

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
Introduction générale	4
Chapitre I : Technologie de production du pain de sucre de la sucrerie de Sidi Bennour	1
I. Histoire du sucre au Maroc :	1
II. Présentation de la sucrerie Sidi Bennour :	1
Chapitre II : Généralités sur la betterave sucrière	3
1. Constitution anatomique :	3
2. Constitution chimiques de la betterave sucrière :	4
3. Constitution organiques de la betterave sucrière :	4
Chapitre III : Processus de fabrication du sucre blanc	6
I. Réception des betteraves :	7
II. Stockage et lavage :	7
III. Découpage :	7
VI. Extraction :	8
V. Epuration :	8
VI. Evaporation :	9
VII. Cristallisation :	10
VIII. Stockage, conditionnement et livraison du sucre :	11
Chapitre IV : Partie pratique	11
Optimisation d'essoreuse et qualité du sucre blanc	11

Première partie : Bibliographie sur la cristallisation	11
I. Aperçu de chantier de cristallisation a COSUMAR :	11
I.1. Présentation du 1^{er} jet :.....	11
I.2. Présentation du 2^{ème} jet :	11
I.3. Présentation du 3^{ème} jet :	12
II. Conduite de la cuisson :	12
II.1 .Ordre chronologique des opérations pour une cuite discontinue à réformuler :.....	12
II.1.1. Le pied de cuite :	12
II.1.2. La concentration :	12
II.1.3. Le Grainage :	12
II.1.4. La Montée :	12
II.1.5. Le serrage :	12
II.1.6. La coulée :	13
II.2. Malaxage :	13
II.3. Turbinage de la masse cuite (Essorage) :	13
II.3.1. Principe d'essorage :	13
II.3.2. Essorage discontinue :	13
III. Mélasse :	14
IV. Les paramètres du bon fonctionnement des turbines :	15
2^{ème} partie : Optimisation des essoreuses et qualité du sucre blanc.....	16
I. Méthodologie du travail :	16
1. Contrôle des paramètres d'essoreuse et suivi de la qualité du sucre blanc :	16
II. Matériels et Méthodes d'analyses :.....	17
II.1. Détermination de la polarisation :	17
II.2. Détermination des matières sèches par réfractométrie (Brix) :.....	17
II.3. Calcul des paramètres de suivi :	17
II.4. Détermination des caractères du sucre blanc :.....	18

III. Présentation des résultats :	18
III.1. Détermination de la moyenne de fonctionnement des turbines et les paramètres agissant sur la qualité du sucre blanc :	18
III.2. Détermination des paramètres optimums pour un sucre blanc de qualité :	20
Conclusion générale	26
Bibliographie.....	27

Liste des figures

Figure 1 : La composition chimique de la betterave sucrière	5
Figure 2: Schéma simplifié du processus de fabrication de sucre à la sucrerie des Doukkala.....	6
Figure 3 : Cossette faitière.....	7
Figure 4 : Schéma représentant l'opération de la diffusion.....	8
Figure 5 : Cycle de fonctionnement d'une essoreuse discontinue.....	15
Figure 6 : Courbe donnant le % cendre du sucre blanc en fonction de la durée de préclairçage.....	24
Figure 7: Courbe donnant la coloration du sucre blanc en fonction de la durée de préclairçage.....	25
Figure 8 : La variation de la coloration et du % cendre du sucre blanc en fonction de la durée de clairçage.....	26
Figure 9 : La variation de l'aspect du sucre blanc en fonction de la durée de clairçage.....	27
Figure 10: Courbe donnant la variation de la coloration et du % cendre du sucre blanc en fonction de la durée d'essorage.....	28

Liste des abréviations

EP : Egout pauvre
ER : Egout riche
MC : Masse cuite

Liste des tableaux

Tableau 1 : la caractéristique de la masse cuite	22
Tableau 2 : Les conditions de prises d'échantillons du sucre blanc.....	22
Tableau 3 : Les résultats de prises d'échantillons du sucre blanc.....	23
Tableau 4 : Donnant les conditions de prises d'échantillons.....	24
Tableau 5 : Les conditions de prises d'échantillons.....	26
Tableau 6 : représentant les conditions de prises d'échantillons.....	28
Tableau 7 : Paramètres optimums du bon fonctionnement des essoreuses.....	29
Tableau 8 : les caractéristiques du sucre blanc.....	30

ANNEXES

Annexe 1 : Organigramme de la Sucrerie des Doukkala

Annexe 2 : Processus de lavage betterave

Annexe 3 : Schéma représentant le circuit de cristallisation

Annexe 4 : Schéma de cristallisation 1er jet: Cosumar Sidi Bennour $Q_s=91.50$ - Capacité= 138,8 t/h de sirop

Annexe 5 : Schéma de cristallisation 2ème jet: Cosumar Sidi Bennour $Q_s=91.50$ - Capacité= 138,8 t/h de sirop

Annexe 6 : Schéma de cristallisation 3ème jet: Cosumar Sidi Bennour Partie Turbinage et Affinage $Q_s=91.50$ - Capacité= 138,8 t/h de sirop

Annexe 7 : Détermination de la polarisation

Annexe 8: Détermination des matières sèches par réfractométrie (Brix)

Annexe 9 : Détermination des caractères du sucre blanc

Annexe 10 : Les normes de la qualité du sucre blanc et de masse cuite

Introduction générale

L'industrie sucrière est une industrie lourde qui nécessite l'emploi d'équipements de grandes dimensions et de grandes performances, ainsi que l'emploi d'un grand nombre de cadres afin de conduire l'opération de fabrication du sucre dans de bonnes conditions pour arriver à une meilleure qualité de sucre.

Dans le cadre de la formation, faculté des sciences et technique (FST FES) prévoient un stage durant deux mois pour leurs étudiants de la 3 ème année, et considéré comme une confrontation réelle et concrète au monde du travail.

Cette phase primordiale de stage nous prépare aux tâches qui nous attendent dans l'exercice de notre fonction à savoir : l'observation et l'évolution du travail, l'animation, l'adaptation avec les situations, l'analyse des faits et la proposition des situations. Ce stage a pour but :

- Visiter les installations.
- Contacter le personnel (cadres, techniciens, ouvriers...).
- Voir de près le tissu industriel.
- Joindre le savoir-faire aux acquis de la formation théorique.

Dans mon rapport je vais parler tout d'abord de la sucrerie des DOUKKALA, ensuite, je décrirai la chaîne de fabrication, et finalement je présenterai et discuterai les résultats de mon sujet qui porte sur le suivi des essoreuses pour avoir un sucre ayant une coloration acceptable.

Chapitre I : Technologie de production du pain de sucre de la sucrerie de Sidi Bennour

I. Histoire du sucre au Maroc :

1929 : au Maroc, le sucre fit son apparition au 12 siècle. Il était fabriqué à partir de la canne à sucre cultivée dans les régions de Souss et de Chichaoua.

Depuis la betterave est devenue la première source de sucre en Europe et dans certains pays d'Afrique du Nord, notamment le Maroc et l'Egypte.

La production moderne du sucre raffiné à partir du sucre brut importé remonte à 1929 avec la construction de la raffinerie COSUMA par la firme française Saint- Louis.

1967 : l'état marocain acquiert 50% du capital.

1985 : le groupe ONA prend le contrôle du capital de COSUMAR, désormais cotée à la Bourse des Valeurs de Casablanca.

1993 : COSUMAR absorbe les sucreries des Doukkala (Zemamra et Sidi Bennour), dont il détenait déjà une part significative.

2002 : Passage en blanc de la sucrerie de Sidi Bennour c'est-à-dire : Production de sucre granulé destiné à la consommation directe

2003 : Certification des sucreries ISO 9001 V 2000 par l'organisme AFAQ

2005 : Acquisition des 4 sociétés sucrières Publiques, SUTA, SURAC, SUNABEL et SUCRAFOR.

2006 : Extension de la capacité de traitement de betteraves à 15 000 t betteraves/jour de la sucrerie de Sidi Bennour, montant de l'investissement : 850 MDH.

2008 : Signature d'un contrat-Programme entre l'Etat et FIMASUCRE en avril 2008 a également permis d'établir un plan de mise à niveau et le développement de la filière sucrière. L'objectif étant de couvrir 55% des besoins nationaux en sucre par la production locale pour l'année 2013.

Aujourd'hui, COSUMAR est le premier producteur de sucre au Maroc : elle produit 700000 tonnes de sucre raffiné.

Le Maroc se classe dans les premiers rangs des consommateurs de sucre dans le monde avec une consommation dépassant les 34Kg /ans /habitant et une croissance annuelle moyenne de

2.4 % du marché national du sucre. Ceci équivaut 1300000 tonnes du besoin en sucre par ans.

Néanmoins, la Maroc ne peut combler que 50% des besoins des consommateurs à cause des conditions climatiques. Pour atteindre l'autosuffisance, la Maroc importe donc 50% de sucre brut de canne, qui est traité à la COSUMAR de Casablanca.

II. Présentation de la sucrerie Sidi Bennour :

La sucrerie de SIDI BENNOUR est une société et unité de production qui se trouve à 69 km d'EL JADIDA, elle occupe une surface de 40HA avec un capital de 120 000 000 DH. Elle emploie actuellement 200 agents permanents (et 300 journaliers pendant la campagne et quelques dizaine de stagiaires). cette sucrerie a été conçue initialement pour travailler 2000 tonnes, après l'extension en 2006 elle devenu capable de traité jusqu' 15000 tonnes de betteraves par jour et produire 150 000 tonnes de sucre blanc.

