

تبيعشلا تيط ارقمي دلا تيرنازجلا تيروهمجلا

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

يملعلا شحباو يلاعلا مبلعتلا قرارو

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE



*En vue de l'obtention du diplôme
De MASTER II en GENIE DES PROCEDES*

Option : qualité et conservation des aliments

Thème

*Production de sucre blanc cas de la raffinerie GRD
la belle boumerdes*

Soutenu le : 06-07- 2017

Présente par :

BENCHERNINE ISLAM
TIDJANI HAMZA

Jury de soutenance :

<i>Présidente : M^r</i>	<i>MEGDOUD</i>	<i>MAA</i>
<i>Promoteur : M^r</i>	<i>BEN AKMOUM</i>	<i>MCB</i>
<i>Examineurs : M^r</i>	<i>SEKOUR</i>	<i>MAA</i>
<i>Examineurs : M</i>	<i>ZIDANI</i>	<i>MAA</i>

Année universitaire 2016/2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont très chères, et avec lesquelles j'ai Tout partagé:

A mes chères Parents pour leur soutien depuis le premier jour, leur présence à mes coté m'a été bénéfique, soyez honoré par ce travail et que Dieu vous garde.

A mes Frères et mes sœur Vous, qui êtes à mes côtés, pour Partager mes joies. Je vous souhaite une vie comblée et toute Réussite.

A toute les etudiant de boumerdes qui je les connues de loin ou de prés , je vous souhaite une bonne continuation dans votre vie personnelle et professionnelle.

Benchernine islam

Remerciements

Ce Travail est réalisé en collaboration avec la Faculté des Sciences

et de l'ingénieure de

MOHAMED BOUGARA et LA BELLE

Mes sincères remerciements vont à

²L'occasion de réaliser mon projet de fin d'étude

Que M.AMAR BENAKMOUM, mon encadrant pédagogique

, trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance

Pour ces précieux conseils et le savoir qu'il m'a transmis.

Et j'ai exprimé ma profonde gratitude à mon père

M.AHMED BENCHERNINE

Pour son soutien non seulement dans ce travail

à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la

réalisation de ce travail.

Benchernine islam

Dédicaces

A la mémoire des êtres les plus chers à mon cœur,

A ceux qui m'ont appris à croire et à ne jamais perdre l'espoir,

A qui seront toujours là pour m'aider et fêter ma gloire,

A tous les gens que je n'oublierai jamais,

A ma mère, mon père, ma sœur et mes frères

A toute ma famille.

Je dédie ce travail

Hamza tidjani

Remerciements

La réalisation de ce travail est le fruit de plusieurs personnes

Auxquelles, du fond de

mon cœur, j'exprime mes sincères remerciements.

Je remercie beaucoup les professeurs M.BENAKMOUM qui a

Accepté de diriger notre mémoire malgré d'autres lourdes

Responsabilités

Professionnelles; Un grand merci à l'endroit de tous mes

Camarades de la promotion MQCA15

Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la

Réalisation de ce travail en

soient vivement remerciés.

Hamza tidjani

Listes Tableaux

N°	Titre	Page
1	Composition moyenne de la canne à sucre	6
2	: Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose (Bennington et Baker, 1990).	16
3	Effet de la concentration de saccharose sur l'abaissement du point de congélation et l'élévation du point d'ébullition de l'eau (Bennington et Baker, 1990).	17
4	Effet de la concentration de saccharose sur la tension de surface de l'eau (Bennington et Baker, 1990)	18
5	Effet de la concentration de saccharose sur la tension de vapeur de l'eau (Bennington et Baker, 1990).	18
6	Effet de la concentration de sucre et de la température sur la pression osmotique des solutions de saccharose (Bennington et Baker, 1990).	19
7	Composition moyenne de la mélasse par 100 g de mélasse	35
8	Masse volumique de certains sucres (Kg/m3)	50
9	Caractéristiques du sucre blanc de qualité «type» dans l'Union Européenne [4].	56
10	Normes de la National Canner's Association American	58
11	Analyse comparée du sucre blanc et roux en mg pour 100 g de sucre	61
12	Masse volumique de certains sucres (Kg/m3).	62
13	Résultats de l'analyse du sucre produit fini	64

LISTE DE FIGEURES

N°	Titre	Page
1	structure du saccharose[1]	5
2	Sucre blanc, cassonade, sucre complet et rapadura	9
3	technologies de raffinage	22
4	le filtre-presse automatique	37
5	définition de sucre inverti	41
6	l'échantillon sur l'agitateur magnétique	47
7	résultat suites a l'expérience avec le papier PH	47
8	teste de pH-mètre	49
9	peser des l'échantillon	49
10	résultat obtenue	50
11	observation de l'échantillon	51
12	peser des échenillons	52
13	chauffages des échenillons	52
14	relever de température	52

15	observation en fonction de temps	53
16	teste de conductimètre	60
17	la molécule de saccharose en présence de l'eau	62
18	molécule de saccharose et les groupements hydroxyle	63

Dédicace

Remerciement

Liste de tableau

Liste de figure

Introduction générale3
Chapitre 1 : synthèse bibliographique.....5

Partie I.

1.1 Définition du sucre :.....5
1.1.1 Les propriétés du sucre :.....5
1.1.2/ Synthèse et origine :.....5
1.1.3/ Rôle biologique.....6
1.1.4/ Fonction nutritionnelle du sucre :.....7
1.1.5/ Fonctions organoleptiques :.....7
1.1.6/ Intérêt technologique:8.
1.2/ les différents Types de sucre selon le Codex Alimentaires:8
1.2.1/ Critères de qualité:9
1.2.2/ Définition des différents types de sucre d'après le standard du Codex alimentaire.....9
1.2.3 différents types de sucres.....10
1.2.4/ Le marché mondiale du sucre11
1.2.4.1 / La production mondiale11
1.2.4.2/ Le Commerce mondiale du sucre.12
1.3/ Le marché Algérien du sucre13
1.4/ Propriétés physico chimique du sucre (saccharose)13
1.4.1/ L'excès de sucre et son incidence sur la santé :19
1.4.2 / La carence de sucre et son incidence sur la santé.....21
Description du procédé.....23

PARTIE ii

<i>II.1.1/ Réception sucre roux.....</i>	<i>23</i>
<i>.II.1.2/ Chaulage et Carbonatation</i>	<i>24</i>
<i>II.1.3/ Phases de Filtration refonte carbonaté et lavages écumes.....</i>	<i>25</i>
<i>II.1.4./ Phase de filtre presse :</i>	<i>26</i>
<i>II.1.5/ Phase de décoloration.....</i>	<i>26</i>
<i>II.2/ Phase Concentration refonte.....</i>	<i>26</i>
<i>II.2.1/ Phase de centrifugation Hauts Produits.....</i>	<i>27</i>
<i>II.2.2/ Phase de Malaxage :.....</i>	<i>28</i>
<i>II.3/ Cristallisation bas produits :.....</i>	<i>29</i>
<i>II.3.1 Composition de la masse cuite A.....</i>	<i>29</i>
<i>II.3.2/ Composition de la masse cuite B.....</i>	<i>29</i>
<i>II.3.3/ Composition de la masse cuite C.....</i>	<i>30</i>
<i>II.4/ Interface centrifugeuse discontinue :</i>	<i>30</i>
<i>II.4.1/ Conduite de la cristallisation.....</i>	<i>31</i>
<i>II.5/ Interfaces centrifugeuses continues.....</i>	<i>31</i>
<i>II.6 / Interface séchage du sucre blanc</i>	<i>32</i>
<i>II.6.1/ Stockage mélasse :</i>	<i>32</i>
<i>II.7/ Les sous produits induits par le raffinage du sucre roux.....</i>	<i>34</i>
<i>II.7.1 La Mélasse</i>	<i>34</i>
<i>II.7.2 LES BOUES.....</i>	<i>35</i>
<i>II.8/ Station de traitement de l'eau de fabrication.....</i>	<i>40</i>
<i>II.9 / Hygiène et Sécurité dans l'industrie Sucrière.....</i>	<i>41</i>
<i>II.10 / Importance du laboratoire de contrôle dans une raffinerie de sucre.....</i>	<i>43</i>

CHAPITRE2 ; matériel et méthode

<i>III.1/ Propriétés physicochimiques du sucre de table: le saccharose.....</i>	<i>46</i>
<i>III.1.1/ Analyse physico-chimique du sucre raffiné :</i>	<i>48</i>
<i>III.1.1.1/ Humidité</i>	<i>48</i>
<i>III.1.1.3/ Dosage du Saccharose (sucre cristallisable) :</i>	<i>49</i>
<i>III.1.1.4 / Sucre inverti (sucres réducteurs) :.....</i>	<i>51</i>
<i>III.1.1. 5 / Anhydride sulfureux :.....</i>	<i>52</i>
<i>III.1.16/ Détermination de la conductimètre du sucres.....</i>	<i>52</i>
<i>III.1.1.7/ Dosage de l'Acidité du sucre.....</i>	<i>53</i>
<i>III.1.1.8/ Détermination du pH du sucre.....</i>	<i>54</i>
<i>III.1.1.9 / Essais de caramélisation sur le sucre roux et blanc. et caramélisation.....</i>	<i>56</i>
 <i>CHAPITRE 3 : interprétation des résultats.....</i>	 <i>59</i>
 <i>CHAPITRE4 : conclusion générale</i>	 <i>71</i>

Introduction générale

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale, composé pour la majeure partie de saccharose, et de diverses substances naturelles appartenant à la classe des *glucides*, responsables d'une des quatre saveurs gustatives principales : le sucré

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, un véritable parcours du combattant !

L'Algérie est le 7ème plus gros importateur mondial de sucre avec 1,53 million de tonnes annuelles, selon l'ISO. Selon une étude du ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière, réalisée en septembre 2016, le pays consomme trois fois plus de sucre et de matières grasses par rapport aux normes internationales.

La consommation moyenne de sucre en Algérie est de l'ordre de 30 kg par habitant et par an. Avec des importations qui ont dépassé les 1,8 Mt en 2015, l'Algérie figure parmi les dix premiers pays importateurs mondiaux de sucre.

Les importations de sucre et de ses matières premières (sucres blanc, roux, de betterave brute, de canne à sucre, sirop de lactose...) ont augmenté à 871,7 millions de dollars en 2016 contre 714,76 millions en 2015, a appris l'APS auprès des Douanes algériennes. Quant aux quantités des importations de sucre, elles ont également marqué une hausse à 2,03 millions de tonnes (Mt) contre 1,93 Mt, selon le Centre national de l'informatique et des statistiques (Cnis) des Douanes. Ainsi, le coût des importations de sucre a grimpé de près de 22% en 2016 tandis que les quantités importées ont augmenté de 5,25%.

Le Brésil, grand exportateur de sucre roux (qui fournit désormais 80% des besoins de l'Algérie), a su profiter pleinement du développement de l'industrie sucrière algérienne. Une partie appréciable du sucre roux raffiné en Algérie est réexportée (0,5 Mt en 2013), ce qui veut dire que la consommation intérieure se situe aux environs de 1,2-1,3 Mt (dont 15% environ sont dirigés vers l'industrie des boissons).

L'Algérie ne produit ni la canne à sucre, ni la betterave sucrière dont les expériences menées dans les années 1970 à Guelma et Khemis Miliani par l'Enasucré avaient toutes échouées. La culture de la betterave sucrière nécessite d'importantes quantités d'eau, ce dont l'Algérie ne dispose pas.

Dans l'objectif de faire de l'Algérie, la porte sucrière de l'Afrique, Le gouvernement prétend, en effet, qu'outre le fait d'empêcher la concurrence, la multiplication des nouveaux acteurs permettra de faire baisser le prix du sucre. Or on omet de rappeler que le sucre est fortement subventionné.

L'industrie sucrière est dominée par Cevital qui contrôle à lui seul près de 80% du marché du sucre devant le groupe Berrahal d'Oran et la Sorasucré d'Annaba. Un concurrent est en train d'apparaître avec l'usine construite en joint-venture par le groupe La Belle et Cristal Union qui a démarré sa production depuis fin 2015. Ainsi, les capacités de production de l'Algérie seront portées à 2,5 millions de tonnes annuellement. Elles devront dépasser 4,5 millions de tonnes avec l'entrée en service de nouvelles raffineries actuellement en construction.

Les besoins de l'Algérie en sucre se situent pourtant entre environ 1,2 million de tonnes et deux millions de tonnes par an, selon différentes prévisions.

L'État semble ne pas prendre en compte les risques de surabondance de sucre sur le marché, il s'avère que les pouvoirs publics pensent beaucoup plus à inonder le marché de sucre sans se soucier des conséquences potentiellement désastreuses sur la santé de la population.

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.

Afin d'étayer notre travail, nous avons effectué, un stage d'imprégnation au sein d'une nouvelle raffinerie de sucre qui se situe à Ouled Moussa dans la wilaya de Boumerdes, et qui débute sa production début 2016, selon un concept technologique moderne qui tient compte du développement durable.

Nous exposerons les grandes lignes des opérations technologiques ainsi que les différents compartiments névralgiques, de cette unité de transformation qui contribuera à coup sûr à l'émergence d'une production de sucre dans toutes ses formes.

I.1 Définition du sucre :

Le sucre qui en termes chimique, est un α D-Glucopyranosyl (1-2) β D-Fructofuranose plus
 Connu sous le nom de sucrose ou saccharose, est un diholoside réducteur. Sur le plan
 nutritionnel et biochimique, le sucre est un aliment purement énergétique ; mais cet aliment
 dont l'histoire est fournie, est consommé par pratiquement tous les habitants de la planète.

