

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université M'hammed Bougara Boumerdes

Département : Génie des procédés
Spécialité : Génie Alimentaire

Mémoire
En vue de l'obtention du diplôme de Master

THEME
**Contribution a la technologie de raffinage du sucre : aspect,
qualité et essais de valorisation**

Présenté par :
ARAR Nassim Abdelmalek
ALICHE Mohamed

Soutenu le : **11/07/2019**

Jury:

Président : Mr ZIDANI. S UMBB
Examineur: M^r MEGDOUD. D UMBB
Promoteur : M^r BENAAMOUM. A UMBB

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

***En premier, nous remercions Dieu le tout puissant
de nous avoir donné santé, courage et patience pour
Terminer ce modeste travail.***

***Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre
Promoteur M.Benakmoum.A Pour ses judicieux
conseils et surtout pour avoir proposé ce sujet
et de l'avoir pris en charge.***

***Nous remercions également Mr AKSAS, chef du
département de Génie des procédés et tous les
enseignants
de la FSI-UMBB pour tout le savoir qu'il nous ont donné
durant notre cursus universitaire.***

***Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de
critiquer et d'améliorer ce travail.***

***On ne pourra oublier de remercier nos amis pour le soutien
moral tout au long de ce travail.***

Dédicaces

Je dédie chaleureusement ce travail à :

Mes chers parents qui m'ont toujours encouragé et soutenu tout au long de ma formation.

Mes sœurs .

Toute la famille Arar et Kara

Tous mes chers amis proches et de L' INGM, FSI.

Tous ceux qui me connaissent de près ou de loin

Tous les enseignants qui m'ont dirigé vers la porte de réussite

ARAR NASSIM ABDELMALEK

En signe de respect et de connaissance, je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur générosité et leur présence permanente

Je remercie ma sœurs.

Toute la famille ALICHE.

Tous mes amis proches et de L' INGM, FSI.

Tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.

Toute la promotion 2019.

Tous les enseignants qui m'ont dirigé vers la porte de réussite.

ALICHE MOHAMED

Liste des tableaux

Tableau 1 : composition moyenne de la canne a sucre.....	page 3
Tableau 2 : composition moyenne de la melasse.....	page 33
Tableau 3 : Analyse comparee du sucre blanc et roux en mg pour 100g de sucre.....	page 52
Tableau 4 : La masse volumique pour different type de sucre.....	page 53
Tableau 5 : Recapitulatif des resultats d'analyse du sucre.....	page 56

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1 : Schéma de la photosynthèse du saccharose.....	Page 5
Figure 2 : Structure du saccharose.....	Page 9
Figure 3 : Operation Raffinage du sucre	Page 15
Figure 4 : Schéma technologique des opérations de raffinage du sucre GRD.....	Page 16
Figure 5 : Entreposage du sucre roux en pile	Page 17
Figure 6 : réception du sucre roux (tamis).....	Page 17
Figure 7 : Le convoyeur et l'aimant.....	Page 17
Figure 8 : préparation de chaux	Page 19
Figure 9 : étape de filtration.....	Page 21
Figure 10 : Schéma simplifié de la section Décoloration	Page 22
Figure 11 : sirop filtré	Page 23
Figure 12 : sirop décoloré	Page 23
Figure 13 : vue des tanks de la cuisson	Page 25
Figure 14 : malaxeur horizontal équipé d'un agitateur entraîné par un moteur électrique de puissance de 20 KW.....	Page 27
Figure 15 : sécheur refroidisseur multitubulaire	Page 29
Figure 16 : silo drome (sucre blanc).....	Page 31

Chapitre II

Figure 17 : Image de polarimètre.....	Page 37
Figure 18 : Image de l'instrument de détermination la filtrabilité/colmatage du sucre blanc.....	Page 40
Figure 19 : Image de la détermination des insolubles dans le sucre : (A) c'est la filtration des insolubles, (B) désucrage de la membrane	Page 41
Figure 20 : image de la détermination de l'aspect visuel du sucre blanc.....	Page 42

Figure 21 : images de la détermination d'odeur/gout/apparence/odeur après acidification sucre blanc.....	Page 43
Figure 22 : image de la détermination Granulométrie du sucre blanc	Page 44
Figure 23 : Melasse de GRD La Belle utilisée pour les essais de fermentation.....	Page 48
Figure 24 : Essai avec boîte Petri.....	Page 48
Figure 25 : Essai avec la melasse.....	Page 49
Figure 26 : Essai avec le sucre roux.....	Page 49

Chapitre III

Figure 27 : Liaisons hydrogène entre les atomes.....	Page 54
Figure 28 : Molécules de saccharose et les groupements hydroxyle.....	Page 54
Figure 29 : Résultats des essais de caramélisation sur le sucre roux et le sucre blanc...	Page 56

*

Sommaire

Chapitre I : Synthés bibliographique

Introduction général	1
Chapitre I : l'industrie sucrière	3
I.1. introduction	3
I.2. Composition de la canne a sucre	3
I.2.1. Le saccharose.....	6
I.2.1.1. Propriété physicochimie du saccharose	7
I.2.2. Propriété physique du saccharose.....	8
I.3. Les Types de sucre : (selon le codex alimentaire)	10
I.3.1. Critères de qualité.....	10
I.3.2. Définition des différents types de sucre d'après le standard du Codex alimentaire. (Codex STAN 212-1999 (AMD. 1-2001))	11
I.4. Les propriétés du sucre	12
I.4.1.Fonction nutritionnelle	12
I.4.2. Fonctions organoleptiques	13
I.4.3. Intérêt technologique:	14
I.5. Technologie de raffinage du sucre	15
I.5.1. Les raffineries.....	15
I.5.2. schéma technologique des opérations de raffinage du sucre GRD	16
I.6. Description des opérations technologiques.....	17
I.6.1. Première section : stockage, affinage et refonte	17
I.6.2. Deuxième section : chaulage et carbonatation	18
I.6.2.1. Mécanisme de l'épuration calco-carbonique :.....	20
I.6.3. Troisième section : Filtration et lavage des écumes.....	20
I.6.4. Quatrième section : Décoloration	22
I.6.5. Cinquième section : Concentration.....	23
I.6.6.Sixième section : Cristallisation.....	24
I.6.6.1. Phase de cuisson	24

I.6.6.2. Phase de Malaxage	26
I.6.6.3. Phase de Turbinage	27
I.6.6.4. Conduite cristallisation et centrifugation	27
I.6.7. Septième section : Séchage et Maturation.....	29
I.6.8. Huitième section : Stockage et Conditionnement.....	30
I.7. Les sous produits induits par le raffinage du sucre	31
I.7.1. Le bagasse	31
I.7.2. La mélasse	32
I.8. Valorisation de mélasse	32

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Analyse physico-chimique de la matière première (sucre roux)	34
II.1.1. Détermination de l'humidité du sucre roux (Méthode ICUSMA GS2/1/3/9-15 (2007)	34
II.1.2. Détermination des cendres conductimétriques du sucre roux (méthodes ICUSMA N° GS1/3/4/7/8-13 (1994)).....	34
II.1.3. Détermination du pH de la solution sucrée (sucre roux) (ICUSMA méthode GSI1/2/3/4/7/8/9-23 (2009))	35
II.1.4. Détermination de la coloration du sucre roux (ICUSMA méthode GS1/3-7 (2011)).....	35
II.1.5. Détermination du polarisation dans le sucre roux (sans défécation (ICUMSA méthode GS1/3-7 (2011)).....	36
II.1.6. Détermination de la teneur en amidon dans le sucre roux (méthode de GRD LA BELLE)	37
II.2. Analyses physico-chimiques du produit fini (sucre blanc) :	37
II.2.1. Détermination des cendres conductimétriques	37
II.2.2. La coloration du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2/3-10 (2011*) ICUMSA méthode GS2/3-18 (2007)).....	38
II.2.3. Détermination de la filtrabilité/colmatage du sucre blanc (SNFS chapitre 2 : méthode N°17 (2006)).....	39
II.2.4. Détermination de la matière insoluble du sucre blanc ICUMSA méthode GS2/3/9-19 (2007)	40
II.2.5. Détermination des points blanc et les points noirs du sucre blanc (Méthode SNFS	

chapitre 2 : n°17 (2006))	41
II.2.6. Test de floc après acidification sucre Blanc (Méthode de GRD LA BELLE).....	41
II.2.7. Détermination de l'aspect visuel du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2-13 (2011)	41
II.2.8. Tests Odeur/gout/apparence/odeur apres acidification sucre blanc : (Méthode COCA-COLA SM-PR-420 version 31/10/2003. Méthode COCA-COLA SM-PR-310version 31/08/2003.).....	42
II.2.9. Granulométrie du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2/9-37 (2007)).....	43
II.2.10. Contrôle microbiologique de sucre par filtration sur membranes	44
II.3. Analyse physico-chimiques de l'eau de processus	45
II.3.1. Titre hydrométrique (TH)	45
II.3.2. Titre alcalimétrique simple (TA).....	45
II.3.3. Titre alcalimétrique complexe (TAC).....	46
II.4. Tentatives de valorisation de la mélasse pour la production de l'éthanol.....	47
II.5 La fermentation	47
II.6. La distillation	47
II.7. Conditions de culture de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	48
II.7.1. Paramètre de suivi de la fermentation.....	50

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Interprétation des résultats de l'humidité du sucre	51
III.2. Résultats du taux de cendre.....	51
III.3. Degrés saccharimétriques internationaux	52
III.4. Sucre inverti (sucres réducteurs)	52
III. 5. Anhydride sulfureux	53
III.6. Résultat des sels minéraux.....	53
III.7. Dosage de l'Acidité du sucre	54
III.8. Détermination du pH du sucre.....	55
III.9. La densité des deux sucres	56
III.10. Explication du phénomène de caramélisation	56
III.11. Conclusion	58
Resume	

Introduction

Le sucre est une ressource alimentaire puisée d'abord dans la nature : en effet, toutes les plantes chlorophylliennes contiennent aussi du saccharose, à plus ou moins forte dose. En effet, la photosynthèse qu'elles effectuent produit non seulement du dioxygène, mais aussi de l'énergie sous forme de glucides, dont le saccharose.

La betterave et la canne à sucre ne sont pas les seules sources de sucre : palmier à sucre, Sorgho, érable parmi tant d'autres figurent aussi au rang des plantes sucrières, mais sont plutôt privilégiées pour la fabrication de sirops. Si naturel qu'il soit, un simple morceau de sucre est le résultat d'un processus complexe.

La production mondiale de sucre en 2016/17: a été 179,2 Mt dont 78,1 % de sucre de canne. Les ventes de sucre par habitant augmentent régulièrement dans le monde : 16 kg par habitant en 1960. 25,5 kg en 2016. les principaux producteurs de sucre dans le monde sont 10 pays assurent 64 % de la production mondiale de sucre : dont le Brésil : 38,8 millions de tonnes, Inde : 21 Mt, Chine : 2,9 Mt, Thaïlande : 9,5 Mt, États-Unis : 8,5 Mt.

L'intégration agro-industrielle en Algérie dans le domaine de la production de sucre n'a pas donné les résultats escomptés par les pouvoirs publics. En Algérie, il existe d'autres façons originales de produire du sucre et des produits sucrants. Utilisation du maïs importé pour produire par attaque à l'acide chlorhydrique du sirop de glucose. Quant aux groupes industriels, il utilise du sucre brut importé qui est ensuite raffiné. De ce fait, notre sucre est entièrement produit à partir de matières premières importées.

C'est une relation passionnelle qu'entretiennent les Algériens avec le sucre sous toutes ses formes. Alors que la norme internationale est de 20 kg de sucre consommés annuellement par habitant, en Algérie ce chiffre explose pour se situer autour de 42 kg par an et par habitant. Les Algériens consomment trois fois plus de sucre par rapport aux normes internationales. Pour satisfaire ses besoins, l'Algérie dépense près d'un milliard de dollars en importations de sucre chaque année.

D'où l'importance de maîtrise de la technologie de raffinage du sucre qu'il soit de diverses origine végétales.

Pour cela, un stage pratique au niveau de la raffinerie GRD La Belle à Ouled Moussa Boumerdes était nécessaire, pour nous imprégner au niveau de cette unité permet de suivre ces deux paramètres de qualité (la qualité physico-chimique et la qualité microbiologique du sucre blanc. Notre thématique est une approche au tour du contrôle de la conformité du sucre obtenu vis-à-vis des normes ICUMSA et **CODEX Alimentarius** en vigueur tout en s'intéressant à l'évaluation du processus de fabrication du sucre blanc. Dans la perspective de faire connaître cette filière stratégique de l'industrie alimentaire, nous nous sommes intéressés dans ce travail, à la technologie et toutes les opérations unitaires du raffinage du sucre roux, constituant la matière première de la production du sucre blanc.

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

Par valorisation, on entend toutes transformations de résidus ou de sous-produit industriel alimentaire en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveau ingrédient ou comme nouveau produit.

Dans notre travail on s'intéresse à la valorisation de la mélasse sous-produit du raffinage au sein de GRD La Belle, à cet effet, on se propose des essais de production d'un alcool, l'éthanol suite au processus de fermentation de la biomasse et action de la souche *Saccharomyces cerevisiae*. L'approche expérimentale exige, de ce fait, des équipements (montages) et des réactifs importants pour la mise en place.

I.1.Introduction

L’histoire du sucre :

Il a fallu attendre les Arabes pour que l’usage alimentaire du sucre de canne se répande dans le monde méditerranéen, puis dans les pays d'Europe. L’histoire du sucre ne concerne pas seulement les transformations de l’économie mondiale et du régime alimentaire occidental : elle est aussi liée très étroitement à un drame historique de première grandeur, l'esclavage et la traite des noirs. Des esclaves de diverses origines étaient déjà employés pour la culture de la canne et la fabrication du sucre en Méditerranée : aussi bien sous la domination des Arabes que sous celle des Chrétiens [1]. Beaucoup de spécialistes estiment d'ailleurs que l'appétence pour le sucré est universelle et naturelle chez l'homme. Cela leur paraît prouvé à la fois par le comportement alimentaire d'une multitude de peuples et par les expériences faites sur des nouveau-nés, qui expriment par des mimiques sans ambiguïté qu'ils préfèrent le sucré au salé, à l'acide et à l'amer.

I.2.Composition de la canne a sucre :

Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et les fibres. Au Tableau 1, la composition moyenne de la canne à sucre est présentée. Selon l’état de maturité de la plante, la teneur en fibre peut varier de 10 % à 18 %, la quantité d’eau de 72 % à 77 % et le saccharose de 12 % à 16 %. Après extraction, une tonne de canne produit environ 250 à 300 kg de débris, soit entre 25 % et 30 % de la matière première.