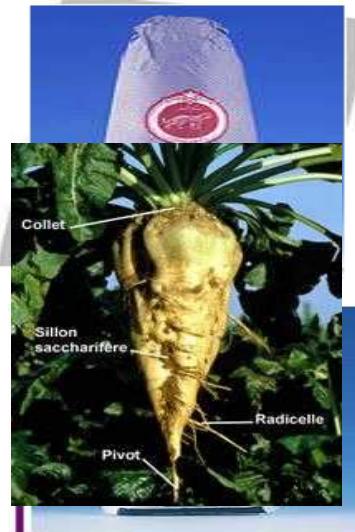
En outre la sucrerie peut produire 60 000 tonnes de pulpes séchées, ce qui présente une contribution non négligeable au développement de l'élevage dans la région de Doukkala.

- **Date de constitution :** Le 14 juillet 1968 sous la dénomination « Société Anonyme de la sucrerie de Sidi Bennour.
- **Evolution :**
 - **1993 :** Absorption de la sucrerie des Doukkala par COSUMAR.
 - **2000 :** Mise en place de la démarche qualité.
 - **2003 :**
 - ✓ Lancement de la démarche QSE.
 - ✓ Rénovation et augmentation de la capacité de l'atelier de lavage.
 - ✓ Certification de la norme **ISO 9001**.
 - **2004 :** Début de production de pain de sucre.
 - **2006 :** Augmentation de la capacité de production à 15000 t/j.
 - **2007 :** Lancement du démarrage de la mise en place d'un système de management intégré : **Qualité Santé et Sécurité au travail et Environnement**.
- **Certification :** La sucrerie a été certifiée QSE en 2009.
- **Organisation de la sucrerie :** (Annexe 1)
- **Fiche technique :**
 - **Dénomination :** COSUMAR – Sucrerie des Doukkala.
 - **Adresse :** BP 150 Sidi Bennour.
 - **Téléphone :** 05 23 34 90 31 – 05 23 34 91 32.
 - **Fax :** 05 23 34 95 55.
 - **Registre de commerce :** Casablanca 30037.
 - **Patente :** 30701380.
 - **CNSS :** 1928003.
 - **TVA :** 616051.
 - **Président Directeur Général :** MOHAMED FIKRAT.
 - **Directeur Général Délégué :** JAOUAD EL KHATTABI.
 - **Directeur Sucreries :** AHMED EL AROUI.

▪ **Activités :** Extraction du sucre blanc à partir de la betterave.

• Présentation de l'activité de la Sucrerie :

L'activité de la sucrerie des Doukkala est une activité saisonnière. La fabrication du sucre, qui se déroule pendant la campagne qui débute généralement à la fin du mois Avril et qui se termine à la fin de Juillet. Pendant cette période, la sucrerie reçoit la betterave des terres agricoles et produit le sucre blanc qui se commercialise durant toute l'année jusqu'à l'épuisement du stock du sucre. Le suivi de la production de la betterave avant arrachage se fait par la direction de l'Amont Agricole .Le sucre produit est stocké et conservé dans deux silos de capacité unitaire de 40.000 tonnes pour être conditionné et expédié sous forme de pain de sucre, de sucre granulé de 50 Kg le long de l'année.



Chapitre II : Généralités sur la betterave sucrière

La betterave sucrière est la matière première de la fabrication du sucre, ce qui nous ramène à l'étude pour mieux comprendre son comportement, ses caractéristiques et ses constituants.

1. Constitution anatomique :

On distingue quatre parties essentielles dans la betterave sucrière :

- ✓ Le bouquet foliaire.
- ✓ Le collet.
- ✓ La racine avec un ou deux sillons saccharifères.
- ✓ Les radicelles.

Son poids moyen est de l'ordre de 600 à 700 g, le sucre qu'il contient est de 16 à 20 % de sa masse est inégalement réparti. La zone la plus riche en sucre est le cœur, puis de part est d'autre du cœur, deux zones de richesse moyenne et enfin les deux extrémités, collet et radicelle n'en contiennent pratiquement pas.

Les deux feuilles de la plante offrent une grande surface de contact avec l'air. Etant un organisme vivant, la betterave va capter le gaz carbonique de l'air, l'énergie solaire (calorifique) et de l'eau du sol pour élaborer son sucre. Ce phénomène est appelé la **PHOTOSYNTHESE**.

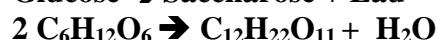
Grâce à l'action d'une substance colorée ou pigment appelée chlorophylle, de couleur verte, la plante réalise la synthèse du gaz carbonique CO_2 et de l'eau H_2O pour créer le glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ en présence de la chaleur (soleil) selon la réaction suivante :

Gaz carbonique + Eau + Chaleur \rightarrow Glucose + Oxygène



Le glucose est stocké dans la betterave ou bien utilisé immédiatement par elle, en se combinant à d'autres éléments présents dans le sol (engrais). Il permet la fabrication du saccharose $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ à partir du glucose selon la réaction suivante :

Glucose \rightarrow Saccharose + Eau



Le saccharose est la seule forme de sucre qui puisse se cristalliser. C'est le sucre du commerce.

2. Constitution chimiques de la betterave sucrière :

Du point de vue chimique, la betterave sucrière est composée environ de :

* 5 % d'armature cellulosique, qui se trouve éliminée dans les pulpes (le Marc)

* 75 % d'eau.

* 18 à 20 % de matières sèches dissoutes dans l'eau

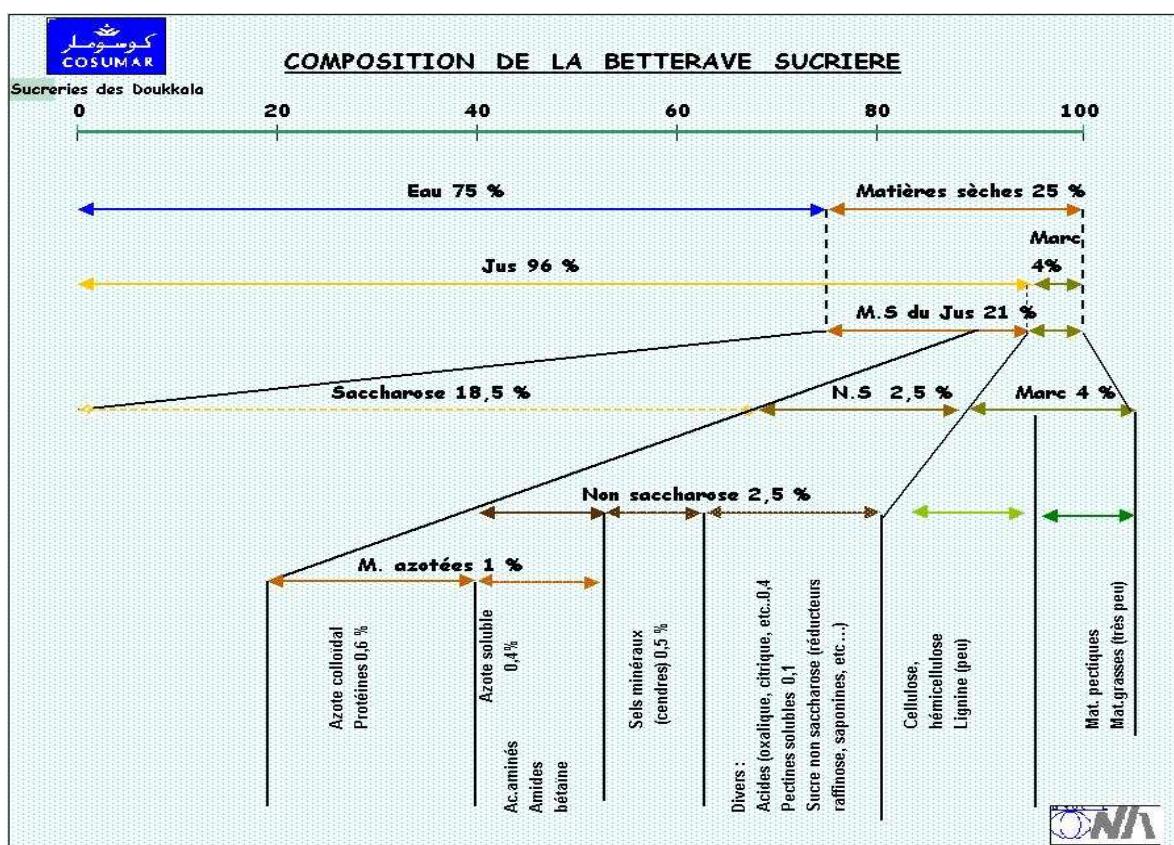


Figure 1 : La composition chimique de la betterave sucrière

3. Constitution organiques de la betterave sucrière :

♦ **Les sucres :** Dans la betterave, nous trouvons plusieurs types de sucres, dont les plus importants est le saccharose ; il y'a aussi l'existence des sucres réducteurs comme les glucoses et les fructoses.

♦ **Les acides organiques :** acide acétique, lactique, oxalique



- ♦ **Les constituants azotés** : qui dégagent de l'ammoniac à l'évaporation lorsqu'ils sont en grande quantité, ils sont généralement Amide, amine...