Le sucre, substance chimiquement définie sous le mon 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.1.1 Les propriétés du sucre :

Les sucres ou glucides ont un rôle primordial dans l'apport énergétique journalier. En
 moyenne, un adulte ingère 300 à 400 g de glucides par jour (1200 kcal à 1600 kcal), dont 140
 à 170 g de sucres simples (30 cuillères à café), ce qui représente 55 à 60% de sa ration

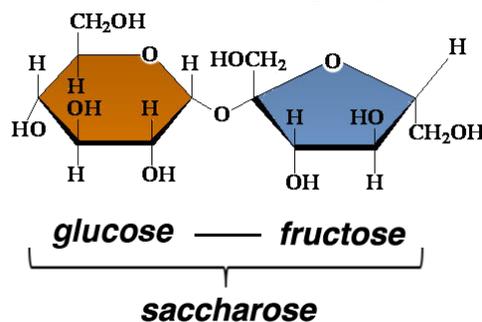
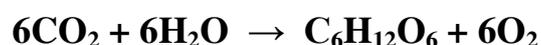


Figure 1: structure du saccharose[1]

énergétique quotidienne, la valeur énergétique d'un gramme des glucides alimentaires étant
 de l'ordre de 4 kcal (kilocalories). Outre leur rôle comme carburant pour les cellules du corps,
 les glucides participent aussi à la synthèse de certaines molécules et ils ont un rôle important
 dans l'épuration de produits toxiques pour l'organisme.

I.1.2/ Synthèse et origine :

Le sucre se trouve naturellement dans certaines plantes (fruits, racines, feuilles, tiges et même
 dans la sève des arbres). Toutes les plantes vertes utilisent, grâce à la chlorophylle, l'énergie
 solaire pour transformer le CO₂ de l'air et de l'eau du sol, en matières organiques, en
 particulier en glucides. [2]



Au cours de la photosynthèse, le composant glucidique le plus important qui apparaît est le fructose. Une partie du fructose se transforme en glucose et la molécule de glucose se lie au fructose pour former le saccharose. Une partie de ces glucides est utilisées pour la respiration de la plante (réaction se passe la nuit avec dégagement de CO₂), ainsi que ces besoins de croissance. Le reste de glucides est stocké dans les organes de réserve[2].

Exemples : Tubercule : pomme de terre

Racine : betterave sucrière ; carotte

Tige : canne à sucre.

La canne à sucre (qu'Assab es Sukkur) est originaire de l'extrême – Orient. L'ayant découverte en Perse, les arabes s'y sont intéressés pour des raisons économique et fiscales. Ils l'on introduite en Syrie, en Palestine, en Egypte, et en Espagne [3].

La canne à sucre (« *Saccharum officinarum* ») est une plante de la famille des Poacées (graminées). Toutes les espèces du genre « *Saccharum* » sont des graminées vivaces de grande longévité dont l'aspect rappelle celui du roseau.

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 [1]

Tableau 1 : Composition moyenne de la canne à sucre[1]

Composent	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2
Totale	100

1.1.3/ Rôle biologique

Les sucres sont communément appelées « glucides » ce sont des substances organiques comportant des fonctions carbonylées formés d'une ou de plusieurs unités de polyhydroxyaldéhyde ou cétones et des fonctions alcool. Les glucides sont formés en premiers au cours de la photosynthèse à partir du CO₂ et de l'H₂O. Ils sont présents à l'état

naturel dans tous les fruits et légumes. Le glucose et le fructose sont liés dans la plante pour former le saccharose, que l'on appelle communément «sucre ou sucrose».

Les sucres ont un rôle biologique important comme:

- Élément de soutien (cellulose chez les végétaux et chéline chez les arthropodes).
- Réserves énergétiques (glycogène, amidon).
- Constituants métaboliques (nucléosides, coenzymes).

Tous ces sucres, simples ou complexes, absorbés doivent être transformés en glucose. Or, seuls 80 à 90% de ces sucres le sont effectivement. Celui-ci peut être utilisé par toutes les cellules de l'organisme comme source d'énergie. Plus particulièrement, le glucose est la seule source d'énergie pour certaines de ces cellules, notamment les globules rouges (érythrocytes) et les cellules nerveuses[4]

I.1.4/ Fonction nutritionnelle du sucre :

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 gout sucré. [4].

✓ **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.1.5/ 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. [5]

I.1.6/ Intérêt technologique:

Le sucre, en plus de donner le goût sucré, il:

- 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). [6]

I.2/ les différents Types de sucre selon le Codex Alimentaires:

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 et Rapadura.

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.



Figure 2: Sucre blanc, cassonade, sucre complet et rapadura

I.2.1/ 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.2.2/ Définition des différents types de sucre d'après le standard du Codex alimentaire (Codex STAN 212-1999 (AMD. 1-2001)):

- **Sucre blanc** : Saccharose purifié et cristallisé avec un degré de polarisation minimum de 99.7°.
- **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 glace)** : Sucre blanc finement pulvérisé avec ou sans agent Antiagglomérant.
- **Sucre blanc mou** : Grains fins purifiés et humides, de couleur blanche dont la teneur en Saccharose et sucres invertis est de 97% minimum.
- **Sucre brun mou** : Grains fins purifiés et humides, de couleur blanche dont la teneur en Saccharose et sucres invertis est de 88% minimum.

- **Dextrose anhydre** : D-glucose purifié et cristallisé sans eau de cristallisation, dont le Contenu en D-glucose est de 99.5% minimum de la matière sèche et le contenu en Dglucose De la matière totale est de 98% minimum.
- **Dextrose monohydrate** : D-glucose purifié et cristallisé contenant une molécule d'eau de Cristallisation, dont le contenu en D-glucose est de 99.5% minimum de la matière sèche et Le contenu en D-glucose de la matière totale est de 90% minimum.
- **Dextrose en poudre (dextrose glace)** : Pulvérisation fine de dextrose anhydre ou de Dextrose monohydrate ou d'un mélange des deux, avec ou sans agent antiagglomérant.
- **Sirop de glucose** : Concentré purifié en solution aqueuse de sucres nutritifs obtenus de L'amidon ou de l'inuline. Le sirop de glucose contient au minimum 20% en équivalent de Dextrose (exprimé comme pourcentage de D-glucose de la matière sèche) et de 70% au Minimum de la matière totale.
- **Sirop de glucose déshydraté** : Sirop de glucose dont l'eau a été partiellement retiré pour Donner 93% minimum de la matière totale.
- **Lactose** : Constituant naturel du lait, obtenu généralement à partir du petit-lait, il contient 99% de lactose anhydre du total de matière sèche. Il peut être anhydre ou monohydraté ou en mélange des deux.
- **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 canne 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.

1.2.3 différents types de sucres [Institut Canadien du Sucre]

✓ Le sucre blanc

Le sucre blanc est issu de la canne à sucre, de la betterave sucrière ou du palmier à sucre. Il est composé à 99% de saccharose, une molécule qui contient du glucose et du fructose. Son index glycémique est assez élevé (IG 70). Pourtant le sucre blanc n'a aucun avantage nutritionnel. Ceci est dû à son raffinage, qui l'a dépourvu des minéraux et des vitamines contenus dans la mélasse. Il apporte donc uniquement des calories. On l'utilise toutefois pour

bénéficier de son fort pouvoir sucrant. Il faut tout de même veiller à en limiter sa consommation, car le sucre blanc favorise les caries, le diabète et la prise de poids.

✓ **Le sucre roux (ou cassonade)**

Le sucre roux, étant légèrement moins raffiné que le blanc, contient davantage de nutriments. Cette quantité reste toutefois infime, et peut être négligeable pour notre organisme. La principale différence entre le sucre roux et le sucre blanc réside donc dans le goût. Le sucre roux a une saveur qui rappelle le caramel (sucre roux de betterave) ou la cannelle (sucre roux de canne).

✓ **Le sucre complet**

Le sucre complet, ou intégral, n'est ni cristallisé ni raffiné. Il est essentiellement constitué de saccharose, avec près de 95%. Contrairement aux sucres blanc et roux, il fournit des nutriments : vitamines, minéraux et acides aminés. Selement, son pouvoir est moins sucrant. On trouve le sucre complet dans des magasins spécialisés et des boutiques bio sous les appellations mascobado et Rapadura

I.2.4/ Le marché mondiale du sucre

I.2.4.1 / La production mondiale

La production mondiale de sucre se répartit actuellement à hauteur de 75% pour la canne à sucre et de 25% pour la betterave sucrière.

La consommation mondiale de sucre s'élève à 170 MT actuellement et est en croissance d'environ 2%/an, portée par la croissance démographique, l'augmentation du revenu par tête dans les pays en développement et la modification des habitudes alimentaires.

Au cours des 10 dernières années, la consommation mondiale de sucre s'est accrue de 30 MT. Elle devrait s'accroître du même tonnage au cours des dix prochaines années.

L'Asie, compte tenu de sa population, et malgré une faible consommation par tête, est le premier consommateur mondial, avec 46% du marché. Le reste se répartit entre l'Europe, l'Amérique du sud, l'Amérique du nord et l'Afrique. Les cinq premiers consommateurs de sucre sont l'Inde, l'UE, la Chine, le Brésil et les États- Unis.

La croissance de la consommation de sucre varie en fonction des zones géographiques :

- ✓ faible voire nulle dans les pays développés tels que l'Europe et les États- Unis (moins de 1% par an sur les 10 dernières années),
- ✓ plus forte dans les pays en développement d'Asie, d'Afrique et du Moyen Orient (entre 3 et 4% par an sur les dix dernières années).

Face à cette demande, l'offre mondiale de sucre est également en progression. La production mondiale de sucre a atteint 180 MT en 2012/13. Les grands pays producteurs de sucre sont généralement les grands consommateurs ou les grands exportateurs. Le premier producteur, le Brésil, est le premier exportateur. Les deuxièmes et troisième producteurs, l'Inde et l'Union Européenne, sont les deux premiers consommateurs. Les autres grands producteurs de sucre sont la Chine, la Thaïlande, les États-Unis et le Mexique. Les échanges internationaux de sucre portent sur environ 55 MT, les 2/3 étant du sucre brut et le reste du sucre blanc.

I.2.4.2/ Le Commerce mondiale du sucre

Le commerce mondial du sucre est dominé par le Brésil, qui contrôle 50% des exportations. Les autres grands pays exportateurs sont la Thaïlande, l'Australie, le Guatemala et le Mexique qui assurent à eux quatre une part supplémentaire de 25%. Le marché des importations de sucre est beaucoup moins concentré. On La construction de ces raffineries a stimulé considérablement le commerce du sucre brut et les exportations brésiliennes, au détriment de celui du sucre blanc, qui était en son temps la spécialité de l'Union Européenne.

Le commerce mondial du sucre présente certaines caractéristiques propres :

- ✓ une grande volatilité qui peut s'expliquer par la concentration des exportations aux mains d'un petit nombre d'acteurs et leur origine géographique provenant, pour une part très importante – 85 % – , de zones tropicales sensibles aux aléas climatiques .
- ✓ un prix mondial peu représentatif des coûts de production des producteurs les plus efficaces, hormis pour le Brésil. En outre, du fait de politiques internes propres et de mesures tarifaires, les prix du sucre sur les marchés intérieurs sont généralement déconnectés des cours mondiaux du sucre.
- ✓ le poids dominant du Brésil, qui, avec 50% du marché, est "directeur" en matière de prix. L'influence du Brésil sur le marché mondial du sucre s'exerce via le taux de change du real vis-à-vis du dollar qui rend le marché du sucre à l'exportation plus rémunérateur que le marché brésilien de l'éthanol.
- ✓ des conditions économiques de production très différentes selon les différentes régions du monde. Le sucre est produit à partir de la canne à sucre dans les zones tropicales et subtropicales et à partir de la betterave dans les zones tempérées. Dans les zones d'expansion telles que le Brésil, l'Afrique Orientale et Australe et la Thaïlande, la canne est cultivée dans de grands domaines intégrés avec de la main-d'œuvre journalière. Dans l'Union Européenne, la culture de la betterave est le fait d'exploitations de type familial.

I.3/ Le marché Algérien du sucre : [Ministère du Commerce Algérie]

Au lendemain de l'indépendance, certaines mesures ont été préconisées afin de limiter la dépendance alimentaire vis-à-vis des marchés extérieurs. Le sucre est considéré comme un aliment essentiel entrant dans la composition calorique de la ration alimentaire de base, n'a pas échappé à cette optique : donc l'installation d'une industrie sucrière est une nécessité. C'est ainsi que dès 1966 une première sucrerie a été installée dans la région d'EL-Khemis. Suivie par la mise en place d'une culture betteravière a été confrontée à des difficultés (qualité médiocre et la non adaptation de la betterave, insuffisance des pluies et moyens d'irrigation...) compte tenu de ces difficultés, l'activité sucrerie a été délaissée au profit de raffinage à partir du sucre roux d'importation.

Les raffineries du sucre en Algérie :

Ayant existées en Algérie :

- ✓ Publique (ENASUCRE) (entreprise nationale du sucre) a été fondé en décembre 1982:
- ✓ -Raffinerie de GUELMA.
- ✓ -Raffinerie de KHEMIS MALYANA.
- ✓ -Raffinerie de MOSTAGANEM.
- ✓ Privé : CEVITAL.

L'Algérie est très bien placée pour raffiner du sucre car ses industries peuvent être plus compétitives que celles des autres pays. Les points fort pour une production Algérienne de sucre blanc à des prix compétitifs au plan mondial sont :

- Pour des raisons de logistiques et de manutentions, il est moins coûteux de faire traverser l'Atlantique à du sucre roux et de le raffiner ensuite.
- L'Algérie est située à un endroit stratégique sur la Méditerranée, et elle dispose d'une source d'énergie, le gaz, en quantité très importante et très bon marché, pour le raffinage du sucre. « L'énergie est un élément primordial dans le prix de revient du sucre blanc, puisqu'elle représente le tiers du coût du raffinage. Le prix du gaz est nettement moins élevé que celui du pétrole utilisé par la plupart de nos concurrents ».
- « Le coût de la main d'œuvre en Algérie se situe entre 250 et 300 euros par mois, alors que pour nos concurrents, il est souvent de plus de 500 euros mensuels ».

I.4/ Propriétés physico chimique du sucre (saccharose) [45]

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

✓ **Température de fusion**

La forme cristalline du sucre fond entre 160 °C et 186 °C. La température exacte dépend du solvant de cristallisation et de la pureté du sucre.

✓ **Densité**

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

L'intervalle de cette variation est étroit et se situe autour de 0,8. Ceci se traduit par une masse volumique globale de 0,8 à 0,9 g/cm³ pour la majorité des produits.