Tableau 1 : composition moyenne de la canne a sucre

Composant	Teneur
Eau	70
Fibre ligneuse	14
Saccharose	14
Impureté	2
Total	100

Différences entre le sucre de canne et de betterave :

Le sucre de betterave sort naturellement blanc de ce procès d'extraction tandis que le sucre de canne cristallise avec une coloration qui va du blond au brun. Ceci est dû à des pigments présents uniquement dans la canne.

Le procédé d'extraction du sucre de canne est identique à celui du sucre de betterave, à l'exception de la première phase où le jus de canne est extrait par broyage, tandis que celui de betterave est extrait par diffusion. À leur entrée dans la sucrerie, les cannes sont découpées en petits morceaux puis pressées et broyées dans plusieurs moulins. Séparé de la bagasse (la canne écrasée), le jus de canne obtenu contient 80 à 85 % d'eau, 10 à 20% de sucre et 0,7 à 3 % de composés organiques et minéraux [3]. Dans les deux cas, on obtient un jus concentré dans lequel se forment, en refroidissant, des cristaux de sucre pur : c'est la cristallisation. Qu'il soit issu de la betterave ou de la canne, le sucre de table ou sucre blanc est le même produit : le saccharose.

Le sucre est un glucide se trouvant à l'état naturel dans les fruits et les légumes. Il est produit par tous les végétaux lors de la photosynthèse. Cependant, seules la canne à sucre et la betterave sucrière produisent suffisamment de sucre pour la production commerciale.

La photosynthèse du sucre.

Ce processus est composé de deux phases :

- ✓ **la phase photochimique** : où les molécules de chlorophylle contenues dans les cellules des feuilles fixent ou absorbent les rayons ultraviolets du soleil et le gaz carbonique (CO_2) contenu dans l'air. Pendant ce temps s'effectue aussi la photorespiration : la plante consomme plus de CO_2 et libère plus d' O_2 .
- ✓ **la phase chimique** : elle ne nécessite pas de lumière. Dans cette phase l'énergie accumulée dans les cellules des feuilles est utilisée pour la production de saccharose à partir du gaz carbonique.

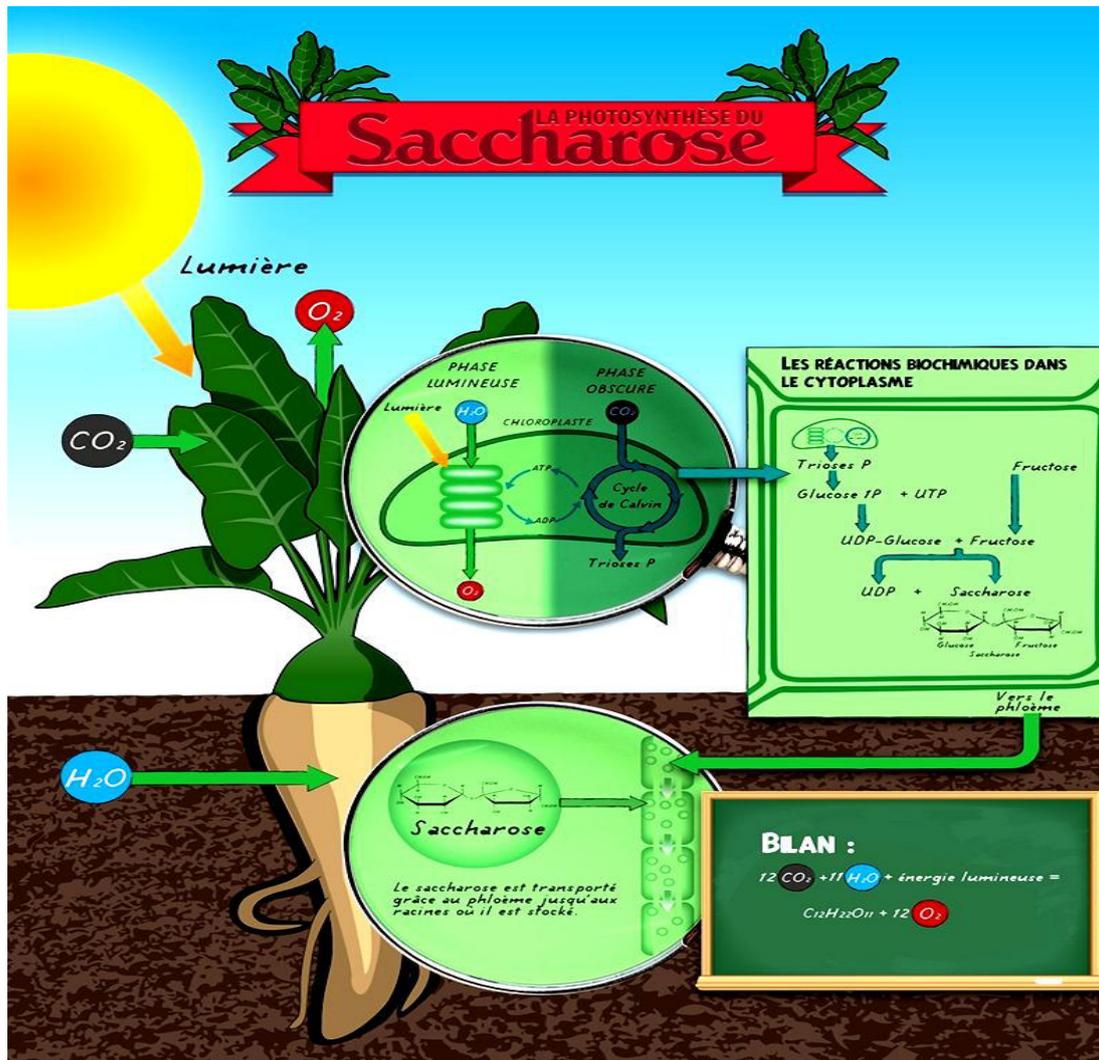


Figure 1 : Schéma de la photosynthèse du saccharose.

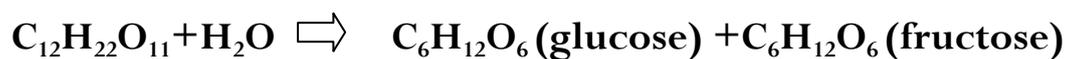
Les principaux producteurs de sucre sont: Le Brésil, L'Inde, et L'Union Européenne

Le sucre est un carburant énergétique, nécessaire au bon fonctionnement des cellules, en particulier au niveau des muscles et du cerveau. Dans les aliments, le sucre est classé parmi les glucides.

On peut classer les sucres suivant leur "pouvoir sucrant". Par exemple : Le glucose a un faible pouvoir sucrant de 0,70 à 0,75. En comparaison, celui du saccharose vaut 1 (par convention), le glucose est donc bien moins utilisé que ce dernier dans l'industrie alimentaire pour ses qualités organoleptiques.

Le Sucre blanc: (sucre de table) C'est du saccharose. Il peut provenir de la betterave sucrière ou de la canne à sucre (-> origine des sucres : voir plus loin). Sa formule est $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sa température de fusion est de $186^{\circ}C$.

Soit l'équation de réaction de l'hydrolyse du saccharose :



I.2.1. le saccharose

Le saccharose est un diholoside, formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose. Sa formule brute est $C_{12}H_{22}O_{11}$, sa masse molaire est de 342g/mol. La nomenclature officielle se décline ainsi : α -D-glucopyranosyl-(1-2)- β -D-fructofuranoside. Le saccharose possède la propriété de dévier le plan de lumière polarisée vers la droite (son pouvoir rotatoire est dit « dextrogyre »). Très soluble dans l'eau, à $0^{\circ}C$, on peut dissoudre jusqu'à 180 g de sucre dans 100 g d'eau pure. Chauffé à sec, il commence à fondre vers $160^{\circ}C$, puis se transforme en caramel avant de brûler vers $190-200^{\circ}C$, en donnant un résidu de charbon de sucre. Sous l'action de la température et du pH, le saccharose en solution s'hydrolyse en libérant les molécules de glucose et de fructose. Ce nouveau mélange est nommé « sucre inverti ». [4]

I.2.1.1. Propriété physicochimie du saccharose :

Le sucre est un solide très stable dans sa forme cristalline. À l'état pur, il est blanc, inodore et, évidemment, au goût sucré [3].

✓ Aspect :

Le sucre du commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdes) non hygroscopique.

Son humidité est très faible, de l'ordre de 0,05%, et sa stabilité au stockage est très grande [4].

✓ **Température de fusion :**

Le saccharose est extrêmement stable sous sa forme cristalline à température ambiante. Il commence à fondre à des températures élevées, environ 185°C donnant des sucres invertis et des substances colorées. La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre [6].

✓ **Densité**

La densité du cristal a été mesurée à 15 °C par plateau dès 1901 et la valeur obtenue ($\rho = 1587.9 \text{ kg/m}^3$) est toujours valable pour une utilisation pratique [6].

✓ **Chaleur de la solution**

Quand le saccharose cristallin est dissous dans l'eau, la température de la solution diminue. Ceci est dû à la chaleur de solution du saccharose qui a une valeur négative, soit -2 kcal par mole (réaction endothermique) [3].

✓ **Solubilité**

L'une des propriétés fondamentales du saccharose est sa solubilité dans l'eau. La raison de sa haute solubilité est qu'il contient huit (08) groupes hydroxyles (-OH) libres aux quel au moins cinq (05) molécules peuvent s'attacher aux autres molécules, notamment à l'eau, (phénomène de solvatation). En règle générale, le saccharose est nettement moins soluble dans les solvants non aqueux qu'en solution aqueuse. En outre, il n'est pas soluble dans les solvants apolaires et il n'est pratiquement pas soluble dans l'alcool pur [5].

✓ **Viscosité**

La viscosité, ou résistance à l'écoulement, de n'importe quel fluide est une mesure primordiale du point de vue manipulation des fluides. Elle est une caractéristique du produit final et elle est très importante pour le contrôle du procédé. La viscosité d'une solution de saccharose augmente de façon non linéaire avec la teneur en solides et diminue rapidement avec l'augmentation de la température. De façon générale, la viscosité augmente avec la diminution de la pureté du saccharose [3].

✓ **Pouvoir rotatoire**

Cette propriété fondamentale est utilisée pour la détermination de la pureté du sucre et de la teneur en saccharose des solutions de sucre dans l'eau (loi de Biot) [5].

✓ **Point d'ébullition et de congélation**

En solution, le saccharose provoque un abaissement de la pression de vapeur, ce qui entraîne une augmentation significative du point d'ébullition et un abaissement du point de congélation. Ces propriétés ont une importance pour la fabrication des produits sucrés qui comportent une ébullition ou une congélation dans leur processus [7].

I.2.2. Propriété physique du saccharose

✓ **Structure moléculaire du saccharose**

C'est un diholoside hétérogène (glucose-fructose) non réducteur de formule chimique $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Figure 2).

L'hydrolyse du saccharose par voie chimique ou enzymatique donne le sucre inverti (glucose + fructose) [7].

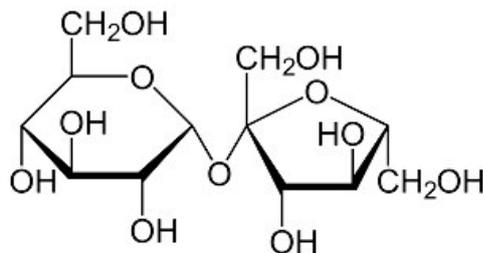


Figure 2 : Structure du saccharose

✓ **Structure cristalline :**

Le saccharose se cristallise dans le système monoclinique sphénoïdal qui comprend un axe de symétrie binaire et un plan de symétrie perpendiculaire à cet axe. Chaque face du cristal est représentée par une lettre ou un nombre qui caractérise son anisotropisme[6].

✓ **Le trouble du sucre :**

Pour les fabricants de sucre, le problème du trouble est un véritable casse tête. Il peut s'agir de sels de calcium (sulfate, citrate, carbonate, oxalate, phosphate, etc.) et de colloïdes de haut poids moléculaire (les fractions de plus de 10 et 300 kD) [9].

Ces particules invisibles dans le sucre deviennent visibles dans les boissons et nuisent à leur aspect. Par ailleurs, lorsque les particules de trouble sont à base de colloïdes, elles peuvent donner un précipité floconneux appelé communément floc qui est également nuisible à l'aspect visuel de la boisson .

Le trouble est localisé à la surface des cristaux de sucre sous forme de particules d'oxalate de calcium, à l'intérieur des cristaux sous la forme de complexes entre oxalate de calcium et macromolécules.[9]le trouble dans le sirop entraîne une

diminution de la croissance des cristaux et une modification de la morphologie des cristaux de sucre.

✓ **Le sucre inversi :**

C'est un mélange de glucose et de fructose obtenu par hydrolyse du saccharose. Il a un goût plus sucré que le saccharose. On l'emploie pour la fabrication des confiseries dans lesquelles on désire conserver une certaine quantité d'eau (fondants pâtes d'amandes).

I.3. Les Types de sucre : (selon le codex alimentarius)

Les sucres peuvent varier de couleur, de saveur, de goût et de grosseur des cristaux.

Chaque caractéristique permet au sucre d'avoir des fonctions précises dans les aliments, en plus de leur donner un goût sucré. Il existe 26 types différents de sucres, mais d'une manière générale on a: Sucre blanc, cassonade, sucre complet.

Du fait d'une prise de conscience des questions sanitaires (surpoids et obésité), les édulcorants ont vu le jour. Leur consommation explose au sein des pays développés

(Japon). Le sirop à haute concentration de fructose issu du maïs est actuellement le premier substitut du sucre utilisé dans le monde en termes de tonnage. [6]

I.3.1. Critères de qualité:

- Selon l'EU, les sucres blancs sont des sucres dont la concentration en saccharose est Supérieure à 99.5% et les sucres types bruts sont ceux dont la concentration en saccharose est inférieure à 99.5%.
- Concernant la couleur, pour la norme Codex Alimentaire, la valeur minimale pour que le sucre cristallisé soit qualifié de "blanc" est de 60 unités Icumsa.
- Selon le type d'utilisation auquel les sucres sont destinés et les conditions imposées par l'acheteur des analyses telles que la granulométrie, la turbidité et le floc, le test de Moussage ou la bactériologie sont appliquées.

I.3.2. Définition des différents types de sucre d'après le standard du Codex alimentarius(Codex STAN 212-1999 (AMD. 1-2001)

- **Sucre blanc** : Est le plus pur, puisqu'il est constitué à 99,9 % de saccharose. Il est recueilli dans les turbines après concentration sous vide et cristallisation des sirops, au stade final de l'extraction en sucrerie. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros.
- **Sucre blanc (ou mi blanc) moulu ou issu de plantation** : Saccharose purifié et cristallisé Avec un degré de polarisation minimum de 99.5°.
- **Sucre en poudre**: Sucre blanc finement pulvérisé avec ou sans agent Antiagglomérant.
- **Le sucre glace** : Est une poudre blanche impalpable obtenue par le broyage extrêmement fin du sucre cristallisé blanc. De l'amidon est ajouté afin d'éviter son agglomération. Ses grains sont tellement fins que c'est le sucre qui se dissout le plus rapidement. Il se présente sous forme de cristaux inférieurs à 0,15 mm [3].

