinage du sucre roux est suivi du procédé de fabrication de sucre liquide comme illustré dans le diagramme ci-dessous :

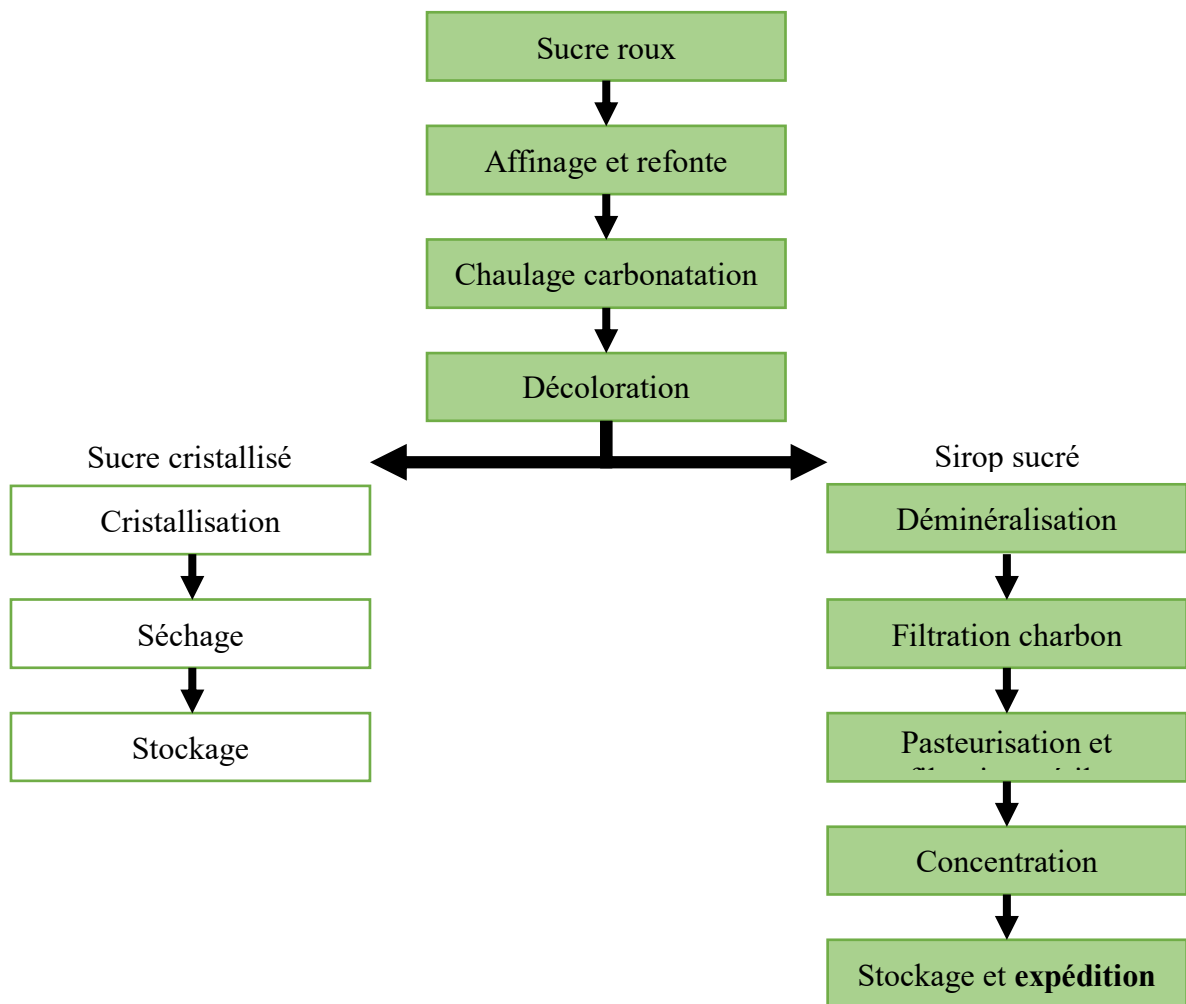


Figure 1: Diagramme de fabrication du sucre liquide au complexe CEVITAL (Anonyme II)

2. Procédé d'osmose :

Osmose directe :

C'est un procédé naturel dans lequel la mise en œuvre d'une membrane semi-perméable entre deux solutions de concentrations différentes permet d'obtenir une migration au travers de la membrane d'une partie de l'eau pure, de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée jusqu'à obtention d'un équilibre ionique (**STOCKER, 1949**).

Osmose inversée :

C'est un procédé mis en œuvre pour obtenir le résultat inverse de l'osmose naturelle, c'est-à-dire, le transfert du solvant de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée. Ce procédé est obtenu par l'application d'une pression supérieure à la pression osmotique sur la solution que l'on souhaite concentrer (**LEMAIRE, 1975**).

L'unité d'osmose inverse au niveau de CEVITAL est d'une capacité de production de 300 m³/heure d'eau déminéralisée. Elle est constituée de trois lignes séparées de 100m³/heure chacune (**AnonymeIII**).

3. Procédés de raffinage du sucre roux

La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrière. Elle traite le sucre roux de canne dans le but d'éliminer les impuretés (**Arzate, 2005**).

3.1. Affinage et refonte

A. Affinage

L'Affinage est une étape qui consiste à un malaxage du sucre roux avec de l'eau chaude donnant un produit appelé magma d'affinage d'un Brix variant de 80 et 85 % (**Chi Chou, 2000**).

Le but est de permettre à la couche superficielle des cristaux de se dissoudre (**Mathlouthi et Barbara, 2001**).

Le sucre affiné passe dans des turbines d'affinage afin d'être débarrassé des impuretés et de la matière colorante sur la surface des cristaux (**Pearson, 2000**).

B. Refonte

Le sucre affiné est refondu dans un fondoir avec de l'eau sucrée et chaude à 85°C pour atteindre un Brix de 70% formant un sirop de refonte.

Le sirop de refonte obtenu est acheminé vers le bac de contact avant de subir une épuration par chaulage et carbonatation (**Chi Chou ,2000**).

3.2.Chaulage et carbonatation

A. Chaulage :

Le chaulage est un procédé d'épuration chimique qui consiste à introduire dans le bac de contact du sirop de refonte et du lait de la chaux, qui contribue à améliorer la qualité du sucre en éliminant les matières colorantes, les composés organiques indésirables et d'autres impuretés qui pourraient affecter la couleur, la saveur et la stabilité du sucre final (**Chi Chou, 2000**).

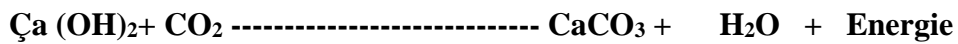
La préparation du lait de chaux consiste à mélanger de la chaux vive (oxyde de calcium, CaO) ou de la chaux éteinte (hydroxyde de calcium, Ca (OH)₂) avec de l'eau, de façon à avoir la concentration de chaux nécessaire au chaulage de la refonte (**Anonyme I**).

Le sirop de refonte est chauffé à une température de 80 à 90°C dans un échangeur de chaleur et mélangé avec le lait de chaux pour obtenir un jus chaulé qui sera mélangé avec le gaz carbonique. La chaux réagit avec les acides présents dans le jus, tels que l'acide oxalique, l'acide phytique et l'acide citrique, pour former des sels insolubles. Ces sels précipitent et sont ensuite éliminés par filtration ou décantation, permettant ainsi d'éliminer les impuretés (**Anonyme I**).

B. Carbonatation

Le but de la carbonatation consiste à injecter du CO₂ (provenant de la combustion de la chaudière à vapeur) dans le sirop chaulé, afin de solidifier et précipiter les impuretés organiques captées par la chaux lors de l'opération de chaulage sous forme de cristaux.

Le précipité obtenu durant cette étape est composé de sels de chaux CaCO_3 et des impuretés organiques selon l'équation suivante (**Peter Rein, 2000**).



$\text{CaCO}_3 + \text{Impureté}$ ----- Séparation par Adsorption

3.3.Filtration

Le sirop issu de la carbonatation contient une suspension de carbonate de calcium. Cette dernière est séparée par une filtration en utilisant des filtres auto- nettoyants (**Chi Chou, 2000**).

Le sirop filtré est envoyé vers la section de décoloration. La boue résultante est pressée pour récupérer le sucre résiduel sous forme de petit jus. Les écumes sont évacuées et utilisées pour l'amendement des sols (**Anonyme I**).

3.4.Décoloration

La décoloration permet l'élimination des colorants, de fines particules d'impuretés, à raison de 80 à 85%, qui n'étaient pas précipitées lors de la carbonatation (**Chi Chou, 2000**).

A la raffinerie de CEVITAL, la décoloration du sirop filtre s'effectue dans un échangeur anionique. Elle consiste à réduire le taux de la coloration du sirop issus de la section d'épuration jusqu'à 80%. Elle est effectuée par des résines échangeuses d'ions dans le but d'améliorer le rendement de la cristallisation. La couleur du sirop qui est de l'ordre de 1000 ICUMSA sera ramenée jusqu'à 200 ICUMSA après la décoloration (**Rachedi, 2002**).

3.5.Concentration

Avant de cristalliser le sirop est concentré dans un évaporateur, et les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le process. Le but de l'évaporation est d'éliminer l'eau.

Le sirop ayant initialement environ 58% de Brix se retrouve à sa sortie du concentrateur avec un taux de 78%. A la fin de l'évaporation, le sirop de sucre se caractérise par un taux de pureté de 93 % est destinée vers les cuites pour la cristallisation) (**Anonyme I**).

3.6. Cristallisation

La cristallisation de sucre est une opération qui permet d'extraire le saccharose en solution dans le jus concentré. Quant aux impuretés elles restent concentrées dans le liquide pour donner au final une solution résiduelle épuisée (**Anonyme I**).

4. Procédé de fabrication du sucre liquide (**Anonyme II**)

4.1. Déminéralisation (décoloration unité, SL 100)

L'objectif de cette unité est de déminéraliser le sirop décoloré (sortie de la colonne de décoloration provenant de l'unité de sucre solide 3000 Tonnes par jour) est d'obtenir un sucre liquide de haute qualité en éliminant les minéraux et d'éventuelles matières colorantes. On utilise pour cela des résines échangeuses d'ions. En effet, Cette unité comprend 3 colonnes échangeuses d'ions à lit mélangé (2 résines : "cation faible" + "anion fort") : V130, V135 et V140 voir l'annexe 1.

Pour cela deux colonnes à lit mélangé produisent du sirop déminéralisé parallèlement alors que la 3ème colonne est en étape de régénération.

Au cours de la régénération, les résines saturées par la production doivent être séparées : résine anionique en haut et résine cationique en bas. Après une opération de soulèvement, la séparation des résines est effectuée via une solution de saumure à 150g/l (la résine cationique est moins dense que la résine anionique) voir figure 5.