✓ **Solubilité**

Le saccharose est très soluble dans l'eau, dans l'alcool et autres solvants polaires. Il est généralement insoluble dans le benzène et d'autres solvants organiques apolaires. La solubilité du sucre dans l'eau est un sujet d'étude, puisque c'est un facteur important dans la production du sucre et son utilisation. De nombreux tableaux et des équations sont disponibles pour déterminer le point de saturation (solubilité maximale) des solutions de sucre à différentes températures et conditions. Une expression fréquemment utilisée est celle de D.F. Charles qui exprime la solubilité (S) du sucre comme étant la concentration massique de la solution en termes de la température en degrés Celsius (T) :

$$S = 64,397 + 0,07251T + 0,002057T^2 - 0,000009035T^3 \quad (1)$$

Au point de congélation de l'eau, approximativement 180 g de sucre sont solubles dans 100 g d'eau, et presque 500 g de sucre sont solubles dans l'eau à son point d'ébullition.

✓ **Degré Brix**

Puisque la connaissance de la quantité de sucre dissous dans l'eau est d'importance Industrielle, une série entière d'indices de mesure a été développée pour indiquer les Proportions relatives des deux matériaux. Le plus important indice est l'échelle Brix qui décrit la teneur en sucre dans une solution.

L'échelle Brix est également employée pour mesurer des solutions aqueuses non pures. Ainsi, un indice Brix sera normalement employé pour obtenir la densité ou l'indice de réfraction correspondant à une solution qui, en pratique, correspond à une solution de sucre et d'eau pure à une température de référence, habituellement de 20 °C. Pour les solutions contenant d'autres substances, le Brix représente les solides apparents ou la densité apparente.

✓ **Indice de réfraction**

Les solutions de saccharose réfractent la lumière proportionnellement à la quantité de saccharose en solution. Cette réfraction est employée comme une mesure de la densité de la solution, exprimée comme l'indice de réfraction. Puisque cette réfraction change avec la température et la longueur d'onde de la source lumineuse, ces deux facteurs sont normalement mentionnés quand l'indice de réfraction est reporté. Cet indice est habituellement mesuré à 20 °C et à une longueur d'onde correspondant à 589 nm. L'indice de réfraction d'une solution de sucre 20 % (massique) est donc exprimé par :

$$N = 1,33299 \quad (2)$$

✓ **Rotation optique**

Comme beaucoup de composants organiques, le saccharose est actif du point de vue optique. Lorsqu'un faisceau de lumière polarisée passe à travers une solution de saccharose, le plan de polarisation subit une rotation. Il s'agit d'une propriété intéressante pour des procédures analytiques puisque le degré de rotation du faisceau de lumière est proportionnel à la quantité de matériel optiquement actif présent.

La rotation optique dépend aussi de la température et de la longueur d'onde. Elle dépend aussi de la longueur de cellules de mesure. En tenant ces trois variables constantes, il est possible de mesurer la quantité de saccharose présente dans une solution pure. La rotation optique est mesurée, par convention, avec une cellule de 100 mm de longueur, à 20 °C et avec une longueur d'onde correspondant à 589 nm. La rotation optique du saccharose s'exprime comme suit :

$$\text{Saccharose } [\alpha]_{\text{D}} = +66,53 \quad (3)$$

Le signe indique que la rotation du plan de polarisation se fait par la droite (dextrogyre).

✓ 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 des solutions 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. Des tableaux sont disponibles avec les valeurs de viscosité en fonction de la concentration et la température.

À titre d'exemple, la viscosité des solutions de saccharose en fonction de ces deux variables sont présentées au Tableau 2.

Tableau 2: Effet de la concentration et de la température sur la viscosité des solutions de saccharose (Bennington et Baker, 1990).

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

✓ Chaleur sensible

Cette propriété mesure l'énergie (calories) nécessaire pour augmenter d'un degré la température d'un gramme de matière. La chaleur sensible du saccharose est de 0,63 calories. Puisque le sucre est souvent employé en solution, la chaleur sensible du système eau-sucre est une propriété importante. À 20 °C, la chaleur sensible d'une solution pure à 60 °Brix est de 0,66 cal. Pour les solutions de saccharose, l'équation ci-dessous est fréquemment utilisée

:

$$SH = 1 - [0,632 - 0,001T + 0,0011(100 - P)] \times B / 100$$

Où SH est la chaleur sensible,

T est la température (degrés Celsius),

P représente la pureté

(Saccharose pur = 100) et B est le degré Brix.

✓ 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 (342,30 g).

✓ **Chaleur latente de cristallisation**

La chaleur de la cristallisation du saccharose est de 2,5 kcal par mole à 30 °C et de 80 kcal par mole à 60 °C. Lorsque le saccharose cristallise, il dégage de la chaleur.

✓ **Abaissement du point de congélation et élévation du point d'ébullition**

Le sucre en solution a pour effet d'abaisser le point de congélation (FPD) de la solution et d'élever le point d'ébullition (BPR). Pour plusieurs applications, ceci est important car le changement de ces points est proportionnel à la quantité de sucre en solution.

À titre d'exemple, des valeurs de l'abaissement du point de congélation et d'élévation du point d'ébullition de l'eau en fonction de la concentration de sucre dans la solution sont présentées au tableau 3.

Tableau 3 : Effet de la concentration de saccharose sur l'abaissement du point de congélation et l'élévation du point d'ébullition de l'eau (Pennington et Baker, 1990).

BRIX	ABAISSEMENT DU POINT DE CONGÉLATION	ÉLÉVATION DU POINT D'ÉBULLITION
10	0.61	0.16
15	1.01	0.20
20	1.50	0.40
30	2.60	0.70
40	4.50	1.20
50	NI	2
60	NI.	3
70	NI.	5

✓ **Tension de surface**

La tension de surface augmente avec la concentration de la solution de sucre. Les valeurs de cette propriété en fonction du Brix pour des solutions de sucre pures à la température de la pièce sont présentées au tableau.

Tableau 4 : Effet de la concentration de saccharose sur la tension de surface de l'eau (Bennington et Baker, 1990)

BRIX	TENSION DE SURFACE (dyne/cm²)
00	72,7
10	73.4
20	75.0
40	77.0
60	79.0

✓ **Angle de repos**

L'angle naturel de repos du sucre cristallin en vrac varie entre 30 et 37 degrés. En général, un angle de repos de 34 degrés est utilisé.

✓ **Tension de vapeur**

La tension de vapeur des solutions de saccharose diminue avec la concentration du sucre. Au Tableau , l'effet de la concentration de sucre sur la tension de vapeur de l'eau est présenté à deux températures différentes.

Tableau 5 : Effet de la concentration de saccharose sur la tension de vapeur de l'eau (Pennington et Baker, 1990).

BRIX	TENSION DE VAPEUR (mm Hg)	
	40 °C	80 °C
00	55.3	355.3
10	54.7	354.0
20	54.3	352.3
60	52.0	320.4
70	51.1	298.4

✓ **Activité de l'eau**

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

saccharose est présent. L'apparence et la texture du produit, la sensation du produit dans la bouche et le temps de conservation du produit est ainsi affectée.

✓ **Propriétés électriques**

Le saccharose est non-conducteur. Une solution de saccharose pure n'a aucune conductivité en comparaison avec de l'eau pure. Le saccharose, lorsque dissous, forme une solution neutre. Le sucre commercial en solution a généralement un pH autour de 7 à 7,15.

✓ **Pression osmotique**

L'osmose se réfère à la diffusion d'une substance à travers une membrane semi-perméable. La pression osmotique d'une solution aqueuse de sucre est une fonction de la concentration et de la température de la solution. Au Tableau 11, l'effet de la concentration de sucre et de la température sur la pression osmotique des solutions de sucre est présentée.

Tableau 6 : Effet de la concentration de sucre et de la température sur la pression osmotique des solutions de saccharose (Bennington et Baker, 1990).

BRIX	PRESSION OSMOTIQUE (kg/cm)		
	0°C	30°C	60°C
05	4.00	4.20	4.60
10	8.80	9.30	10.1
20	18.8	21.2	21.7
40	55.0	57.5	n.d .

I.4.1/ L'excès de sucre et son incidence sur la santé : [11]

La consommation de sucre fournit de l'énergie à court terme, mais il ne peut pas être stocké tel quel dans l'organisme. Une partie du sucre consommé peut être utilisée tout de suite pour fournir de l'énergie si nécessaire (dans les minutes qui suivent), une autre partie sera emmagasinée dans le foie et les muscles (utilisation dans les heures qui suivent), et une autre sera transformée en graisses qui seront stockées dans les couches adipeuses. Mais une consommation excessive du sucre est néfaste pour l'organisme.

❖ **Sucre et poids : un apport calorique difficilement maîtrisable :**

L'appétence pour le sucré est diversement partagée. Mais pour ceux qui vivent sous l'empire du sucre, les recettes caloriques débordent très vite les dépenses de l'organisme et conduisent à la prise de poids.

De plus, l'absorption rapide et massive de ces sucres simples provoque des décharges réactionnelles d'insuline responsables de fringales (le sucre attire le sucre) et d'une facilité particulière à fabriquer et stocker les graisses. Et si, en théorie, les calories en provenance du sucre ne sont pas plus caloriques que celles provenant des deux autres nutriments (protéines et graisses), il est admis aujourd'hui que l'excès d'insuline sécrétée facilite la prise de poids.

❖ **Sucre et diabète :**

Le sucre n'est jamais, en lui-même, responsable du diabète, mais son excès peut révéler une tendance au diabète et aggraver singulièrement un diabète établi. Le pancréas du diabétique est génétiquement vulnérable et déficient. Ayant la charge, grâce à l'insuline qu'il sécrète, de réduire au plus vite l'excès du sucre dans le sang circulant, tout excès alimentaire l'oblige à une réponse brutale qui le fatigue et l'érode progressivement.

Longtemps, le sucre a été banni de l'alimentation du diabétique. Aujourd'hui, les diabétologues sont beaucoup plus nuancés et privilégient la notion d'index glycémique, une mesure de la vitesse de pénétration des sucres, et une classification nouvelle de ces aliments qui a bouleversé la vie des diabétiques.

Un diabétique doit désormais savoir qu'il peut, et même doit consommer des sucres à index glycémique bas et surtout qu'il est possible d'abaisser l'index glycémique d'un aliment en l'associant à un aliment à index bas. Ainsi, si trois boules de sorbet en milieu d'après-midi sont toxiques pour un diabétique, elles sont parfaitement acceptables à la fin du repas du soir, si ce dernier est complet, centré, par exemple, sur une viande et des légumes.

❖ **Sucre et cœur et vaisseaux :**

Le sujet à risque cardio-vasculaire (terrain familial prédisposant ou taux de cholestérol élevé ou fumeur) peut aussi fréquemment être diabétique et obèse. Il a alors de multiples raisons de se méfier du sucre. Cette méfiance doit s'accentuer encore si son taux sanguin de triglycérides est élevé, car la consommation de sucre l'accroît encore et facilite d'autant l'encrassement à bas bruit de ses artères.

❖ **Sucre et caries :**

Les bactéries de la bouche ont besoin de sucre pour se développer et coloniser la plaque dentaire dans laquelle elles se cachent et attaquent l'émail. De plus, ces bactéries transforment le sucre en composés acides responsables de la carie. Les aliments sucrés les plus dangereux sont ceux qui "collent aux dents", la palme revenant aux caramels, et aux chewing-gums

riches en produits acides (vitamine C).

Il est donc recommandé de se laver les dents après avoir consommé du sucre et tout particulièrement avant le coucher pour ne pas laisser le terrain libre aux bactéries pendant huit heures.

I.4.2 / La carence de sucre et son incidence sur la santé : [La Recherche sur la Canne à Sucre – Umr-PIA.]

Le cerveau ne peut utiliser aucune autre source d'énergie que le glucose. En son absence, il cesse immédiatement de fonctionner normalement, et il se détériore rapidement. Si la carence en glucose est prolongée, les dommages deviennent irréversibles, et si elle est profonde et n'est pas corrigée en urgence, le coma et la mort s'ensuivent.

Le taux de glucose dans le sang doit être constant, et rester très proche de 1 gramme par litre de sang (0,8 à 1,2 g/l).

Il est conseillé de consommer le sucre de canne complet car il contient tous les nutriments contenus dans la canne à sucre : une fois traité et raffiné il contient 50 à 60 fois moins de sels minéraux et plus aucune vitamine (le Rapadura contient des vitamines B1, B2, B5 et E).