- **Le sucre en morceaux** : Est formé par compression et moulage de cristaux de sucre blanc ou brun encore chauds et humides. Le sucre en morceaux se présente sous la forme de dominos de taille variable.
- **Le sucre en cubes** : Blanc ou brun, est issu du concassage de lingots de sucre de canne, eux-mêmes obtenus par ré-humidification, moulage et séchage des cristaux de sucre.
- **Le sucre pour confitures** : Est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits. C'est un sucre cristallisé auquel sont ajoutés des ingrédients qui facilitent la prise des préparations (pectine naturelle de fruits, acide citrique).
- **La cassonade** : Est un sucre cristallisé brun obtenu directement à l'issue de la première cuisson du jus de canne. Moins pur que le sucre cristallisé blanc, ce sucre brun contient environ 95 % de saccharose ainsi que des impuretés résiduelles (sels minéraux, matières organiques) qui lui donnent sa couleur et ses notes aromatiques.
- **Le sucre candi** : Résulte de la cristallisation, pendant 10 à 12 jours, d'un sirop très pur concentré et chaud. Le sirop est ensuite refroidit lentement à température ambiante. C'est la caramélisation qui lui donne sa couleur brune caractéristique.
- **Fructose (lévulose)** : D-fructose purifié et cristallisé dont le contenu en fructose est de 98% minimum et le contenu en glucose de 0.5% maximum.
- **Sucre de cane brut** : Saccharose partiellement purifié, cristallisé à partir de jus de canne partiellement purifié, sans purification ultérieure mais qui peut être centrifugé ou séché et qui se caractérise par des cristaux de saccharose recouverts d'un film de mélasse de canne.

I.4. Les propriétés du sucre :

Le sucre, substance chimiquement définie sous le nom de saccharose, présente un ensemble de propriétés organoleptiques (goût sucré), nutritionnelles et fonctionnelles qui expliquent son succès en tant que matière première pour l'industrie agroalimentaire.

I.4.1. Fonction nutritionnelle :

La fonction nutritionnelle du sucre est d'apporter l'énergie chimique nécessaire au fonctionnement (métabolisme) de l'organisme. C'est un aliment qui contient 85 à 99.8% de saccharose. Or la saccharose apporte 4.1 cal/gramme. Mais consommer du sucre est important pour le système nerveux, qui est consommateur de glucose. . On distingue à cet égard deux catégories de sucres distincts par le mode d'utilisation :

- ✓ **les glucides lents** : Sont constitués de macromolécules (amidon, glycogène, etc.) qui doivent être dépolymérisés en glucides de faible poids moléculaire par les enzymes digestives avant de pouvoir être oxydés pour libérer l'énergie nécessaire à l'organisme. Ces glucides lents ne sont pas des produits sucrants en ce sens qu'ils ne génèrent aucun goût sucré, et ne nous concernent donc pas ici.
- ✓ **les glucides rapides** : Ils sont métabolisables immédiatement (absorption rapide, passage dans le sang et oxydation dans la chaîne respiratoire) permettent de libérer rapidement de l'énergie pour répondre aux besoins instantanés de l'organisme : il s'agit de glucides simples (oses, hexoses) à courte chaîne, non hydrolysables et réducteurs, représentés par le sucre au sens commun et traditionnel du terme (c'est-à-dire l'espèce chimique saccharose), ou par d'autres sucres (glucose, fructose, lactose) qui sont présents dans certains aliments naturels (fruits, lait, miel).

I.4.2. Fonctions organoleptiques :

Les sucres rapides, et en particuliers le saccharose, consommés seuls ou en mélange avec d'autres ingrédients, apportent une saveur spécifique sucrée. La physiologie de la perception du goût sucré est excessivement complexe, mais commence à être bien connu grâce notamment aux travaux de l'équipe de MAC Léod. Le besoin hédonique du goût sucré est tel que, dans les pays industrialisés, la fonction organoleptique est devenu essentielle au dépôt de la fonction nutritionnelle et a conduit à rechercher des substances apportant le goût sucré, mais sans apport calorique, pour répondre aux craintes de surcharge pondérale lié à la consommation du saccharose en excès. [14]

I.4.3. Intérêt technologique:

Le sucre, en plus de donner le goût sucré, il est utilisé dans de différentes industries :

- Sert d'agent de conservation (confiture)
- Permet de conserver l'humidité et de prévenir la perte de fraîcheur (pâtisseries);
- Rehausse la texture et les couleurs des fruits et légumes en conserve.
- Empêche la formation de cristaux de glace dans les mélanges congelés comme la Crème glacée.
- Aide à la fermentation de la levure dans les produits comme le pain.
- Le sucre sert au processus de fermentation pour faire des produits contenant de l'alcool (Comme le vin)
- Le sucre ralenti le séchage des ciments et des colles.

Le sucre possède des propriétés fonctionnelles qui en font un ingrédient important :

- Propriétés sensorielles (Goût, caramélisation, saveur, texture, attendrisseur...)
- Propriétés physiques (Solubilité, point de congélation, point d'ébullition)
- Propriétés microbiennes (Conservation, fermentation)
- Propriétés chimiques (antioxydant).

I.5. Technologie de raffinage du sucre :

I.5.1. Les raffineries :

Le raffinage du sucre de canne brut est fait dans des usines appelées raffineries.

On va procéder à une description succincte des principales étapes du procédé de raffinage du sucre brut appliqué dans la raffinerie de sucre GRDLabelle de Ouled Moussa .

✓ Définition

Le raffinage est le procédé qui permet d'obtenir à partir du sucre brut (mélange de saccharose et de non sucre) un sucre raffiné le plus pur possible et une mélasse contenant le maximum d'impuretés venant du sucre brut et le minimum de sucre. Et cela, dans des conditions les plus économiques possible : économie d'énergie, d'emballages et des pertes en sucre.[8]

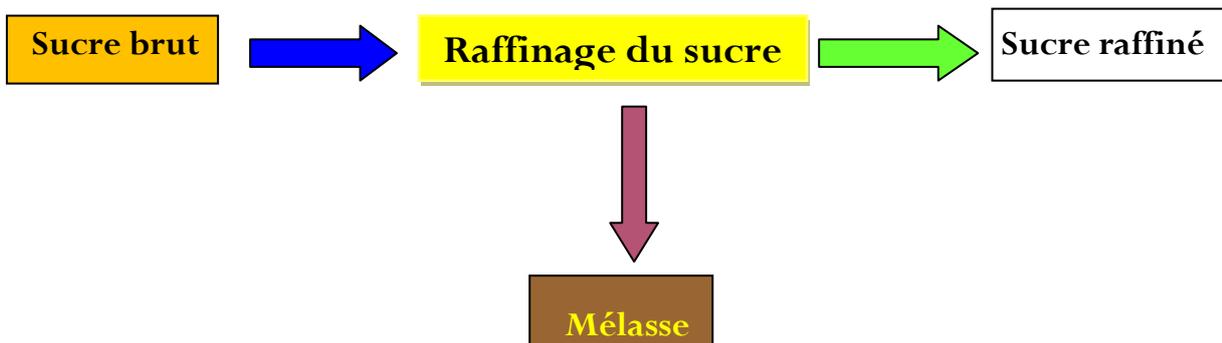


Figure 3 : Opération Raffinage du sucre

I.5.2. schéma technologique des opérations de raffinage du sucre GRD :

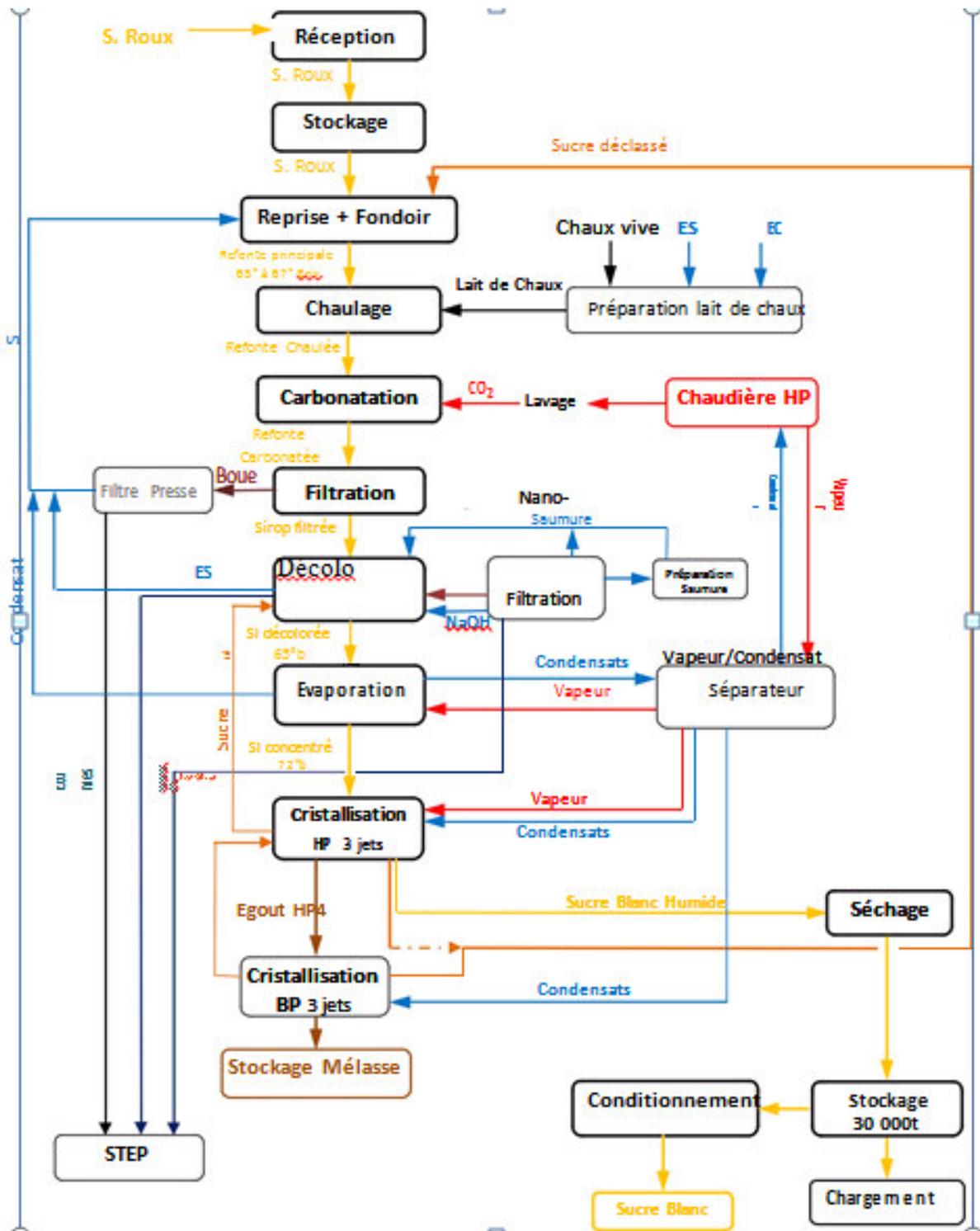


Figure 4 : schéma technologique des opérations de raffinage du sucre GRD

I.6. Description des opérations technologiques :

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

I.6.1. Première section : stockage, affinage et refonte

- ✓ **Stockage** : la raffinerie GRD LABELLE reçoit un navire de 25000 tonnes de sucre roux par mois du Brésil. Après la réception et la pesée à l'arrivée par un pont bascule de capacité allant jusqu'à 1000tonne/heure. Le sucre brut est déchargé sur un convoyeur qui l'amène directement dans l'entrepôt où il est entreposé en piles. En passant par un tamis pour isoler les grosses impuretés et un aimant pour éliminer les métaux ferreux. Cet entrepôt peut contenir jusqu'à 60000 tonnes de sucre.



Figure 5 : entreposage du sucre roux en pile figure 6 : réception du sucre roux (tamis)



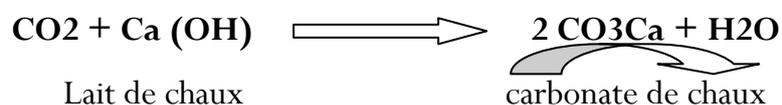
Figure 7 : le convoyeur et l'aimant

✓ **Affinage :** Le sucre roux est déversé dans un malaxeur et mélangé par un brassage à un sirop chaud légèrement sous-saturé (favorise la dissolution superficielle des cristaux). Cette opération constitue « l'empattage ». Ceci va permettre à la couche superficielle des cristaux (la plus impure), de se dissoudre [16]. Cette étape aboutit à la préparation du magma d'un brix variant entre 80 et 85%, ont décrits que le sucre affiné peut atteindre un brix de 89%.

✓ **Refonte :** La pesée du sucre roux à l'entrée de la production est assurée par la bascule. Cette dernière est alimentée par la trémie qui, au niveau correspondant à la pesée de la bascule, déverse le volume retenu de sucre roux dans la bascule. Qui alimente à son tour la trémie à ce niveau, le sucre subit une pré refonte et un tamisage grossier. Le tambour egrugeonneur est une sorte de tamis rotatif qui permet la séparation du sucre d'éventuelles impuretés grossières (cailloux, morceaux de bois,...). Les impuretés retenues sont évacuées vers la vis laveuse alimentée en condensats de prélèvements, alors que le sucre pré fondu est déversé dans le fondoir. L'eau de lavage de la vis laveuse est réintroduite dans le fondoir.

I.6.2. Deuxième section : chaulage et carbonatation

La carbonatation a été proposée en sucrerie de betteraves par Perier et Possoz, ils signalent que si l'on provoque dans un jus un précipité de carbonate de chaux, ce dernier va enrober les matières colorantes et les gommages [12]. La réaction est alcaline, et fournit ainsi un complément de clarification notable. Le précipité formé est granuleux et filtre aisément, comme le montre la réaction suivante :



La chaux, sous l'action de gaz carbonique, se transforme en carbonate de calcium et piège les impuretés responsables de la couleur [11].

✓ **chaulage** : Le chaulage est un procédé d'épuration chimique qui consiste à introduire dans le chaleur, (bac), de la refonte brute et du lait de chaux, à l'effet d'éliminer les impuretés organiques contenues dans le sucre roux .