Chapitre III : Processus de fabrication du sucre blanc

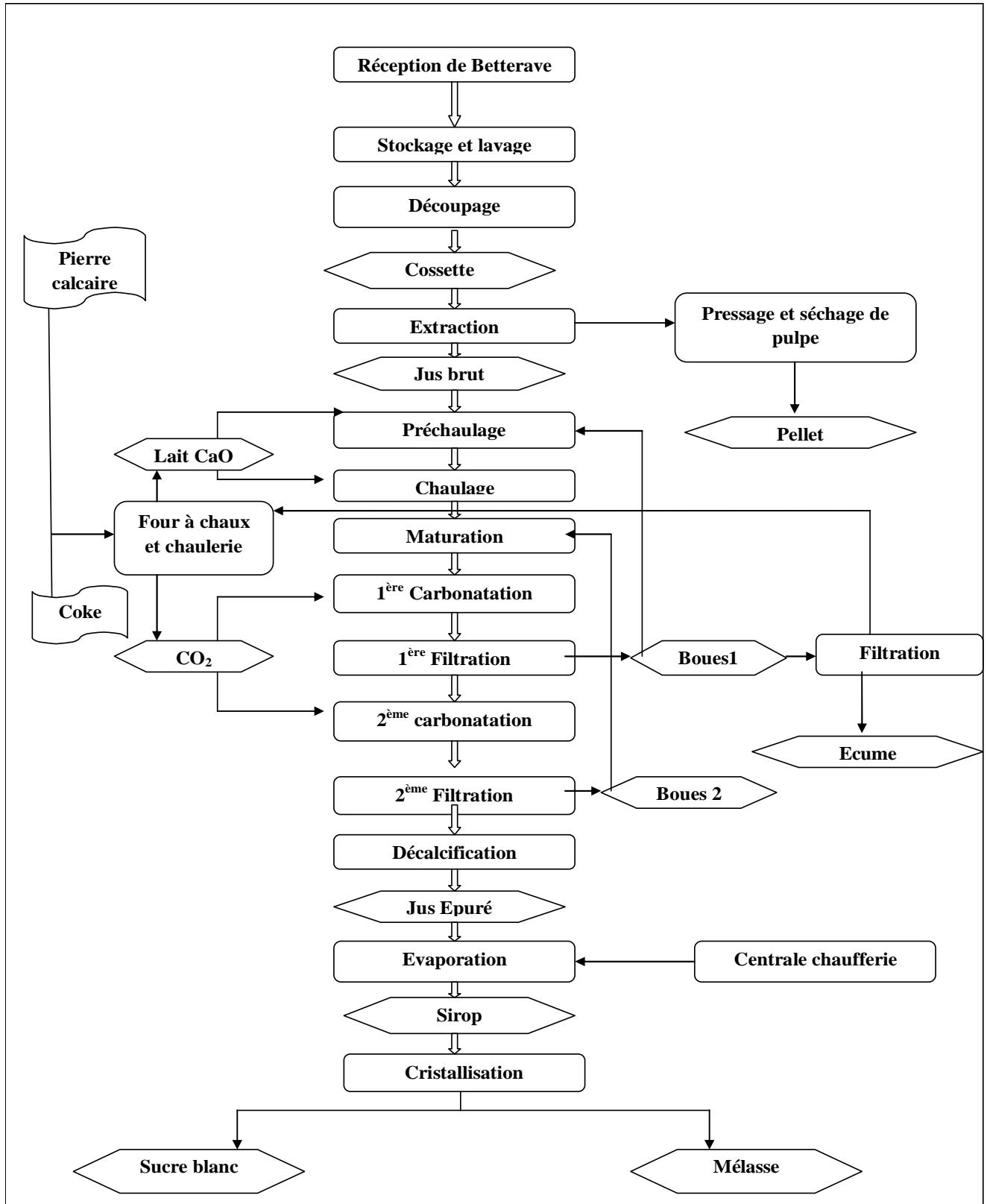


Figure 2 : Schéma simplifié du processus de fabrication de sucre à la sucrerie des Doukkala

Le processus de fabrication consiste à séparer le sucre des différents constituants de la betterave. Il comporte plusieurs étapes parmi lesquelles on trouve des opérations unitaires de séparation.

Ces étapes sont : le lavage, le découpage, l'extraction par diffusion, l'épuration, l'évaporation et la cristallisation.

I. Réception des betteraves :

La réception consiste à déterminer la qualité des betteraves fournies par le planteur et leur richesse. Chaque véhicule, identifié par son origine et sa date de réception, est pesé à charge et à vide pour obtenir le poids brut du chargement. Un échantillonnage (d'environ 40 Kg) est effectué par la sonde Rupro. Cet échantillon permet de déterminer la qualité technologique de la betterave et les critères de paiement des agriculteurs.



II. Stockage et lavage :

Les betteraves sont stockées dans des silos de stockage, d'où, elles sont acheminées hydrauliquement vers le lavage. Dans le lavoir, elles sont brassées par des pâles et rincées par un jet d'eau sous pression dans un rinceur finisseur. Les betteraves lavées sont transportées par une bande à tasseau vers la trémie à betteraves. (Annexe 2)

Photo 1 : Réception des betteraves

III. Découpage :

Les betteraves lavées sortants du lavoir sont transportées par une bande vers une grande trémie munie de 6 buses qui déversent les betteraves dans les coupe-racines à tambour qui sont au nombre de 6 (3 pour la tour de diffusion BMA et 3 pour les deux diffuseurs RT).

Les couteaux des coupe-racines sont ondulés, à sommet opposé et montés de façon alternée afin d'avoir des cossettes en forme V appelées cossettes faitières.

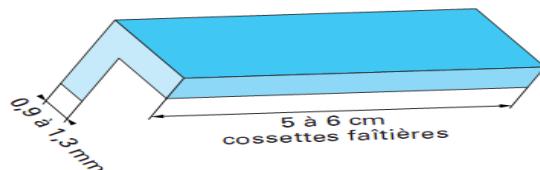


Figure 3 : Cossette faitière

Les cossettes ne doivent pas être trop fines pour éviter le colmatage au cours de la diffusion, ainsi, la longueur des cossettes dépend de la longueur des racines initiales. La diffusion est autant plus réussie si la longueur "L" est maximale et le taux de râpure minimal.

A la sortie des coupes racines, les cossettes tombent sur des bandes caoutchouc qui les transportent puis les déversent soit :

- dans un échaudoir : cas de l'RTA et l'RTB



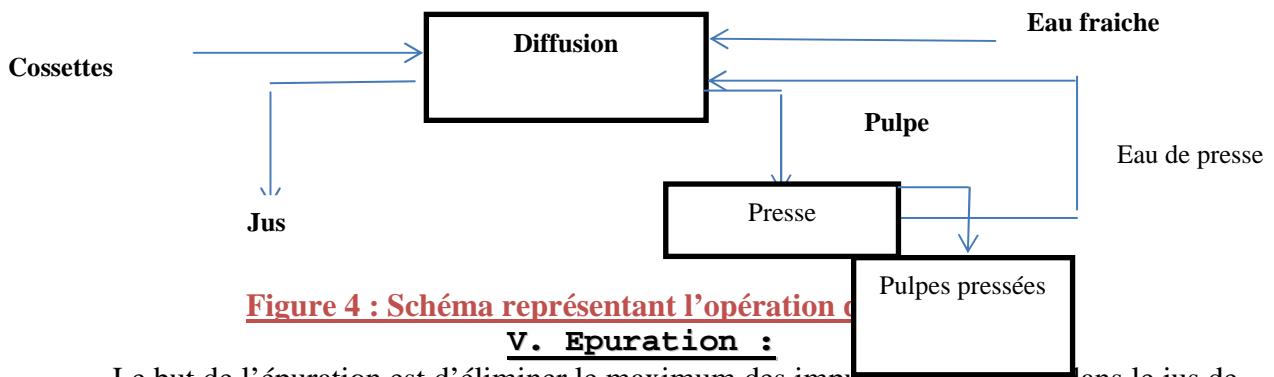
- dans un malaxeur : cas de la BMA.



VI. Extraction :

Le jus sucré est extrait des cossettes par diffusion : Mis en contact avec un courant d'eau chaude, le sucre contenu dans les cossettes y passe en solution à travers les parois cellulaire.

On obtient un jus sucré appelé jus vert ou jus de diffusion et les cossettes épuisées appelées pulpes humides. Ces dernières sont ensuite pressées et séchées et conditionnées sous formes de pellets pour servir à l'alimentation du bétail.



V. Epuration :

Le but de l'épuration est d'éliminer le maximum des impuretés contenues dans le jus de diffusion. Pour cela, on utilise le lait de chaux et le gaz carbonique. A la fin de cette étape, on a un jus épuré ce jus passe ensuite dans des adoucisseurs qui permettent l'élimination de l'ion calcium source d'entartrage des évaporateurs. Les principales étapes de l'épuration sont : Le préchauffage, le chaulage, la 1ère carbonatation, la 1ère filtration, la 2ème carbonatation et filtration et la décalcification.



VI. Evaporation :

Le jus passe ensuite dans une série d'évaporateurs pour concentration et élimination d'une partie de l'eau contenu dans le jus. A la sortie des caisses, le jus concentré est appelé sirop.

L'évaporation est effectuée de façon continue dans une série d'évaporateurs à multiple-effet qui sont en nombre de 5.

Le jus entre de façon continue dans la partie inférieur de la caisse et se réparti uniformément entre les tubes. Le jus monte en bouillant dans les tubes sous forme d'une émulsion de jus et de vapeur sous l'effet de la vapeur chauffante. Cette émulsion sort dans la partie supérieure des tubes 'la calandre ' dans laquelle s'effectue la séparation de la vapeur et du jus concentré. Le jus passe par le tube central pour passer à l'effet suivant.



VII. Cristallisation :



En général la cristallisation peut être définie comme l'opération qui consiste, à partir d'une solution (solvant+soluté) ou d'un solide fondu, à former un solide cristallisé.

La cristallisation du sucre est une opération qui succède l'épuration et l'évaporation. Elle permet l'extraction et la purification du sucre contenu dans le sirop. Autrement dit, elle permet de transformer le sucre de l'état liquide (le sirop récupéré après évaporation) qui contient encore des impuretés à l'état solide ou granulé avec une pureté élevée.

La cristallisation industrielle est généralement réalisée en trois étapes qu'on nomme «jets». Chaque jet est constitué lui-même de trois étapes principales :

- la cuisson,
- le malaxage,
- l'essorage.