Description du procédé

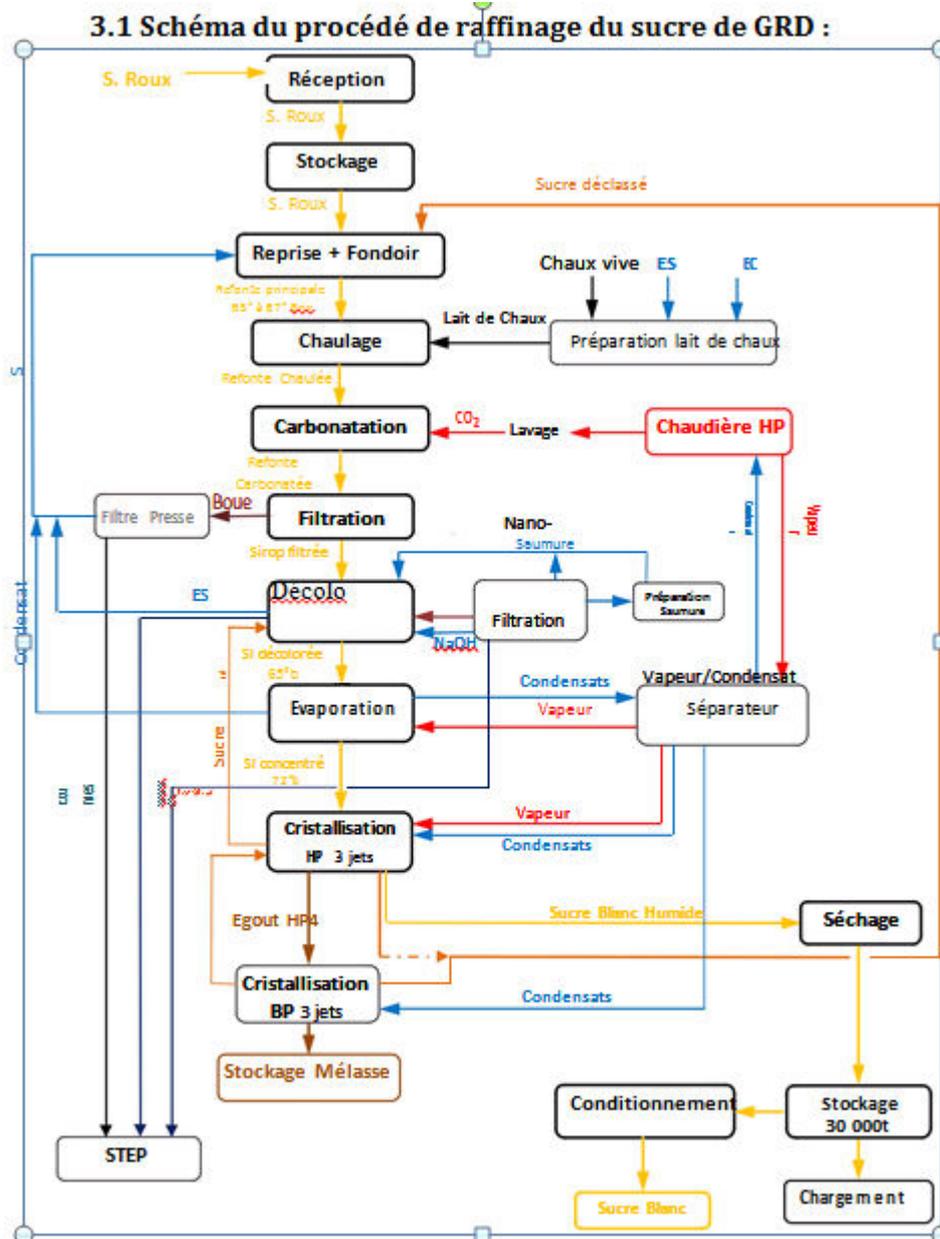


Figure 3 ; technologies de raffinage

II.1.1/ Réception sucre roux

a) Manutention :

Le sucre roux est acheminé selon les possibilités suivantes :

- └ Cas 1 : Depuis le silo de stockage, par reprise au chouleur dans les sauterelles ST1 ou ST2, les sauterelles alimentent le tapis en sucre roux.

Ou

- ┆ Cas 2 : Depuis la réception du sucre roux par le tapis 2.0.6 via la vanne by-pass du chariot déverseur.

Dans les deux cas le sucre se retrouve sur le tapis qui déverse le sucre sur le tapis, qui alimente à son tour la trémie. Le tapis est muni, à sa tête, d'un aimant permettant la rétention des pièces métalliques présentes dans le sucre repris par sauterelle.

b) Bascule :

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. Cette dernière alimente à son tour la trémie après pesée. Le débit d'alimentation de l'usine est déterminée par la cadence de la bascule (Cycle de pesée : 300 kg)

c) Tambour Egrugeonneur:

A ce niveau, le sucre subit une pré fonte 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.

d) Fondoir:

L'objectif de cette opération est la transformation du sucre pré fondu en sirop ayant un brix compris entre 65 et 67°. Pour cela le sucre pré fondu est mélangé à différents types d'eaux maintenues à environ 80°C. Ces eaux sont constituées de :

- ┆ Condensats du chauffage de la refonte principale (réchauffeur)
- ┆ Eaux de lavage de la vis laveuse

Le fondoir est muni d'un rotor tournant à faible vitesse, sur lequel sont disposées des pales permettant la fonte du sucre à l'eau.

Une pompe centrifuge est raccordée au fondoir permettant la recirculation du sirop afin de le maintenir à la température voulue d'environ 80°C, moyennant un



échangeur à plaques à vapeur de prélèvements sur le bouilleur. L'alimentation de l'atelier d'épuration (bac de chaulage) se fait par débordement du fondoir en passant par le débitmètre.

II.1.2/ Chaulage et Carbonatation

Cette étape du procédé d'épuration vise l'élimination des impuretés du sucre roux, en provoquant dans le jus un précipité de carbonate de chaux, qui enrobe les impuretés organiques du sucre brut et les précipités par la suite.

✓ Description du procédé Chaulage :

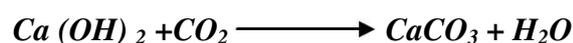
Le chaulage est un procédé d'épuration chimique qui consiste à introduire dans le chaleur, bac, de la refonte brute et du lait de chaux, à l'effet d'éliminer les impuretés organiques contenues dans le sucre roux . La concentration de lait de chaux est très importante dans cette préparation qui dépend de la qualité du sucre brut et de la conduite de la carbonatation, environ 13°baumé (équivalent à ≈126g de CaO/l).

La préparation de lait de chaux consiste à mélanger de la chaux vive avec de l'eau, de façon à avoir la concentration de chaux nécessaire au chaulage de la refonte principale.

L'extinction de la chaux vive est réalisée avec un mélange d'eau chaude et d'eau sucrée (pouvoir acidifiant) car la chaux n'est pratiquement pas soluble dans l'eau pure. L'approvisionnement en chaux broyée, est prévu par big bag de 1 tonne afin de maîtriser le mélange et surtout la concentration du lait de chaux.

✓ Description du procédé 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.



Préparation de CO₂

L'atelier de production de CO₂ comprend :

La production de vapeur à haute pression se fait par le biais de la combustion du gaz naturel. Cette combustion dégage une fumée contenant du CO₂ (environ 13%).

✓ **Carbonatation:**

La carbonatation du sirop chaulé est réalisée dans deux chaudières installées en série. Le sirop chaulé sort par le trop plein du bac de chaulage puis refoulé par la pompe vers le réchauffeur 2.3.3 avant son admission dans la première chaudière de carbonatation.

La première chaudière de carbonatation reçoit d'une part du sirop chaulé réchauffé à une température de 85°C et du CO₂ lavé provenant du ballon séparateur d'autre part. L'opération de carbonatation se fait dans la jupe de la chaudière par le barbotage du CO₂ dans le Sirop chaulé. La valeur du pH à la sortie de la première chaudière carbonatation est de 9,5 – 10, selon le principe de carbonatation à barbotage à contrecourant.

II.1.3/ Phases de Filtration refonte carbonaté et lavages écumes

✓ **Description du procédé :**

La filtration est un procédé physique, qui consiste à éliminer les impuretés contenues dans le sirop carbonaté au niveau des filtres épaisseurs. Composé essentiellement de cadres et toiles filtrantes. Cette opération est réalisée en plusieurs étapes.

Au cours du cycle de filtration, on obtient du sirop filtré et des boues.

Le sirop filtré est envoyé dans une installation de décoloration sur résines, tandis que les boues sont dirigées directement vers les filtres presse pour subir le dé sucrage.

✓ **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).

II.1.4./ Phase de filtre presse :

L'atelier de pressage des boues et de lavage des écumes comprend :

¹¹ Compresseur à air avec ballon d'air comprimé

La filtration sous pression des boues permet d'obtenir :

- 11 Des eaux sucrées collectées dans le bac à Eaux Sucrées
- 11 Des écumes lavées, pressées et séchées, qui tombe sous les filtres presses pour être évacué par chouleur

II.1.5/ Phase de décoloration

La décoloration 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.

II.2/ Phase Concentration refonte

L'objectif de la concentration est de porter le brix de la refonte de 62 ° à 72 ° en passant par deux corps d'évaporation à flot tombant (2 effets).

✓ **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^{ème} effet:**

La refonte concentrée au niveau du 1^{er} 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 2^{ème} effet sont dirigés vers le réservoir à condensat, alors que les vapeurs de prélèvement du second effet sont aspirées par le réchauffeur à eau adouci et le vide.

Le système de concentration est commandé par une boucle de régulation.

L'eau adoucie est préchauffée avant d'atteindre le bac d'alimentation du bouilleur, au niveau des réchauffeurs. Ces échangeurs sont chauffés, respectivement, par un piquage sur les vapeurs, sorties.

II.2.1/ Phase de centrifugation Hauts Produits

✓ Descriptif du procédé :

Définition : la cristallisation est un procédé technologique qui consiste à produire du sucre blanc cristallisé à partir d'un sirop décoloré concentré provenant du secteur épuration selon les étapes suivantes : cuisson-malaxage-turbinage.

✓ 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 :

✓ 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 dirigée vers le malaxeur.

✓ **Condensats:**

Les eaux condensées de la vapeur chauffante sont évacuées vers le ballon à condensats (5 compartiments).

II.2.2/ Phase de Malaxage :

Le malaxage de la masse cuite se fait dans un malaxeur horizontal équipé d'un agitateur entraîné 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.

✓ **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.

II.3/ Cristallisation bas produits :

✓ **Définition:**

La cristallisation en bas produit est un procédé d'équipement des égouts issus de la cristallisation en haut produits.

Les sucres obtenues au niveau des différents jets (masse cuites A,B et C) sont des puretés inférieures et colorés ,c'est la raison pour laquelle ils sont refondus puis réinjectés dans le procès

La cristallisation en bas produit se réalise à l'instar des hauts produits dans des cuites , malaxeurs et centrifugeuses ,seulement ,les essoreuses utilisées dans notre circuit technologique sont des turbines continues de type BMA équipées de rampes de pulvérisationnécessaire au pré fonte de sucre dans la turbine

La cristallisation en bas produits consiste a composer des masse cuites A,B et C au niveau des cuites ,les malaxer les turbiner et refondre leurs sucres respectifs au niveau de fondoirs a l'aide des eaux sucrées et condensats

II.3.1 Composition de la masse cuite A

La composition de la masse cuite A se réalise dans la cuite TBA, les égouts composants sont :

Egout HP4 et Refonte du sucre B et C.

Une fois la masse cuite arrive a terme ,elle est coulée de le malaxeur puis envoyée dans l'essoreuse continue avec un débit horaire de 22T/H , au cours du turbinage de la masse cuite , l'égout A est évacué en continue dans le bac 2 sous turbine avant qu'il soit refoulé

au bac d'attente avant cuite en passant par le réchauffeur au moyen d'une pompe tandis que le sucre A issu du turbinage est refondu dans la turbine par le recyclage de la refonte du sucre à l'aide de la pompe; la refonte du sucre A est dirigée vers la fondoir principal à travers la pompe.

II.3.2/ Composition de la masse cuite B

La composition de la masse cuite B se réalise dans la cuite TBA 60 (cuite b,c) exclusivement en égout A obtenu au cours de l'étape précédente .

II.3.3/ Composition de la masse cuite C

La composition de la masse cuite C se réalise dans la même cuite utilisée pour la composition des masses cuites B (cuite TBA). Cette cuite travaille alternativement,tantôt, elle est utilisée pour la composition de la masse cuite B, tantôt elle est utilisée pour la

composition des masses cuites C. L'égout composant est l'égout B, issu du turbinage de la masse cuite B.

Après cuisson la masse cuite sera coulée dans le malaxeur correspondant 2.9.3.3 de volume 60 mais après avoir observé un temps de malaxage, généralement après 72 h la masse cuite C est envoyée dans la turbine continue avec un débit horaire de 6T/H

Le turbinage de la masse cuite C donne lieu à la production du sucre C refondu dans la turbine au moyen du recyclage de la refonte à partir du fondoir B et C effectué par une pompe de recyclage tandis que l'égout C est envoyé vers le bac, puis transféré dans le bac à mélasse sous bascule par la pompe, en passant par deux bascules, pour pesage mélasse. A la fin la mélasse est stockée dans une citerne de volume de 300 M³.

II.4/ Interface centrifugeuse discontinue :

II.4.1/ Conduite de la cristallisation

La cristallisation a pour but la formation de maximum de cristaux à partir de la raffinée concentrée, dans des appareils à cuire appelés cuites. Ces dernières possèdent un système de chauffage sous forme d'un faisceau tubulaire placé en bas de l'appareil. L'alimentation des cuites en sirop se fait donc par le bas, et fonctionnent sous vide.

Pour cristalliser, il faut atteindre une sursaturation nécessaire à l'apparition de germes cristallins et/ou à la croissance des cristaux existants. La concentration par évaporation du sirop est ainsi poursuivie dans les cuites.

De très fins cristaux sont introduits dans le sirop pour amorcer la cristallisation du sucre, puis le sirop cristallise et se transforme en un mélange de cristaux et de sirop, appelé "masse-cuite". La masse-cuite ainsi obtenue est introduite dans des malaxeurs puis dans desessoreuses centrifuges où les cristaux sont séparés du sirop, et forment le sucre.

La cristallisation du sucre en usine de Ouled Moussa, est réalisée en 6 étapes appelées « jets ». Chaque jet se constitue d'une phase de cristallisation, de malaxage et de centrifugation (essorage).

II.5/ Interfaces centrifugeuses continues

✓ **Description du procédé**

Les centrifugeuses continues sont prévues pour le traitement de la masse cuite destinée à la refonte. Elles sont au nombre de 5 : pour les HP, pour les BP, et sont reliés au malaxeur des cuites.

La masse cuite est introduite dans les centrifugeuses continues pour y être turbinée, puis lavée par jet de condensats chauds et de vapeur à 6 bars. Cette séparation permet d'obtenir, d'une part : du sucre humide, de la refonte ou de la masse cuite d'affinage (refondus au niveau des fondoirs 1 et 2, alimentant la décoloration, et les cuites HP1, et au niveau des fondoirs, alimentant successivement le fondoir principal et les cuites BP. D'autre part, les égouts des centrifugeuses de la mélasse.

II.6 / Interface séchage du sucre blanc

✓ **Description du procédé**

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 :
 - || 2 Tapis : de sucre sec sous le sécheur et vers silo 30 000t
 - || 2 Elévateurs.
 - || vis pour le sucre déclassé.
- || 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.

- || Ventilateur vers la salle blanche.