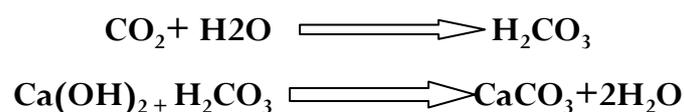
Le lait de chaux est constitué d'un mélange de chaux industrielle et d'eau chaude et d'eau sucré provenant de la filtration. On utilise l'eau sucré car la chaux se dissout plus facilement (pouvoir acidifiant). et permet de minimiser la quantité d'eau dans le procès .La concentration de lait de chaux est très importante dans cette préparation qui dépend de la qualité du sucre brut et de la conduite de la carbonatation environ 13 ° baumé(équivalent a 126g de CaO/l) . D'après (Rousseau, 2002) la chaux sert a :

- Précipité les sels de calcium insoluble
- Déshydrater et flocculer le maximum de substance colloïdales.



Figure 8 : préparation de chaux

✓ **Carbonatation** : L'opération de carbonatation consiste à injecter du CO₂ provenant de la combustion de la Chaudière à vapeur dans le sirop chaulé, à l'effet 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 CaCO₃ et les impuretés organiques. Le pH du sirop est ramené progressivement à un pH qui se situant entre 8,2 et 8,8.



a) Conduite de la première carbonatation :

Il s'agit de faire barboter le dioxyde de carbone dans le jus afin d'avoir la meilleure efficacité de réaction. ce mélange s'effectue dans des chaudières de carbonatation à une température de 90°C le réglage de la première carbonatation est généralement effectué à partir d'une mesure en ligne du PH généralement entre 9 et 10 et d'un contrôle régulier de l'alcalinité du jus en sortie par dosage chimique avec de l'acide sulfurique à 1N.

b) Conduite de la deuxième carbonatation :

Le fonctionnement de la deuxième carbonatation est similaire à la première carbonatation si ce n'est que le rendement des chaudières est moins bon car la réaction de précipitation de la chaux devient plus lente du fait de sa faible concentration. les jus clairs de première sont portés à une température de 90°C avant traitement, une haute température du jus de deuxième carbonatation est la meilleure méthode pour limiter la solubilité des bicarbonates. Cette conduite se déroule à un PH compris entre 8.2 et 8.5.

I.2.2.3. Mécanisme de l'épuration calco-carbonique :

L'épuration du jus est assurée grâce à quatre types de réactions que l'on retrouve dans le tableau 1 de l'annexe I.

I.6.3. Troisième section : Filtration et lavage des écumes

• **Description du procédé :**

la filtration est un procédé physique, qui consiste à l'élimination des impuretés internes qui sont précipitées lors de la carbonatation par séparation liquide-solide à l'aide des filtres, composés essentiellement de cadres et de toiles filtrantes, qui ne permettent que le passage du sirop seul, alors que les carbonates de calcium (CaCO_3) s'accumulent autour de la toile en formant un gâteau (les boues) qui facilitent la filtration et on obtient enfin un sirop filtré qui est envoyé vers l'installation de résine échangeuse d'ions pour la décoloration, cette opération est utilisée en plusieurs étapes.



Figure 9 : étape de filtration

- **Les étapes de filtration :**

Après la recirculation d'un volume de sirop, déterminé lors des essais, la vanne de retour du sirop trouble se ferme, et la vanne du sirop filtré s'ouvre automatiquement, tandis que la vanne d'alimentation reste ouverte. Le compteur volumétrique se déclenche simultanément au démarrage du cycle de filtration. La filtration s'achève à la fin du passage du volume prédéfini par la supervision. Quand le niveau haut du filtre est atteint, la vanne d'évacuation d'air s'ouvre jusqu'à ce que le détecteur de remplissage se déclenche. La phase de filtration se termine soit après le passage, par le filtre, d'un certain volume de Sirop (V du passage), soit après l'écoulement du délai de temps programmé (T du passage).

Cette étape est suivie par un passage par l'atelier de pressage des boues et de lavage des écumes comprend un compresseur à air avec ballon d'air comprimé, la filtration sous pression des boues permet d'obtenir :

- ✓ Des eaux sucrées collectées dans le bac à eaux sucrées.
- ✓ Des écumes lavées, pressées et séchées, qui tombent sous les filtres presses pour être évacuées par chaleur.

I.6.4. Quatrième section : Décoloration

À l'issue de la filtration, la majorité des impuretés ont été enlevées, mais le sirop est toujours coloré. La décoloration du sirop filtré se fait sur colonnes échangeuses d'ions

avec le procédé de nano filtration pour la régénération de la saumure. Cette opération permet l'élimination des colons, de fines particules d'impuretés, tels que les cendres et les sels minéraux (en particulier le calcium), à raison de 80 à 85 %, qui n'étaient pas précipitées lors de la carbonatation et qui pourraient maculer la blancheur du sucre. Elle consiste en l'adsorption de ces particules sur résines échangeuses d'ions. Afin d'empêcher le passage des particules en suspension qui pourraient encombrer la résine et augmenter les pertes de charges, le sirop filtré passe tout d'abord par des filtres paniers, avant d'atteindre les colonnes de résine.

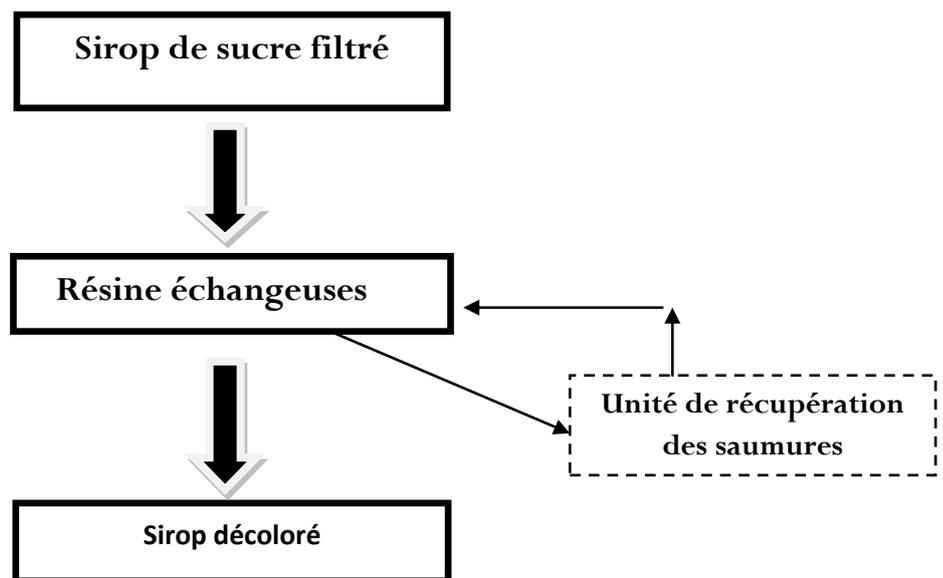


Figure 10 : Schéma simplifié de la section Décoloration



Figure 11 : sirop filtré



Figure 12 : sirop décoloré

I.6.5. Cinquième section : Concentration

Avant de cristalliser le sirop est concentré dans un évaporateur, et les vapeurs issues de ce dernier sont récupérées pour les besoins de chauffage durant le procès. La concentration a pour but d'augmenté le Brix du sirop a sa sortie du concentrateur a anviron 72%.

✓ 1^{er} effet :

La refonte qui provient de la colonne de décoloration est dirigée vers le bac 2.7.1 puis envoyée par la pompe vers le concentrateur en passant par un débitmètre. Le concentrateur est alimenté par la vapeur produite par le bouilleur, détendu de (1.9b, 118.6°C) à (0.93b, 97.5°C) via la vanne de détente. Les condensats de la vapeur chauffante du concentrateur sont récupérés par gravité dans le bac. Le prélèvement de vapeur du premier corps (0.66 bar, 88.4°C) est utilisé pour le chauffage du deuxième corps.

✓ 2^{eme} effet :

La refonte concentrée au niveau du 1er effet est conduite vers le deuxième effet 2.7.4 par débordement à l'effet d'atteindre le brix ciblé qui est de 72 ° à sa sortie. La refonte concentrée à 72 °Bx est transférée vers le bac à sirop concentré à l'aide de la pompe avant

son envoi par une autre pompe vers le bac 2 d'alimentation des cuites, après avoir subi un chauffage au niveau du réchauffeur.

Les condensats du 2ème effet sont dirigés vers le réservoir à condensat, alors que les vapeurs de prélèvement du second effet sont aspirées par le réchauffeur à eau adoucies le vide. Le système de concentration est commandé par une boucle de régulation.

I.6.6.Sixième section : Cristallisation

✓ **Définition du procédé :** La cristallisation fractionnée est une opération qui permet l'extraction et la purification du sucre contenu dans le sirop avec une certaine viscosité provenant du secteur épuration [6]. La cristallisation du saccharose se fait selon une chronique qui met en jeu deux paramètres essentiels : la couleur et la pureté. C'est selon ces deux paramètres que le nombre de jets est déterminé. Le cas le plus répandu est souvent la cristallisation en trois jets.

NB : chaque jet comprend trois étapes principales : la Cuisson, le Malaxage, et Turbinage (essorage) .

I.6.6.1. Phase de cuisson :

La cuisson se fait au niveau des appareils à cuire d'une capacité unitaire de 51 M3, travaillant sous vide. Les différentes phases de cuisson sont les suivantes :



Figure 13 : vue des tanks de la cuisson

- **Formation de pied de cuite :** Ouverture de la vanne d'alimentation en sirop (brix 72%), jusqu'à ce que la plaque tubulaire supérieure du faisceau tubulaire de la cuite soit couverte complètement puis fermeture automatique de la vanne. A l'exception de ces deux vannes sus - citées toutes les autres vannes sont fermées.
- **Grainage :** Une fois la phase de sursaturation atteinte, le grainage de la cuite se fait automatiquement par introduction de semence déjà préparée.
- **Montée de la cuite :** Après grainage, l'alimentation de la cuite en sirop se fait automatiquement par l'ouverture des vannes automatiques vanne dcv et ce, jusqu'à l'atteinte du niveau optimum de la cuite (volume utile de la cuite), suivant une rampe de concentration préétablie.
- **Serrage de la cuite :** Avant la phase de serrage, la cuite valide si le volume du malaxeur permet sa vidange sinon, elle passe à l'eau. Durant cette phase, la vanne d'alimentation en sirop de la cuite se ferme automatiquement tandis que les vannes de vide, et de vapeur pcv, restent ouvertes. Durant cette phase le brix de masse cuite est porté à la valeur souhaitée.
- **Coulée :** Une fois le brix normatif de la masse cuite atteint, les vannes de vide et vapeur se ferment automatiquement, la vanne du casse vide s'ouvre, et la vanne de vidange s'ouvre progressivement pour permettre la coulée de la masse cuite dans le malaxeur correspondant.
- **Rinçage de la cuite :** Après la coulée de masse cuite, la vanne de vapeur, s'ouvre pour effectuer le dégraissage de la calandre et le faisceau tubulaire de la cuite. Les différentes vannes de la cuite notamment les vannes de vidange et alimentation en sirop seront également rincées à la vapeur. Des opérations de rinçage périodiques sont effectuées sur les hublots à l'eau chaude par l'ouverture d'une vanne manuelle. En cours de rinçage, la vanne de vidange s'ouvre et les condensats sont dirigés vers le malaxeur.

I.6.6.2. Phase de Malaxage :

Le malaxage de la masse cuite se fait dans un malaxeur horizontal équipé d'un agitateur entrainé par un moteur électrique de puissance de 20 KW.

Les malaxeurs ont des volumes de 90m³ pour les masses cuites HP1 et 82m³ pour les masses cuite HP2 (hauts produits). L'opération de malaxage consiste à maintenir la masse cuite en mouvement d'une part et de continuer l'opération de cristallisation avant son envoi auxessoreuses d'autre part. Pour faciliter l'essorage de la masse cuite, il est recommandé de clairçer cette dernière avec de l'égout correspondant.



Figure 14 : un malaxeur horizontal équipé d'un agitateur entrainé par un moteur électrique de puissance de 20 KW

I.6.6.3. Phase de Turbinage :

Après malaxage, la masse cuite est déversée dans un malaxeur distributeur situé au-dessus de la batterie des centrifugeuses équipé d'un agitateur. L'opération de turbinage consiste à séparer les cristaux de sucre contenus dans la masse cuite de l'eau mère par centrifugation.

I.6.6.4. Conduite cristallisation et centrifugation :

elle comprend la cristallisation des produits a haute pureté (HP) et la cristallisation des bas produit (BP).

- **La cristallisation HP :**

La cristallisation HP est réalisée dans 4 appareils a cuire discontinus de 60 m³ chacun :

Les deux premiers constituent le premier jet avec deux appareils (HP1A et HP1B) et le troisième appareil et réservé au deuxième jet (HP2) produisant du sucre blanc.

La cristallisation HP1A et HP1B donne des masses cuites qui sont essorées dans trois centrifugeuses discontinues type « FC C 412 » sans réparation des égouts.

La masse cuite HP2 est essore dans deux centrifugeuses discontinues « FC C 412 » identiques aux trois premières, mais avec séparation des égouts. L'égout riche est recycle et mélange avec l'égout HP1A et HP1B pour constituer une L.S HP2.

Le quatrième appareil est utilise pour le troisième jet (HP3) et le quatrième jet (HP4). Apres le passage des masses cuites HP3 et HP4 dans les malaxeurs, ces dernières sont essorées dans deux centrifugeuses continues HP3 et HP4 de type « BMAK 2300 », sans séparation des égouts et avec refonte incorporée. Les sucres 3et 4 obtenus par cristallisation sont refondus et recycles au niveau de la liqueur standard 1 ou ils sont mélangé avec le sirop concentre. L'égout du quatrième jet (HP4) alimente la cristallisation des bas produits.

- **La cristallisation BP :**

la cristallisation en bas produit est un procédé d'équipement des égouts issus de la cristallisation en haut produits. Elle est constituée de deux appareils a cuire de 50 m³ chacun.

Un pour la cuite A qui fonctionne en tant que cinquième jet de la cristallisation et donne une masse cuite A, qui après son passage dans un malaxeur de 60 m³ est essorée dans une turbine de type « BMA K 2300 » .

La refonte du sucre A est recyclée au niveau du re-fondoir principale et l'égout A alimente la cuite B qui constitue le sixième jet de la cristallisation.

L'appareil à cuire B/C sert de cuisson, intermittente, à la masse B et à la masse cuite C constituant le septième et dernier jet de la cristallisation. La masse cuite B est envoyée dans un malaxeur de 60 m³, puis essorée dans une centrifugeuse continue de type « BMA K2300 » pour donner un sucre refondu qui rejoint la fonte B et C. L'égout B alimente le dernier jet, la masse cuite C est envoyée dans un malaxeur horizontale de 60 m³ et centrifugée dans uneessoreuse de type « BMA K 2300 ». On obtient un sucre C refondu qui rejoint la fonte commune B et C et de la mélasse. La fonte commune B et C est recyclée au niveau d'un bac cigare contenant l'égout HP4 et le mélange des deux produit alimente la cuite A.