Cette opération commence tout d'abord par une alimentation du premier jet par la **liqueur standard** (solution qui résulte du mélange de différents produits). Cette liqueur va subir en premier lieu une cuisson ce qui va induire la formation de cristaux. Pour déclencher la cristallisation, on introduit des grains de sucre très petits (10µm), c'est **l'ensemencement**.

Il est à noter que dès que l'on est en présence de cristaux en suspension dans un sirop, on parle de **masse cuite** et le sirop prend le nom **d'eau-mère**. La masse cuite sera refroidie lentement dans des malaxeurs puis centrifugée dans des essoreuses pour en séparer les cristaux de l'eau mère qui va prendre après cette opération le nom d'**égout pauvre**. Ensuite la surface des cristaux est lavée par pulvérisation d'eau, on parle de « **clairçage** ». Cette étape entraîne une légère redis solution du sucre cristallisé et le sirop issu du lavage est donc nettement plus pur que le précédent égout, d'où son nom « **d'égout riche** » qui sera ajouté au sirop qui alimente le jet dont il est question.

A partir du premier jet, on obtient du sucre humide qui sera séché et refroidi puis acheminé vers une unité de stockage dans des immenses silos et un égout pauvre qui subira une deuxième cuisson puis une troisième.

Le sucre du deuxième jet est ajouté à celui obtenu du premier jet et peuvent être directement commercialisables. En ce qui concerne le troisième jet, c'est un jet d'épuisement où l'on obtient un sucre roux qui est recyclé et une eau-mère, appelée **mélasse**, dans laquelle sont concentrées toutes les impuretés introduites dans l'atelier de cristallisation. (Annexe 3)

VIII. Stockage, conditionnement et livraison du sucre :

Une fois le sucre fabriqué, il est transféré vers deux silos de capacité 40000 chacun ou il est conservé en vrac. La conservation dans le silo est assurée par l'air soufflé pour éviter la prise de masse de sucre. La température, l'humidité et le débit de l'air soufflé sont réglés suivant les consignes de réglage : température entre 20 et 35 °C, humidité relative entre 30 et 50 % et débit entre 11.500 à 13.500 m³/h pendant la période d'ensilage, et entre 9.500 et 13.500 m³/h après cette période.

Le conditionnement diffère selon le type du produit final (sucre granulé, pain, lingot ou morceaux).

Chapitre IV : Partie pratique Optimisation d'essoreuse et qualité du sucre blanc

Première partie : Bibliographie sur la cristallisation

I. Aperçu de chantier de cristallisation a COSUMAR :

La cristallisation fractionnée est une opération physique qui permet l'extraction du sucre contenu dans le sirop. Elle est effectuée en trois étapes appelées « jets ». Chaque jet comprend lui-même trois étapes principales effectués dans les appareils cités ci – dessous.

I.1. Présentation du 1^{er} jet :

Le 1^{er} jet est formé de :

- Six appareils à cuire discontinus d'une capacité de 60 tonnes.
- un malaxeur agitateur.
- Deux malaxeurs distributeurs.
- Huit turbines discontinues (centrifugeuses).
- Une bande transporteuse de sucre vers vis alimentant le sécheur à sucre. (Annexe 4)

I.2. Présentation du 2^{ème} jet :

Le 2^{ème} jet est formé de :

- Cinq appareils à cuire discontinus de capacité de 50 tonnes
- Deux malaxeurs agitateur

- Neuf turbines continues
- Une vis transporteuse du sucre vers le refondoir. (Annexe 5)

I.3. Présentation du 3^{ème} jet :

Le 3^{ème} jet est formé de :

- Cinq appareils à cuire discontinus
- Un malaxeur distributeur
- Sept malaxeurs horizontaux
- Huit malaxeurs verticaux. (Annexe 6)

II. Conduite de la cuisson :

II.1 .Ordre chronologique des opérations pour une cuite discontinue à réformuler :

II.1.1. Le pied de cuite :

C'est le volume minimal de la masse cuite qu'on puisse introduire dans l'appareil à cuire avant d'ouvrir la vapeur, et qui doit couvrir entièrement le faisceau pour éviter le risque de projection du sirop sur les parties métalliques ce qui provoque la caramélation et par la suite l'augmentation de la coloration du sirop.

II.1.2. La concentration :

Elle est réalisée par évaporation jusqu'à atteindre la zone métastable. On peut connaître l'état de concentration du sirop à chaque instant d'après l'indication du thermomètre, en maintenant le vide à une valeur constante. Il convient donc de travailler au vide le plus élevé possible, afin de gagner du temps en accélérant ; de plus on risque moins de détruire du sucre, la température étant plus basse .Mais cette pratique à l'inconvénient de produire un appel important de vapeur ce qui conduit certains chefs de fabrication à limiter l'allure de la concentration.

II.1.3. Le Grainage :

Pour maîtriser la taille des cristaux obtenus, il est nécessaire de contrôler le nombre de cristaux formés. Ceci est réalisé par un ensemencement de fins cristaux dans le sirop sursaturé en zone métastable, il s'agit du (grainage). On provoque le grainage par introduction d'une quantité de sucre broyé bien calibré , dispersés dans l'alcool isopropylique, il est ensuite suivi d'une période de maturation qui dure 2 à 3 minutes afin de permettre la réorganisation de la masse cuite .En théorie, le nombre de cristaux de semence est le même que celui à la fin de la cristallisation .Les cristaux n'ont pas grossi .

II.1.4. La Montée :

Le but est faire grossir rapidement les cristaux formés au grainage tout en évitant d'en refondre une partie ou d'en former de nouveaux. De plus les cristaux formés doivent être aussi réguliers que possible ; Pour cela, durant cette période il y a intérêt à maintenir la sursaturation telle (1.15 à 1.25), pour cela le cuiseur alimente en sirop tout en évaporant sous vide.

II.1.5. Le serrage :

Le but de cette opération est d'améliorer le rendement en cristaux, en évaporant une partie de l'eau restant dans la masse cuite .En effet : plus il reste d'eau -mère, plus il reste de sucre dissous.

Le degré de serrage s'exprime par le brix de la masse cuite coulée .Une masse- cuite serrée à 92 brix contient 8% d'eau .Elle donnera au turbinage en rendement inférieur à celui d'une masse cuite serrée à 95 brix, ne contenant plus que 5 % d'eau.

II.1.6. La coulée :

Une fois qu'on a atteint le brix et la taille des cristaux voulue, l'appareil est remise à la pression atmosphérique en cassant le vide et l'agitateur arrête, la trappe de vidange est ouverte et la masse cuite s'écoule dans un malaxeur de coulée.

II.2. Malaxage :

La masse cuite dont la température avoisine 75°C à 82°C à sortie de la cuite est déversée dans un bac de malaxage .Cette opération consiste à pétrir la masse cuite pour permettre au sucre encore contenu dans l'eau –mère de continuer à se déposer sur les cristaux .En brassant la masse cuite , le malaxeur modifie constamment les positions de l'eau- mère et des cristaux pour favoriser leur grossissement .

Le malaxeur est un simple récipient en tôle, à section verticale en forme d'U, muni d'un dispositif agitateur permettant de maintenir la masse cuite en mouvement lent et continu. On aura alors épuisement de l'eau mère .L'épuisement d'un sirop d'une eau-mère est le degré de récupération de sucre dans ce sirop ou cette eau –mère.

II.3. Turbinage de la masse cuite (Essorage) :

Après cuisson et malaxage , on se trouve en présence d'une masse cuite comprenant des cristaux de 40 à 60 et une eau mère constituée de sucre en solution , des non sucres et de l'eau et en présence d'un magma , appelé masse cuite artificielle.

En sucrerie, deux modèles de turbines sont utilisés pour la séparation des cristaux et de l'eau mère des MC :

- Les turbines à cycle discontinu pour le premier jet et les jets pour sucre commercialisable les cycles varient de 18 à 25 cycles par heure suivant la qualité de la masse cuites.
- Les turbines à cycle continu pour les jets produisant du sucre destiné à la refonte et des turbines cycle continu avec e refonte intégrée.

II.3.1. Principe d'essorage :

Durant l'essorage, l'égout est progressivement chassé de la masse cuite quand cette phase est terminée, il reste une fine pellicule d'égout adhérant à la surface des cristaux. Pour obtenir un sucre parfaitement blanc, on élimine cette pellicule par un clairçage ; à l'aide d'une rampe. Cette eau traverse le sucre contenu dans la centrifugeuse et dissout la couche d'égout adhérant pour former un égout pauvre qui est chassé hors de la masse de sucre.

Pour être efficace, ce clairçage à l'eau dissoute nécessairement une petite couche de sucre pur des cristaux. L'égout produit a donc une pureté plus élevée que l'égout extrait pendant la première phase. C'est pour cela qu'on l'appelle égout riche par opposition à l'égout pauvre. Il est donc intéressant de séparer égout pauvre et égout riche et de les recueillir dans deux nochers distincts. Ce qui vient d'être dit concernant l'essorage, montre l'importance de la régularité des grains durant la cuisson. En effet cette régularité et l'absence de conglomérats de cristaux facilitent l'évacuation de l'eau mère et réduisent généralement la quantité d'eau de clairçage en vue d'obtenir une bonne qualité de sucre blanc.

Afin de préserver la granulométrie du sucre de premier jet et d'éviter la formation de « poussières », la séparation des cristaux des cristaux de l'eau mère est toujours réalisée dans des essoreuses en continu.

Par contre, en deuxième et troisième jets, le sucre produit devant être refondu, les essoreuses continues sont privilégiées car elles sont nettement plus économiques en fonctionnement.