Séchage et refroidissement : Dimensionner pour 2000t/j

Le sucre blanc sortant desessoreuses contient encore de l'eau, entre 0.6 et 1%. Malgré ce faible taux d'humidité il peut altérer la qualité du sucre lors du stockage (colmatage, coloration...). C'est pour cela qu'il est nécessaire de sécher le sucre afin de ramener son taux d'humidité aux alentours de 0,02%(variable en fonction de l'humidité de l'atmosphère). Afin d'éviter la reprise d'eau, le sucre est refroidi directement après son séchage.

Ces deux opérations sont effectuées au sein du même équipement, il s'agit du sécheur/refroidisseur multitubulaire, pour un débit nominal en sucre de 83t/h ($\pm 10\%$). A la sortie, l'air humide de séchage et de refroidissement sont mélangés avant le lavage au sein du laveur d'air humide. Ce dernier est alimenté en condensats via la pompe, l'eau sucrée produite est envoyée vers le fondoir. Le chauffage de l'air de séchage est effectué par le biais de la vapeur du bouilleur, tandis que le refroidissement de l'air s'effectue par le biais d'eau glacée, produit au niveau du groupe froid.

II.6.1/ Stockage mélasse :

✓ Description du procédé

L'atelier de stockage et de chargement de la mélasse est constitué de :

- || Deux bascules de pesage de la mélasse ;
- || Bac de stockage de 300m³ avec pot de chauffage à l'aspiration de la pompe de reprise
- || Pompe centrifuge de chargement , 60m³/h ;
- || Poste de chargement pour camion-citerne.

La mélasse est un sous-produit du raffinage du sucre, elle constitue le résidu après la cristallisation du sirop de sucre. Elle est produite au niveau de la dernièreessoreuse continue. Les bascules de pesage sont installées au-dessus du bac de stockage, permettant une alimentation gravitaire. Les bascules sont alimentées depuis le bac à mélasse sous la centrifuge C via la pompe 2.

La production de la mélasse est fonction de la qualité du sucre brut traitée et de la conduite de la cristallisation. Elle varie entre 1.2 et 1.5% du sucre produit, d'où une production moyenne de 13t/jour. La fréquence de chargement prévue est de 3 camions citernes de 25t/semaine. Le

volume de la cuve de mélasse 300m³ permettra de stocker l'équivalent de 24 jours de production.

Le chargement des citernes s'effectuera en local, de telle sorte que l'opérateur réglera le volume à charge et démarrera la pompe de chargement, dès que le camion-citerne sera bien placé. Une fois le volume voulu est chargé, la pompe de chargement s'arrêtera et la vanne se refermera automatiquement.

Conclusion

Les étapes de la fabrication sont à l'origine de la différenciation entre sucre roux et blanc. En effet, la fabrication du sucre roux s'arrête à l'étape de la cristallisation, tandis que celle du sucre blanc nécessite un raffinage final. Ce passage par la raffinerie démontre que produire du sucre roux – qui, paradoxalement, est vendu plus cher – coûte moins non seulement au porte-monnaie du producteur de sucre, mais aussi et surtout à notre environnement : l'entrée en action des raffineries et de leurs machines nécessite bien une consommation d'énergie et de carburant en plus, qui s'accompagne de rejets en CO₂ notamment. Par conséquent, encourager à la consommation du sucre roux et préférer celui-ci au sucre blanc s'inscrirait bien dans une initiative de développement durable.

II.7/ Les sous produits induits par le raffinage du sucre roux

- II.7.1 La Mélasse

C'est un sous-produit de la fabrication du **sucre** de canne ou de betterave. Après extraction du jus, évaporation et centrifugation, on sépare du sucre cristallisé un liquide noir, épais, au parfum prononcé : c'est la mélasse.

Il s'agit d'une matière qui contient environ la moitié de son poids en saccharose, celui-ci étant toutefois (sauf traitement spécial) non cristallisable en raison des impuretés qu'il contient.

C'est un liquide sucré et visqueux dont la teneur en sucres peut aller de 43 à 50%.

Il faut distinguer la mélasse de canne, qui représente près de 95 % des importations de mélasses dans l'Union européenne et dont la destination principale est l'alimentation animale.

La mélasse de canne a une forte appétence due à l'odeur et contient généralement plus de sucre que la mélasse de betterave (53 à 54 %).

Elle constitue un complément de choix pour l'urée non protéique assimilable par les ruminants et entre dans la composition des aliments liquides. Enfin, elle permet de faire absorber aux animaux des fourrages de médiocre qualité.

La mélasse, qui contient 35 % de saccharose et bien d'autres substances (voir Tableau), peut aussi connaître une seconde vie. On produit 30 kg de mélasse par tonne de canne, soit 3 % de la matière première. Une bonne partie de la mélasse produite par les sucreries est utilisée pour la production du rhum industriel. Une autre fraction est utilisée dans l'alimentation des animaux et une petite partie se retrouve sur les tablettes des supermarchés pour la consommation humaine. La mélasse peut aussi être utilisée pour la culture des levures ainsi que, pour la production de divers produits, tels que l'acide acétique (vinaigre), l'acide citrique, le glycérol, l'acide aconitique, le glutamate, la dextrine, l'acide itaconique, la lysine et l'éthanol.

✓ **La mélasse, importance nutritionnelle.**

À la différence du sucre blanc, composé à 99 % de saccharose, la mélasse ne contient que 70 % de sucres (en majorité du saccharose). Elle est aussi très riche en minéraux. 100 g de mélasse apportent en moyenne 250 mg de calcium, 220 mg de magnésium et 10 mg de fer. Même si on n'en consomme que de petites quantités, cela reste très intéressant, d'autant que ce sont des minéraux essentiels qui manquent souvent dans notre alimentation. Elle est aussi bien pourvue en potassium (1400 mg/100 g), qui participe au fonctionnement des muscles et au bon équilibre acido-basique de l'organisme. Enfin, elle est beaucoup moins calorique que le sucre (290 Cal. contre 400 Cal.).

Tableau7 : Composition moyenne de la mélasse par 100 g de mélasse

COMPOSANT	SUCRE BLANC
Calories (kcal)	290
Eau (g)	21,87
Hydrates de carbone (g)	74,73
Calcium (mg)	205
Cuivre (mg)	0,487
Fer (mg)	4,72
Magnésium (mg)	242
Manganèse (mg)	1,530
Phosphore (mg)	31
Potassium (mg)	1464
Sélénium (µg)	17,8
Sodium (mg)	37
Zinc (mg)	0,29
Vitamine B1 (mg)	0,041
Vitamine B2 (mg)	0,002
Vitamine B3 (mg)	0,930
Vitamine B5 (mg)	0,804
Vitamine B6 (mg)	0,670

✓ Utilisations de la mélasse

La mélasse présente des qualités nutritionnelles exceptionnelles en tant que source d'énergie naturelle. C'est aussi un excellent liant pour la production d'aliments composés et son appétence en fait un ingrédient recherché pour les productions d'aliments liquides. La mélasse est incorporée dans toutes les formules de nutrition animale et consommée par toutes les espèces. Les caractéristiques physiques et chimiques de la mélasse la rendent utile dans un grand nombre de processus industriels. C'est un substrat de fermentation incontournable pour la production d'alcool, de glutamate, d'acide citrique, d'acides aminés, de levures de panification et de vitamines. Elle possède des qualités physiques et écologiques appréciées dans le domaine de l'agglomération industrielle (fines de charbon, d'aciérie, etc...), du traitement des eaux et de la dépollution des sols.

II.7.2 LES BOUES

1-La station de dé sucrage des boues

✓ Filtration

Le but d'une opération de filtration est la séparation d'une phase continue (liquide ou gazeuse) et d'une phase dispersée (solide ou liquide), initialement mélangées. Suivant les cas, on cherche à récupérer :

- Soit la phase continue débarrassée au maximum de la phase dispersée (filtration de l'air ou de l'eau, d'une huile motrice ou d'un liquide alimentaire, etc.) ;
- Soit la phase dispersée (récupération d'un précipité cristallin, des poussières ou du métal précieux, etc.) ;
- Soit l'une et l'autre phase si leur intérêt économique le justifie.

Pour séparer les deux constituants, On amène la suspension au-dessus d'un support (grille, toile, membrane, etc.) sur lequel, les particules vont se déposer sous la forme d'un gâteau ou tourteau d'épaisseur croissante. Le filtrat sera plus ou moins pur suivant les dimensions des particules, la texture du support et le temps. La filtration sur support est également appelée filtration en surface, sur membrane, ou à gâteau (cake filtration). On l'utilise en général pour la filtration de suspensions assez fortement chargées en matières solides.

✓ Filtre-presse automatiques

Les filtre-presse ont connu un regain d'activité dans leurs applications comme extracteurs, en particulier dans les traitements des eaux résiduaires. Les très grandes quantités de boues à retenir et la fréquence de dé bâttissage ont conduit à rechercher leur automatisation intégrale.

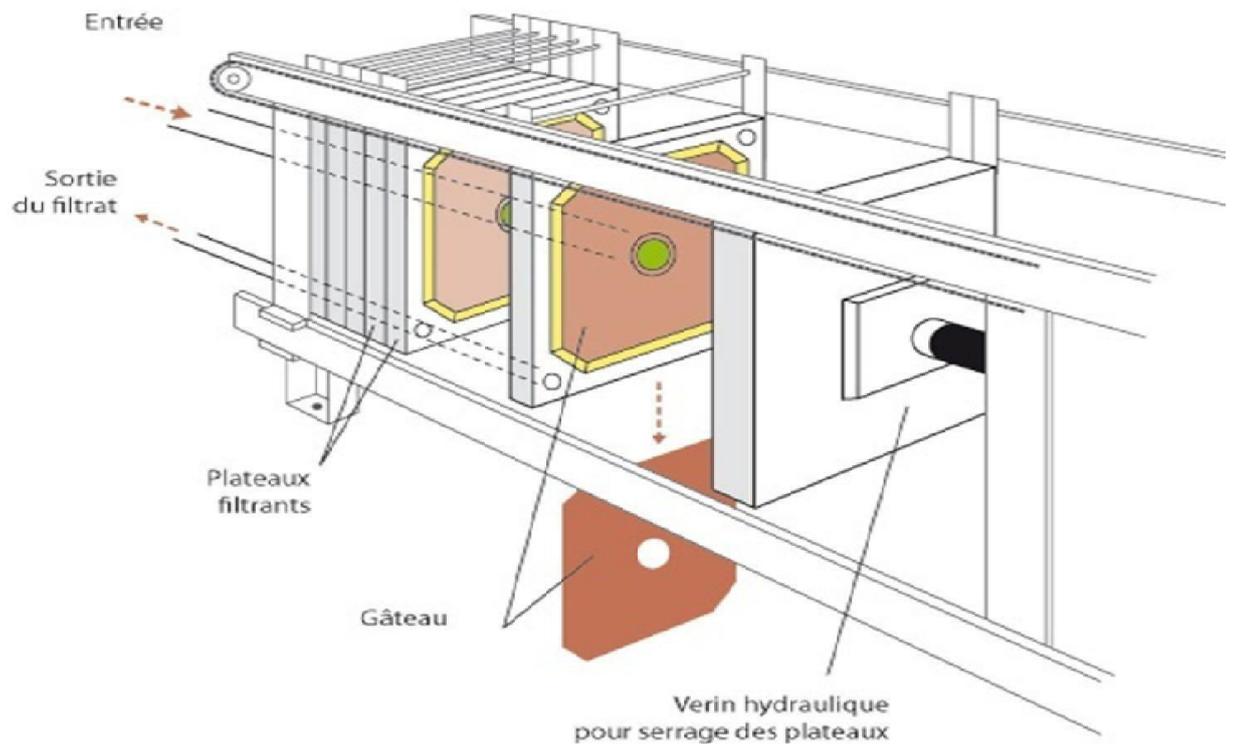


Figure 4 : la filtre-presse automatiques

2- Déroulement technologique de la filtration

✓ Remplissage et filtration

Pendant la filtration, les boues entrent dans le filtre presse. Après avoir atteint la quantité de boues réglable, les filtrats commence à s'évacuer vers le bac à filtrats.

Lors de la filtration, une quantité minimum de matière sèche doit être pompée dans le PKF afin d'éviter un endommagement des membranes. Si pendant la filtration, la quantité de boues fixée n'est pas atteinte, les membranes ne seront pas gonflées lors du cycle, l'alarme déclenchée et la filtration est terminée.

✓ Dé- sucrage

Les boues résiduelles dans le canal en fin de filtration sont rincées à l'eau qui rentre dans le filtre-presse. Les boues se trouvant dans le PKF sont chassé vers le bac a filtrats par les sorties filtrats

✓ **Compactage préliminaire**

Et les membranes sont gonflées à l'air comprimé à une pression auparavant sélectionnée (2.5 bar). Cette pression est maintenue durant un temps réglable. Les filtrats extraits des tourteaux s'écoulent vers le bac à filtrats.

✓ **Compactage intermédiaire**

Après écoulement du temps de compactage préliminaire sélectionné, la pression de gonflage des membranes augmente à 4.5 bars, cette pression est maintenue durant un temps réglable. Les filtrats extraits des tourteaux s'écoulent vers le bac à filtrats.

✓ **Lavage des tourteaux**

Une quantité d'eau de lavage déterminée est pompée dans le PKF. Dans cette étape l'eau ne peut sortir du PKF qu'en traversant tout le tourteau. Le sucre encore présent dans le tourteau est ainsi extrait par l'eau. Les filtrats de lavage du tourteau sont conduits vers le bac à filtrats. La pression de l'eau et son débit sont réglables par la vitesse de rotation de la pompe. Le temps de lavage du tourteau est contrôlé. Ce temps de contrôle est réglable et déclenche une alarme si la quantité d'eau de lavage fixée n'a pas traversé le tourteau dans le laps de temps imposé.

✓ **Compactage final**

Durant cette étape, la pression de gonflage des membranes augmente à 6.5 bars. Les filtrats extraits des tourteaux sous l'effet de la pression s'écoulent vers le bac à filtrats.