I.6.7. Septième section : Séchage et Maturation

Le sucre cristallisé blanc, issu du premier jet, est évacué encore chaud (45 à 60°C) vers un sécheur, il présente un taux d'humidité de 1%. Subit un séchage pour ramener ce taux à des valeurs comprises entre 0.02 et 0.05%. Au niveau du sécheur, le sucre circule à co-courant avec de l'air chaud à 91°C, puis à contre courant avec de l'air froid sec à 6°C, pour refroidir le sucre et obtenir un équilibre stable en humidité et température avec l'ambiance environnante [16]. L'air requis pour le séchage doit être sec, chaud et filtré, avec une température de 35°C, et un volume d'air de l'ordre de 1600 m³ par tonne de sucre [17].



Figure 15 : sécheur refroidisseur multitubulaire

L'atelier de séchage du sucre comprend les équipements suivants :

- Un sécheur refroidisseur multitubulaire
- Un laveur d'air humide avec cheminée
- Groupe de froid
- Equipment de manutention :
 1. 2 Tapis : de sucre sec sous le sécheur et vers silo 30 000t
 2. 2 Elévateurs
- Un tamiseur vibrant à trois niveaux 0.25mm ;
- Un groupe de pesage : 2 trémies A/B, bascule et un bac de contrôle de pesée;
- Un fondoir de sucre déclassé ;
- Une pompe 2.11.11 de refoulement du sucre déclassé et refondu ;
- Système de dépoussiérage de l'atelier : filtre de dépoussiérage et un ventilateur;
- Grille magnétique.

I.2.8. Huitième section : Stockage et Conditionnement

Après séchage, le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement où il peut être directement ensaché, conditionné en morceaux ou stocké en silos. Le sucre destiné au stockage en silo est en apparence sec et fluide, mais la cristallisation du sucre se poursuit au cours des premiers jours de stockage ; et s'accompagne d'une libération d'eau qu'il faut éliminer par ventilation des silos (maturation) [15]. Le temps de maturation du sucre est de 48 heures. Un air conditionné circule à l'intérieur des silos avec un débit de 2500 m³/h en continu, dont le but est de maintenir le sucre dans de bonnes conditions de température et d'humidité, et pour que le sucre soit fluide au moment de la vidange des silos [13].



Figure 16 : silo drome (sucre blanc)

I.7. Les sous produits induits par le raffinage du sucre :

✓ **Sous-produit :** Un sous-produit est un produit résiduel qui apparaît durant le processus de fabrication, de transformation, ou de distribution d'un produit fini. Il est non intentionnel, non prévisible, et accidentel. Il peut être utilisé directement ou bien constituer un ingrédient d'un autre processus de production en vue de la fabrication d'un autre produit fini. [18]

Co-produit : Un coproduit est une matière, intentionnelle et inévitable, créée au cours du même processus de fabrication et en même temps que le produit principal. Le produit fini principal et le coproduit doivent tous les deux répondre à des spécifications de caractéristique, et chacun est apte à être utilisé directement pour un usage particulier.

Les coproduits sont aussi caractérisés par leur valorisation économique. En effet, à partir du moment où l'on cherche à valoriser un déchet, celui-ci devient un coproduit.

I.7.1. Le bagasse : La bagasse est le résidu fibreux obtenu après broyage de la canne pour en extraire le jus [18]. La bagasse est à la base de production du furfural et d'hydroxyméthyl furfural comme c'est le cas en Afrique du sud. Une grande proportion du furfural est réduite en alcool furfurylique, qui est une matière première pour divers résines furaniques. Caractérisé par une très bonne résistance à la température et aux agents

chimique agressifs, ces résines sont ensuite utilisées pour la fabrication de plastique. La bagasse est aussi une source de xylose obtenue par hydrolyse des hémicellulose. Le xylose peut être converti par réduction en xylitol qui est utilisé dans de nombreux médicaments, ainsi que dans l'industrie alimentaire, comme édulcorant naturel [18].

I.7.2. La mélasse : La mélasse est un coproduit visqueux issue du processus de fabrication de sucre et contient environ 40% à 60% de saccharose fermentescible par des microorganismes. [19]. Elle est de couleur sombre de densité moyenne 1,4. Sa production est estimée à 4% des tonnages des usines de betterave et de canne à sucre. [20]

I.8. Valorisation de mélasse :

Par valorisation, on entend toute transformation de résidus ou de sous-produits industriels alimentaire en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveaux ingrédients ou comme nouveaux produits[21].

- **Définition :** La mélasse de canne à sucre est un coproduit de raffinage du sucre, elle produite durant la cristallisation de sirop de canne à sucre, elle est utilisée en général pour l'alimentation des animaux ou comme source de biomasse pour la fermentation d'éthanol, glutamate, acide lactique. La mélasse contient aussi plusieurs composants phénoliques dérivés de la canne à sucre Kensaku. T et al,(2017) riche en sucre et substances minéraux.

Tableau 2 : Composition moyenne de la mélasse

Composition %	Moyenne	Valeur extrême
Matière sèche	76,8	71,0 – 80,0
Cendre	8,4	5,5 – 11,3
Matière grasse	0,1	0,0 – 0,3
Saccharose	34,6	29,6 – 37,8
Glucose	8,6	5,5 – 14 ,0
Fructose	9,9	1,3 – 16,0
Protéine	3,6	1,5 – 10,2
Glucide réducteur	16.2	13,9 – 17,0

Usage de la mélasse

La mélasse est utilisée dans la production

- ✓ D'alcool
- ✓ Levure
- ✓ Des arômes
- ✓ De l'aliment de bétail
- ✓ Des produits pharmaceutiques

Nous verrons dans la partie matériel et méthode, la tentative de la production d'éthanol à partir d'échantillon de mélasse .

II.1. Analyse physico-chimique de la matière première (sucre roux) :

L'analyse de la matière première permet de contrôler sa pureté et de suivre les transformations qu'elle subit durant le processus de raffinage du sucre blanc, ce dernier doit être produit avec un rendement maximum.

Toutes les analyses de la matière première ont été réalisées à l'unité de raffinage du sucre GRD La Bellz – Cristal Union selon les méthodes : ICUMSA.

II.1.1. Détermination de l'humidité du sucre roux (Méthode ICUMSA GS2/1/3/9-15 (2007)) :

Le principe de cette méthode est basé sur le séchage d'une prise d'essai de 20 à 25 g de sucre dans une étuve à pression atmosphérique (105°C) pendant 3 heures, suivi par des conditions standardisées pour le refroidissement après étuvage. Seule l'humidité libre est mesurée par cette technique. La saisie des données dans un PCLAB permet le calcul automatique de l'humidité

$$\text{Humidité relative (HR) \%} = (S_2 - S_3) / (S_2 - S_1) * 100$$

- S₁ : masse de la capsule vide (g)
- S₂ : masse de la capsule + sucre roux avant étuvage (g).
- S₃ : masse de la capsule + sucre roux après étuvage (g)

II.1.2. Détermination des cendres conductimétriques du sucre roux (méthodes ICUMSA N° GS1/3/4/7/8-13 (1994))

Cette méthode est utilisée pour déterminer la concentration des sels ionisés solubles présents dans les échantillons ayant une conductivité allant jusqu'à 500 µs/cm et de concentration allant jusqu'à 5g/100ml. Pour cette mesure une solution sucrée est préparée en dissolvant 5g ± 0.05 de sucre roux dans 60ml d'eau purifiée par agitation mécanique, la solution est ajustée par l'eau purifiée qsp 100ml. Le brix de la solution obtenue est mesurée à l'aide d'un refractomètre.

60ml d'eau purifiée par agitation mécanique, la solution est ajustée par l'eau purifiée qsp 100ml. Le brix de la solution obtenue est mesurée à l'aide d'un refractomètre.

La conductivité de la solution C_S est mesurée en plongeant l'électrode du conductimètre dans la solution et dans l'eau purifiée C_E simultanément, (l'électrode doit être rincée après chaque mesure par l'eau déminée).

$$C = C_S - C_E$$

Alors on déduit la conductivité des cendres :

$$\text{Conductivité des cendres en \%} = (16.2 + 0.36 \wedge D) * 10^{-4} * C * f$$

- D : la concentration de la matière sèche soluble de la solution testée en g/100ml :

$D = S * (Bp/100)$, tel que Bp est le degré Brix poids et S la masse de l'échantillon dans 100ml (05g)

- F : le facteur de dilution de la solution par rapport 5g/100ml ; $f = 5/S$

II.1.3. Détermination du pH de la solution sucrée (sucre roux) (ICUMSA méthode GSI1/2/3/4/7/8/9-23 (2009)) :

Cette méthode convient pour la détermination du pH dans tous les produits de l'usine de raffinerie du sucre. Le principe de la méthode est basé sur la mesure potentiométrique de pH. Les électrodes sont normalisées avec des solutions tampon, rincées à l'eau distillée et immergées dans la solution de sucre. La lecture se fait après quelque minute quand le potentiel d'équilibre entre les électrodes est jugé avoir été atteint. Le pH d'une solution sucrée d'une concentration de $50 \pm 0.05g$ est mesuré à $20^\circ C$

II.1.4. Détermination de la coloration du sucre roux (ICUMSA méthode GS1/3-7 (2011)) :

Cette méthode est utilisée pour déterminer la coloration du sucre roux en solution. Une solution de sucre à $30 \pm 0.05g$ % est préparée dans l'eau purifiée et filtrée à travers une membrane filtrante de $0.45 \mu m$ pour supprimer les substances responsables de la turbidité, le pH de la solution sucrée est ajusté à 07 par NaOH

0.1 N puis dégazée dans un bain à ultrason, l'absorbance de la solution est mesurée à une longueur d'onde de 420 nm à l'aide d'un spectrophotomètre et la couleur de la solution est calculée en utilisant PCLAB :

Coloration en ICUMSA = 1000 * as

Coloration en ICUMSA = 1000 x [(100 x DO) / (b x l x d)] = 1000 x [(100 x DO) / (30 x 1 x 1.126)]

- b = degré brix (30° Brix)
- l = longueur de la cuve (1 cm)
- d = densité (1.126)

Coloration en ICUMSA = 2960.3 * DO

II.1.5. Détermination de la polarisation dans le sucre roux sans défécation (ICUMSA méthode GS1/3-7 (2011)).

Cette méthode permet de mesurer la rotation optique de la solution normale de sucre brut, cette mesure est aussi la base de contrats d'achat de sucre. La méthode utilisée est applicable à tous les sucres bruts, des sucres blancs et sucres spéciaux nécessitant des éclaircissements. La rotation optique est la somme algébrique des effets prédominants de la teneur en saccharose de l'échantillon, modifiée par la présence d'autres constituants optiquement actifs.

- Préparation d'une solution normale de sucre brut dans l'eau (52g ± 0.05/200ml)
- Clarification de la solution par filtration
- Détermination de la polarisation par la mesure de la rotation optique de la solution filtrée

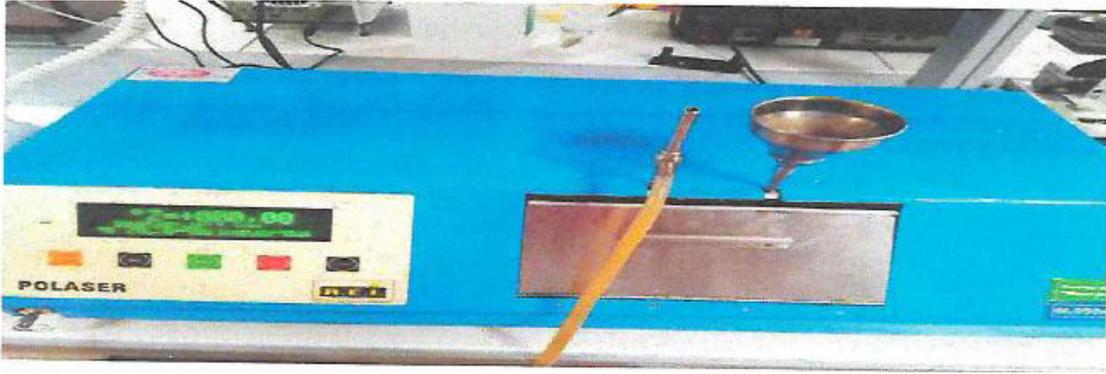


Figure 17 : image de polarimètre

II.1.6. Détermination de la teneur en amidon dans le sucre roux (méthode de GRD LA BELLE) :

La méthode utilisée est basée sur la réaction colorée de l'amidon par une solution de lugol (l'iode ioduré) due a la fixation du I_2 sur les chaines d'amylose et d'amylopectine constituant l'amidon . Le lugol colore intensément en bleu l'amylose et en rose clair l'amylopectine , l'intensité de la couleur peut être mesurée a 700 nm pour l'amyloses .

On prépare deux solutions de sucre roux (solution blanc A et solution teste B) par dissolution de 7.2 g de sucre roux dans 14ml d'eau distillée , on ajoute 30 ml de $CaCl_2/CH_3COOH$ dans chacune des solutions puis on chauffe a $95^\circ C$ pendant 15 min , on refroidie et on ajoute 30 ml d'acide acétique a 0.03mol/L et 10ml de la solution test de lugol (KIO_3 et KI). Apres avoir ajusté les deux solutions a 100ml par l'eau distillée, on lie l'absorbance a 700nm dans un spectrophotomètre. La différence entre la densité optique de la solution A et la solution B donne une estimation de la teneur en amidon dans le sucre

II.2. Analyses physico-chimiques du produit fini (sucre blanc) :

II.2.1. Détermination des cendres conductimétriques :

La méthode appliquée pour le dosage des cendre conductimétrique dans le sucre blanc est celle appliquée aux sucres spéciaux et a faible conductivité elle consiste a mesurer la conductivité d'une solution a 28° brix (on pèse 31.3g de sucre dans 100 ml d'eau

purifiée) les cendres conductimétriques sont calculées par PCLAB d'après les formules suivantes

$$C_{28} \text{ en ICUMSA} = C_S - 0.35 C_E$$

- C_S = conductivité de la solution sucrée

- C_E = conductivité de l'eau purifiée.

Nombre de points Européens = C_{28} en ICUMSA X 0.333

Cendre en % = C_{28} en ICUMSA X 0.0006

(Incertitude sur méthode (2 écart type) cendres = résultat \pm 0.5 point européen)

II.2.2. La coloration du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2/3-10 (2011*) ICUMSA méthode GS2/3-18 (2007)) :

Cette méthode est utilisée pour déterminer la coloration du sucre blanc en solution le sucre ne dépasse pas 50 IU . Cette méthode peut être appliquée a tous les sucres blancs cristallisé ou en poudre et les sirops très purs.