II.3.2. Essorage discontinu :

Les essoreuses discontinues sont généralement formées d'un panier cylindrique fixé à un arbre vertical. Cet ensemble est suspendu à un balancement libre dans un palier (aussi

appelé pivoterie) qui n'est pas fixé de façon rigide à charpente pour supporter les déséquilibre de charge (balourd). La batterie d'essoreuse est alimentée par un malaxeur distributeur qui est maintenu à un niveau à un niveau constant. Une vanne d'isolation par machine, placée au plus près du distributeur, permet de nettoyer l'essoreuse tout en minimisant les risques de croutage du fait des arrêts. Le cycle de fonctionnement de l'essoreuse comprend:

- Un remplissage de la turbine à faible vitesse de rotation (200 tr/ min) pour avoir une répartition régulière de la masse cuite. Un palpeur détermine l'épaisseur maximale admissible, variable selon la viscosité du produit (de 14 à 18 cm) et le clapet d'alimentation est fermé ;
- L'essoreuse est alors accélérée (110tr/min) avec évacuation de l'eau-mère qui constitue alors l'égout pauvre ;
- Peu de temps avant d'arriver à la vitesse maximale (entre 700 et 1000 tr/min), la couche de sucre a blanchi dans le panier et un clairçage est réalisé afin de laver les cristaux de la pellicule d'eau -mère les entourant. Le clairçage à l'eau chaude peut éventuellement être suivi d'un court clairçage à la vapeur qui, en réchauffant le sucre, facilite son séchage ultérieur. Le liquide obtenu, d'une pureté supérieure à l'eau-mère, constitue l'égout riche. Les paramètres de contrôle sont la durée et les périodes de pratique avec deux vanne, une pour l'égout pauvre et l'autre pour l'égout riche, et les tuyauteries sont fermées jusqu'aux bacs à égouts ;
- L'essoreuse est enfin ralenti et un palet fait tomber la couche de sucre sur un tapis transporteur vibrant situé sous l'essoreuse. Pour diminuer la puissance nécessaire, il y a généralement une récupération d'énergie lors du freinage d'une turbine pour l'accélération d'une autre.

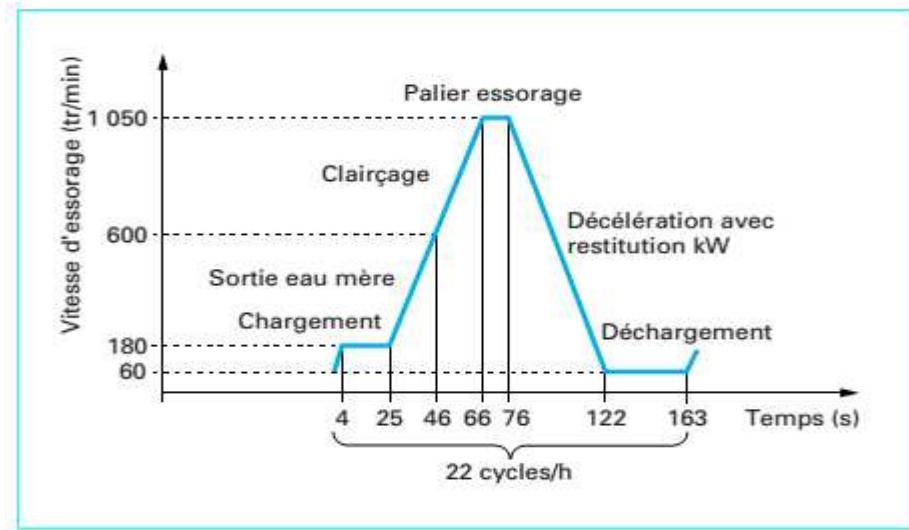


Figure 5 : Cycle de fonctionnement d'une essoreuse discontinue

III. Mélasse :

Elle représente environ 3 % à 6 % de la quantité de matière première utilisée, se présente sous la forme d'un sirop visqueux et très épais .Elle est la partie du produit du Troisième jet de cristallisation qui ne peut être cristallisée. Elle contient des quantités variables de saccharose (généralement entre 10% et 50%) et se reconnaît à sa forte odeur.

Lors des deuxièmes et troisième traitements, le sucre encore présent est retiré par le biais des mêmes processus. Le sirop final est qualifié de jet d'épuisement (mélasse).le sucre obtenu lors des deuxième et troisième traitements peut être décoloré par addition de charbon

actif ou animal ou dans des échangeurs d'ions afin de répondre aux exigences de l'industrie de transformation du sucre.

IV. Les paramètres du bon fonctionnement des turbines :

IV.1. Introduction :

Dans le but d'augmenter le rendement, améliorer la qualité du sucre blanc en terme d'aspect, coloration et des caractéristique physicochimique et de maximiser la quantité de production ; il est nécessaire de faire une étude des paramètres sur la qualité afin de déterminer les paramètres optimums de fonctionnement des turbines extracteurs de sucre en première jet.

IV.2. Les paramètres des turbines :

En général, un cycle d'essorage comporte les opérations suivantes :Le chargement du panier (alimentation et filtration de la suspension) ;la centrifugeuse tourne soit à sa vitesse maximale, soit à une vitesse réduites ;pendant cette période ,le gâteau se forme contre l'élément filtrant fixé sur la paroi interne du panier par combinaison des phénomènes de filtration (vitesse des particules et du liquide identique) et de sédimentation progressive (vitesse des particules et du liquide identique) alors que la phase liquide s'écoule au travers de la couche poreuse.

Le lavage du gâteau se fait par un liquide de lavage qui traverse cette couche poreuse, permettant soit l'élimination du liquide mère contenu dans les interstices par déplacement et diffusion, soit la dissolution d'impureté absorbées par les particules solides ; seule cette dernière opération, qui peut être effectuée en régime d'écoulement permanent (épaisseur de gâteau et pression hydrostatique constantes).

L'essorage proprement dit, au cours su quel le liquide interstitiel s'éliminée progressivement des particules solide jusqu'à atteindre l'équilibre entre les forces capillaires et les forces centrifuges ;l'élimination du liquide comporte deux phases successives :celle correspondant au liquide emprisonné dans les interstices les plus importants situés entre les différentes particules, c'est –à-dire à l'essentiel du volume liquide ,puis celle correspondant au liquide emprisonnés dans les interstices les plus petites au voisinage des surfaces de contact des particules et du liquide adsorbé (égouttage) ;la cinétique d'essorage d'un milieu poreux est liée à l'étape préliminaire de sa formions ;elle peut varier selon le mode de chargement du panier (lent et continu, rapide et discontinu) et les conditions opératoires de l'essoreuse au cours de la formation du gâteau (vitesse de rotation du panier ,débit d'alimentation).Le dé bâtissage du gâteau ; cette opération est réalisée grâce à un dispositif de raclage , l'essoreuse tournant soit à sa vitesse de rotation maximale, soit à une vitesse très faible (30 à 60tr/min) ;il subsiste néanmoins ,en fin d'opération , une couche résiduelle(d'épaisseur 10à20mm) dont la perméabilité peut diminuer d'un cycle à l'autre ;sur certaines essoreuses à axe vertical, la totalité du gâteau peut être déchargée, la machines étant l'arrêt.

2^{ème} partie : Optimisation des essoreuses et qualité du sucre blanc

I. Méthodologie du travail :

Au cours de notre stage, il nous a été confié de faire un suivi rigoureux des paramètres réagissant sur la qualité du sucre blanc issus d'essorage de la masse cuite de 1^{er} jet. L'atelier de cristallisation est doté d'un système automatique mais sa conduite est manuelle. L'efficacité du travail dépend de l'opérateur qui effectue la conduite de turbinage.

La présente étude a comme objectif principal : de faire une étude des paramètres des essoreuses afin de déterminer les paramètres optimums de fonctionnement des turbines permettant d'augmenter et améliorer la qualité de sucre blanc en terme d'aspect, coloration et cendres.

On est organisé de la façon à analyser en premier temps la masse cuite à chaque fois qu'on pris un échantillons de sucre blanc en variant les paramètres d'essoreuse à savoir (Essorage, la durée de clairçage et de préclairçage et la lavage panier...) pour avoir une idée générale des paramètres qui interagissent à chaque instant et peuvent en conséquence affecter la qualité du sucre blanc.

Les paramètres relevés sur chaque turbine sont :

- Durée du cycle
- Durée d'essorage
- Durée de lavage panier
- Durée de préclairçage
- Durée de clairçage
- Durée de chargement
- Retard séparation égout riche
- Retard séparation égout pauvre

Les paramètres calculés au laboratoire

- Pureté de la masse cuite
- Brix de la masse cuite
- Aspect
- Coloration de la masse cuite
- Les cendres

1. Contrôle des paramètres d'essoreuse et suivi de la qualité du sucre blanc :

Le suivi des paramètres du turbinage demande une régularité convenable. Quotidiennement on travaillait sur une essoreuse, on a prélevé l'échantillon correspond à la masse cuite de 1^{er} jet de façon régulière car il faut surveiller la consistance de la masse cuite et évaluer son état d'avancement, avant de régler les paramètres de fonctionnement de la turbine dans le but d'obtenir à la fin du cycle un sucre de qualité.

On procède à l'analyse du brix de la masse cuite avec une quantité bien déterminée pour pouvoir mesurer son brix et sa polarisation, ces deux valeurs permettent ensuite de calculer la pureté. Ainsi que la coloration de la masse cuite qui est un facteur essentiel affectant par la suite la coloration du sucre.

Après, on passe à l'analyse du sucre : on préleve des échantillons de sucre blanc à partir de la turbine en faisant varier à chaque prélèvement ses paramètres. L'essoreuse est équipée d'un écran de contrôle à partir duquel on les relève.

A la fin, on classe les informations collectées dans un tableau qui représente notre base de données et facilite le suivi de l'évolution des paramètres pour faire la comparaison entre les paramétrés relevés, et les prélèvements du sucre analysés au laboratoire avec ceux adoptés dans la théorie.