✓ **Séchage des tourteaux**

Dans cette étape, de l'air comprimé rentre dans le PKF. Cet air comprimé ne sort du PKF qu'en traversant obligatoirement tous les tourteaux. À la sortie du PKF, l'air comprimé est conduit vers un hydro cyclone au-dessus du bac à boues.

✓ **Purge du canal à l'eau boueuse**

Dans cette étape, le canal à l'eau boueuse est nettoyé à l'air comprimé. L'air entre dans le PKF, puis en bout du canal à l'eau boueuse sur la pièce de queue du PKF. Après avoir traversé le canal à l'eau boueuse, l'air sort du PKF sur la pièce de tête et est conduit vers

l'hydro cyclone au-dessus du bac à boues. La durée du nettoyage du canal à l'eau boueuse est contrôlée.

✓ Séchage du canal à l'eau boueuse

Une fois la durée de purge du canal à l'eau boueuse écoulée, ce canal est séché à l'air qui rentre directement dans le canal à l'eau boueuse à partir de la pièce de tête, l'air introduit sort du PKF, puis, est conduit vers l'hydro cyclone au-dessus du bac à boues.

✓ Mise à l'atmosphère et décatissage du filtre

En fin de cycle de filtration a lieu la détente d'air des membranes et toutes les sorties filtrats sont ouvertes. Le PKF reste environ 10 secondes avec les vannes ouverts afin de réduire la pression résiduelle dans PKF. En fin d'étape de mise à l'atmosphère du PKF, la pression hydraulique est réduite et le filtre-presse débâti. Le cycle se termine à la fermeture des panneaux d'égouttures.

✓ Nettoyage des toiles de filtration

Le nettoyage des toiles de filtration peut être effectué par jet d'eau à haute pression à l'aide du dispositif de lavage automatique (pont laveur) pour éliminer les tourteaux résiduels. Pour le nettoyage des toiles de filtration, on règle le filtre-presse en mode semi-automatique. Pour éviter le colmatage des buses de pulvérisation par des impuretés contenues dans l'eau de lavage, cette dernière est filtrée sur des filtres à cartouche (seuil de filtration 200 µm). En mode de marche semi-automatique, on avance étape par étape jusqu'à ce que le filtre-presse soit ouvert le premier ensemble de plateaux ouvert. On démarre ensuite le lavage automatique.

✓ Séchage d'air comprimé

Le séchage d'air comprimé est une opération technique qui est utilisée pour réduire le taux d'humidité relative de l'air comprimé et éviter les problèmes liés à l'eau condensée ou à la corrosion dans un réseau d'air comprimé. Les sècheurs d'air ambiant sont généralement appelés déshumidificateurs. L'air atmosphérique ambiant contient toujours une certaine quantité d'eau, variable en fonction de sa température et de sa pression. Cette teneur en eau est généralement de l'ordre de quelque gramme d'eau par gramme par kilogramme ou (m) d'air. Dans un compresseur, l'air ambiant subit une augmentation de sa

température et une réduction de son volume l'amenant à la saturation. De ce fait, tout refroidissement provoque de la condensation, les sècheurs d'air sont utilisés pour abaisser le taux d'humidité de l'air comprimé et éviter ce phénomène.

✓ **Consommation d'eau de lavage et d'air**

Pour un taux de sucre résiduel de 0.5 % dans les tourteaux, il faut prévoir une quantité d'eau de lavage de 70 % sur tourteaux (siccité de 70 %) ou de 100 % matières sèches. Pour une charge d'environ 3300 kg de tourteaux (2300 kg de matière sèche), la consommation d'eau de lavage est de 2.3 m³ à une température de 85 à 90 °C. Lors de la filtration de refonte, environ 8 à 10 m³ d'eau de lavage sont nécessaires pour obtenir un Taux de sucre résiduel de 1-1.5. La quantité d'air comprimé à 10 bars nécessaires pour le séchage et le compactage des tourteaux s'élève à 385 Nm³/h.

II.8/ Station de traitement de l'eau de fabrication

Circuit d'eau dans l'usine :

✓ **Description du procédé**

L'industrie sucrière est parmi les plus grandes consommatrices d'eau, dans le domaine agro-alimentaire. Le raffinage du sucre ne fait pas l'exception.

A OULED MOUSSA, la consommation d'eau brute est estimée à 1000 m³/j (1m³/t sucre roux).

L'eau de forage est adoucie et/ou déminéralisée avant son utilisation afin de préserver la qualité des équipements et de répondre aux exigences d'une bonne production.

|| **Eau brute :**

L'alimentation de l'usine se fait par une tuyauterie venant des fonctionnelles. Cette eau alimente une bache de réserve de 4000m³. Ce volume est nécessaire pour l'alimentation de l'usine en cas de coupure prolongée de l'eau.

|| **Eau adoucie:**

L'adoucissement de l'eau est un procédé de traitement destiné à éliminer la dureté de l'eau, due à la présence des sels alcalins terreux : carbonates, sulfates, chlorures de calcium et de magnésium.

L'eau adoucie alimentera :

- || Le bouilleur / séparateur de vapeur,
- || L'atelier de décoloration/Nanofiltration,
- || L'atelier de filtration,
- || Lavage des buées desessoreuses discontinues,
- || Les fosses de préparation de la saumure,
- || Les tours d'aéroréfrigérants,
- || La déminéralisation de l'eau.

II.9 / Hygiène et Sécurité dans l'industrie Sucrière

Les travaux effectués dans les sucreries et les raffineries de sucre sont des activités professionnelles qui exposent à de nombreux risques spécifiques, physiques et chimiques.

L'extraction du sucre, à partir de betterave ou de canne, nécessite de nombreuses machines dangereuses et bruyantes pour le processus de nettoyage, de broyage préalable au raffinage. Les températures élevées utilisées dans les divers procédés de fabrication du sucre exposent les sucriers aux risques de brûlures et les poussières de sucre ou de résidus pulvérulents aux risques d'explosion et d'atteintes respiratoires. De nombreux postes de travail (clarification, sulfitation, décoloration, nettoyage et désinfection...) dans les sucreries requièrent l'usage de produits chimiques susceptibles de provoquer des troubles cutanés et respiratoires ou d'être des cancérogènes avérés ou suspectés.

Les principaux risques dans l'Industrie Sucrière.

La matière première des sucreries est la canne ou la betterave à sucre : les sucreries produisent non seulement du sucre blanc, du sucre roux en morceaux ou en poudre mais aussi de la mélasse, utilisée comme support de fermentation pour la production d'alcool (éthanol) pour les boissons, les utilisations chimiques ou les biocarburants, et des résidus que sont la bagasse, les pulpes et les écumes utilisées respectivement comme combustible, aliments pour animaux et amendements des sols.

-

Le sucrier exerce son métier le plus souvent dans des grandes installations industrielles automatisées, parfois encore dans des ateliers artisanaux.

Les processus de fabrication du sucre, la production de vapeur dans les chaudières pour chauffer le jus, consomment des quantités importantes d'énergie électrique et thermique et beaucoup d'eau.

- Les risques liés aux machines
- Les risques biologiques
- Les risques d'incendie et d'explosion
- Les risques chimiques
- Les risques physiques
- Les risques thermiques

•

Les mesures préventives des risques dans l'industrie sucrière

- La prévention des incendies et explosions et maîtrise de l'empoussièrement

- Réduction de la formation de poussières.

- Capoter les sources d'émission de poussières
- Equiper toutes les installations d'un système d'aspiration fermé.
- Diminuer des possibilités d'accumulation de poussières
- Réduire la mise en suspension des poussières dans l'air
- Nettoyer des locaux, toutes les installations électriques, à l'aide d'aspirateurs
- La ventilation mécanique générale doit assurer un renouvellement d'air
- Les composants aérauliques comme les ventilateurs, les conduits doivent être accessibles et faciles d'entretien et de nettoyage.
- Présence d'événements de décompression dans les silos de stockage de sucre.

- Elimination des sources d'ignition

- ┌ Vérifier la bonne marche et le bon état des matériels et des circuits électriques.
- ┌ Prendre les précautions nécessaires lorsque des travaux de réparation ou de construction nécessitent des soudures, des découpages...
- ┌ Équiper les machines, les appareils de manutention et d'ensilage de systèmes de détection de dysfonctionnement
- ┌ Interdictions de fumer parfaitement respectées.
- ┌ Mettre en œuvre des barrières d'isolation mécanique pour empêcher la

- └ propagation des flammes dans le cadre d'une prévention secondaire
- └ .
- └ L'utilisation de machines et équipements adaptés
- └ L'ergonomie des postes et des conditions de travail
- └ Prévention des risques chimiques).
- └ Le stockage des produits chimiques
- └ Prévention des risques des chutes de plain-pied

Le respect des règles d'hygiène

- └ La tenue vestimentaire
- └ Les vestiaires

Dans le domaine de l'hygiène, les vestiaires et les sanitaires doivent faciliter les

- └ L'hygiène des mains
- └ L'entretien des locaux
- └ La formation et l'information du personnel
- └ La surveillance médicale
- └ Les premiers secours

II.10 / Importance du laboratoire de contrôle dans une raffinerie de sucre

La gestion de la qualité occupe une place centrale dans toute l'organisation de la Raffinerie GRD La Belle de Ouled Moussa.

- ✓ Contrôle chimique
- ✓ Analyse du sucre et des produits dérivés
- ✓ Analyse des eaux de chaudières
- ✓ Équipement de laboratoire et entretien

Le procédé de raffinage du sucre, extrait de la canne, implique les étapes suivantes : nettoyage, broyage, extraction du jus, chaulage, carbonatation, filtration, sulfitation, concentration, cristallisation, et pour finir séchage. Ces étapes sont les plus déterminantes pour la qualité du produit final et requièrent donc un contrôle en continu.

Pendant le processus de production, des analyses en laboratoire sont effectuées à différents stades. Ces analyses se déroulent dans le cadre de plans de suivi élaborés par le Laboratoire

central de Technologie sucrière de Cristal Union à travers le Maghreb. Des experts en sucre, membre de l'ICUMSA(International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis), participent à la mise en place de séries de contrôles adaptés au plan de production, il contribue ainsi au développement de nouvelles méthodes d'analyse et/ou de leur optimisation.

il y a une étroite collaboration avec les divers départements de production. Cela vise à l'amélioration continue en recherchant les possibilités d'amélioration durant les audits internes et en sensibilisant et en formant régulièrement nos collaborateurs de production.

Le service qualité central soutient également le service de vente afin d'atteindre une satisfaction maximale des clients. Ils collaborent ainsi au niveau des spécifications, des demandes spéciales des clients

Le service achats tient compte des nombreuses exigences en matière de qualité et de sécurité alimentaire. Par conséquent, les interactions entre le service achats et le service qualité sont nombreuses dans le cadre de l'approbation et l'évaluation des fournisseurs

III.1/ Propriétés physicochimiques du sucre de table: le saccharose

- **Aspect :**

Le saccharose à l'état pur est un solide sans couleur ni odeur qui possède bien entendu une saveur sucrée. C'est le sucre de table ordinaire, extrait essentiellement de la betterave sucrière et de la canne à sucre.

- **Solubilité :**

Il est soluble dans l'eau (à 0°C, on peut dissoudre jusqu'à 180g de sucre dans 100g d'eau pure : concentration environs égale à 64% en poids), faiblement soluble dans l'éthanol pur (solvant polaire) et insoluble dans les solvant apolaires (éther, benzène...).

- **Inversion ou hydrolyse du saccharose :**

Elle peut être obtenue soit par :

- **Voie chimique** (chauffage en milieu acide jusqu'à pH 8.5)

- **Voie enzymatique à pH 4.5** (action de l'alpha-glucosides ou sucrase ainsi que la bêta-fructosidase ou invertase). Dans l'intestin des êtres humains, l'inversion du saccharose s'effectue à l'aide de ces deux enzymes : l'invertase et la sucrase.

Dans ce cas le saccharose s'hydrolyse de manière irréversible en libérant le glucose et le fructose ; le mélange de quantités équimolaires de sucres réducteurs : fructose et glucose est appelé : sucre inverti (ou interverti).

- **Décomposition acide :**

En milieu acide, la molécule de saccharose se décompose en D-glucose et D-fructose. La décomposition des hexoses se poursuit par la perte d'une molécule d'eau et la formation d'Hydroxyméthyl furfural.

- **Pouvoir rotatoire :**

Lorsqu'il se cristallise, le saccharose forme de longues aiguilles minces faites de cristaux **dextrogyres** (qui dévient vers la droite le plan d'une lumière polarisée). Soumis à une hydrolyse, le saccharose donne un mélange lévogyre (qui dévie vers la gauche le plan d'une lumière polarisée) de glucose et de fructose. Le pouvoir rotatoire fortement négatif du fructose (-92°) amène une inversion du sens de déviation de la solution d'origine d'où le terme sucre inverti.



Figure 6 : Inversion du saccharose

Figure 5 : définition de sucre inverti

Remarque : Notons que le sucre inverti a un pouvoir sucrant plus important que celui du saccharose. Le goût très sucré du miel est dû à sa richesse en sucre inverti.

- **Décomposition thermique :**

- **Point de fusion :** la valeur de point de fusion généralement admise est de 186°C et elle peut varier entre : 182-192°C.

- Le saccharose à l'état cristallin est assez stable jusqu'à son point de fusion.

- Lorsqu'il est chauffé au delà de son point de fusion et en présence de catalyseur acide, le saccharose se transforme en une substance amorphe (qui n'est pas cristallisée), brune et sirupeuse appelée caramel.

- **En ébullition**, il se décompose en glucosane et en fructosane.

- **Température d'ébullition et point de congélation :**

Le saccharose en solution a pour effet d'élever la T° d'ébullition au-delà de 100°C et d'abaisser la T° de congélation en dessous de 0°C.

- **Exemple :** une solution de saccharose à environs 40g% de solution va bouillir à partir de 101,2°C, et son point de congélation sera de -4.5°C.

- **L'activité de l'eau** (aw : activity of water) :

Aw = pression de vapeur d'eau du produit / pression de vapeur d'eau ; à la même T°

L'activité de l'eau rend compte de la mobilité des molécules d'eau dans un produit. Lorsque l'aw est faible, cela veut dire qu'une proportion importante de l'eau du produit est liée fortement et n'est plus disponible.