Pour cette détermination , le sucre blanc est dissous dans de l'eau déminée pour donner une solution de sucre a 50 Brix . L'absorbance et la couleur de la solution sont déterminées . La solution est ensuite filtrée a travers un filtre a membrane pour supprimer la turbidité . L'absorbance de la solution est calculée. La différence entre les deux mesures de couleur constitue la turbidité

$$\text{Coloration en ICUMSA} = 1000 * a_s$$

Coloration en ICUMSA = $1000 \times [(100 \times DO) / (b \times l \times d)] = 1000 \times [(100 \times DO) / (50 \times 10 \times 1.2285)]$

- b = Brix 50°Brix

- l =longueur de la cuve 10 cm

- d = densité 1.2285

$$\text{Coloration en ICUMSA} = 162.8 * DO$$

- On attribue 1 point européens pour 7.5 Unité I.C.U.M.S.A

Nombre de points européens = Coloration en ICUMSA / 7.5

- **Détermination de la turbidité**

Le Calcul de la turbidité se fait automatiquement dans le PCLAB.

$$\text{Le trouble} = C_{NF} - C_F$$

- C_{NF} : coloration non filtrée en ICUMSA.
- C_F : coloration filtrée en ICUMSA.

(Incertitude sur méthode (02 écart type) Trouble = résultat \pm 0.4 Point européen)

II.2.3. Détermination de la filtrabilité/colmatage du sucre blanc (SNFS chapitre 2 : méthode N°17 (2006).

Cette méthode permet de déterminer le pouvoir colmatant d'une solution sucrée. La méthode peut être appliquée a tous es sucres blanc cristallisé.

Une solution de sucre 500g d'eau filtrée, le tout est filtré a travers une membrane filtrante ont le diamètre des les pores est 0.45 μ . La vitesse de filtration diminue avec le temps et le colmatage de membrane. La comparaison entre le volume filtrée dans les premières minute et celui qui est filtrée en fin d'opération indique le pouvoir comatant e la solution de sucre considérée

Coefficient de filtrabilité $CF_{.45} = VI$

$$\text{Colmatage} = V_1 / (V_2 - V_1)$$

- V_1 : volume après 10 min.
- V_2 : volume après 20 min.

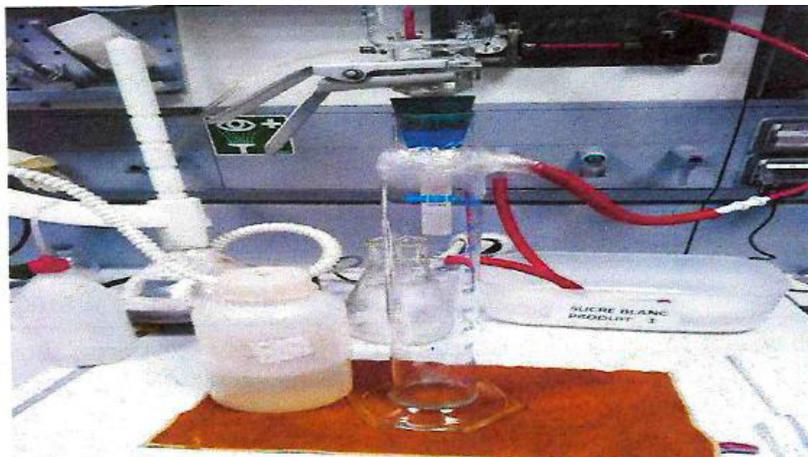


Figure 18 : image de l'instrument de détermination la filtrabilité/colmatage du sucre blanc

II.2.4. Détermination de la matière insoluble du sucre blanc ICUMSA méthode GS2/3/9-19 (2007) :

Cette méthode est utilisée pour déterminer la quantité des matières insolubles dans l'eau dans le sucre blanc. La méthode est applicable à tous les sucres blancs cristallisés, les sucres pulvérulents ne contenant pas d'additifs et les sucres blancs de plantation le sucre à tester est dissous dans l'eau chaude et filtrée à travers une membrane avec une taille de pore de 0.45 µm. La membrane et les matières insolubles sont soigneusement lavées, séchées et pesées. On calcule la teneur en insoluble à partir de l'augmentation de masse de la membrane.

$$\text{Insoluble (mg/kg) (M)} = (m_2 - m_1 / m_0) \times 10^6$$

- m_0 = la masse en gramme de la prise d'essai pour le test (500g de sucre blanc)
- m_1 = la masse en grammes de la membrane + capsule
- m_2 = la masse en grammes de la membrane + insoluble + capsule

Le calcul de la matière insoluble se fait automatiquement après la saisie des données sur le PCLAB

$$\text{Insoluble (mg / kg)} = M \times 2$$

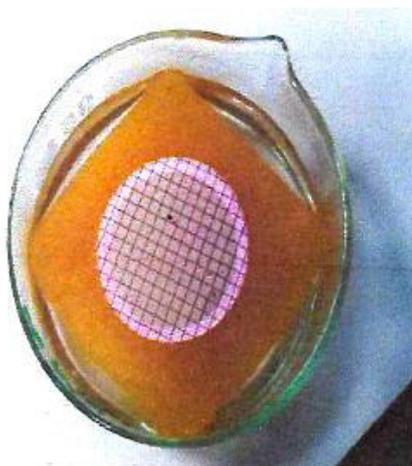
**A****B**

Figure 19 : image de la détermination des insolubles dans le sucre : (A) c'est la filtration des insolubles, (B) désucrage de la membrane.

II.2.5. Détermination des points blanc et les points noirs du sucre blanc

(Méthode SNFS chapitre 2 : n°17 (2006)) :

Cette méthode permet de quantifier la propreté d'un sucre dans une échelle de référence électronique. Les particules insolubles d'une solution de sucre sont retenues par filtration sur membranes. La lecture automatisée par le système de lecture automatique de la propreté du sucre de ces membranes permet de noter le sucre dans une échelle de 0 à 5 par pas de 0.5 point.

II.2.6. Test de floc après acidification sucre Blanc (Méthode de GRD LA BELLE)

Cette méthode est destinée à détecter des flocons ayant pour origine les sucres de canne et de betterave contenant plus de 1.3 mg/kg de saponine.

La méthode consiste à examiner le floc éventuellement formé dans une solution de sucre acidifié par l'acide phosphorique et conservée 10 jours à température ambiante, en ajoutant les benzoates de sodium à 0.01%. L'observation des flocons est réalisée par mirage de la solution face à un rayon lumineux intense, en étudiant surtout le haut, le milieu et le fond de la solution. Les résultats sont exprimés par quantification des flocons après 10 jours :

- N : Pas de floc .
- S : Flocculation très légère.
- M : Flocculation très légère pouvant aisément être vue à la source lumineuse.
- H : Flocculation importante pouvant être vue sans source lumineuse.

II.2.7. Détermination de l'aspect visuel du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2-13 (2011)) :

Cette méthode détermine le niveau visuel des sucres blancs. Elle s'applique pour les sucres blancs cristallisés et les sucres en poudre. Cette méthode est appliquée en utilisant un saccharo-flex par mesure du facteur de réflectance à 495 nm et 620 nm . Le rapport est indiqué en termes de nombre de type de couleur. Les résultats sont saisis dans PCLAB.

$$\text{ICUMSA} = A_1 + A_2 / 2$$

A_1 : est le résultat lu directement et A_2 est le résultat lu après rotation de la coupelle de mesure d'un angle de 180° .

Nombre de points européens = ICUMSA x 2

(Incertitude sur méthode (2 écart type) Aspect = résultat \pm 1 point européen)



Figure 20 : image de la détermination de l'aspect visuel du sucre blanc

II.2.8. Tests Odeur/gout/apparence/odeur apres acidification sucre blanc : (Méthode COCA-COLA SM-PR-420 version 31/10/2003. Méthode COCA-COLA SM-PR-310version 31/08/2003.)

Cette méthode est destinée à évaluer le gout et l'apparence des sucres . Certains composés odorants contenus dans le sucre ne se développent qu'en milieu acide. Ce test permet de déterminer la présence ou non de ces composés dans le sucre pour éviter des problèmes d'odeurs sur les boissons.

- **Gout du sucre blanc** : Le gout est testé par notation tout au fait d'une solution sucrée à 50° Brix additionnée d'eau de Volve.
- **Apparence sucre blanc** : Ce test se fait par inspection visuelle du sucre qui doit présenter des cristaux blancs sans corps étrangers.
- **Odeur et odeur après acidification** : Ce test est réalisé par détection olfactif de la présence ou non des odeurs dans trois solutions : solution sèche (le sucre blanc dans un verre fermé) , solution sucrée non acide et solution sucrée pH 1.5 acidifiée par l'acide phosphorique (75%) ; les solutions sont incubées à 30°C , puis les odeurs sont sentis toutes les 10min.



Figure 21 : images de la détermination d'odeur/gout/apparence/odeur après acidification sucre blanc

II.2.9. Granulométrie du sucre blanc (ICUMSA méthode GS2/9-37 (2007)).

La granulométrie se caractérise par l'ouverture moyenne (O.M) et le coefficient de variation (C.V.)

- 1- L'O.M : définit la dimension moyennes des cristaux. (L'ouverture qui retiendrait 50% de la masse de l'échantillon)
- 2- Le C.V. : Précise la dispersion des dimensions autour de cette valeur moyenne (indice de dispersion)

La méthode utilisée détermine la distribution des tailles de particules de sucres blanc. Elle s'applique a tous les sucres blancs granuleux et sucre blancs de plantation. Un ensemble de tamis de tissus approprié est assemblé. Un échantillon pesé est transféré sur le tamis supérieur. L'échantillon est séparé en fractions de tailles en secouant l'ensemble de tamis. Le poids de chaque fraction de taille est déterminé et exprimé e tant que pourcentage de l'échantillon



Figure 22 : image de la détermination Granulométrie du sucre blanc

La granulométrie du sucre roux et le sucre blanc (expédié et destiné pour coca cola) a été aussi déterminée a l'aide d'un granulomètre type MASTERSIZER 2000 ; par diffraction laser ; un faisceau laser passe a travers un échantillon de particules dispersées et l'intensité de la lumière diffusée est mesurée en fonction de l'angle. Les grosses particules diffractent de la lumière aux petits angles et les petites particules diffractent de faibles intensités aux grands angles. Les intensités diffractées sont ensuite analysées pour calculer la taille des particules en utilisant la théorie de diffusion de Mie. La taille des particules représente le diamètre de la sphère équivalente ayant le même volume que la particule. Cette analyse a été réalisée a l'unité de recherche de l'université de Boumerdes.

II.2.10. Contrôle microbiologique de sucre par filtration sur membranes

Cette analyse est réalisée dans le laboratoire de microbiologie de GRD LABELLE dans le but de déterminer des levures , moisissure et les germes mésophyles présents dans le produit finie.

Les solutions a tester contenant 10g de sucre sont filtrées a travers des membranes stériles dont la taille des pores est connue. Les microorganismes sont retenus a la surface, puis transférées sur le milieu nutritif sélectif dans des boites de pétri, ces dernières sont incubées a la température optimale de croissance des microorganismes recherchés. Les microorganismes sont détectés comme des unités formant des colonies. Le calcul du nombre N de micro-organismes par 10g de produit est obtenu a l'aide de l'équation suivante

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

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

n : nombre des boîtes de pétriensemencées

II.3. Analyse physico-chimiques de l'eau de processus

Afin de déterminer la qualité des eaux de processus une série d'analyse a été effectuée dans le laboratoire de GRD LA BELLE telle que : TH,pH,TA et le TAC

II.3.1. Titre hydrométrique (TH) :

Il est réalisé par titrage du calcium et du magnésium avec une solution du sel dissodique d'acide éthylène diamine tétra acétique a un PH=10 en présence du noir eriochrome T (N.E.T) lors du titrage , l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} libres en solution. Au point d'équivalence les ions combinés avec l'indicateur, ce qui provoque un changement de la couleur du bordeaux au bleu. Le TH est exprimé en degré Français (F°).

$$\text{TH} = V_1 \times 10^\circ \text{F}$$

V_1 : est le volume d'EDTA dépensé pour le titrage

II.3.2. Titre alcalimétrique simple (TA) :

Il nous renseigne sur la teneur des hydroxydes alcalin et les carbonates (OH^- , CO_3^{2-}) présent dans l'eau

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$\text{TA} = V_2 \times 10^\circ \text{F}$$

V_2 est le volume de HCl dépensé pour le titrage.

II.3.3. Titre alcalimétrique complexe (TAC) :

La détermination de TAC se fait après celle du TA pour la même prise d'échantillon. On ajoute quelques gouttes de méthylorange puis on titre par HCL a 0.1 N jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune ou jaune orangé. On note le volume V_3 qui correspond a la chute de la burette

$$\text{TAC} = V_3 \times 10^{-2} \text{ F}$$

II.4. Tentatives de valorisation de la mélasse pour la production de l'éthanol.

Les biocarburants, appelés aussi agrocarburants, sont des carburants issus de la biomasse destinés au moteur thermique pouvant se substituer partiellement ou totalement aux carburants pétroliers. On distingue actuellement deux filières principales à partir des végétaux supérieurs terrestres :

- **La filière biodiesel**, à partir d'huiles végétales (colza, palme, tournesol...), de déchets (huiles alimentaires usagées, graisses animales), comprenant à la fois les esters méthyliques (filière majoritaire) et huiles hydrogénées

- **La filière éthanol** à partir de la fermentation de sucres de betterave ou de canne, de mélasse, amidon de blé ou de maïs ou encore à partir de végétaux complets...

Le bioéthanol est non seulement utilisé comme biocarburant dans des moteurs de type essence, mais il est aussi à la base de la fabrication d'un additif « sans plomb » pour l'essence. Ce type d'alcool est utilisé en industrie alimentaire, les boissons, les produits d'hygiène et pharmaceutiques, les détergents, les revêtements, les encres, les peintures, les adhésifs et pour la production d'autres produits chimiques.

Pour la production du bioéthanol, il faut :

II.5 La fermentation : Le sucre se transforme en alcool sous l'action des levures ajoutées au moût. Les procédés en continu se généralisent.

II.6. La distillation : C'est l'opération de séparation de l'alcool, de l'eau et des impuretés, dans une colonne de distillation. Elle conduit à un alcool brut ou flegme.