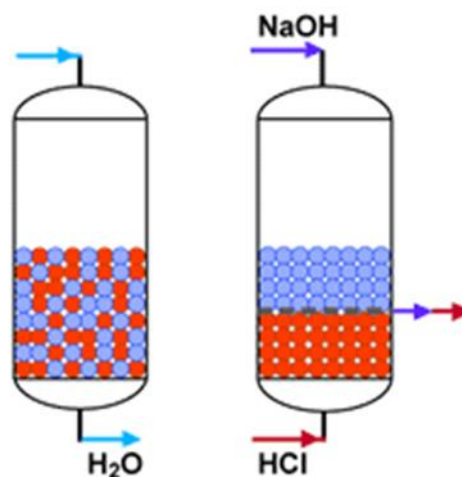


Figure 2: Diagramme de fabrication du sucre liquide au complexe CEVITAL.

La régénération des résines est simultanée par l'Injection d'HCl 5% à courant ascendant et injection de NaOH 4% à courant descendant, sortie commune par le réseau intermédiaire de la colonne.

Le sirop déminéralisé est envoyé vers l'unité 300 (CHARBON-FILTRATION) pour la production de sucre liquide.

4.2.Charbon- filtration (unité, SL300)

Cette section a pour but de désodoriser, puis filtrer le sucre liquide provenant de l'unité de déminéralisation (unité 100), elle comprend 2 grandes étapes. (Voir annexe 2)

A) Traitement du produit par charbon :

Le charbon est stocké dans un bac tampon (T300), le produit est envoyé dans un bac d'agitation (T310), ceci après mélange de terre/charbon. Ce mélange s'effectue par un dosage en ligne.

Le dosage de la terre/charbon est assuré par la vitesse des vices doseuse asservie au débit d'alimentation. Grâce à des agitateurs, ce bac de contact à 3 compartiments séparés par des parois assure un temps nécessaire de contact (20 minutes de passage environ) du mélange produit-terre/charbon.

B) Elimination du charbon :

Après passage dans le bac de contact, le charbon est retenu par 3 filtres : F330A, F330B et F330C (**Niagara**). Ces filtres identiques fonctionnent avec une pré couche de terre fixée sur des cadres.

Le produit filtré est envoyé vers l'unité de pasteurisation-stérilisation (unité 400) au travers de filtres de sécurités (F340A/B et F350A/B) (filtre à panier et à cartouche).

Il est important de noter que Chaque filtre à cadre fonctionne en séquentiel identique, deux filtres fonctionnent en production alors que le troisième se trouve en préparation et monté en pré couche à l'eau chaude. La pré couche est assurée par un bac (T360) et une pompe (P365). En plus L'opérateur devra verser de la terre filtrante à chaque cycle d'un filtre à cadre.

Débit estimé par filtre : 15,50 m³/h, soit un débit total de 31 m³/h.

Température en production : 60°C.

4.3.Pasteurisation-filtration stérile (unité, SL400)

Cette unité son but est de stériliser le produit venant de l'unité de charbon-filtration avant d'être concentré pour qu'il soit stocké. Elle comporte 2 grandes parties. (Voir annexe 3)

A) Pasteurisation :

La stérilisation du produit venant du bac T400 est assurée par deux échangeurs de chaleur et d'un serpentin. Ce dernier assure un passage à 105°C sous pression avec une longueur de 40m en 20 secondes. Si les deux filtres sont en production le débit total de fonctionnement est de 34 m³/h par contre lorsqu'un seul filtre qu'est en production le débit total est de 17 m³/h.

B) Filtration stérile :

Elle est assurée grâce à des filtres à plaque identiques. Chaque filtre reçoit du produit venant directement de la pasteurisation sachant que chaque filtre possède son séquentiel. En fin, La fin de filtration est provoquée normalement par le seuil de préalarme de la pression d'entrée du filtre. Après remplacement des plaques des opérations de stérilisation et mouillage des plaques s'effectuent en local via l'automatisme : Des boutons poussoirs lumineux guident ces opérations.

Débit de production pour un filtre : 17m³/h.

Température de stérilisation : 105°C.

4.4.Concentration (unité, SL500)

Le but principal de cette unité est de concentrer le produit venant de l'unité de pasteurisation filtration stérile avant d'être stocké. Cette unité d'évaporation à deux parties, le premier est une pompe à vide tandis que l'autre et un condenseur tubulaire permettent la mise sous vide, voir l'annexe 4.

La régulation de vide est connectée directement en haut du 2ème séparateur. En outre le débit de vapeur saturée est régulé en pression.

Le fonctionnement de cette unité est le poussage : à débit d'entrée constant. Le produit à concentrer est ajusté en pH dans le bac d'alimentation (T500). En effet Un pré réchauffeur avant le 1er effet assure une économie d'énergie en utilisant les condensats chauds à la

sortie du premier effet. En fin Avant d'envoyer le sirop vers les bacs de stockage, ce dernier doit être recyclé pour obtenir la bonne concentration (Brix 67%) du produit sans le risque de l'apparition des colorants ou de la caramélisation.

Le produit final obtenu est envoyé vers un système de refroidissement avant d'être stocké.

4.5. Stockage (unité, SL600)

Le but de cette étape est le stockage et le chargement du produit fini. Cette unité comprend 5 bacs de stockage (**T601.T602.T603. T604.T605**) de 300m³ chacun, voir l'annexe 5.

Une fois le bac vide, une opération de nettoyage est effectuée à l'eau chaude, suivie d'une stérilisation avec de la vapeur à une pression de 1.5 bar.

Le produit fini destiné à remplir l'un des bacs sélectionnés par l'opérateur doit avoir une température inférieure à 40 °C car le sucre liquide saccharose se stocke à 25 °C.

La température ne doit pas descendre en dessous de 15 °C sinon le sucre liquide risque de se cristalliser. (**Mathlouthi et al, 1995**)

4.6. Quais de désinfection et expédition

Toute citerne camion doit être prélavée avant le chargement avec de l'eau chaude pendant 7 minutes et désinfectée avec de la vapeur à 1.5 bar pendant 15 à 20 minutes à une température supérieure à 105°C.

Le chargement d'un camion s'effectue en sélectionnant un bac, à condition que ce dernier soit prêt pour le chargement, deux camions au maximum peuvent être chargés par le même bac.

Une pompe assure le transfert du sirop vers le camion-citerne par un flexible.

4.7. Unité SL1000

Cette unité a pour fonction d'assurer la préparation en saumure 150g/l qui est utilisée dans la régénération des colonnes de déminéralisation (unité 100), et le dosage afin d'ajuster le pH du bac T500, cette unité comprend 6 stations distinctes, voir l'annexe 6 :

1) Station d'eau récupérée (ER)

Elle est constituée d'un bac et d'une pompe. Ce bac reçoit de l'eau récupérée venant d'une colonne en rinçage rapide après régénération. En cas de nécessité, un appoint en eau osmosée est prévu.

Cette station a pour but deux fonction : assurer la dilution de chaque réactif en premier et deuxièmement ; alimenter les colonnes en déplaçant les réactifs.

2) Station d'HCL (acide chlorhydrique)

Elle est constituée d'un bac d'HCl concentré (33%) , d'une pompe centrifuge et d'un pot de mélange pour assurer la dilution de HCl par de l'eau récupérée. la fonction principale de l'acide chlorhydrique (5%) est d'alimenter la résine cationique à régénérer.

3) Station de NaOH (soude)

Cette station est constituée d'un bac contenant de NaOH concentré (45%), d'une pompe centrifuge et d'un pot de mélange pour assurer la dilution de NaOH par de l'eau récupérée. la fonction principale d' NaOH (4%) est la contribution à régénération de la résine anionique.

4) Station de NaCl (saumure)

Elle est constituée d'une fosse à saumure fraîche et décanté à 300g/l, d'une pompe centrifuge et d'un pot de mélange pour diluer le NaCl par de l'eau récupérée. La Fonction de cette station est d'alimenter le bac T160 en NaCl 150 g/l, ceci pour la séparation des résines.

5) Station NaOH 1%

Utilisant la station d'eau récupérée (ER) et de NaOH, elle alimente le ballon T501 (NaOH 1%).

6) Station HCl 1%

la station d'eau récupérée (ER) et de HCl, elle alimente le ballon T501 (HCl 1%).

Partie pratique

II. Partie pratique

1. Présentation de l'organisme d'accueil CEVITAL

Créé en 1998, par ses deux principaux actionnaires Monsieur ISSAD REBRAB et fils avec un capital social de 970 000 000 00 DA. CEVITAL est une entreprise privée spécialisée dans la production agroalimentaire. Elle comprend trois grandes unités de production, qui sont :

- La raffinerie d'huile, avec une capacité de production de 1800 t / jour ;
- La margarinerie et graisses végétales, avec une production de 600 t /jour ;
- La raffinerie du sucre, avec une capacité de production de 1600 t /jour.

Une unité de sucre liquide achevée en 2008, l'unité de sucre liquide s'intéresse exclusivement à une clientèle d'industrielle dans le domaine agroalimentaire tel que les boissons, les biscuitiers, les crémeries et les yaourts.

CEVITAL est implantée au nouveau quai du port de BEJAIA à 3 km au sud-ouest de cette ville, approximer de la route nationale 26 soit 280 Km d'Alger. Cet emplacement géographique lui est bénéfique car l'organisme se trouve approximer de l'aéroport, du port et de la zone industrielle d'AKBOU. Cet emplacement lui permet aussi de posséder un quai privé, la prédisposant à l'accostage de cargo de 40 000 à 60 000 tonnes. (Anonyme IV). Le logo de Cevital ainsi que les différentes marques de produits associés à ce dernier sont illustrés dans la **Figure 5** ci-dessous



Figure 5 : logo de l'entreprise CEVITAL et les différentes marques de produits

Matériel & méthodes

Matériel et méthodes

1. Physico-chimique

Au total, cinq échantillons sont prélevés toutes les deux heures, à partir de chaque robinet se trouvant juste après la pompe de soutirage de chaque bac. Ces échantillons sont récupérés dans des pots en plastique stériles de 250 ml. Les pots sont rincés trois fois avec du sirop afin d'éviter toutes sources d'erreur puis on les remplit. Ces derniers sont conduits vers le laboratoire pour les analyses physico-chimiques. Les paramètres étudiés dans chaque étape sont indiqués dans le **Tableau II**.

Tableau II : Paramètre physico-chimiques étudiés durant le processus.

| Analyses | Unités | Normes | Normes d'essai |
|-----------------|----------|----------|--|
| Pureté | % | Min 99.9 | Calculée selon 100% saccharose moins les cendres |
| Brix | % | 67.20 | ICUMSA GS 4/3/8-13 (2009) |
| Polarité | - | - | Polarimètre |
| Ph | - | 7.18 | ICUMSA GS 1/2/3/4/7/8/9-23(2009) |
| Couleur | U.Icumsa | 13 | ICUMSA GS 2/3-10 (2011) |

Paramètres mesuré (Tazarourte ,2013)

1.1.Brix :

Le Brix correspond au rapport entre la quantité de matière sèche contenue dans la solution et le volume de la solution. Une dilution de 1/5 est effectuée, la solution obtenue est homogénéisée sous agitation continue. La valeur du Brix de la solution est mesurée grâce à un réfractomètre.