C'est un critère fondamental pour juger la stabilité d'un aliment par rapport aux réactions de dégradation ou à la croissance des micro-organismes.

Dans la phase liquide d'un produit, le sucre se lie aux molécules d'eau ce qui permet d'abaisser l'activité de l'eau, donc de stabiliser le produit.

III.1.1/ Analyse physico-chimique du sucre raffiné :

III.1.1.1/ Humidité :

- **Principe :**

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

- **Mode opératoire :**

-Dessécher la capsule et son couvercle entre +105°C et +110°C.

-La peser, à 0.1mg près, après refroidissement dans un dessiccateur.

-Verser environ 10g de l'échantillon dans la capsule et les peser.

-Maintenir la capsule dans l'étuve sous vide pendant 5h ; la laisser refroidir dans le dessiccateur après l'avoir bouchée avec le couvercle.

-Peser.

Répéter l'opération jusqu'à ce que des séchages d'une heure donnent une différence de poids < à 1mg.

- **Résultats :**

Soit **p** le poids du sucre et **p'** la perte de poids à l'étuve, exprimés en grammes ; on aura :

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

- **Interprétation des résultats :**

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%**.

III.1.1.2 / Cendres :

- **Principe :**

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.

- **Réactifs et appareillage :**

-Acide sulfurique pur pour analyses ($d=1.83$)

-Capsule de platine ou capsule de quartz.

-Four électrique avec pyromètre.

- **Mode opératoire :**

-Peser exactement dans la capsule desséchée et tarée 5g environ de sucre, que l'on humecte avec quelques ml d'eau distillée et X gouttes d'acide sulfurique.

-Chauffer au bec Bunsen puis au four électrique à +550°C.

-Au bout de 2 à 3h, lorsque les cendres sont blanches, ou brunes, ajouter à nouveau X gouttes d'acide sulfurique et calciner à +800°C pendant 30min.

-Peser les cendres après refroidissement dans un dessiccateur.

- **Résultats :**

Soit **p** le poids du sucre et **p'** le poids des cendres, exprimés en grammes ; **0.9** : coefficient, on aura :

$$\text{Cendres (en g) \%} = [(p' \times 100) / p] \times 0.9$$

- **Interprétation des résultats :**

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.

III.1.1.3/ Dosage du Saccharose (sucre cristallisable) :

- ✓ **Dosage par polarimétrie :**

- **Principe : la loi de Biot**

Lorsqu'une solution contenant une molécule présentant une asymétrie est traversée par un faisceau de lumière polarisée, le plan de polarisation de la lumière est dévié, vers la gauche [molécule lévogyre (-)] ou vers la droite [molécule dextrogyre (+)].

La dissymétrie de la molécule est due habituellement à la présence d'un (ou plusieurs) carbones substitués asymétriquement, les deux isomères (inverses optiques ou énantiomères) ont les mêmes propriétés physiques (densités, indice de réfraction, température de fusion, ...) et ne diffèrent que par leurs pouvoirs rotatoires qui sont opposés.

Dans le cas d'une substance optiquement active en solution dans un solvant inactif, la rotation produite est exprimée par **la loi de Biot** :

$$a = [\alpha]_t \cdot l \cdot c$$

a : rotation observée, exprimées en degrés ($^{\circ}$)

$[\alpha]_t$: rotation spécifique à une température t , pour une longueur d'onde déterminée (souvent à 20°C et pour la raie D du sodium ($\lambda_1 = 589,0$ et $\lambda_2 = 589,6$ nm).) exprimée en $^{\circ}\cdot\text{g}\cdot\text{l}\cdot\text{cm}^{-2}$ et noté $[\alpha]_{\text{D}20}$.

l : longueur du trajet optique dans l'échantillon exprimée en centimètre (cm) c : concentration massique en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

➤ Application au dosage des sucres :

Les glucides possèdent un ou plusieurs centres de dissymétrie (ou centre de chiralité) : ils sont donc optiquement actifs et sont dosables par polarimétrie.

Les *saccharimètres* sont des polarimètres portant des graduations définissant le pourcentage de sucre et spécialement conçus pour le contrôle saccharimétrique dans l'industrie sucrière et alimentaire.

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 $+ 21,66^{\circ}$

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.

- **Principe :**

Examen planimétrique d'une solution normale de sucre sur 2 dm de longueur et en lumière jaune du sodium, après défécation au sous acétate de plomb.

- **méthode**

Avec tube de lecture de 2dm et lampe à vapeur de sodium.

⇒ **Préparation de la solution normale de sucre :**

Peser dans un bécher 16.269g de sucre à analyser ; le dissoudre dans un peu d'eau distillée.

Rincer plusieurs fois le bécher avec une petite quantité d'eau.

Réunir la solution et les liquides de rinçage dans une fiole jaugée de 100ml.

Si la solution est colorées, ajouter (en agitant) 1ml de sous acétate de plomb et quantité suffisante d'eau distillée pour compléter au trait de jauge.

Agiter ; filtrer après quelques minutes, jusqu'à ce qu'il soit limpide.

⇒ **Examen au polarimètre :**

Examiner le filtrat au polarimètre en tube de 2dm et en lumière jaune de sodium à une température voisine de +20°C.

III.1.1.4 / Sucre inversi (sucres réducteurs) :

- **Principe :**

Les doses infimes de sucres réducteurs présents dans le sucre raffiné peuvent être appréciées par la méthode de DE WHALLEY.

L'échantillon est chauffé en présence d'un mélange de bleu de méthylène et de soude, la coloration obtenue est comparée avec une série de tubes étalonnés (simple solution ammoniacale de sulfate de cuivre).

Remarque : la réduction du bleu de méthylène entraîne une décoloration de la solution mais c'est la soude qui permet de développer la coloration à comparer avec la gamme d'étalonnage.

- **méthode:**

On verse dans un tube à essai calibré (ainsi qu'il est dit plus haut) :

Sucre à analyser (finement broyé).....	7g
Eau distillée.....	6ml
Solution de bleu de méthylène.....	1ml
Soude 3N.....	1ml

Boucher le tube à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et le secouer vigoureusement pendant 15s.

Enlever le bouchon et plonger le tube dans un bain-marie bouillant pendant 2min.

Enlever le tube du bain-marie et apprécier la proportion de sucres réducteurs par comparimétrie avec la gamme de tubes de sulfate de cuivre ammoniacal.

Cette gamme a été établie (par tâtonnement) avec des séries de réactions pratiquées ainsi qu'il vient d'être exposé pour des concentrations connues de sucre interverti en présence de saccharose pur.

III.1.1. 5 / Anhydride sulfureux :

- **Principe :**

On distille l'anhydride sulfureux à partir d'une solution de sucre acidifiée, après élimination de l'air par l'anhydride carbonique.

Le distillat est recueilli dans une solution diluée d'eau oxygénée et, après oxydation, l'acide sulfurique formé est titré gravimétriquement.

La méthode de MONNIER-WILLIAMS normalisée a été adoptée par l'Association des Chimistes Agricoles Officiels (A.O.A.C.) et par l'A.I.F.C.

- **Caractéristiques physico-chimique établit au sein GRD La BELLE**

III.1.16/ Détermination de la conductimètre du sucres

Il s'agit d analyser au cours de cette expérience la conductivité des sucres blanc et roux dissouts dans deux solutions distinctes afin de comparer leurs composants.

✓ **Matériel :**

- Conductimètre
 - deux béchers
 - Agitateur et deux barreaux magnétiques
 - Balance
 - Sucre blanc et sucre roux (cristaux) (on n'a besoin que de petites quantités)
- 100 ml d'eau distillée



Figure 6 : l'échantillon sur l'agitateur magnétique

✓ **méthode:**

- Etalonner le conductimètre à l'aide d'une solution d'eau distillée.
- Réaliser deux solutions de même concentration en sucre : dissoudre 16.0 g de sucre roux dans 50mL d'eau distillée dans le premier bécher puis 16.0 g de sucre blanc dans 50mL d'eau distillée dans le deuxième bécher.
- Mettre un barreau magnétique dans chaque solution. A l'aide de l'agitateur, homogénéiser la première solution afin d'accélérer et d'améliorer la dissolution.
- Plonger la sonde du conductimètre dans la solution et relever la mesure prise par la sonde.
- Répéter les deux dernières étapes pour la deuxième solution

III.1.1.7/ Dosage de l'Acidité du sucre



Figure 7 : résultat suites a l'expérience avec le papier PH

Méthode

Tremper une languette de papier pH dans chaque solution de sucre et en conclure les valeurs, approchées de pH. Cependant, l'utilisation du papier pH présente des résultats trop rapprochés.

On renouvelle donc l'expérience de la mesure du pH avec l'utilisation cette fois ci du Ph

Mètre :

- Etalonner le pH-mètre grâce à 2 solutions de pH connu (dans notre cas nous avons utilisé une solution de Ph 4 et une solution de pH 7).
- Prendre la première solution (de sucre blanc) avec le barreau magnétique, la mettre sur l'agitateur afin de l'homogénéiser.
- Y tremper la sonde du pH-mètre (préalablement nettoyée) puis relever la valeur affichée.
- Répéter les 2 dernières étapes pour la 2eme solution de sucre roux.

III.1.1.8/ Détermination du pH du sucre.

L'expérience consiste à mesurer le pH des sucres blanc et roux dissouts dans deux solutions distinctes afin de comparer leur acidité.

Matériel :

- Papier pH
- pH-mètre
- les deux solutions de sucre blanc et de sucre roux utilisées dans l'expérience précédente.
- Agitateur et barreaux magnétiques

methode:

- Tremper une languette de papier pH dans chaque solution de sucre et en conclure les valeurs approchées de pH. Cependant, l'utilisation du papier pH présente des résultats trop rapprochés. On renouvelle donc l'expérience de la mesure du pH avec l'utilisation cette fois-ci du pH-mètre :
- Etalonner le pH-mètre grâce à deux solutions de pH connu (dans notre cas nous avons utilisé une solution de pH 4 et une solution de pH 7).
- Prendre la première solution (de sucre blanc) avec le barreau magnétique, la mettre sur l'agitateur afin de l'homogénéiser.
- Y tremper la sonde du pH-mètre (préalablement nettoyée) puis relever la valeur affichée.
- Répéter les deux dernières étapes pour la deuxième solution de sucre roux.



Figure 8 : teste de pH-mètre

3. La densité des deux sucres

La densité du sucre est l'une des propriétés physiques que nous avons choisi de déterminer au laboratoire.

Matériel :

- Deux éprouvettes graduées de 25 ml
- Balance
- Sucre blanc et sucre roux (cristaux) (on n'a besoin que de petites quantités)

méthode:



Figure 9 ; peser des l'échantillons

- Peser à l'aide de la balance 16.0 g de sucre roux et 16.0 g de sucre blanc.
- Mettre chaque sucre dans une éprouvette graduée de 50 ml.
- Comparer les volumes occupés par chaque sucre.

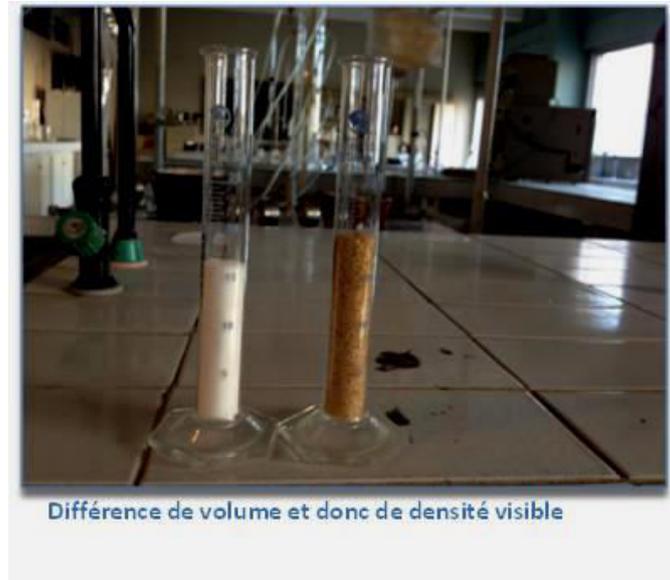


Figure 10 : résultat obtenue

Résultats :

Pour 16.0 g, le sucre roux occupe un volume de 20 ml, tandis que pour une 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 : $16/16.5 = 0.97 \text{ g/ml} = 970 \text{ Kg/m}^3$

La masse volumique de différent type de sucre sont rassemblés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 8 : Masse volumique de certains sucres (Kg/m³)

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

Les valeurs que nous avons trouvées au laboratoire sont conformes avec celle données dans la web graphie.

III.1.1.9 / Essais de caramélisation sur le sucre roux et blanc. et caramélisation

La caramélisation est un processus qui consiste à soumettre le sucre à une température très élevée dépassant sa température de fusion qui est de 180°C. Ainsi cette réaction, sous l'effet de la température, change le goût, l'arôme et la couleur du sucre, et nous permet d'obtenir du caramel, tellement utilisé dans les recettes pâtisseries – tellement bon, surtout ! Et responsable de plusieurs péchés de gourmandise.

Expérience réalisée :

Cette expérience consiste à observer la caramélisation en parallèle du sucre blanc et du sucre roux. On veut ainsi comparer les temps et températures de ce processus pour chaque sucre.



Sucre roux et sucre blanc

Figure 11 ; observation de l'échantillon

Matériel :

- Deux béchers
- Du sucre blanc et du sucre roux (cristaux)
- De l'eau distillée
- Deux plaques chauffantes
- Thermomètre allant à 200°C
- Chronomètre
- Balance

Mode opératoire

- Peser 50 g de sucre blanc, les verser dans un bécher et y ajouter 15 ml d'eau distillée.



Figure 12 : peser des échenillons

Faire de même pour le sucre roux.

- Déposer les deux béchers sur deux plaques chauffantes en même temps et commencer le chronométrage.



Figure 13 ; chauffages des échenillons

Attendre que les sucres se caramélisent (sans agiter !)

- Relever les températures et le temps de caramélisation pour chaque sucre.