- La matière première de cette fermentation est la mélasse – résidu de la fabrication du sucre – qui est diluée avec de l'eau puis filtrée. On y ajoute alors des levures de type *Schizosaccharomyces* pour renforcer le processus de fermentation et on laisse fermenter des cuves dédiées.
- La durée de fermentation pour les rhums traditionnels est de 24 heures. A la fin de la fermentation, on obtient un vin de mélasse dont le titre alcoolique oscillera entre 8 et 10 %.

II.7. Conditions de culture de *Saccharomyces cerevisiae*

Les levures sont des espèces hétérotrophes, leurs développements nécessitent des composés organiques qui procurent à la fois la source d'énergie et la source de carbone assimilables sous forme de sucres. Ainsi elle nécessite également une source d'azote, sels minéraux, et des vitamines.

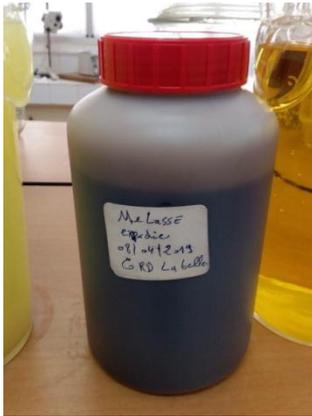
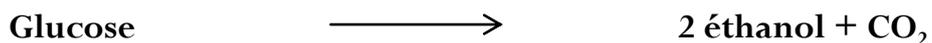


Figure 23 : mélasse de GRD La Belle utilisé Pour les essais de fermentation.



Figure 24 : Essai sur boîte pétri

Saccharomyces cerevisiae est placée dans des conditions de croissance particulières, favorisant la fermentation alcoolique selon la réaction globale :



En l'absence d'air (en anaérobie), la levure met en œuvre un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'éthanol et d'un peu d'énergie :



En fermentation anaérobie 95% des sucres consommés par la levure sont transformés en CO₂ et éthanol.



Figure 25 : Essais avec mélasse

- La matière première de cette fermentation est la mélasse – résidu de la fabrication du sucre – qui est diluée avec de l'eau puis filtrée. On y ajoute alors des levures de type Schizosaccharomyces (levure boulangère activée) pour renforcer le processus de fermentation et on laisse fermenter dans le bioréacteur de montage.
- La durée de fermentation pour l'obtention de l'éthanol est de 24 heures. A la fin de la fermentation, on obtient un vin de mélasse dont le titre alcoolique oscillera entre 8 et 10 %.



Figure 26 : Essais avec sucre roux

- Utilisation de levures *Saccharomyces* (levure de bière Stella Rouiba), en présence cette fois ci de sucre roux (matière première de raffinage).
- La durée de fermentation : nous nous sommes proposé d'augmenter la durée de fermentation à 72 heures.
- une température de fermentation maximum de 38,5 °C (très difficile à atteindre dans notre montage).

II.7.1. Paramètre de suivi de la fermentation

Différentes mesures permettront de suivre l'évolution de la biomasse :

- ✓ la **mesure turbidimétrique** du milieu au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 650 nm ;
 - ✓ le **dénombrement en hématimètre**, par comptage en cellule de Mélasse ; ce dénombrement permet de déterminer la biomasse totale et la biomasse viable après coloration différentielle
 - ✓ le **dénombrement en surface** sur milieu Sabouraud, par la méthode des spots ; ce dénombrement permet de confirmer les résultats obtenus par l'hématimètre.
- Un dosage enzymatique de l'éthanol produit sera effectué en parallèle.

III . Résultats & discussion

III.1. Interprétation des résultats de l'humidité du sucre:

Le sucre raffiné et le sucre blanc cristallisé doivent renfermer moins de 0.25% d'humidité ; les sucres bruts en contiennent des proportions variables, voisines de 2%.

$$\text{Humidité (en g) \%} = (p' \times 100) / p$$

Dessiccation dans une étuve sous vide à +60°C et pesée du résidu, en répétant l'opération pour contrôle

III.2 Résultats du taux de cendre

Le sucre cristallisé ou raffiné contient moins de 0.1% de cendres, le sucre candi moins de 0.3%, les sucres bruts (roux) en contiennent de 0.4 à 2%. Les cendres entrent en déduction du sucre cristallisable (saccharose) pour la détermination du titre commercial.

Méthode : Incinération à +800°C en milieu sulfurique pour fixer les cations et pesée du résidu des sulfates. Pour tenir compte du poids apporté par l'anion sulfurique, on multiplie le résultat obtenu par 0.9.

Remarques

Degré saccharimétrique français : Un tube de 20 cm de long renfermant une solution à 16,269 g de saccharose dans 100 mL d'eau correspond à 100 degrés saccharimétriques. La rotation provoquée par une telle solution est de + 21,66 °

Degrés saccharimétriques internationaux : Ils sont définis de la même façon, mais la solution de saccharose est à 26 g dans 100 mL d'eau.

Remarque : pour les glucides réducteurs, il faut tenir compte du phénomène de mutarotation pour les solutions fraîchement préparées. N'utiliser que des solutions stabilisées (conservées à 4 °C) ; ou, le cas échéant, activer la mutarotation en ajoutant 1 goutte d'ammoniaque concentrée.

III.3. Degrés saccharimétriques internationaux

Résultats : Soit p la lecture faite en degrés saccharimétriques.

Comme 1 degré saccharimétrique correspond à 0.16269g de saccharose dans 100ml de solution, on a :

$$\begin{aligned}
 1^\circ \text{saccharimétrique} & \quad \Longrightarrow \quad 0.16269\text{g de saccharose} \\
 p^\circ \text{saccharimétrique} & \quad \Longrightarrow \quad p \cdot 0.16269\text{g de saccharose} \\
 p \cdot 0.16269\text{g de saccharose} & \quad \Longrightarrow \quad \text{PE} = 16.269\text{g} \\
 \text{Saccharose en g \%} & \quad \Longrightarrow \quad 100 \text{ g} \\
 & \quad \text{Saccharose en g \%} = p \times 0.16269 \times 100
 \end{aligned}$$

16.269 Tenant compte de l'humidité H , le résultat peut être rapporté au sucre sec ; on a ainsi :

$$\begin{aligned}
 \text{Saccharose \% de sucre sec} & = \frac{p \times 100}{100 - H}
 \end{aligned}$$

Interprétation des résultats :

Le sucre raffiné contient généralement **99.8 à 99.9 %** de sucre cristallisable et le sucre cristallisé 99.6 % ; le sucre brut, de **92 à 98%** ; le sucre candi, de **98 à 99.8 %**.

III.4. Sucre inverti (sucres réducteurs) :

Interprétation des résultats : Par cette méthode, il est possible d'estimer le sucre interverti présent dans le sucre raffiné à 0.001 % près. Les sucres raffinés et cristallisés ne contiennent généralement pas de sucres réducteurs ou moins de 0.1%. Pour déterminer le rendement ou titre commercial d'un sucre, on retranche du sucre cristallisable quatre fois le poids des cendres (sulfuriques) et deux fois le poids des sucres réducteurs.

III. 5. Anhydride sulfureux

Interprétation des résultats : On ne devrait pas trouver d'anhydride sulfureux dans le sucre raffiné convenablement préparé, autrement qu'à l'état de trace.

Résultats : Les résultats relevés de la conductivité des deux solutions varient. En effet, le sucre roux présente une valeur de 459 tandis que la valeur de conductivité relevée pour le sucre blanc ne s'élève qu'à 11. On remarque aussi que le sucre blanc est plus soluble que le sucre roux : il nous a fallu moins de temps pour le dissoudre.

III.6. Résultat des sels minéraux :

La différence de conductivité ne peut s'expliquer que par une différence dans la composition des deux sucres : En effet, le raffinage débarrasse le sucre blanc de toutes les fibres, vitamines et minéraux que pouvaient encore contenir les cristaux non raffinés. Ainsi le sucre roux, composé de ces cristaux présente des sels minéraux que le sucre blanc n'a pas ou en très faible quantité, d'où une valeur de conductivité beaucoup plus basse, voir presque nulle : pas de sels minéraux, donc pas d'ions quand le sucre est dissous en solution, qui n'est par conséquent pas conductrice. Cette déduction de la présence de sels minéraux est vérifiée par le tableau ci-dessous provenant d'analyses en laboratoire trouvées chez Cristal Union. Pour notre santé, il est plus préférable d'en consommer un sucre contenant des minéraux.

Tableau 3 : Analyse comparée du sucre blanc et roux en mg pour 100 g de sucre

Analyse comparée du sucre blanc et roux en mg pour 100 g de sucre		
	<i>sucre blanc</i>	<i>sucre roux</i>
Sels minéraux	30 à 50	1 500 à 2 800
<i>potassium (K)</i>	3 à 5	600 à 1 000
<i>magnésium (Mg)</i>	0	60 à 130
<i>calcium (Ca)</i>	10 à 15	40 à 110
<i>phosphore (P)</i>	0,3	14 à 100
<i>fer (Fe)</i>	0,1	4 à 40

D'autre part, les deux sucres présente une structure essentiellement composée de saccharose soit 99.8% pour le sucre blanc et de 85 à 95% pour le sucre roux . Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessus, les liaisons hydrogène qui s'établissent entre les molécules d'eau et de saccharose assurent la grande solubilité de celle-ci. Etant donné que le sucre blanc est composé de 99.8% de saccharose, cela explique qu'il soit parfaitement soluble dans l'eau. Le sucre roux qui en contient moins est de ce fait moins soluble.

III.7.Dosage de l'Acidité du sucre

Résultats : Pour 160,0 g le sucre roux occupe un volume de 20 ml, tandis que pour la même masse, le sucre blanc occupe un volume de 16,5 ml.

La densité du sucre blanc : $16/20 = 0,80 \text{ g/ml} = 800 \text{ Kg/m}^3$

La densité du sucre roux : $16/16,5 = 0,97 \text{ g/ml} = 970 \text{ Kg/m}^3$.

Tableau 4 : La masse volumique de différent type de sucre

Types de sucre	Masse volumique
Sucre poudre	801-833
Sucre fin	785-833
Sucre roux	833-993

Les valeurs trouvées au laboratoire sont conforme aux données industrielles

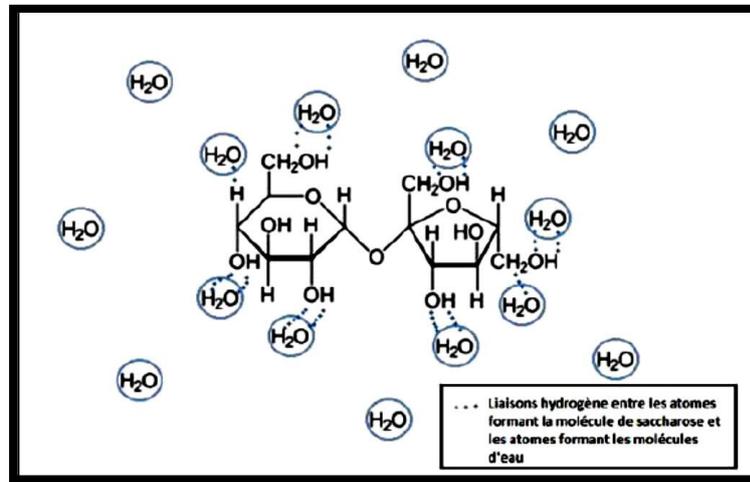


Figure 27 : liaisons hydrogène entre les atomes

III.8.Détermination du pH du sucre.

Résultats :

Le sucre roux présente une valeur de 6.38 et le sucre blanc une valeur de **5.40**. Le sucre roux est donc moins acide que le sucre blanc. Encore une fois, c'est la constitution même de la molécule de saccharose qui explique l'acidité. En effet, les ions hydroxydes (OH^-) sont responsables de l'acidité des aliments ou autre, or on remarque que le saccharose contient plusieurs groupements OH:

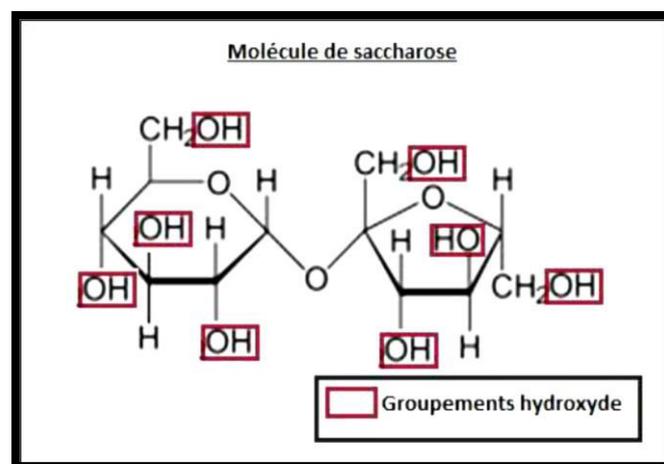


Figure 28 : molécule de saccharose et les groupements hydroxyle

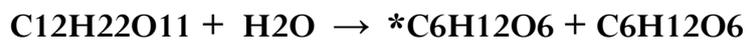
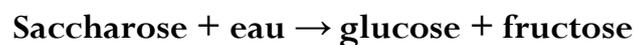
Le sucre blanc contenant plus de saccharose, il est plus acide que le sucre roux. Cette différence de pH a des conséquences sur la santé.

III.9. La densité des deux sucres

Interprétation : Ddu moment où la densité du sucre roux est plus importante que celle du sucre blanc, le sucre roux serait plus apte à se caraméliser plus rapidement et à des températures plus basses par rapport au sucre blanc. Ainsi nous pouvons en conclure que le sucre roux nécessite moins d'énergie que le sucre blanc pour se caraméliser. Celui-ci est donc plus économique de point de vue énergétique et par conséquent plus adapté au développement durable.

III.10. Explication du phénomène de caramélisation :

La caramélisation est un procédé qui consiste à mettre en réaction le sucre et l'eau à haute température.



(*C₆H₁₂O₆ est la formule brute de plusieurs isomères)

En présence d'eau et sous l'action de la chaleur, le saccharose passe par plusieurs étapes qui permettent de transformer le saccharose d'un état solide (les cristaux de sucre) à un état de semi-liquide (caramel).