La valeur de Brix de la solution est directement lue sur le réfractomètre, le calcul du Brix se fait en multipliant la valeur lue par le facteur de dilution. Elle est donnée par la relation suivante :

$\text{Brix}_{\text{poids}} (\text{g}\% \text{g ou g}\% \text{mL}) = \text{lecture réfractomètre} (\text{g}\% \text{g ou g}\% \text{mL}) \times \text{dilution ou volume}$

1.2. Polarisation

Toutes les molécules optiquement actives, possédant au moins un carbone asymétrique, sont capables de dévier le plan de la lumière polarisée. Cette déviation est proportionnelle à la teneur en substance à doser.

Dans un premier temps, une dilution de 1/5 est effectuée à partir de l'échantillon à analyser. La solution est homogénéisée puis introduite dans le polarimètre

La lecture de la valeur de la polarité se fait directement sur le polarimètre et cela en multipliant la valeur par le facteur de dilution.

L'équation de la polarisation est représentée ci-dessous :

$\text{Polarisation (en g \% ml)} = K \times (\text{lectures saccharimètre} \times \text{dilutions})$

Avec

$K = 0,20$ si le poids normal du saccharimètre est à 20 g

1.3.Pureté

La pureté est le rapport entre la valeur de la polarité et la valeur du Brix du sucre liquide dilué au 1/5 .

Une dilution de 1/5 a été préparée pour l'échantillon à analyser, après homogénéisation de la solution, le Brix et la polarité ont été mesurés, et la pureté est calculée selon la relation ci-dessous :

$$\text{Pureté} = 100 \times \text{Polarisation (exprimée en g \% mL)} / \text{Brix}_{\text{volume}} (\text{g \% mL})$$

1.4. Couleur

Pour évaluer la couleur du sucre liquide, ce dernier est dilué dans l'eau distillée, la solution obtenue est filtrée à travers une membrane filtrante de diamètre 0,4 µm.

Le sirop à Brix 50° a été préparé à partir de l'échantillon à analyser, la solution est homogénéisée, puis le pH est ajusté à $7 \pm 0,2$ avec une solution acide ou basique (0,1 N). La solution est filtrée à travers la membrane. Un volume de 10ml de la première solution filtrée est jeté, puis le filtrat est récupéré dans un bécher, propre et sec.

La solution est passée au bain ultrasons pendant 1mn. L'absorbance de la solution est lue à 420nm dans une cellule de 5cm (cuve) en utilisant l'eau distillée comme contrôle.

La cellule de mesure doit être propre et les parois (que traverse le faisceau lumineux) doivent être claires et nettes .

$$\text{Couleur ICUMSA} = \frac{1000.A_s}{b.c}$$

As: absorbance de la solution à 420nm .**b**: longueur (cm) de la cellule .**c**: concentration (g/ml) de la solution de sucre.

Tous les calculs sont effectués par logiciel appeler Cléopâtre.

1.5. pH

C'est la mesure potentiométrique du pH des sirops de sucre à leur titre initial à 20°C. Les électrodes sont étalonnées au moyen de solutions tampons, rincées à l'eau distillée.

A partir de l'échantillon, un sirop de 50°brix est préparé, puis homogénéisé par agitation. Les électrodes sont immergées sous agitation .la lecture est réalisée après 5min.

2. Microbiologie

Dans cette étape, les échantillons doivent être représentatifs, soumis à des conditions de transport, réception et de stockage convenables pour donner des résultats fiables.

Un prélèvement du sucre liquide est effectué par remplissage de flacon en plastique stérilisés de 250 ml au niveau des bacs de stockage (T601, T602, T604). Ces derniers sont équipés de vannes d'échantillonnages qui sont stérilisées avant chaque remplissage avec de l'alcool puis flambage avec une torche à feu.

A) Transport :

Le mode de transport des échantillons vers le laboratoire doit garantir que ces derniers sont conservés dans des conditions de température et d'humidité réduisant, le plus possible, toutes modifications du nombre de micro-organismes présents.

B) Réception :

Lors de la réception des échantillons au laboratoire. Ces derniers doivent être enregistrés pour les identifier. Le registre d'échantillon à analyser contient des données suivantes : La date et l'heure de réception ; les caractéristiques du prélèvement (Date et l'heure du prélèvement) ; la température et l'humidité de transport ; numéro du lot et le nom du technicien qui a fait le prélèvement.

C) Entreposage :

Les échantillons en attente pour être examinés doivent être stockés dans des conditions réduisant le risque de contamination (**ISO 7218, 2007**).

Analyses microbiologiques du sucre liquide (ICUMSA).

Les analyses microbiologiques et les germes recherchés pour le sucre liquide au niveau du laboratoire microbiologique du complexe CEVITAL, sont effectués selon un protocole d'analyse des normes de l'organisation internationale de standardisation (ISO), et les exigences du **Journal officiel de la République Algérienne (JORA) n°39 voir le tableau suivant :**

Tableau III: Germes recherchés selon le journal officiel de la république algérienne (JORA).

| Catégories des données alimentaires | Micro - organismes/métabolites | Plan d'échantillonnage | | Limites microbiologiques (ufc/g) | |
|---|--------------------------------|------------------------|---|----------------------------------|-------------------|
| | | N | C | M | M |
| Sucres destinés à la consommation humaine et aux industries | Germes aérobies à 30°C | 5 | 2 | 20 | 2.10 ² |
| | Anaérobies sulfite-réducteurs | 5 | 2 | 1 | 10 |
| | Levures et moisissures | 5 | 2 | 1 | 10 |
| | Germes acidifiants | 5 | 2 | 5 | 50 |

2.1. Technique utilisée pour le dénombrement des germes.

La méthode de filtration sur membrane nécessite une rampe de filtration complète en acier inoxydable avec entonnoirs et couvercles prés assemblés à 6 postes et vannes pour utilisation sous vide sur des membranes de 47/50 mm comme illustré ci-après :

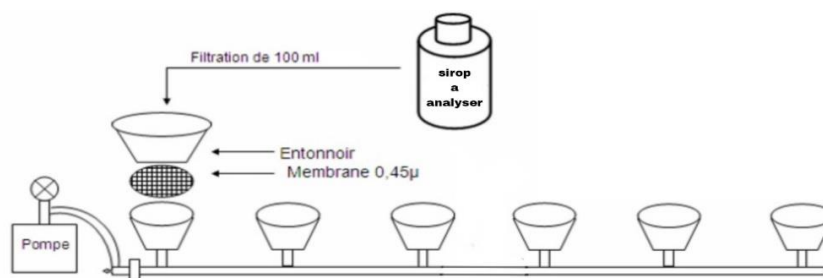


Figure 6 : Rampe de filtration

Cette technique d'analyse a pour but de concentrer les microorganismes présents dans un grand volume de liquide. Elle est utilisée pour rechercher et dénombrer les trois germes suivants : flore totale aérobie mésophile, levures et moisissures et bactéries acidifiantes.

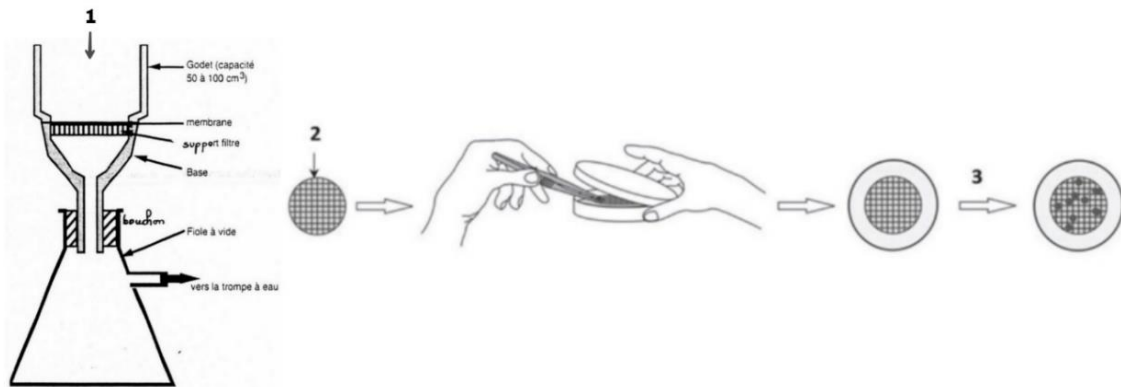


Figure 7 : Etapes de la technique filtration sur membrane

1) **Filtration** : L'appareil de filtration est connecté à la pompe à vide. Après cela les entonnoirs et les supports sont désinfectés avec de l'alcool.

Après refroidissement, la membrane est ajustée bien au centre du support avec des brucelles stériles, et l'entonnoir stérile est mis par-dessus en le fixant avec le dispositif d'assemblage.

Un volume de 100 ml de la solution mère est versé dans l'entonnoir. La pompe est utilisée pour filtrer l'échantillon.

2) **Incubation** : l'entonnoir est retiré et la membrane est déposée sur la boîte déjà coulée avec un milieu spécifique pour chaque germe, suivie d'une incubation.

Avant de couler les milieux de culture dans les boîtes de Petri stériles, il faut inscrire le numéro d'échantillon, le nom de produit et le type de milieu. Pour chaque recherche et dénombrement de germes, un témoin de milieu de culture est effectué et un témoin diluant pour confirmer la source de contamination en cas d'existence.

3) **Dénombrement des colonies** : C'est Le comptage des éléments qui donnent naissance à une colonie (UFC=unités formant une colonie) à l'aide d'un compteur.

Le résultat est indiqué en nombre d'UFC pour 10g de sucre. (ICUMSA.GS2/3-41 ; 2011).

Il est impossible de compter une boîte contenant plus de 300 colonies en raison d'un risque d'erreur trop important, ces résultats sont donc rejetés. Les boîtes contenant moins de 30 colonies sont aussi écartées, les colonies étant peu nombreuse et pouvant induire des erreurs. La formule ci-après est utilisée.

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot (n1 + 0.1n2)d1}$$

N : nombre d'UFC par gramme ou par ml de produit initial.

\sum colonies : sommes des colonies des boites interprétables.

V : volume de solution déposé (ml).

n1: nombre de boites considérées à la première dilution retenue.

n2: nombre de boites considérées à la seconde dilution retenue.

d : facteur de la première dilution retenue.

2.2. Quelques notions sur les germes recherchés et dénombré dans le sucre liquide :

2.2.1. La flore totale mésophile :

La flore totale mésophile comprend les microorganismes qui se développent dans des conditions de température modérée et de pH neutre à légèrement acide, et qui sont présents dans divers environnements naturels (**Bougeois et Leveau, 1996**).