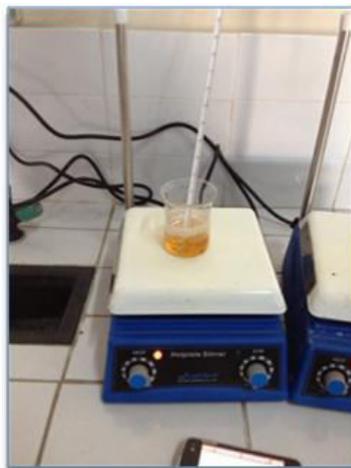


Figure 14 : relever de température

2. Observations:

Lors de cette expérience, plusieurs observations ont été notées. Tout d'abord on remarque un début d'ébullition de la solution avec du sucre roux au bout des 7 premières minutes tandis que le sucre blanc n'atteint cette étape qu'au bout de 10 minutes. Ensuite, la solution de sucre roux acquiert une couleur de plus en plus foncée. Au bout de 15 minutes, celle-ci est en pleine caramélisation et devient caramel au bout de 17 minutes. Le sucre blanc quant à lui jaunit au bout de 20 minutes et devient jaune foncé puis caramel au bout de 24 minutes.



Figure 15 : observation en fonction de temps

a/ La qualité du sucre

La qualité du sucre blanc dépend, entre autres, de la teneur en cendres, de son aspect (blancheur) et de sa coloration en solution. Dans la méthode des points utilisée en Europe, un nombre de points est attribué 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. Selon le système des points, le classement du sucre blanc génère en deux catégories (voir Tableau 5) :

- Catégorie No. 1 : moins de 8 points, le sucre est appelé sucre raffiné ou sucre blanc raffiné;
- Catégorie No. 2 : de 8 à 22 points, le sucre est appelé sucre ou sucre blanc;
- Si le sucre totalise plus de vingt-deux points, il peut être classé comme sucre mi-blanc en fonction de ses autres caractéristiques.

La teneur en cendres est déterminée par conductimètre sur une solution de sucre à 28 °Brix. Un point est attribué pour chaque 3,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,018 % de cendres).

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.

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 0,45 μm . Un point est attribué pour chaque 7,5 unités de la coloration exprimée en unités « ICUMSA »

D'autres analyses complémentaires sont pratiquées pour pouvoir affiner la perception de la qualité du sucre blanc. Les analyses énumérées ci-dessous sont les plus couramment pratiquées selon le type d'utilisation auquel les sucres sont destinés et selon les conditions imposées par l'acheteur :

- la granulométrie;
- la turbidité et le floc;
- le test de moussage;
- la bactériologie.

Tableau 9 : Caractéristiques du sucre blanc de qualité «type» dans l'Union Européenne [4].

CRITÈRES	QUALITÉ TYPE N°1 OU SUCRE BLANC RAFFINÉ	QUALITÉ TYPE N°2 OU SUCRE BLANC	MÉTHODES D'ÉVALUATION
Somme maximale des points	Somme ≤ 8	Somme ≤ 22	
Teneur en cendres	Max = 4 (ou teneur en cendres max = 0,072 %)	Max = 15 (ou teneur en cendres max = 0,27 %)	Méthode « ICUMSA » (Conductimétrie)
Type de couleur	Max = 6 (ou couleur = 3 sur l'échelle de Brunswick)	Max = 9 (ou couleur = 4,5 sur l'échelle de Brunswick)	Méthode de Brunswick (Comparaison avec des étalons)
Coloration en solution	Max = 3 (ou 22,5 « ICUMSA »)	Max = 6 (ou 45 « ICUMSA »)	Méthode « ICUMSA » (Spéctrophotométrie)

- Les variétés de sucres Afin de tirer le meilleur parti de toutes ces qualités, le sucre est retrouvé en une large variété de formes et de couleurs. Des présentations les plus classiques aux spécialités modernes, l'univers du sucre de canne se compose de huit variétés aux saveurs, aux arômes et aux usages spécifiques :
- Le sucre blanc cristallisé 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.
- Le sucre en poudre, ou semoule, est obtenu après broyage et tamisage du sucre cristallisé blanc. Il se présente en cristaux d'environ 0,4 mm.
- 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.
- 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, les calibres les plus fréquents sont le No. 3 (7 g) et le No. 4 (4,5 g).
- 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.

b/ La microbiologie du sucre

La contamination peut être à l'origine de pertes relativement importantes souvent mises sur le compte des pertes indéterminées. Les micro-organismes susceptibles de se développer sont selon les milieux (Fondoir N° 1 après l'empattage, bac à eaux sucrées, fonte bas produits appelé aussi chaudière à 4 compartiments, Bac à eaux sucrées) des micro-organismes mésophiles ou thermophiles.

Les produits contaminés entraînent des difficultés de fabrication qui grossissent la rubrique des pertes indéterminées, parmi ces difficultés on peut citer :

- Baisse de pH;
- Baisse de l'alcalinité effective
- Augmentation des sels de chaux
- Augmentation des colorations
- Augmentation des sucres réducteurs
- Teneurs élevée de cendres
- Difficultés de filtration
- Problèmes de stockage des produits (sucre, mélasse, pulpe)
- Mélasses difficilement fermentescibles

On peut empêcher la plus grande partie de ces pertes, par la lutte contre cette contamination : la propreté la plus rigoureuse de l'usine, l'utilisation d'antiseptiques appropriés, le contrôle quotidien de l'état sanitaire des postes sensibles.

Les germes souvent trouvés sont des mésophiles, des thermophiles, des levures et moisissures.

Les normes sont celles établis par la National Canner's Association American.

Tableau 10: Normes de la National Canner's Association American

Microorganismes recherchés	UFC Norme pour 10 grammes de produit	Milieux de culture utilisés et T°c d'incubation
Mésophiles totaux	< 200	Agar nutritif à 35° (BP) = Boite de pétri
Levures totales	<10	Sabouraud à 27°(BP)
Levures osmophiles	<5	Owen à 30°(BP)
Moisissures totales	<10	Sabouraud à 27°(BP)
Moisissures osmophiles	<5	Owen à 30°(BP)
Leuconostoc mesentéroïdes	0	Mailleux à 22°(BP)
Thermophiles thermorésistants aérobie	<75	Dextrose tryptone agar à 55°(BP)
Thermophiles thermorésistants anaérobies sulfitoréducteurs (producteurs de H ₂ S)	<5	Sulfite agar à 55° en tube, milieu solide laiteux
Thermophiles thermorésistants anaérobies non sulfitoréducteurs (gazogènes)	<2 tubes/6	Bouillon de foie à 55° en tube milieu liquide

c/ Résultats obtenue au cours des analyse faites au laboratoire

-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 :

1°saccharimétrique \longrightarrow 0.16269g de saccharose
 p° saccharimétrique \longrightarrow p 0.16269g de saccharose

p 0.16269g de saccharose \longrightarrow PE = 16.269g
Saccharose en g % \longrightarrow 100 g

$$\text{Saccharose en g \%} = \frac{p \times 0.16269 \times 100}{16.269}$$

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

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

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 %**.

2-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.

3-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.



Figure 16 : teste de conductimètre

Interprétation de résultats

- ✓ **Les 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.

Pour notre santé, il est plus préférable d'en consommer un sucre contenant des minéraux.

**Tableau 9 : 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.

4-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 : $16/16,5 = 0,97 \text{ g/ml} = 970 \text{ Kg/m}^3$.

La masse volumique de différent type de sucre sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Masse volumique de certains sucres (Kg/m3).

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

Les valeurs que nous avons trouvées au laboratoire sont conformes avec celle données dans la webographie.

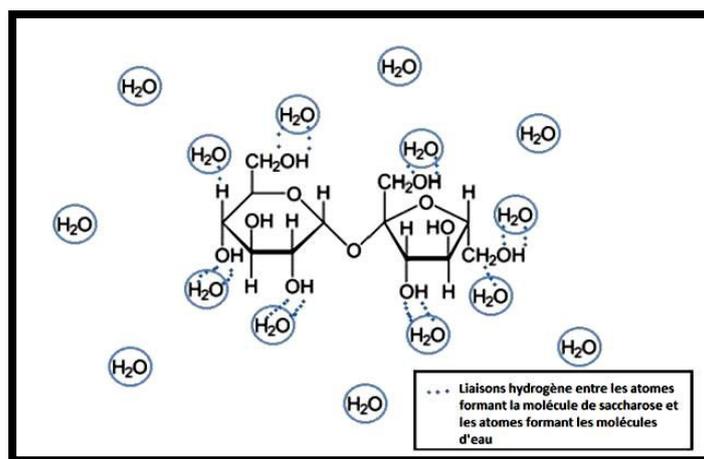


Figure 17 : la molécule de saccharose en présence de l'eau

5-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:

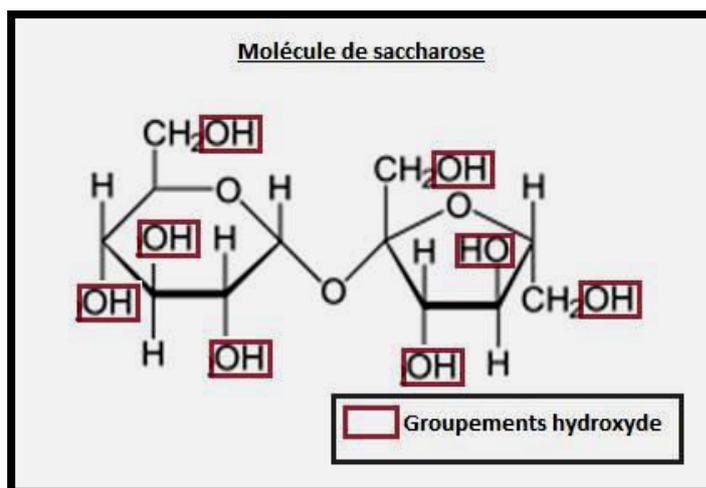


Figure 18 : molécule de saccharose et les groupements hydroxyde

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, que nous analyserons par la suite.

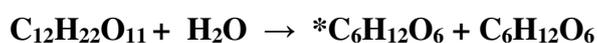
7-La densité des deux sucres

Interprétation

du 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.

8-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).

Caramels finals



Caramel à partir du sucre roux



Caramel à partir du sucre blanc

Figure 19 :résultat finale de la caramélisation

d/comparaison des résultats par rapport à la norme

Tableau 11 : Résultats de l'analyse du sucre produit fini

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 l'entreprise 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 générale

La raffinerie GRD La Belle, est contrainte à fabriquer un produit qui répond aux besoins implicites et explicites de ses clients. Ce produit qui doit être conforme aux spécifications prédéterminées par la société. Il doit être aussi de bonne qualité pour pouvoir résister à la concurrence et garder sa place sur le marché national.

Ce stage que nous avons effectué au service du laboratoire, nous a permis de mettre en œuvre nos connaissances théoriques acquises au cours de notre formation à la faculté des sciences de l'Ingénieur. Comme nous avons pu développer notre sens d'initiative et de créativité, et améliorer nos capacités de déduction, et ce, dans la mesure où nous avons effectué une étude globale sur la technologie du raffinage du sucre roux.

Une thématique qui n'a pas été explorée depuis l'année 1984, année de la sortie de la dernière promotion d'ingénieurs de la spécialité « Matières Saccharées », et que l'occasion nous est donnée de nous intéresser de manière très approfondie, à la technologie de raffinage du sucre, un aliment, faisant partie de la filière stratégique dans la politique de sécurité alimentaire du pays.

Enfin, notre stage nous a permis d'avoir des contacts avec le monde industriel, et d'échanger des informations avec le personnel qui nous a guidés vers un esprit de traitement des problèmes plutôt pratique que purement académique.

Perspectives

De nos jours, la recherche liée à l'extraction et au raffinage du sucre de canne porte principalement sur les domaines du contrôle et de l'optimisation de procédés, de l'économie d'énergie, du développement de nouvelles techniques et des opérations unitaires telles que la clarification des jus, l'évaporation et la cristallisation.

La modélisation du procédé d'extraction et du raffinage au complet ou en parties est très utilisée pour le développement de modèles pouvant être considérés dans la stratégie de contrôle et d'automatisation des usines modernes.

Des travaux dont le but est de proposer des stratégies pour réduire la consommation d'énergie et les pertes lors du procédé sont réalisés pour des usines spécifiques. Ces travaux apportent des solutions claires et applicables à l'usine analysée, lui permettant ainsi d'améliorer sa productivité et sa rentabilité.

Des recherches visant au développement ou à l'adaptation de techniques pour mesurer des propriétés de qualité ou des paramètres de procédé, en laboratoire ou en continu, sont aussi réalisées

Ces dernières années, la recherche a été très active dans le domaine de la clarification des jus en utilisant des membranes. Le design, le développement et la mise en fonctionnement de systèmes de filtration permettant l'enlèvement des solides en suspension des jus sont traités dans divers travaux

D'autres recherches sont réalisées dans le but d'évaluer la performance thermique des Évaporateurs utilisés dans l'industrie sucrière, ainsi que d'établir des corrélations empiriques pour les coefficients de transfert de chaleur et de proposer des solutions au problème d'encrassement de ces équipements

Le phénomène de cristallisation est un sujet qui est au coeur de la recherche dans le secteur sucrier. Certaines études visent à mieux comprendre la cristallisation du sucre dans le but d'établir les bases pour l'optimisation et le développement des équipements utilisés dans cette opération.

D'autres sujets sont aussi étudiés, par exemple la qualité de la canne à sucre par rapport aux conditions de raffinage, l'effet des caractéristiques de la matière première sur la qualité du produit final, l'adoption de méthodes de production plus environnementales l'étude de la couleur, de son développement pendant le procédé et de la décoloration et les nouvelles méthodes pour concentrer le jus de canne.

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 ,sucre blanc ,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، وأهمية هذه الأخيرة في عملية التصنيع والمطابقة المنتج النهائي من السكر الأبيض وغيرها من المنتجات الغير الاساسية

كلمات البحث: العمليات التكنولوجية تحليل الفيزيائية والكيميائية وتحليل الميكروبيولوجي والسكر الأبيض والسكر البني و المنتجات الغير الاساسية