Photo 2 : Ecran de contrôle des paramètres d'essoreuse



Photo 3 : Essoreuse discontinue

Matériels et Méthodes d'analyses :

II.1. Détermination de la polarisation :

- Principe :**

Un corps produisant la polarisation rotatoire est doué d'un pouvoir rotatoire. Ceci est défini par la loi de Biot : $\alpha = [\alpha] \times C \times L$

α : pouvoir rotatoire

$[\alpha]$: pouvoir rotatoire spécifique à 200 C et à $\lambda = 589$ nm

C : concentration en g/ml

L: Longueur de la turbine polarimétrique en dm

- Appareil de mesure :**

L'appareil de mesure utilisé est : SCHMIDT HAENSCH SACCHAROMAT NIR (Annexe 7)

- Mode opératoire :** (Annexe 7)

II.2. Détermination des matières sèches par réfractométrie (Brix) :

- Principe :**

Le brix est le nombre de gramme de matière sèche dans 100 g de solution. Il est déterminé à l'amont et l'aval de chaque opération, il est donné par un réfractomètre.

$$\text{Brix} = (m_{\text{MS}} / m_{\text{totale}}) \times 100$$

Avec : m_{MS} : est la masse de matière sèche soluble

m_{totale} : est la masse totale de produit.

Exprimé en : grammes matière sèche pour 100 g de produit (g MS/100g).

- Appareil de mesure :** (Annexe 8)

- Mode opératoire :** (Annexe 8)

II.3. Calcul des paramètres de suivi :

II.3.1. La pureté :

La composition d'un sirop est la suivante :

Sirop = Eau + Sucre + Non sucres

La pureté définit la quantité de sucre (S) contenue dans la matière sèche (MS). Elle est exprimée en %. La pureté se calcule :

$$\text{Pureté} = \frac{m(\text{saccharose})}{m(\text{MS})} \times 100$$

Avec : m_S : est la masse de saccharose

m_{MS} : est la masse de matière sèche soluble.

Pour la détermination au niveau du laboratoire on cherche d'abord la teneur en sucre par polarisation qu'on divise par la teneur en matière sèche donnée par le réfractomètre.

II.4. Détermination des caractères du sucre blanc :

Type de couleur sucre blanc (aspect)

- Matériel :

Sucroflexe (Annexe 9)

- Mode opératoire :

L'appareil doit être allumé 15 minutes avant utilisation.

Remplir la capsule par le sucre à analyser, le sucre doit remplir toute la capsule et aligné avec le bord de la capsule. Introduire la capsule dans scrofuleux.

- Expression de résultat :

$$\text{Aspect ou type de couleur} = \text{lecture directe}$$

Contrôle cendre :

- Appareil :

Conductimètre (Annexe 9)

- Mode opératoire : (Annexe 9)

- Expression de résultats :

$$C28 = C_{\text{lue}} - 0,35 C_{\text{eau}}$$

C_{lue} : conductivité mesurée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C

C_{eau} : conductivité spécifique de l'eau à 20°C

L'indice 28 indique qu'on a opéré sur une solution à 28 %

$$\text{Cendre \% g sucre} = 6 \times 10^{-4} \times C28$$

Coloration :

- Appareil :

Colorimètre (Annexe 9)

- Mode opératoire : (Annexe 9)

- Expression de résultats :

$$\text{Unités ICUMSA} = 1000 \times (100 \times A_{420} / B \times B_x \times d)$$

A_{420} = Extinction lue

B = épaisseur de la cuve en cm

d = densité

B_x = degré de Brix en g % g

III. Présentation des résultats :

III.1. Détermination de la moyenne de fonctionnement des turbines et les paramètres agissant sur la qualité du sucre blanc :

La détermination des paramètres de turbines les plus fréquemment utilisés par l'opérateur du turbine suivant la qualité de la masse cuite en termes de viscosité, coloration et le pourcentage des cristaux, est effectuée afin d'obtenir une qualité de sucre blanc dans les norme (Annexe 10) et qui répond aux exigences de travail, c'est à dire un sucre blanc qui

répond à une certaine qualité du point de vue coloration et % des cendre tout en limitant les pertes de sucre.

Pour pouvoir préciser les paramètres sur lesquels on peut agir, on a fait des répétitions d'analyses. Chaque fois, on prend un échantillon de masse cuite de 1^{er} jet de la VKT et le sucre blanc à partir de la turbine 1^{er} jet. On mesure le brix à l'aide d'un réfractomètre, la polarisation de sucre à l'aide d'un saccharimètre, la coloration à partir du colorimètre et le % des cendres par le conductimètre et on calcule les autres paramètres. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux suivants :

Echantillon	Massee cuite		
	Brix	Pureté	Coloration
1	90,57	92,51	3422
2	90,35	91,42	2922
3	91,94	93,39	3748
4	91,37	92,16	3382
5	91,37	92,84	3636
6	90,91	92,39	4030
7	90,69	92,38	4082
8	90,69	93,92	4913
9	90,91	92,42	3239
10	90,46	93,12	4802
11	92,06	93,69	4500
Les normes	90à92	>92	-

Tableau 1 : la caractéristique de la masse cuite

D'après le tableau ci –dessus, on note que tous les échantillons de la masse cuite sont dans la norme (**Annexe 10**). Les paramètres du turbinage correspondent à ces masses cuites sont

paramètres à contrôler	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	E 11	Moyenne
Durée de cycle	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
durée d'essorage	16	20	20	20	15	15	15	8	15	16	18	18
Durée de pré clairçage	8	6	8	8	8	8	3	8	10	10	10	8
Durée de clairçage	20	12	18	18	20	15	20	14	14	14	22	17
Lavage panier	10	14	14	15	20	10	15	30	16	15	12	14
Chargement	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Retard séparation ERI	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Retard séparation EPI	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

représentés de tableau suivant :

Tableau 2 : Les conditions de prises d'échantillons du sucre blanc

Le calcul de la moyenne de chaque paramètre pour une turbine fixe nous a permis de déduire les paramètres moyens de fonctionnement d'une turbine. Les résultats de la prise d'échantillons sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Les résultats de prises d'échantillons du sucre blanc

Echantillon	Aspect	Brix	% cendre	Coloration UCUMSA
Echantillon 1	2,1	59,6	0,017	55
Echantillon 2	1,6	55,11	0,01	53
Echantillon 3	1,3	58,68	0,008	58
Echantillon 4	2,9	58,98	0,011	51
Echantillon 5	2,8	58,15	0,01	53
Echantillon 6	2,5	59,48	0,009	52
Echantillon 7	3,9	58,8	0,01	57
Echantillon 8	3,7	58,06	0,013	54
Echantillon 9	3,9	60,41	0,014	60
Echantillon 10	3,4	58,65	0,012	46
Echantillon 11	2,7	58,92	0,012	58

D'après le tableau ci-dessus, on note que les échantillons du sucre blanc analysés sont dans la norme (**Annexe 10**).

Donc, d'après les résultats obtenus on peut conclure que les paramètres sur lesquels on travaillerait par la suite et qu'on peut faire varier suivant les caractéristiques de la masse cuite sont : Durée d'essorage, durée total de clairçage eau (préclairçage +clairçage), Et la durée de chargement.

Les autres paramètres n'ont pas beaucoup d'influence sur la qualité finale du sucre, donc on va les éliminer dans une première approximation.

III.2. Détermination des paramètres optimums pour un sucre blanc de qualité :

Pour une masse cuite donnée supposée conforme à la norme exigé (**annexe 10**) ; on va faire varier un paramètre en fixant les autres paramètres à la moyenne calculée précédemment et vice-versa, et à chaque fois on prend des échantillons du sucre blanc, pour déterminer leur caractéristiques physicochimique. (Aspect, coloration, brix et la pureté).

III.2.1. Effet de préclairçage :

Dans la première expérience on va faire varier le temps de préclairçage en prenant des valeurs fluctue autour de la moyenne calculé précédemment, en fixant les autres paramètres.

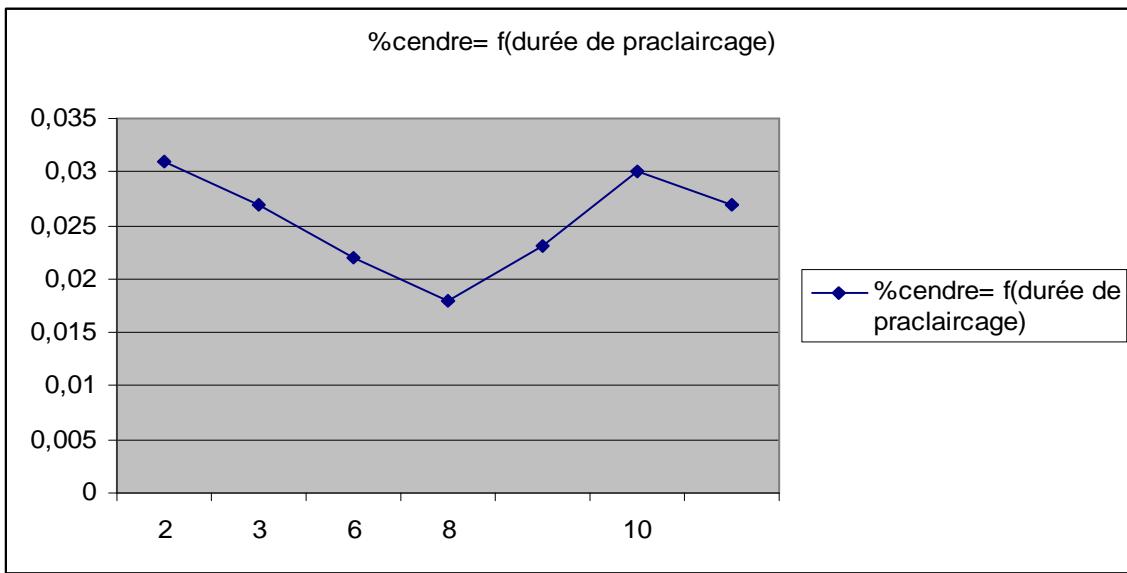
Paramètres contrôlés					Masse cuite		Sucre blanc		
Durée préclairçage	Durée clairçage (s)	Total clairçage (s)	Durée lavage panier(s)	Durée d'essorage(s)	Brix	Pureté	Aspect	% cendre	Coloration
2	17	19	14	18	92,28	93,68	2,6	0,031	54
3	17	20	14	18	92,28	93,68	2,6	0,027	53
6	17	23	14	18	92,28	93,68	2,6	0,022	53
8	17	25	14	18	92,28	93,68	2,6	0,018	53