La recherche de la flore mésophile aérobie totale est effectuée sur la gélose PCA (Plate Count Agar) voir le tableau IV

2.2.2. Germes anaérobies sulfito-réducteurs

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène.

Les anaérobies sulfites-réducteurs sont dénombrés sur milieu de culture VF agar en tube, pour favoriser les conditions d'anaérobiose, additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer, le sulfite est réduit en sulfure et réagit avec des ions ferriques en provoquant le noircissement des colonies des sulfites-réducteurs (**Anonyme**).

2.2.3. Levures et moisissures (Afssa,2009)

A) Les moisissures

Sont des aérobies stricts et exemptes de chlorophylle, elles sont hétérotrophes et peu exigeantes, sont des champignons filamenteux se développant par un système de filaments ramifiés appelés thalle ou hyphes, qui produisent des spores disséminées par l'air et l'eau.

Certaines moisissures peuvent produire des toxines via leur métabolisme secondaire appelées « mycotoxines »

B) Les levures

Une levure est un champignon unicellulaire apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Ce sont des hétérotrophes, à un métabolisme exclusivement oxydatif ou mixte (oxydatif et fermentaire), elles sont généralement des acidophiles et mésophiles, et se multiplient à un pH 3 et 7.5 et à des températures optimales voisines de 25-28 °C

Les levures se multiplient à l'intérieur du produit et provoquant la fermentation d'alcool ou d'acide dans la solution sucrée (**Clarke,1995**).

La recherche et le dénombrement des levures et des moisissures sont réalisés sur gélose OGA (Oxytetracycline-Glucose-Yeast Extract Agar) en surfusion, additionnée d'un antibiotique chlorophenicol, selon la méthode ICUMSA.GS2/3-47.

2.2.4. Germes Acidifiants :

C'est des bactéries qui ont la capacité de produire de l'acide lorsqu'elles se développent dans des aliments. Ces bactéries peuvent abaisser le pH des aliments, ce qui peut avoir un impact sur leur qualité, leur goût et leur sécurité alimentaire (**Anonyme I**).

3. Composition des milieux de culture (Anonyme I).

La composition d'un milieu de culture doit comporter obligatoirement : une source d'eau (eau distillée), une source de carbone ou l'énergie (glucose), une source d'azote et de soufre.

Tableau IV : Germes recherchés et dénombrés et la composition du milieu de culture
(Anonyme I).

| Germe recherché | Milieu spécifique | Incubation | Composition du milieu de culture (dans 1L) | pH de milieu (± 0.2) |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|---|----------------------------|
| Flore totale aérobie Mésophile | PCA | 30 °C / 48h | Tryptone.....5g Extrait de levure 2.5g Glucose.....1g Agar.....15g | 7 |
| Germes Acidifiants | MCL | 30°C / 48h | Tryptone.....10g Agar.....20g Sucre roux.....100g Extrait de levure...5g | 6.5 |
| Levures et Moisissures | OGA | 25 °C/ 72h | Extrait de levure...5g Glucose.....10g Agar.....15g | 6.5 |
| Anaérobies sulfito- réducteur | VF | 37°C / 48h | Base viande foie ...30g Glucose 2g Agar6g | 7.4 |

Résultats

Résultats

1. Analyses physico-chimiques du sucre liquide

Des prélèvements ont été effectués sur des échantillons de sucre liquide de deux lots différents (T601.T603) afin de suivre leur qualité physico-chimique.

Cinq paramètres (polarité, Brix, pureté, pH, couleur) sont mesurés quotidiennement pendant six jours afin de vérifier la conformité du sucre liquide aux normes ICUMSA.

Les mesures ont été réalisées en dupliqua, la moyenne et les résultats transcrit de l'ensemble des résultats obtenus sont donnés en annexe 7.

T100 : bac Sirop super décoloré

T300 : bac Sirop déminéralisé

T400 : bac Sirop filtré

T500 : bac Sirop pasteurisé.

T600 : bac Sirop concentré stocké.

T601, T603 : Bacs de stockage

1.1. Pureté :

La pureté est un paramètre indispensable pour déterminer la qualité du produit fini, les résultats ont été présentés en annexe, et l'évolution de ce paramètre est rapportée dans la figure suivante :

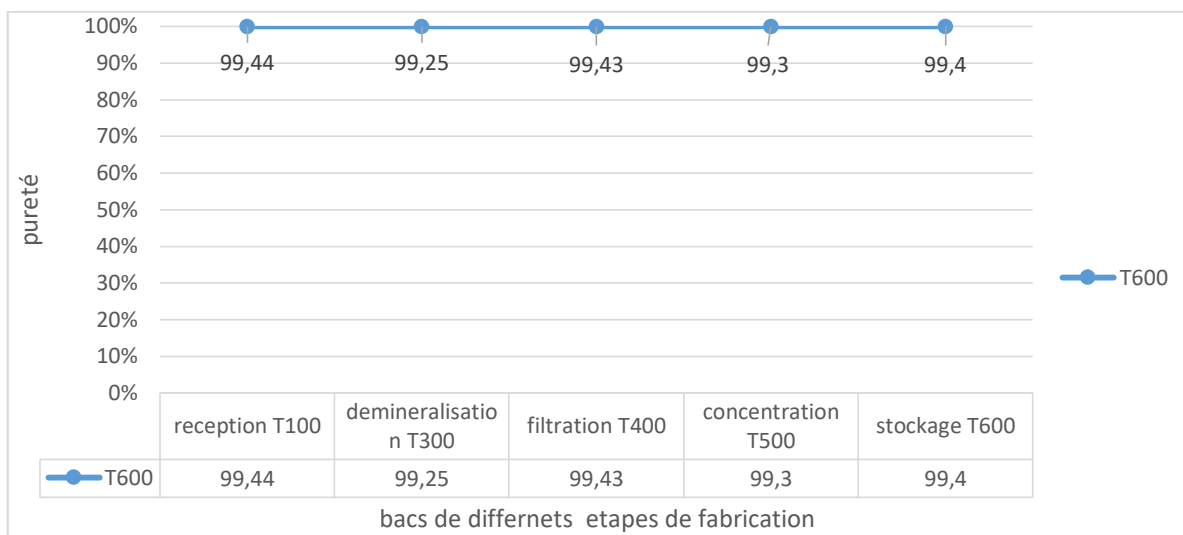


Figure 8: Évolution de la pureté durant le processus de fabrication du sucre liquide

D’après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la pureté du sucre liquide se traduisent par la présence de la matière sèche qui atteint dans tous les cas 99.5%. Ce résultat est lié aux résines qui ont la capacité de retenir une grande quantité d’impuretés. Ce qui nous permet de confirmer que la pureté du sucre liquide dans les deux lots est conforme aux normes ICUMSA.

1.2.Brix

C’est un paramètre important à contrôler car il nous renseigne sur la viscosité du sirop ainsi que sa vitesse d’écoulement. Son évolution est démontrée ci-après :

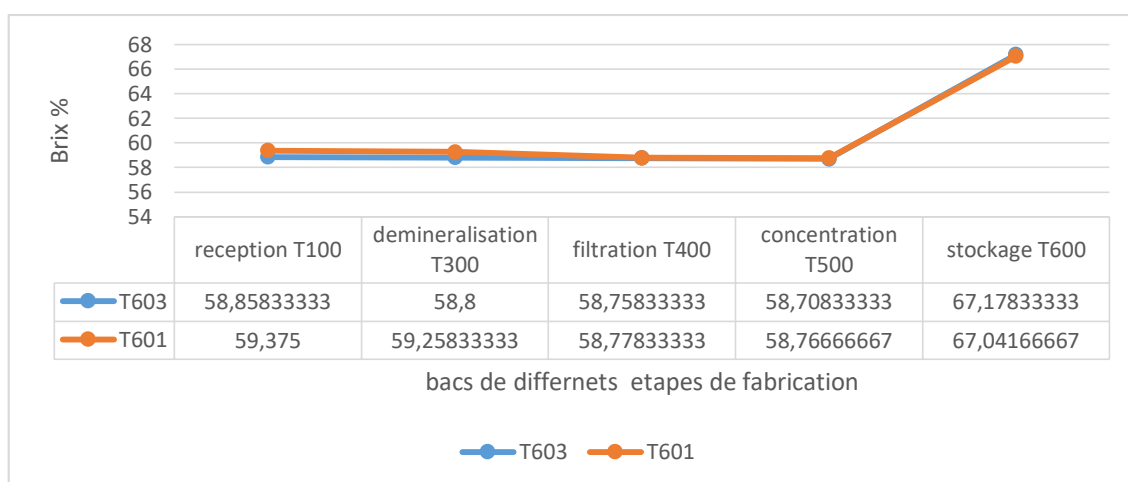


Figure 9: Évolution du Brix durant le processus de fabrication du sucre liquide

D'après les résultats présentés dans la figure, on remarque que les valeurs du Brix au cours des étapes du processus de fabrication du sucre liquide des deux lots T601, T603 sont similaires, avec une moyenne de 58% Brix à la réception du sirop dans le bac T100 jusqu'au bac T500 (unité de concentration). Une augmentation de ce dernier atteint $67\% \pm 1$. Ce qui est répond aux normes ICUMSA.

1.3.Couleur

La couleur est un paramètre très important pour s'assurer de la bonne qualité du produit fini. Sa progression est démontrée dans la figure suivante :

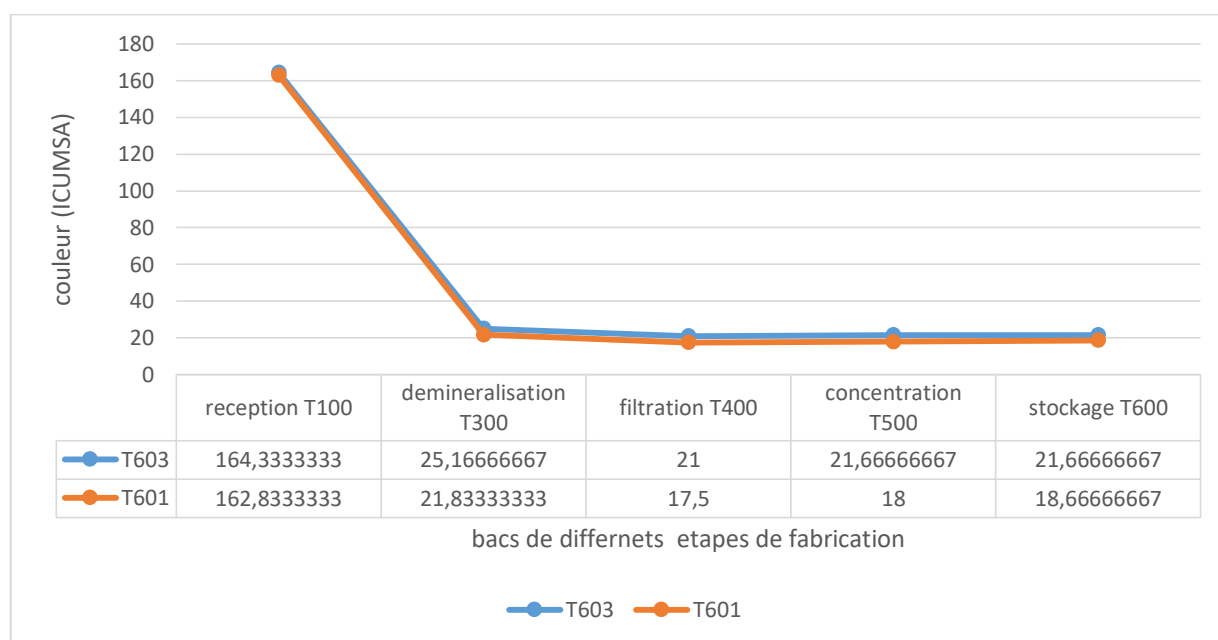


Figure 10: Évolution de la couleur durant le processus de fabrication du sucre liquide

La figure indique que les résultats d'évolution de la couleur durant les étapes de fabrication des deux lots T601, T603 sont analogues.