Figure 29 : Résultats des essais de caramélisation sur le sucre roux (à gauche) et sur le sucre blanc (à droite)

Tableau 5 : récapitulatif des résultats d'analyses du sucre de GRD La Belle

Paramètres	Résultats	normes
Aspect (PE)	3,3	NI
Coloration (Icumsa)	41	<60
Conductivité (PE)	7,8	NI
Cendres (%)	0,014	<0.04
Total PE	17	NI
OM (mm)	0,65	0.45 a0.80
CV (%)	43	<50
Humidité (%)	0,032	<0.06
pH	7,9	NI
Trouble	8	NI
Filtrabilité (ml)	320	NI
Insolubles (mg/Kg)	5,4	NI

Conclusion

Au vu des résultats trouvés nous affirmons que le sucre en question est de bonne qualité physico- chimique, au niveau des cendres la quantité est de l'ordre de 0,014 pour cent ; ce qui en témoigne que l'extrait sec du saccharose est bel et bien avoisine les 100 pour cent. ce résultat est en concordance avec insolubilités qui est de l'ordre de 5,4mg/kg. Donc pas d'impureté. Les résultats trouvés démontrent bien qu'au niveau de la qualité au sein de LA Raffinerie de sucre GRD La Belle, ne déferent pas de celle des normes internationales ce qui démontre bien qu'au niveau de toutes les étapes du raffinage, l'hygiène et la prophylaxie sont de mise

Conclusion et recommandations

Confronté à une concurrence de plus en plus féroce, la qualité est devenue un enjeu stratégique entre les différentes Industries Agro-alimentaires. Les fabricants ne peuvent que répondre à ces critères d'exigences sans oublier qu'à prix égal, le sucre de meilleure qualité reste la préférence des acheteurs.

Pour faire face à ces exigences de plus en plus croissantes, et pour avoir un produit de bonne qualité, l'amélioration du procès concerne pratiquement tous les ateliers de la raffinerie : la préparation de la liqueur standard, la cuisson, la préparation de la masse cuite, l'essorage et même le clairçage des cristaux.

Néanmoins, des analyses nécessaires sont effectuées sur la matière première utilisée (sucre roux) pour écarter les non-conformités durant le processus de raffinage et favoriser ainsi son bon déroulement en évitant d'éventuelles pertes. Les résultats obtenus révèlent que la matière première fournie à l'usine est conforme aux normes. La couleur est \leq à 900 UI, la teneur en amidon varie de 136 à 190 ppm (< 200 ppm), ainsi qu'une polarisation supérieure à 99°Z avec une humidité ne dépassant pas 0,11 %.

Enfin le raffinage du sucre roux de canne est un processus très délicat nécessitant un contrôle continu qui abouti à un sucre blanc.

En ce qui concerne la valorisation de la mélasse, les résultats obtenus n'ont pas apporté de réponse quant à la viabilité de l'hypothèse de formation d'alcool à partir de mélasse.

Les grands industriels s'accordent sur le fait que la mélasse ne constitue pas un milieu idéal de la production d'alcool sous l'action de *Saccharomyces cerevisiae*. Cette alternative n'est ni productrice ni économique. L'usage du sucre roux et de l'amidon sont des matrice économiques et plus rentables pour la production du bioéthanol.

Référence bibliographique

- [1] Doucet (1992), Le sucre (saccharose) est ses dérivés traditionnels et nouveaux. In sucre, les sucrés, les édulcorants est les glucides des charges dans l'industrie agroalimentaires (Multon J. L). Ed. Tec et Doc Lavoisier.
- [2] Beck et al (1999), Starvation induces vacuolar targeting and degradation of the tryptophan permease.
- [3] Alfa Arzate (2005), Extraction et raffinage de sucre de canne.
- [4] Decloux M (2003), procédés de transformation en sucrerie, technique de l'ingénieur .
- [5] Asadi M. (2007). Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. USA. 884p. pp. 45 – 62.
- [6] Pennington N.L et Becker C.W(1990), sugar : a user's guide to sucrose. AVI Book. USA.
- [7] Perrière Robert A et Bernardin M-P (1999), le grand livre du sucre, Edition solar , France
- [8] Decloux M (2012), procéder de transformation en sucrerie, technique de l'ingénieur, F6150.
- [9] Decloux et al (1999), Retention des impuretés de refonte de sucre roux de canne par filtration tangentielle. Université de Reims .
- [10] Hugot E, (1987). La sucrerie de canne : carbonatation, Ed. tec & Doc, 3^{ème} édition. Lavoisier , France.
- [11] Rachedi N, (2002).Précèdes de transformation dans la raffinerie. Rapport de formation, pp 1-30.
- [12] Rousseau G (2002), la sucrerie, une affaire de macromolécules. In les macromolécules. AVH association, 9th the symposium, Reims, p 47-50.
- [13] Romain J., Thomas C., Pierre S. et Gérard B. (2007).Science des aliments. Lavoisier, Tec et Doc, 449p.
- [14] Mathlouthi M. et Barbara R. (2004). Chapitre 9 sucreries de canne, dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, 7p

- [15] Schrevel G. (2001). Interaction eau - saccharose et conséquences sur le séchage, la maturation et le stockage du sucre cristallise. Association avh, 8ème symposium, Université de Reims, 9p.
- [16] Boucherba N (2015), Valorisation des résidus agro-industriels. Université Abderahmane Mira de Bejaia, Algérie.
- [17] Dumberpatil, et al (2008). Utilization of molasses sugar for lactic acid production by lactobacillus delbrueckii subsp. Delbrueckii mutant Uc-3 in batch fermentation. Appl environ microbiol. 2008 :74 :333-335. Doi : 10.1128/AEM.0159507.
- [18] Seidali et al ,(2016) Evaluation de la qualité physicochimique des residus du complexe agroindustriel de Panda Sarh (Tchad). Larhyss Journal , ISSN 1112-3680 , n°25, pp . 203-218
- [19] Paturau , J.M (1969) . by-product of the cane sugar industry , Elsevier Publishing company , Amesterdam
- [20] Payet B et al (2005) assesement of antixodiant activity of cane brown sugars by ABTS and DPPH radical scaven ging assays : Determination of their polyphenolic and volatile consituents. J.Agric.food chem . 53,6pp.
- [21] Blackburn F (1984) .sugar can.Ed.Longgman,london and new york . sousproduits-RNED Bovins , juillet : p19
- [22] Christon, Le Dividich (1978) . Utilisation de la mélasse de canne a sucre dans l'alimentation du porc :essai d'interprétation des acquisitions recentes. Annales de zootechnie, INRA/EDP sciences, 27 (2), pp.267-288.
- [23] Yokota,M et fragressoni,S (1971). The major volatilé composition of can molasses J.Fd,Sci, 1986, 1991,1994

Annexes

Annexe 1

NORMES ET QUALITE DU SUCRE BLANC

Les produits alimentaires destinés à la consommation directe doivent respecter un certain nombre de règles de conformités établies par les organismes internationaux dans le but de protéger la santé des consommateurs (Lesucre, 1995).

1. Classification du sucre blanc selon les différentes réglementations

Les sucres sont classés selon différents règlements et normes : CEE, Codex Alimentarius et du Journal Officiel de la Réglementation Algérienne.

1.1. La qualité du sucre selon la réglementation de la Communauté Economique Européenne (CEE)

La qualité du sucre blanc dépend, entre autres, de sa teneur en cendres, de son aspect (Blancheur) et de sa coloration en solution. La norme CEE attribue un nombre de points à chacun de ces critères. Ces points sont pondérés de telle manière qu'ils conservent leur importance relative. La qualité du sucre est d'autant meilleure que la somme des points est faible (Tableau III-3).

Selon le système des points, le classement du sucre blanc génère deux catégories,

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

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

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

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

- Si le sucre totalise plus de vingt-deux points, il peut être classé comme sucre mi-blanc en fonction de ses autres caractéristiques (Arzate, 2005).

Annexe 2

**Tableau III-3. Caractéristiques du sucre blanc selon les critères de la CEE
(Doucet, 1992)**

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

Annexe 3

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

Critères : Qualité type sucre blanc ou N°2, Qualité type sucre blanc raffiné ou N°1

Méthodes d'évaluation : Aspect, Cristaux homogènes, secs, s'écoulant librement

Cristaux homogènes, sec, s'écoulant librement

La vue : Polarisation minimale 99,7° min 99,7° min Polarimétrie

Taux d'humidité maximale : 0,06% max 0,06% max

Rapport de poids entre avant et après déshydratation

Teneur maximale en sucre inverti : 0,04% max 0,04% max

Titrage : avec une solution d'iode

Somme maximale des points : $\leq 22 \leq 8$

Pour la teneur en cendres : 0,04% max 0,04% max

Mesure conductimétriques pour un Brix de 28° (0,018% de cendres = 1 point)

Pour la couleur :

Max = 9 (couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)

Max = 6 (ou couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)

Comparaison avec des étalons (1 point=0,5 type de couleur)

Pour la coloration en solution

Max = 6 (ou 45 ICUMSA)

Max = 3 (ou 22.5 ICUMSA)

Méthode ICUMSA 4 Mesures par spectrophotométrie en unités ICUMSA sur une solution d'un Brix de 50° (plus la solution est foncée, plus la valeur ICUMSA est élevée) 1 point =7,5 unités ICUMSA

On attribue à l'échantillon, placé visuellement entre les types, un nombre de points égal au numéro du type, dont il se rapproche le plus multiplié par 2 (Doucet, 1992).

Annexe 4 :

La qualité du sucre selon la commission du Codex Alimentarius

Les normes de qualité du Codex Alimentarius sont établies par la FAO (Food and Agriculture Organisation), qui est la commission spécialisée pour l'alimentation et l'agriculture de l'Organisation des Nations Unies, et l'Organisation Mondiale de la Santé (Lesucré, 1995). Ces normes s'appliquent aux différentes sortes de sucre pour la consommation humaine sans processus de transformation supplémentaire.

Chaque dénomination correspond à une description précise de l'état des sucres, sans appréciation de la qualité de chaque sucre (Codex, 1999).

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

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

Annexe 4. Normes de Codex Alimentarius pour le sucre blanc (FAO/OMS). (Multon, 1992).

Critères	Normes
Pureté (min)	99,7% (polarisation)
Humidité (max)	0,1%
Teneur max en sucres réducteurs (% MS)	0,04
Coloration max (ICUMA)	60 UI
SO ₂ (mg/kg max)	20
pH (solution 10% M.S.)	-
Arsenic max (mg/kg)	1
Cuivre max (mg/kg)	2
Plomb max (mg/kg)	1

Annexe 5 :

Qualité organoleptique : Le sucre inverti a une saveur légèrement plus sucrée que celle du saccharose. La mesure des pouvoirs sucrants fait appel à des méthodes, qui s'appuient sur des tests organoleptiques à l'aide de panels et de dégustateurs expérimentés (jury expert et jury naïfs).

Qualité bactériologique : Le sucre sec est un produit contenant très peu d'eau. Les analyses montrent que l'activité de l'eau (a_w : activity water) du sucre sec est située entre 0,2 et 0,3. Ces valeurs sont largement inférieures à la limite de développement des microorganismes (0,6 – 0,7). Pour cette raison, le sucre sec est considéré comme un produit microbiologiquement sûr ne nécessitant pas de précautions autres que des bonnes pratiques de fabrication (BPF) et un stockage adapté.

Annexe 6 : Qualité du sucre selon la réglementation Algérienne

Caractéristiques du sucre blanc selon la réglementation Algérienne (J.O.R.A.,1997).

Critères	Spécification A	Spécification B
Pouvoir rotatoire minimum (%)	99,7	99,7 (polarisation)
Teneur maximale en sucres réducteurs (% matière sèche)	0,04 (inverti)	0,1 (inverti)
Teneur maximale en cendres (% matière sèche)	0,04	0,1
Perte à la dessiccation (3heures à 105°c)au maximum	0.1	0,1
Couleur maximum (UI)	60	100
Teneur maximale en Arsenic (mg/Kg)	1	1
Teneur maximale en Cuivre (mg/Kg)	2	2
Teneur maximale en plomb (mg/Kg)	0.5	0.5

Annexe 7 : La couleur critère d'évaluation de la qualité

La couleur du sucre blanc constitue un des déterminants qui fondent la typicité du produit, celle-ci est une caractéristique forte sur laquelle le consommateur peut se baser pour faire son choix parmi plusieurs produits concurrents. Différents aspects de la couleur peuvent être considérés : scientifique, technologique et commercial. Pour une définition commerciale des sucres et leur contrôle, les méthodes officielles ICUMSA sont utilisées. La coloration en solution est déterminée par spectrophotométrie à 420 nm sur une solution de sucre à 50 °Brix préalablement filtrée sur une membrane de 0,45µm. Un point est attribué pour chaque 7,5 unités de la coloration exprimée en unités « ICUMSA L'aspect (ou type de couleur ou Farbtypes) est déterminé par comparaison avec une gamme numérotée de sucre (type de couleur) de l'institut Allemand de Brunswick. Un point est attribué pour chaque 0,5 unité de type de référence (farbtype) correspondant à l'échantillon analysé ..

Tableau III-6. Tableau récapitulatif des critères de la couleur selon différentes réglementations

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

Liste des abréviations

GRD : GRANDE RAFFINERIE DAHMANI ;

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication ;

BP: Bas Produit ;

HP: Haut Produit ;

CO₂ : Dioxyde de carbone ;

CV : Coefficient de variation ;

EP : Egout Pauvre ;

ER : Egout Riche ;

DO : Densité Optique ;

Pol : Polarisation

ICUMSA: International Commission For Unification méthodes For Sugar Analysis ;

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de Normalisation)

°C : Unité de la température en degré Celsius ;

C₁₂H₂₂O₁₁ : Molécule de saccharose ;

pH : Potentiel hydrogène ;

H% : Pourcentage d'humidité ;

UI : Unité ICUMSA ;

Min : Minimal ;

Max : Maximal ;

Col : Colmatage ;

ADP : Adénosine diphosphate

ATP : Adénosine triphosphate

C_{NF} : coloration non filtrée en ICUMSA.

C_F : coloration filtrée en ICUMSA.

QE : Quantité d'Eau ;

QS : Quantité de Sucre ;

SR : sirop de fonte ;

SC : Sirop Concentré ;

SD : Sirop Décoloré;

EP : Egout Pauvre ;

ER : Egout Riche ;

MS : Matière sèche ;

UE : Union Européenne

Résumé

Notre travail a porté sur l'étude de raffinage de sucre , ainsi l'importance de ces dernier dans le procès de fabrication ,ainsi la conformités de produit fini de sucre blanc et au autre sous produit .

Mots clés : procès technologiques analyse physico-chimique ,analyse microbiologiques ,sucreblanc ,sucre roux, sous-produit de sucre

Summary

Our work has focused on the study of sugar refining, thus the importance of these in the manufacturing process, thus the conformities of finished product of white sugar and the other by-product

Keywords: technological processes physicochemical analysis, microbiological analysis, white sugar, red sugar, sugar by-product

المخلص

يركز عملنا على دراسة تكرير السكر، و أهمية هذه الأخيرة في عملية التصنيع و المطابقة المنتج النهائي من السكر الأبيض و غيرها من المنتجات الغير أساسية

كلمات البحث: العمليات التكنولوجية، تحاليل الفيزيائية و الكيمائية، تحليل الميكروبيولوجي، السكر الأبيض، السكر البني، و المنتجات الغير أساسية