10	17	27	14	18	92,28	93,68	2,6	0,023	54
12	17	29	14	18	92,28	93,68	2,6	0,030	53
14	17	31	14	18	92,28	93,68	2,6	0,011	54

Tableau 4 : Donnant les conditions de prises d'échantillons :

A partir du tableau 4 ci-dessus, on peut envisager l'allure de variation des cendres et la coloration en fonction de temps de préclairçage, représenté dans la courbe suivantes :

Figure 6 : Courbe 1 donnant le % cendre du sucre blanc en fonction de la durée de



préclaircage (s)

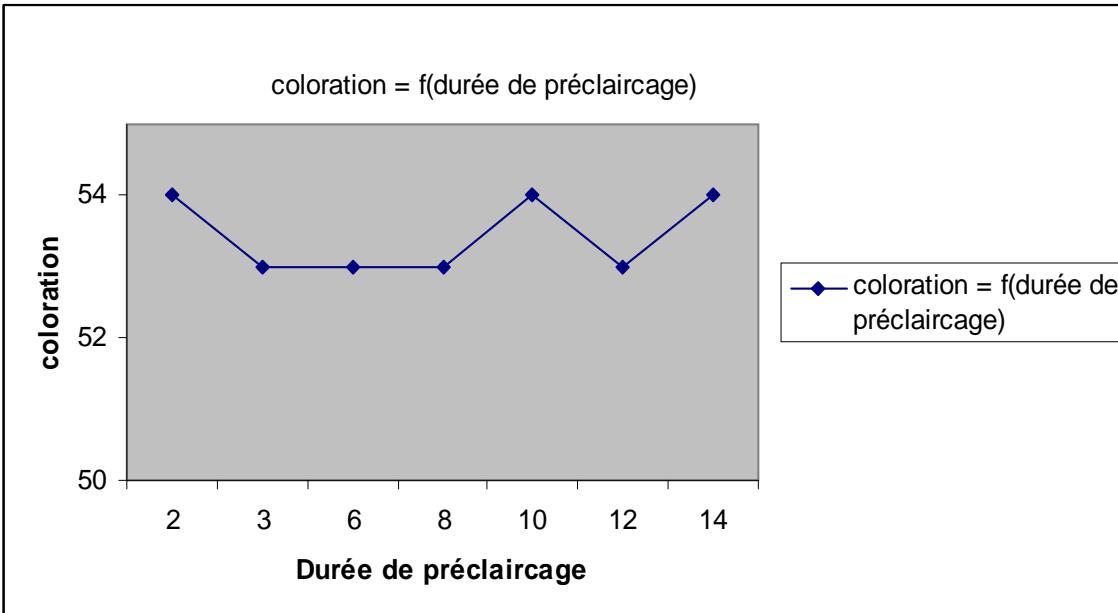


Figure 7: Courbe 2 donnant la coloration du sucre blanc en fonction de la durée de préclaircage en (s)

④ Interprétation des résultats :

D'après les graphes ci-dessus qui représentent l'évolution des cendres et la coloration en fonction du temps de préclairçage, on constate que le % des cendres diminue avec l'augmentation du temps de préclairçage, ceci s'explique par le fait que le cristal est entouré

par une eau mère riche en impuretés, c'est pour cela le préclairçage est efficace pour se débarrasser de ces impuretés car il permet d'éliminer la couche extérieure entourant le cristal. Pour la coloration, elle ne change pratiquement pas avec l'augmentation du temps de préclairçage, car elle varie en fonction de la durée totale du pré clairçage et du clairçage. Donc, le préclairçage n'affecte ni la coloration ni l'aspect du sucre blanc. Il a un effet seulement sur le % de cendre.

④ Conclusion :

- A partir de la courbe, on déduit que le temps optimal de préclairçage est : 8 secondes.
- En guise de conclusion, on peut déduire que le temps optimale de préclairçage est celui correspond au minimum de % cendres dans la courbe précédente.

III.2.2. Effet de clairçage :

Dans cette partie on va faire varier le temps de clairçage tout en fixant les autres paramètres.

Paramètres contrôlés						Masse cuite		Sucre blanc		
Durée préclairçage	Durée clairçage (s)	Total clairçage (s)	Durée lavage panier(s)	Durée d'essorage(s)		Brix	Pureté	Aspect	% cendre	coloration
8	10	18	14	18		91,60	93,14	2,8	0,036	66
8	12	20	14	18		91,60	93,14	2,6	0,033	64
8	14	22	14	18		91,60	93,14	2	0,029	62
8	16	24	14	18		91,60	93,14	1,6	0,021	54
8	18	26	14	18		91,60	93,14	1,8	0,018	50
8	20	28	14	18		91,60	93,14	1,9	0,014	49
8	22	30	14	18		91,60	93,14	2,1	0,011	47
8	24	32	14	18		91,60	93,14	2,3	0,01	46

Tableau 5 : Les conditions de prises d'échantillons :

A partir du tableau 5 ci – dessus, on peut envisager l'allure de variation des cendres, aspect et de la coloration en fonction de temps de clairçages, représenté dans les courbes suivants :

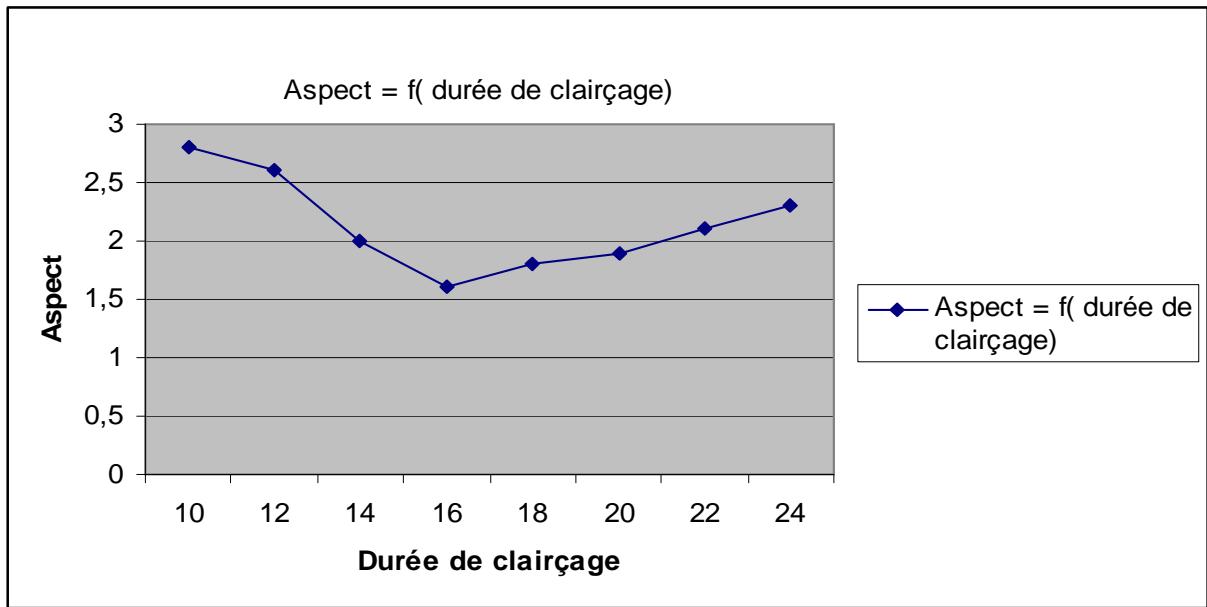
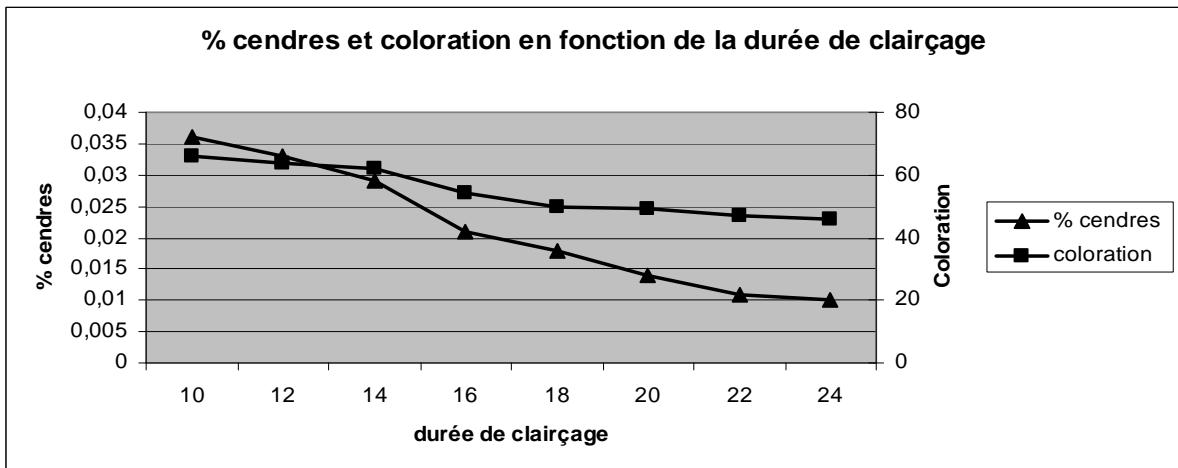


Figure 8 : La variation de la coloration et du % cendre du sucre blanc en fonction de la durée de clairçage (s)

Figure 9 : La variation de l'aspect du sucre blanc en fonction de la durée de clairçage

④ Interprétation des résultats

On note que le % des cendres diminue avec l'augmentation du temps clairçage, de même pour la coloration, on note qu'elle diminue avec l'augmentation du temps de clairçage.