À la réception du sirop dans le bac T100 la couleur est de 164 ICUMSA dans le lot T603 et de 162 ICUMSA dans le lot T601. Après la déminéralisation, une baisse de la couleur va atteindre les 25 ICUMSA T603 et 21 ICUMSA T601 dans le bac T300, qui continue à diminuer jusqu'à 21 ICUMSA T603 et 18 ICUMSA T601 dans T600. Ces résultats peuvent s'interpréter par l'efficacité de l'absorption des pigments colorés et toutes les impuretés dans l'étape de la déminéralisation. Le produit est de bonne qualité.

1.4.pH

Le pH est un indicateur de la pollution. Il varie suivant la nature des effluents basiques ou acides.

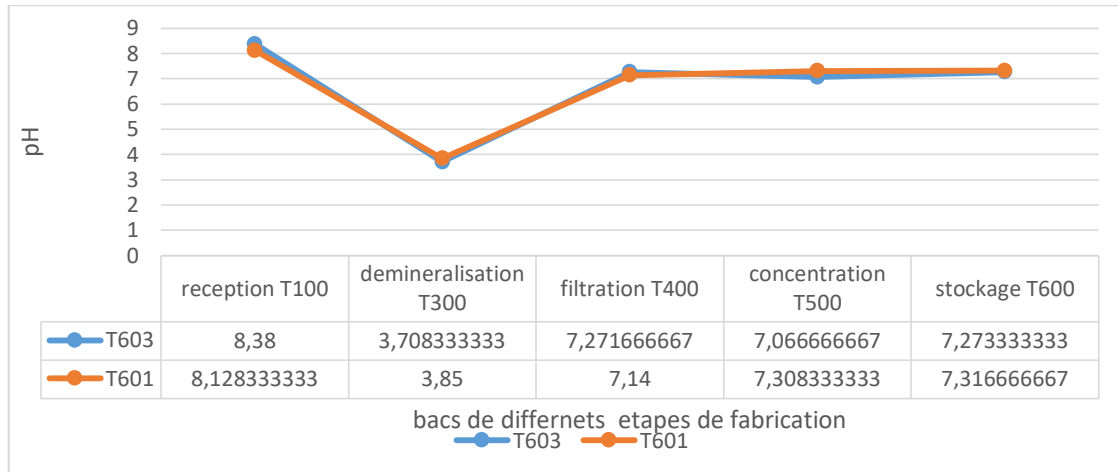


Figure 11: Évolution du pH durant le processus de fabrication du sucre liquide

Les résultats des analyses dans la figure indiquent l'évolution du pH durant le processus de fabrication. Une baisse du pH a été enregistrée de 8 jusqu'à 3.7 dans T300 durant la déminéralisation, cela s'explique par le contact des résines échangeuse d'ions avec le sirop sucré, qui libèrent des ions hydrogène (H^+) dans ce dernier, ce qui entraîne une augmentation de la concentration d'ions H^+ qui se traduit par une diminution du pH. Ce dernier se stabilise à un pH neutre 7 durant l'étape de filtration jusqu'au stockage T600, ce qui est dû à l'élimination des impuretés solides incluant des acides organiques qui sont présentes dans le sirop par les filtres.

2. Analyses microbiologiques du sucre liquide

Les analyses microbiologiques sont indispensables pour vérifier la conformité du produit fini par rapport à la réglementation "hygiène" en vigueur. La recherche de quelques germes fait l'objet de l'analyse pendant la période de notre stage à CEVITAL, afin de suivre et de contrôler l'évolution de la qualité hygiénique du sucre liquide.

2.1.Conformité de la qualité du sucre liquide en germes aérobies ou la flore totale aérobie mésophile (FTAM).

Les résultats de la recherche des germes aérobies contenus dans le sucre liquide sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau V : Dénombrement des germes aérobies dans le sucre liquide des deux bacs de stockage T601 et T603 à 30 °C/48h.

| Prélèvement/J | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Norme | 200 UFC/10G | | | | | | | | | |
| Echantillon 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Echantillon 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Les résultats montrent que la charge microbienne dans les deux bacs de stockage (T601.T603) en germes aérobies est faible et au-dessous de la norme (200 UFC/10g). Les mêmes résultats ont été obtenus pour toutes les analyses que nous avons effectuées au cours de notre stage. Ces derniers répondent aux normes (**JORA**). La qualité du sucre liquide est donc satisfaisante

2.2. Conformité de la qualité du sucre liquide en germes acidifiants

Les résultats de la recherche des germes acidifiants contenus dans le sucre liquide sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VI : Dénombrement des germes acidifiants dans le sucre liquide dans les deux bacs T601et T603 après incubation à 44 °C/48h.

| Prélèvement/J | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Norme | 50 UFC/10G | | | | | | | | | |
| Echantillon 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Echantillon 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Les résultats obtenus indiquent une absence totale des germes acidifiants dans tous les prélèvements, ce qui indique que les pratiques d'hygiène ont été respectées au cours de notre travail et la qualité de notre produit est satisfaisante.

2.3. Conformité de la qualité du sucre liquide en levures et moisissures

Les résultats de la recherche des levures et moisissures contenus dans le sucre liquide sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau VII : Dénombrement des levures et moisissures dans le sucre liquide dans les deux bacs de stockage T601 et T603 après incubation à 30°C pendant 72h.

| Prélèvement/J | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Norme | 10 UFC/10G | | | | | | | | | |
| Echantillon 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Echantillon 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

L'absence des levures et moisissures est un indicateur de l'efficacité de la pasteurisation d'une part et de la filtration stérile d'autre part. Ceci nous renseigne également sur les bonnes conditions de stockage du produit fini du sucre liquide.

2.4. Conformité de la qualité du sucre liquide en germes anaérobies sulfite-réducteurs

La recherche des germes sulfites-réducteurs dans le sucre liquide est importante car ces dernières sont responsables de l'altération microbienne et diminue considérablement la durée de conservation du sucre liquide.

Tableau VIII : Recherche des germes anaérobies sulfites-Réducteurs dans le sucre liquide des deux bacs de stockage T601 et T603 après incubation à 37 °C pendant 48h.

| Prélèvement/J | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Norme | 1 UFC/10G | | | | | | | | | |
| Echantillon 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Echantillon 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

D'après les résultats du tableau IV, il a été remarqué une absence totale des anaérobies sulfite- réducteurs, cela signifie que la température de pasteurisation choisie est efficace et la qualité du produit est satisfaisante.

Conclusion

Conclusion

Pour conclure, le suivi de fabrication du sucre liquide au sein de l'entreprise CEVITAL a permis d'obtenir des résultats d'analyse qui attestent de la bonne qualité du produit final (le sucre liquide). Les différentes étapes du processus de fabrication, depuis le raffinage du sucre roux jusqu'à la production du sucre liquide, ont été réalisées avec rigueur et expertise, grâce au protocole bien établi et au savoir-faire de l'entreprise.

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées tout au long du processus ont démontré la conformité du sucre liquide aux normes de qualité et de sécurité alimentaire. Les paramètres tels que la polarisation, le pouvoir sucrant, le pH et la teneur en germes sulfito-réducteurs sont conformes aux spécifications requises, garantissant ainsi la satisfaction des consommateurs. La bonne qualité du sucre liquide est le fruit de la maîtrise technique de l'entreprise CEVITAL, ainsi que de son savoir-faire dans le domaine de la fabrication du sucre. L'entreprise a su mettre en place des protocoles stricts, des contrôles de qualité rigoureux et des pratiques exemplaires pour assurer la production d'un sucre liquide de haute qualité.

Il convient également de souligner l'importance de la formation continue du personnel, de la veille technologique et de l'investissement dans les équipements de pointe, qui contribuent à maintenir les standards élevés de l'entreprise.

Ce mémoire de fin de cycle a permis de mettre en évidence l'importance du suivi de fabrication du sucre liquide et l'impact positif de l'expertise technique et du savoir-faire de l'entreprise CEVITAL. La qualité du produit final, du point de vue physico-chimique et microbiologique, est le résultat d'un travail minutieux, de la conformité aux protocoles établis et de l'engagement envers l'excellence. Cela témoigne de la compétitivité de l'entreprise sur le marché du sucre liquide et de sa capacité à répondre aux attentes des consommateurs en termes de qualité et de sécurité alimentaire.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Alais C., Linde G. et Miclo L. (2003). Glucides simples et produits dérivés. In biochimie alimentaire. Paris. Ed. Dunod, p250.

Anonyme I : Manuel CEVITAL Procédés de raffinage du sucre roux.

Anonyme II : Manuel CEVITAL procédés de fabrication du sucre liquide.

Anonyme III : Manuel CEVITAL unité osmose.

Anonyme IV : Manuel CEVITAL

Arzate A. (2005). Extraction et raffinage du sucre de canne, *Revue de l'ACER* (Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture), Saint-Norbert-d'Arthabaska, p41.

Bubnik Z ; Kadlek P. (1995). La solubilité du saccharose. In *Le saccharose : Propriétés et applications*. Ed. POLYTECHNICA. PARIS. pp 106-130.

Chi Chou. C. (2000). Sugar Refining Processes and Equipment. In *Handbook of Sugar Refining: A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities*. Ed. JOHN WILEY & SONS. NEW YORK. Pp11-19

Clarke M.A. (1995). Valeur technologique du saccharose dans les produits alimentaires. *Le saccharose : Propriétés et applications*. Ed. POLYTECHNICA. PARIS. pp 236-240.

Doucet J. (1992). Le sucre (saccharose) et ses dérivés traditionnels et nouveaux. In *Le sucre, les sucrés, les édulcorants et les glucides des charges dans les industries agroalimentaires*. Ed. TEC et DOC Lavoisier, pp 256 – 281.

Goebel R., Auroux S., Faucouner R., Marion D., Dadallier J.C. et Pouzet D. (2008). La canne à sucre, une herbe géante gorgée de sucre. Centre de recherche agronomique spécialisé dans les productions tropicales et méditerranéennes. Montpellier, FRANCE. pp. 4-5.

James, C.P, Chen., Chung Chi Chou. (1993). Outline of raw sugar process and extraction of juice : *Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers*. Ed. JOHN WILEY & SONS. NEW YORK. pp48-102

Kampen W.H. (2000). Evaporation Theory and Practices. In Handbook of Sugar Refining : A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities. Ed.JOHN WILEY & SONS.NEW YORK. pp 169-188

Lescure J.P. (1995). Analyse des solutions de sucre. In Le saccharose : Propriétés et applications. Ed. POLYTECHNICA. PARIS pp.164-194.

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

Pearson T.N. (2000). Affination. In Handbook of Sugar Refining : A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities. Ed.JOHN WILEY & SONS.NEW YORK. pp 49 -54.

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

Rein P. (2000). Carbonation for Turbidity and Color Removal. In Handbook of Sugar Refining : A Manual for the Design and Operation of Sugar Refining Facilities. Ed.JOHN WILEY & SONS.NEW YORK. pp 73 -90.

Reiser P., Birch G.G., Mathlouthi M. (1995). Propriétés physiques. Le saccharose : Propriétés et applications. Ed. POLYTECHNICA. PARIS. pp 197-234.

Références électroniques

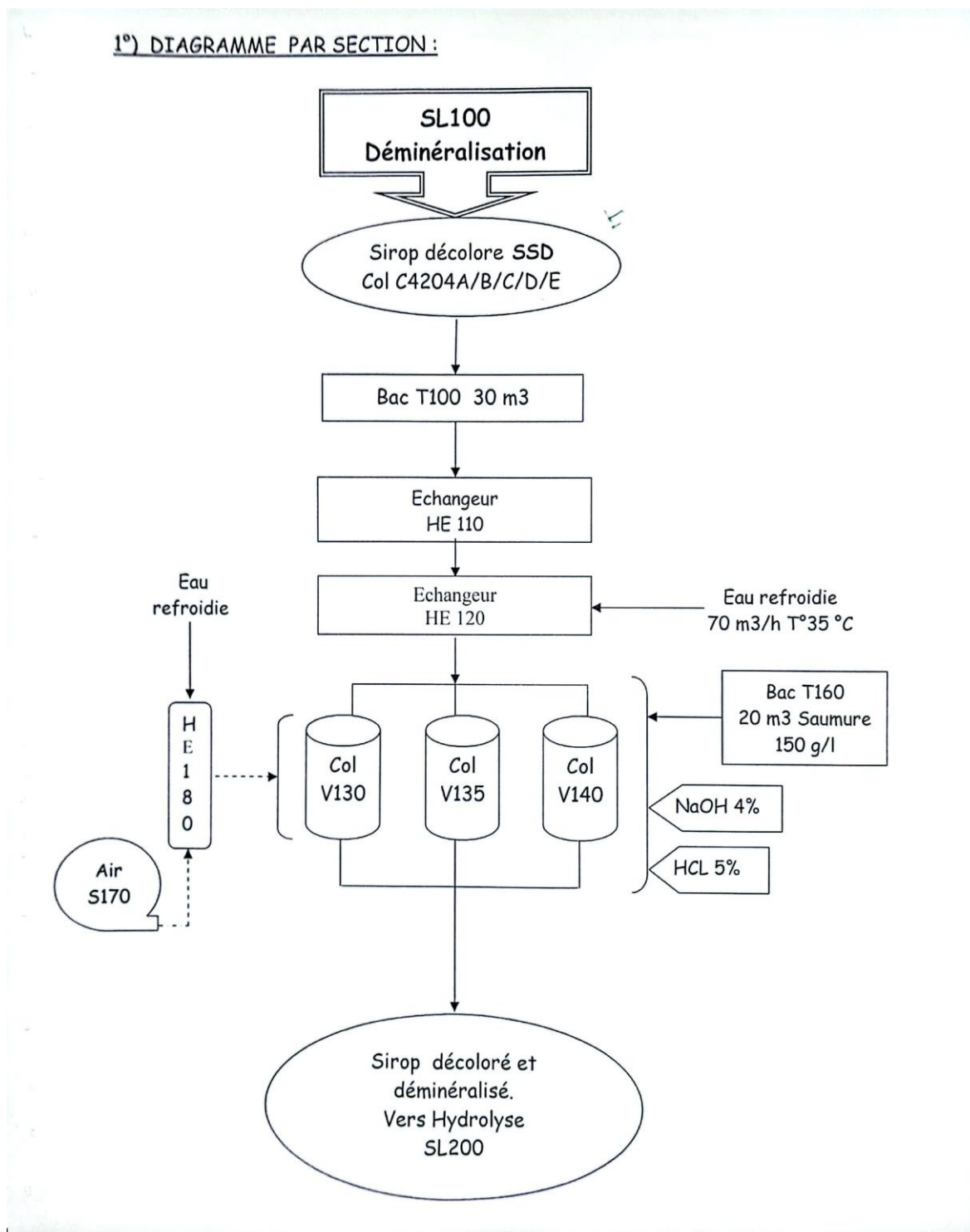
STOCKER, 1949 : [HTTPS://CNRTL.FR/DEFINITION/OSMOSE](https://cnrtl.fr/definition/osmoze) (PAGE CONSULTEE LE 25 MAI 2023)

LEMAIRE, 1975 : [HTTPS://CNRTL.FR/DEFINITION/OSMOSE](https://cnrtl.fr/definition/osmoze) (PAGE CONSULTEE LE 25 MAI 2023)

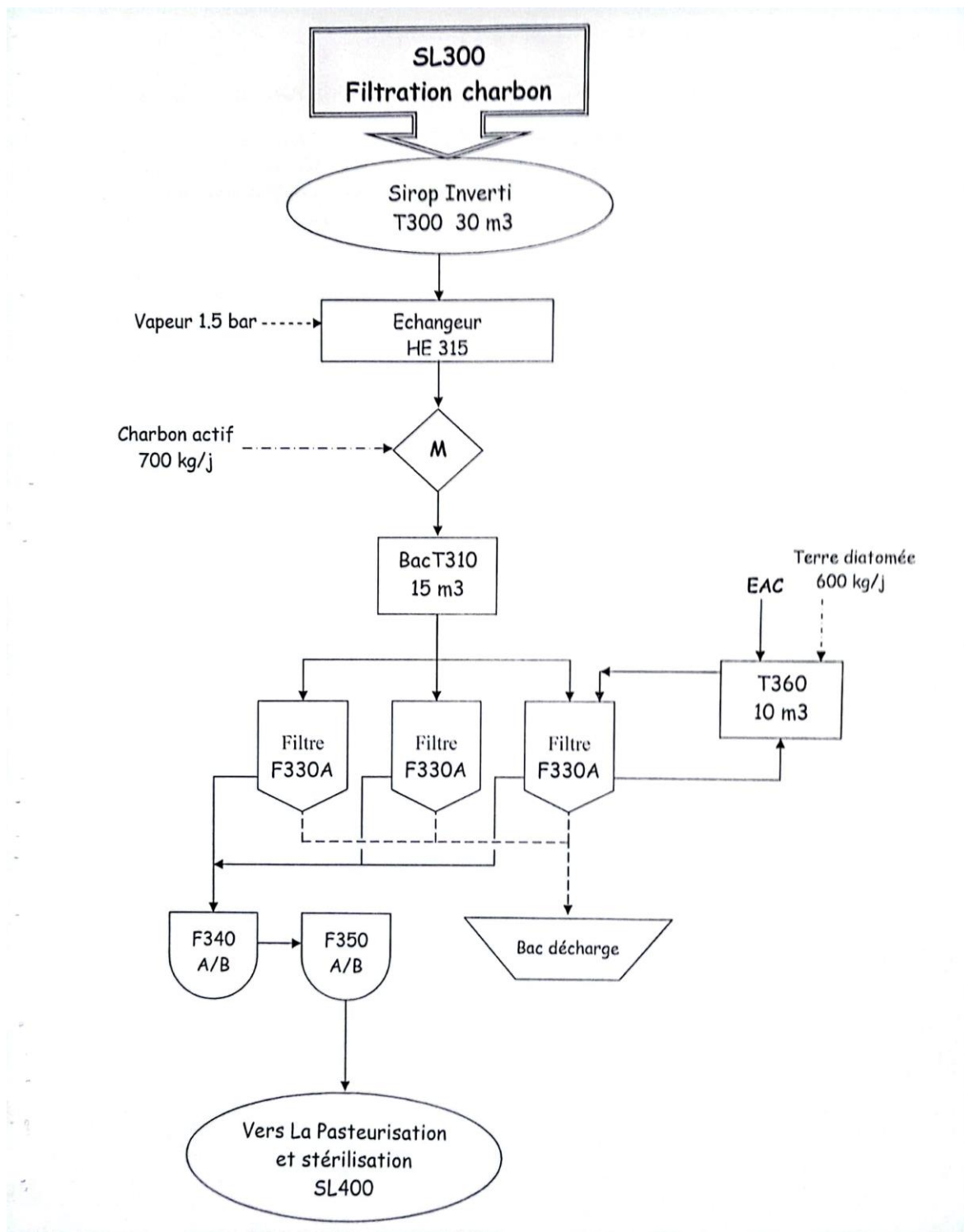
Annexes

Annexes :