On remarque aussi que lorsque le temps de clairçage atteint le 16 s la coloration varie donc on peut dire qu'il est inutile de claircer plus puisque la coloration ne change pas considérablement.

Concernant la figure 9, on peut subdiviser la courbe en deux zones : première zone limitée par l'optimal du temps dont la variation de l'aspect est inversement proportionnelle au temps de clairçage, et une deuxième zone dont cette variation est légèrement remarquée.

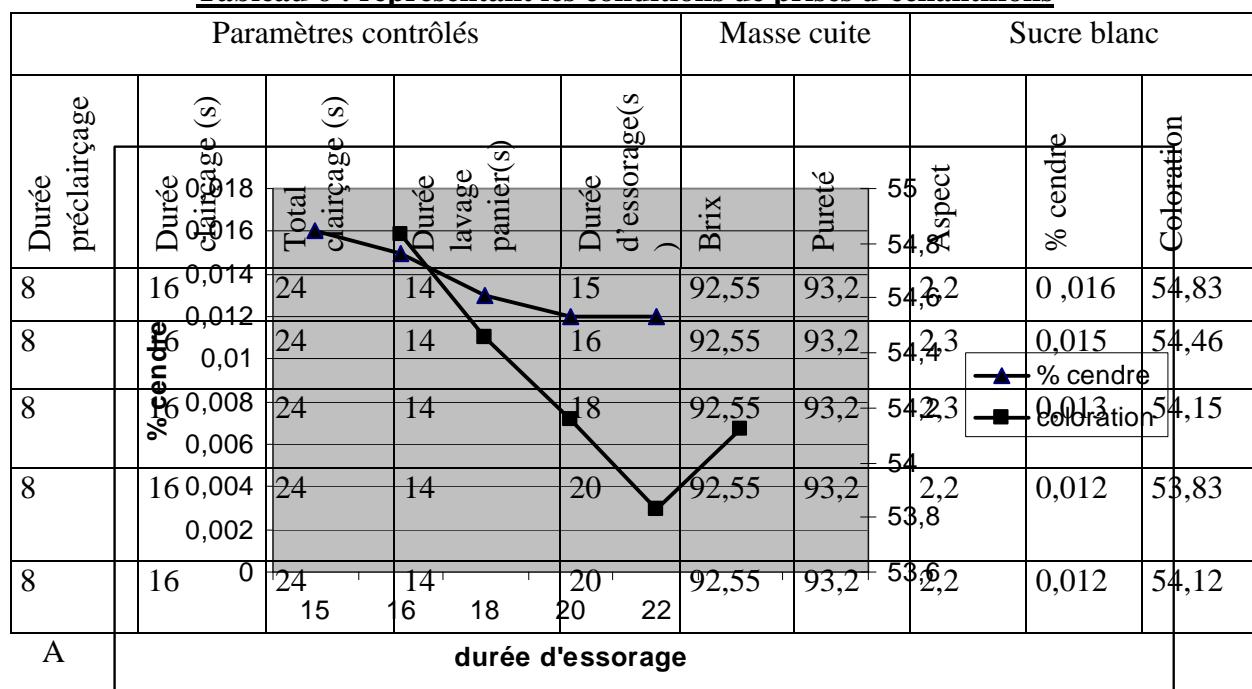
⑤ Conclusion

- ✓ On peut déduire que le paramètre qui affecte plus la qualité du sucre blanc est la durée de clairçage.
 - ✓ A partir des courbes on détermine le temps optimale clairçage qui est 16 secondes.

III .2.3 Effet d'essorage :

Dans cette partie on va faire varier le temps d'essorage en fixant les autres paramètres.

Tableau 6 : représentant les conditions de prises d'échantillons



partir du tableau 6 on peut envisager l'allure de variation des cendres, aspect et de la coloration en fonction de temps d'essorage, représenté dans les figures suivantes :

Figure 10: Courbe donnant la variation de la coloration et du % cendre du sucre blanc en fonction de la durée d'essorage (s).

④ Interprétation :

On note que le % des cendres diminue avec l'augmentation du temps d'essorage. Pour la coloration, elle ne change pas pratiquement avec l'augmentation du temps d'essorage car la coloration ne dépend que de la coloration de préclairçage et du clairçage.

⑤ Conclusion :

- ✓ L'amélioration de la qualité de sucre blanc par l'essorage se traduit par l'élimination de l'eau de clairçage entourant ce dernier.
- ✓ On peut aussi déduire que le temps optimal de l'essorage est celui correspond au minimum de % des cendres, coloration et aspect dans les courbes précédentes.
- ✓ A partir de la courbe, on détermine le temps optimal d'essorage est : 20 secondes.

III .2.4 Effet de déchargement :

Il est trop souvent imparfait puisqu'une quantité de sucre parfois important reste dans la turbine et n'est pas toujours refondue lors du lavage du panier. Il faut vérifier de temps à une autre le bon fonctionnement de la charrue.

III.2.5. Le lavage de panier :

Le lavage du panier est parfois délicat dans les parties basses de ce dernier. En effet, du sucre s'y accumule très fréquemment gênant l'évacuation des égouts. Des traces jaunes sur le sucre en fin de déchargement sont révélatrices de cette difficulté d'évacuation. Le lavage du panier est donc essentiel.

III .2.6 Effet de chargement :

Le chargement doit être réalisé à vitesse constante et à charge constante .le répartiteur de couche assure la régularité de la couche de sucre pour une qualité de masse cuite donnée .Il apparaît encore une fois que la régularité de la qualité de la masse cuite facilite l'optimisation du cycle de la centrifugation.

Conclusion :

Le tableau 7 résume les paramètres optimums de bon fonctionnement des turbines.

Paramètres optimum	Durée de préclairçage	Durée de clairçage	Durée d'essorage	Temps de lavage panier	Changement
Durée en (s)	8	16	20	14	Moyen

Tableau 7 : Paramètres optimums du bon fonctionnement des essoreuses

Les caractéristiques du sucre blanc obtenu en appliquant les paramètres optimums obtenus sont représentés dans le tableau 8 suivant :

Echantillons	Aspect	Brix	% cendre	coloration UCUMSA
Echantillon 1	2,1	59,6	0,017	52
Echantillon 2	1,6	55,11	0,01	53
Echantillon 3	1,3	58,68	0,008	54
Echantillon 4	2	58,98	0,011	51

Tableau 8 : les caractéristiques du sucre blanc

- Tous les échantillons sont dans la norme (annexe 10).

- A la lumières de ces données, on voit bien l'impact engendré par un clairçage sur la consommation du fuel et la production des freintes. Il est donc inutile de pousser le clairçage au maximum et de se contenter juste de la quantité suffisante pour produire un sucre de qualité acceptable car le clairçage est plus couteux sur le plan économique.

Conclusion générale

La maîtrise de la qualité du sucre blanc est une tâche difficile .car elle dépend de plusieurs paramètres à savoir la qualité de la masse cuite (granulométrie , compacité) et les conditions de prise d'échantillon à savoir la durée d'essorage , de préclairçage , et de clairçage.

Dans ce travail, on s'est intéressé à l'étude des paramètres des essoreuses afin de déterminer les paramètres optimums du bon fonctionnement des essoreuses permettant d'augmenter et améliorer la qualité du sucre blanc en terme aspect, coloration et cendre.

Cet étude nous a permis de déterminer les paramètres dont leur application à donner un sucre blanc de qualité .Ces paramètres sont : la durée de préclairçage est 8 s, la durée de clairçage qui est 16 s, durée d'essorage 20 s, et la durée de lavage : 14 s avec un chargement moyen de la turbine.

Avant d'achever ce modeste travail, nous tenons à dire que le stage que nous avons effectué au sein de la sucrerie des DOUKKALA nous a été très bénéfique, il nous a permis d'améliorer, considérablement, notre connaissances dans le domaine de l'agroalimentaire.

Sur le plan humain nous avons côtoyé dans divers départements des personnes issues de niveaux hiérarchique variés (dirigeants, cadres, ouvriers...) ce qui nous a permis également, de nous familiariser avec la vie professionnelle.

Ce stage nous a donc permis d'approfondir notre connaissance théorique, et d'enrichir notre savoir technique pour la suite de notre formation supérieure.

A cet égard, nous recommandons certaines suggestions en vue d'améliorer le rendement et la qualité du travail à l'étape de cristallisation :

- L'action du clairçage est prépondérante sur la qualité du sucre produit. Pour cette raison, l'essoreuse doit posséder un système d'asservissement qui règle la quantité d'eau.
- Le débit de masse cuite lui-même doit être calculé en permanence en fonction de la puissance absorbée par le système d'entrainement.

Cette cascade de contrôle permet de corriger en continu la quantité d'eau de clairçage consommée et d'ajuster au plus près la qualité du sucre.

Bibliographie

- ❶ Cours de cristallisation de Mme GOURARI, professeur chercheur à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV)
- ❶ Cours de sucrerie de feu Mr KOUNIBA (fût professeur chercheur à l'IAV Hassan II)
- ❶ Document de l'AFISUC : association pour la formation dans les industries sucrières
- ❶ Document de laboratoire