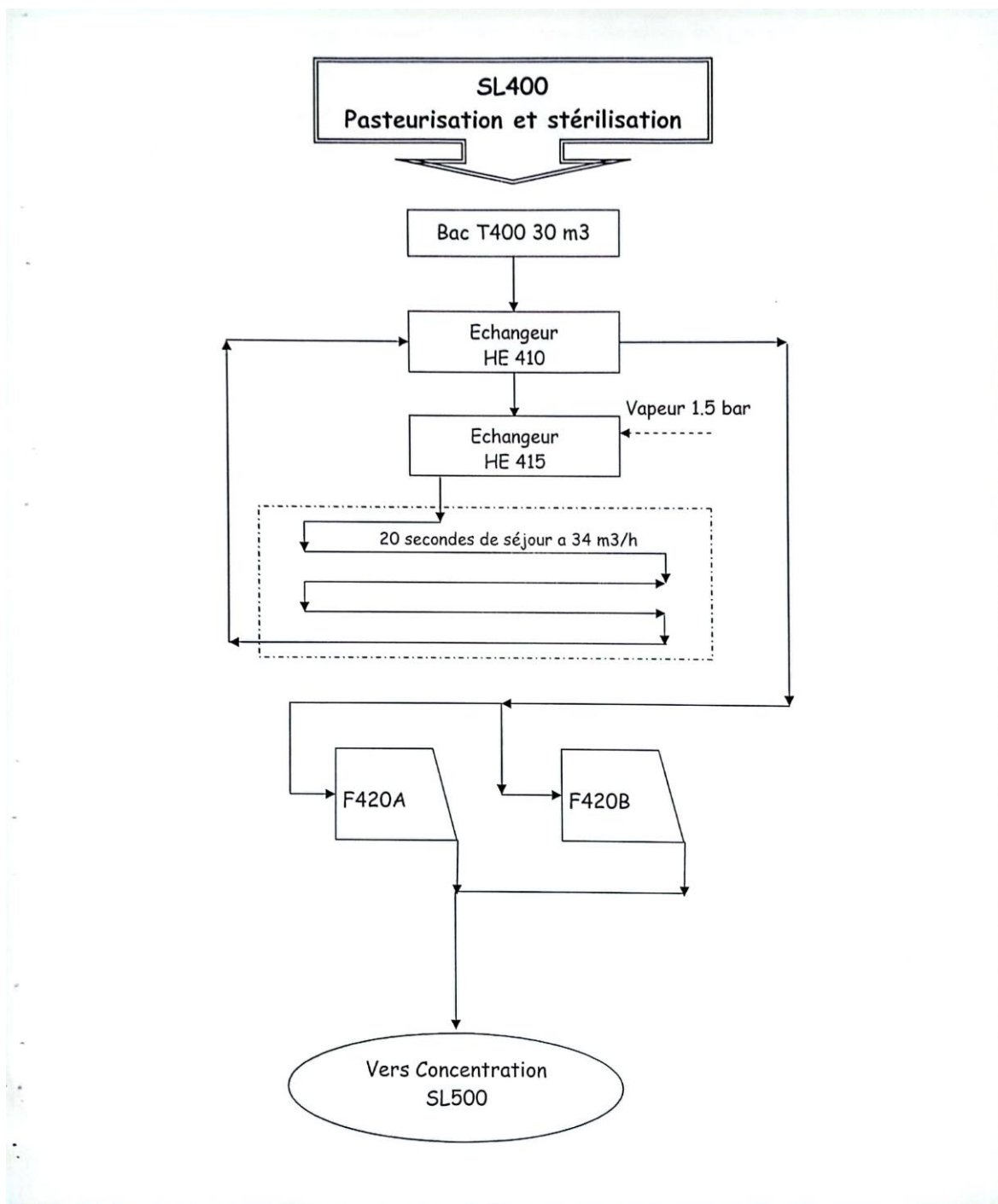
1)



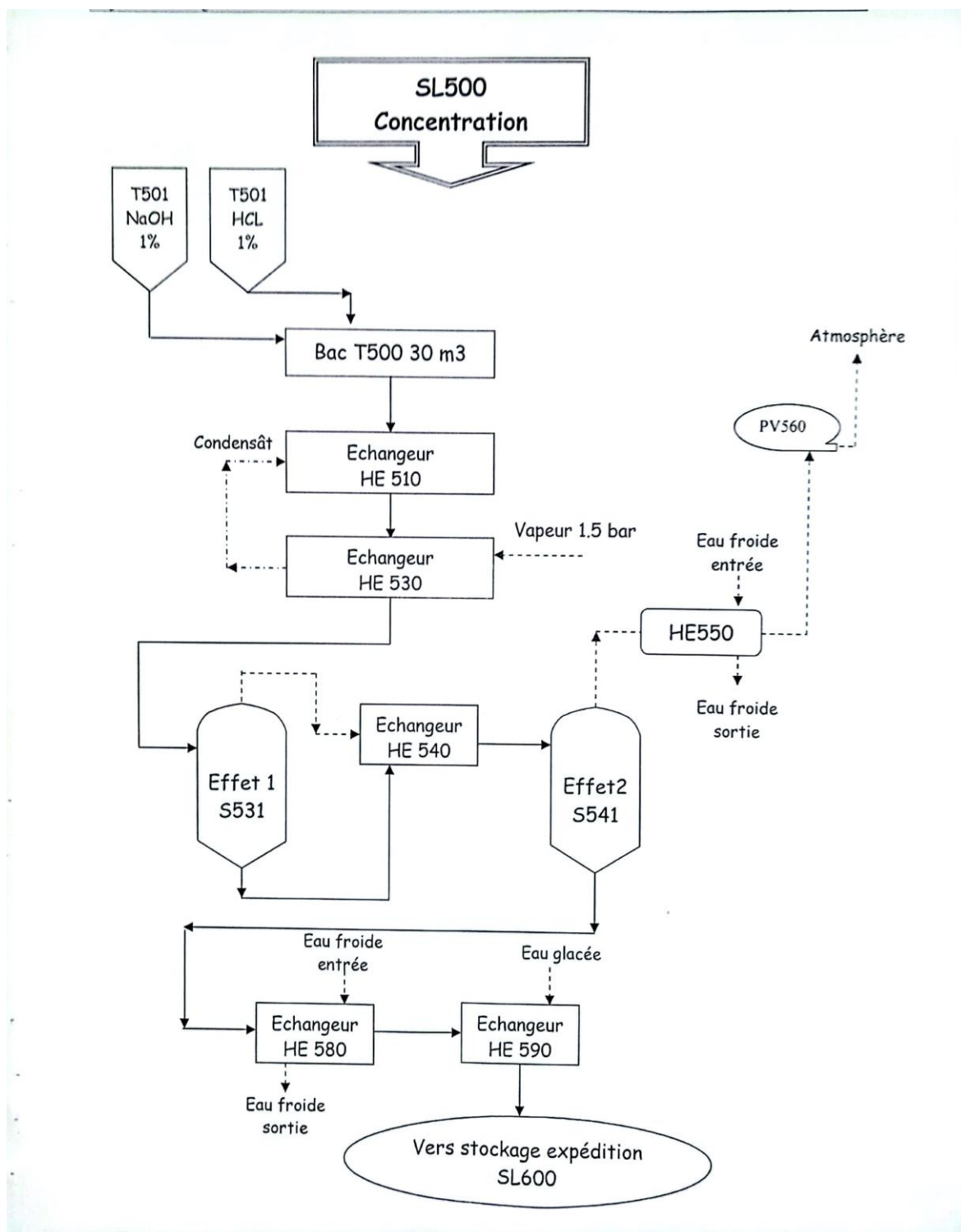
2)



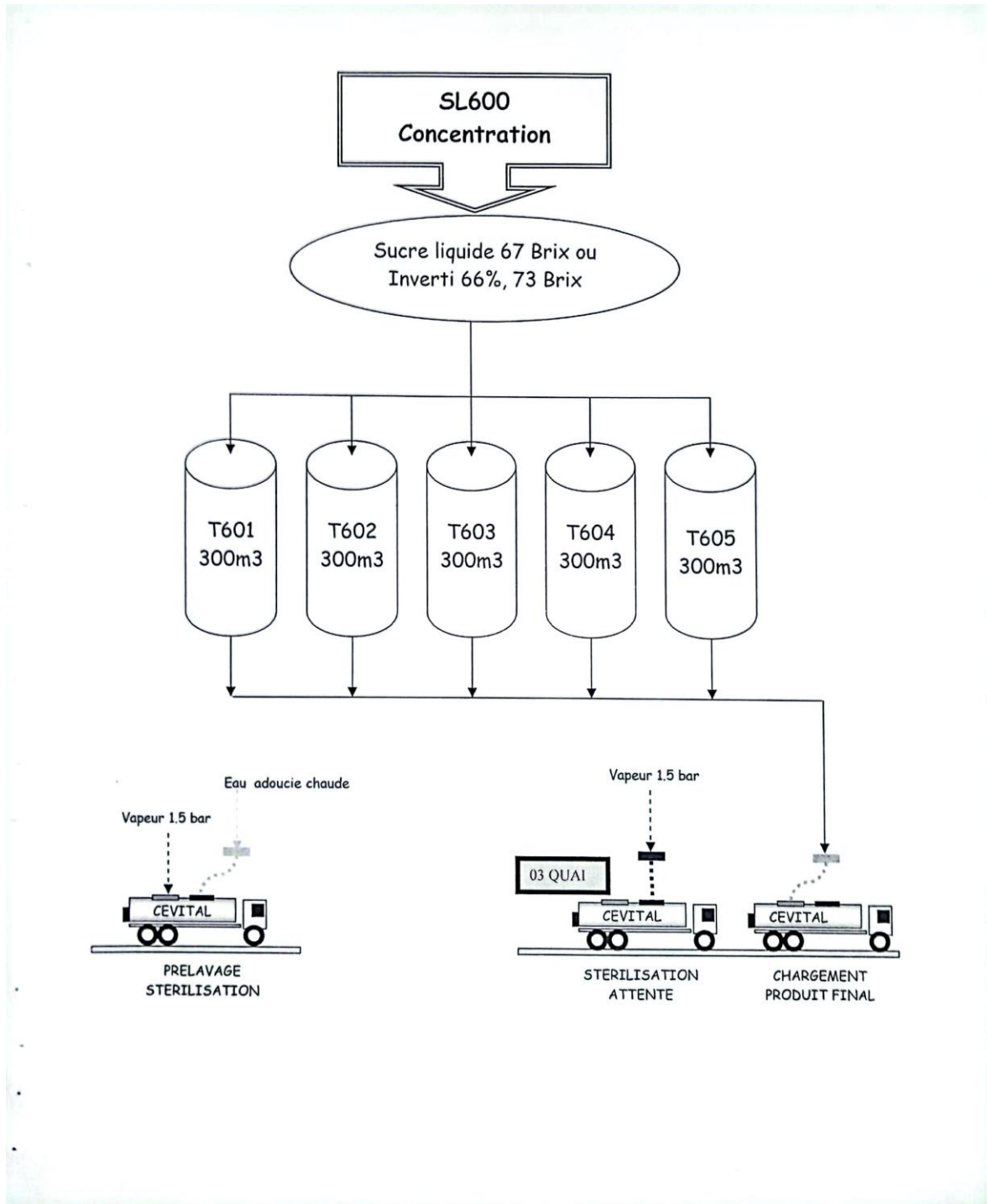
3)



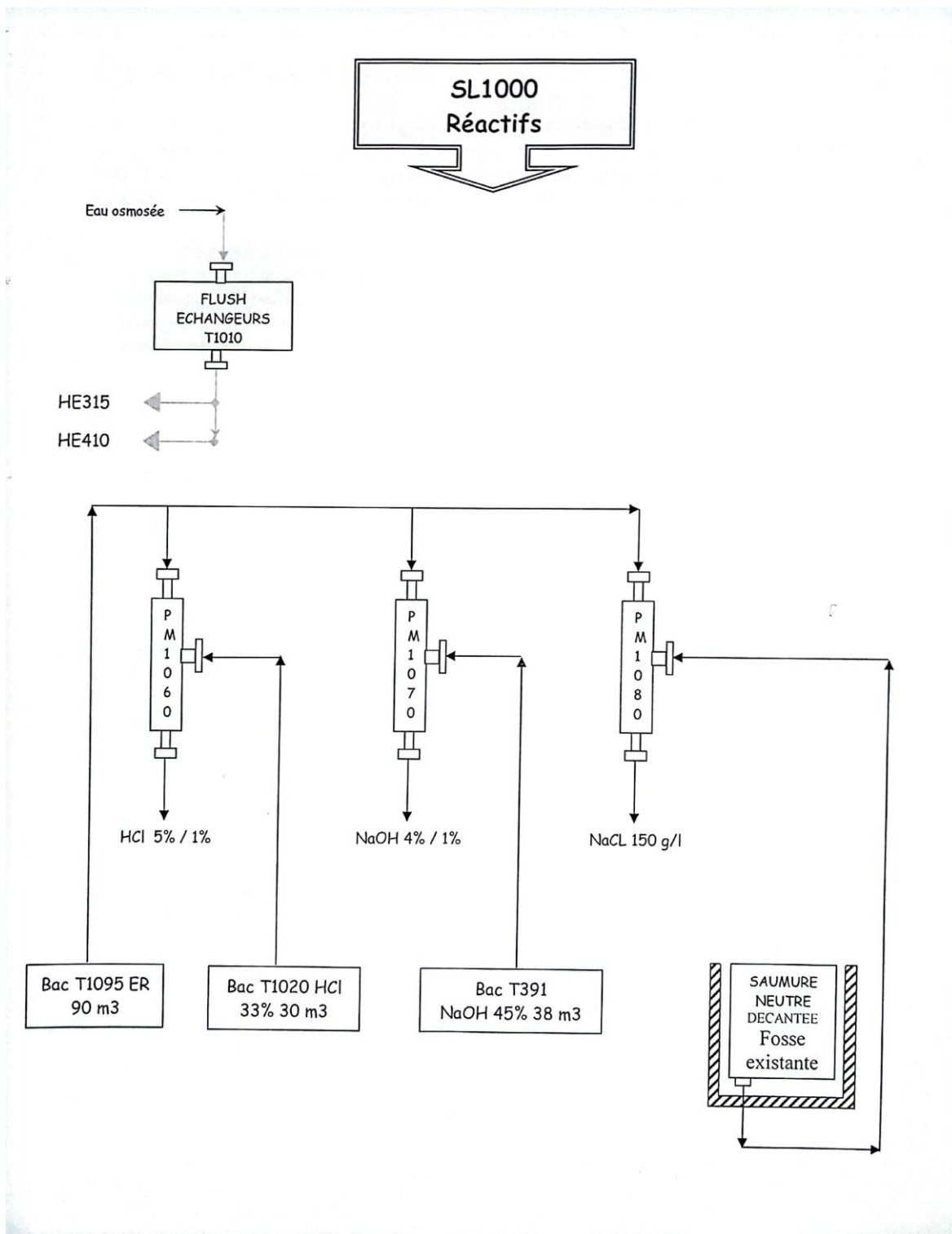
4)



5)



6)



7)

| Sirop super décoloré T100 | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|----------|-------------------|------|
| Paramètres Lots | Brix% | Pol% | Pureté % | Couleur ICUMSA | pH |
| 230309T603 | 59.10 | 58.86 | 99.59 | 173 | 7.73 |
| | 58.35 | 58.12 | 99.61 | 134 | 8.94 |
| 230310T603 | 58.75 | 58.36 | 99.34 | 169 | 8.65 |
| | 58.35 | 57.90 | 99.23 | 161 | 8.53 |
| 230312T603 | 59.40 | 58.85 | 99.07 | 176 | 8.25 |
| | 59.20 | 58.77 | 99.27 | 173 | 8.18 |
| 230320T601 | 59.60 | 59.16 | 99.26 | 166 | 7.85 |
| | 59.70 | 59.23 | 99.21 | 166 | 7.92 |
| 230321T601 | 58.70 | 58.43 | 99.54 | 147 | 8.85 |
| | 59.05 | 58.49 | 99.05 | 166 | 8.34 |
| 230323T601 | 59.10 | 58.60 | 99.15 | 169 | 8.11 |
| | 60.10 | 59.67 | 99.28 | 163 | 7.70 |

| Sirop déminéralisé T300 | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|----------|-------------------|------|
| Paramètres Lots | Brix% | Pol% | Pureté % | Couleur ICUMSA | pH |
| 230309T603 | 59.20 | 58.99 | 99.65 | 26 | 3.37 |
| | 59.10 | 58.86 | 99.59 | 24 | 3.42 |
| 230310T603 | 58.20 | 57.78 | 99.28 | 24 | 3.67 |
| | 58.55 | 58.26 | 99.50 | 23 | 3.89 |
| 230312T603 | 58.30 | 57.90 | 99.31 | 25 | 3.90 |
| | 58.35 | 57.90 | 99.23 | 29 | 4.00 |
| 230320T601 | 59.40 | 58.88 | 99.12 | 43 | 5.50 |
| | 59.00 | 58.57 | 99.27 | 18 | 3.28 |

| | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|----|------|
| 230321T601 | 58.90 | 58.45 | 99.24 | 18 | 3.36 |
| | 59.70 | 59.28 | 99.30 | 17 | 3.52 |
| 230323T601 | 59.60 | 59.11 | 99.18 | 17 | 3.68 |
| | 60.05 | 59.64 | 99.32 | 18 | 3.76 |

| Sirop filtré T400 | | | | | |
|-------------------|-------|-------|----------|-------------------|------|
| Paramètres | Brix% | Pol% | Pureté % | Couleur ICUMSA | pH |
| Lots | | | | | |
| 230309T603 | 58.80 | 58.50 | 99.49 | 22 | 7.26 |
| | 59.00 | 58.74 | 99.56 | 23 | 7.36 |
| 230310T603 | 59.00 | 58.74 | 99.56 | 24 | 7.43 |
| | 58.60 | 58.26 | 99.42 | 20 | 7.20 |
| 230312T603 | 58.40 | 57.90 | 99.14 | 22 | 7.13 |
| | 58.75 | 58.50 | 99.57 | 15 | 7.25 |
| 230320T601 | 58.80 | 58.35 | 99.23 | 19 | 7.22 |
| | 59.00 | 58.60 | 99.32 | 18 | 7.28 |
| 230321T601 | 57.75 | 57.38 | 99.36 | 16 | 7.04 |
| | 58.20 | 57.78 | 99.28 | 16 | 7.12 |
| 230323T601 | 60.15 | 59.71 | 99.27 | 17 | 6.97 |
| | 58.77 | 58.41 | 99.38 | 19 | 7.21 |

| Sirop pasteuriser T500 | | | | | |
|------------------------|-------|-------|----------|-------------------|------|
| Paramètres | Brix% | Pol% | Pureté % | Couleur ICUMSA | pH |
| Lots | | | | | |
| 230309T603 | 58.75 | 58.50 | 99.57 | 23 | 6.98 |
| | 59.10 | 58.96 | 99.76 | 23 | 7.05 |
| 230310T603 | 59.10 | 58.80 | 99.49 | 23 | 7.17 |
| | 58.45 | 57.90 | 99.06 | 22 | 7.05 |
| 230312T603 | 58.25 | 57.91 | 99.42 | 23 | 7.10 |
| | 58.60 | 58.14 | 99.22 | 16 | 7.05 |
| 230320T601 | 58.70 | 58.28 | 99.28 | 19 | 7.28 |
| | 58.80 | 58.35 | 99.23 | 18 | 7.33 |
| 230321T601 | 58.00 | 57.54 | 99.21 | 17 | 7.22 |
| | 58.30 | 57.85 | 99.23 | 17 | 7.28 |

| | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|----|------|
| 230323T601 | 60.00 | 59.60 | 99.33 | 18 | 7.36 |
| | 58.80 | 58.30 | 99.25 | 19 | 7.38 |

| Sirop concentré SL500 | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|----------|-------------------|------|
| Paramètres | Brix% | Pol% | Pureté % | Couleur ICUMSA | pH |
| Lots | | | | | |
| 230309T603 | 67.15 | 66.65 | 99.26 | 23 | 7.11 |
| | 67.20 | 66.68 | 99.23 | 24 | 7.31 |
| 230310T603 | 67.10 | 66.65 | 99.33 | 22 | 7.30 |
| | 67.05 | 66.62 | 99.36 | 23 | 7.25 |
| 230312T603 | 67.30 | 66.70 | 99.11 | 20 | 7.22 |
| | 67.27 | 66.70 | 99.15 | 18 | 7.45 |
| 230320T601 | 67.00 | 66.60 | 99.40 | 21 | 7.26 |
| | 66.90 | 66.46 | 99.34 | 19 | 7.30 |
| 230321T601 | 66.90 | 66.53 | 99.45 | 18 | 7.30 |
| | 67.00 | 66.65 | 99.48 | 18 | 7.27 |
| 230323T601 | 67.45 | 67.00 | 99.33 | 18 | 7.32 |
| | 67.00 | 66.60 | 99.40 | 18 | 7.40 |

Résumé

Le mémoire "Suivi de fabrication du sucre liquide au complexe Cevital" présente une étude approfondie sur le processus de production du sucre liquide dans l'entreprise Cevital. L'objectif était de comprendre les étapes de fabrication et d'évaluer la qualité du produit final, en l'occurrence le sucre liquide destiné à d'autres industries telles que les boissons gazeuses et les jus. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques confirment la conformité du sucre liquide aux normes de qualité et de sécurité alimentaire. L'expertise technique de l'entreprise et son savoir-faire ont joué un rôle clé dans l'obtention de produits de haute qualité. Ce mémoire contribue à la compréhension du processus de fabrication du sucre liquide et met en valeur l'excellence de Cevital dans ce domaine.

Abstract

The dissertation titled "Monitoring the Production of Liquid Sugar at Cevital Complex" presents a comprehensive study on the process of manufacturing liquid sugar at Cevital company. The aim was to understand the production steps and evaluate the quality of the final product. The results of physicochemical and microbiological analyses confirm the compliance of the liquid sugar with food safety and quality standards. The technical expertise and know-how of the company played a crucial role in achieving high-quality products. This dissertation contributes to the understanding of the liquid sugar manufacturing process and highlights Cevital's excellence in this field.

ملخص

تقدم الأطروحة المعنونة "متابعة إنتاج السكر السائل في مجمع سيفيتال" دراسة شاملة حول عملية تصنيع السكر السائل في شركة سيفيتال. الهدف هو فهم خطوات الإنتاج وتقييم جودة المنتج النهائي ونتائج التحاليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية تؤكد مطابقة السكر السائل لمعايير السلامة الغذائية وجودة المنتج. لعب الخبرة التقنية والمعرفة الفنية للشركة دورا حاسما في تحقيق منتجات عالية الجودة تسهم هذه الأطروحة في فهم عملية تصنيع السكر السائل وتبرز التميز الذي تتمتع به شركة سيفيتال في المجال هذا.