



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

**Diplôme de Licence Sciences et Techniques
Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Elaboration du plan de maintenance d'ELBA 3 (Machine de fabrication des morceaux de sucre)

Présenté par :

**EL ALAOUI EL ABDALLAOUI MOHAMMED
ALI MHANNA**

Encadré par:

- **Mr. B. RAGI**
- **Mr. AYOUB EL BOUHAMIDI**

Le jury :

- **Mr. A. EL BIYAALI**
- **Mr. B. RAGI**



Année Universitaire : 2010-2011

Stage effectué à : Compagnie Sucrière Marocaine et de Raffinage (COSUMAR)

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Nom et prénom: EL ALAOUI EL ABDALLAOUI MOHAMMED & ALI MHANNA

Année Universitaire : 2010-2011

Titre: Plan de maintenance de la machine ELBA3 (machine de production de sucre)

Résumé

Notre projet de fin d'études à Cosumar avait un but principal : la création du plan de maintenance de la machine ELBA3, de ce fait on a élaboré des fiches d'intervention systématiques sur la ligne de production, on a établie aussi une analyse fonctionnelle et une étude AMDEC et un diagramme Pareto afin de déterminer les criticités de l'ensemble des installations et organes des différentes machines, et dont va découler les opérations systématiques, leurs moyens, les intervenants ainsi que la fréquence de ces interventions.

Mots clés:

Maintenance préventive, sucre, raffinage, conditionnement, AMDEC



Dédicaces

En témoignage de nos reconnaissances.

Pour vos sacrifices et vos encouragements veuillez trouver dans ce modeste travail le fruit de toutes vos peines et vos efforts, nous dédions ce travail à :

- ❖ Nos parents
- ❖ Nos frères et sœurs
- ❖ Nos enseignants
- ❖ Tous nos chers amis (es)

R

permis la réussite. Ces pi

• Mr. A. B

et à sa

Granulés à la

société COSUMAR. Ces précieux conseils nous ont été d'une grande aide, ainsi que l'attention dont il a



fait preuve à l'égard de notre travail. Il nous a confié la liberté et la responsabilité de mener à bien ce projet, tout en nous encourageant et en nous soutenant. Nous le remercions aussi pour la confiance qu'il a eue en nous, ainsi que pour son amabilité et sa gentillesse.

- **Pr. B. RAGI**, professeur de l'enseignement supérieur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. sa rigueur et ses compétences exemplaires ont été pour nous un modèle à suivre au cours de ce projet. Nous ne lui remercions jamais assez d'avoir bien accepté de nous encadrer, et de suivre l'évolution de notre projet.
- **Pr. A. El Khelfi**, professeur de l'enseignement supérieur et chef département mécanique à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Son soutien pour ainsi dire parental durant nos études en Licence nous a profondément touchés. Nous ne pourrions exprimer assez notre respect et notre gratitude envers lui, et nous n'oublierons jamais ses précieux conseils.
- Tous le **corps professoral au sein de la FST** de Fès, pour ses qualités pédagogiques et humaines. Notre reconnaissance n'a d'égale que votre estime et amour pour votre profession.
- Tous le **corps professionnel au sein de COSUMAR**, pour leur soutien quotidien durant les deux mois de stage. L'ambiance chaleureuse et amicale qu'ils font régner sur les lieux de travail a contribué à la réussite de notre projet.

Que ces lignes puissent prouver pour toujours notre reconnaissance et notre estime envers ces personnes...

INTRODUCTION

La **CO**mpanie **SU**crière **MA**rocaïne de **R**affinage est le principal acteur sucrier au Maroc détenant le monopole de la fabrication et le conditionnement du sucre dans le pays. Cette entreprise compte déjà 81 ans d'existence et compte parmi ses filiales plusieurs sites chacun ses spécifiés et ses procédés de fabrication. Ces derniers sont scindés en deux catégories principales : les procédés traditionnels et les procédés modernes de conditionnement.

Les procédés classiques ou bien traditionnels sont amenés à disparaître pendant les prochaines années, la COSUMAR étant inscrite dans un processus de modernisation et de mise à niveau pour pouvoir répondre aux standards internationaux lui permettant de faire face à l'éventuelle concurrence pouvant entrer en lice après la probable libéralisation du marché du sucre. Pour ce, la COSUMAR est



entraîné de mettre à niveau ses ateliers en installant des ateliers répondant aux exigences HACCP et en se dotant de matériel à la pointe de la technologie permettant d'avoir une flexibilité vis-à-vis des gammes de produits proposés dans le marché et permettant de faire d'énormes économies dans les frais du personnel, des matières consommables, consommation d'énergie...etc. C'est dans ce cadre là que rentre l'acquisition des nouvelles machines ELBA.

Cette machine étant installée depuis quelques mois, le service technique a décidé d'élaborer un plan de maintenance pouvant optimiser les coûts d'exploitation et les temps de maintenance entre « maintenance corrective » et « maintenance préventive » afin de réduire autant que faire ce peut les coûts directs et indirectes des interventions.

C'est là que vient notre mission lors de ce projet et qui vise l'élaborer des fiches d'intervention systématiques sur la ligne de production. Ces fiches vont être élaborées moyennant une analyse fonctionnelle et une étude AMDEC qui vont déterminer les criticités de l'ensemble des installations et organes des différentes machines, et dont va découler les opérations systématiques, leurs moyens, les intervenants ainsi que la fréquence de ces interventions.

CHAPITRE 1



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



PRESENTATION DE LA SOCIETE



1. PRESENTATION :

COSUMAR « Compagnie Sucrière Marocaine de Raffinage » est un groupe marocain, filiale de la SNI (Société Nationale d'Investissement), spécialisé dans l'extraction, le raffinage et le conditionnement du sucre sous différentes formes. Il est devenu l'unique opérateur sucrier marocain après l'acquisition de SUTA, SUCRAFOR, SUNABEL et SURAC en 2005.

Cosumar se compose de cinq sociétés spécialisées dans l'extraction, le raffinage et le conditionnement du sucre sous différentes formes.

- Cosumar SA, cette société regroupe la raffinerie de Casablanca et les sucreries de Doukkala. L'usine de conditionnement installée à Casablanca produit le pain de sucre, le granulé, le lingot et le morceau sous la marque "Enmer".
- Sunabel, regroupe les sucreries de la région Gharb-Loukkos, elle produit du sucre granulé commercialisé sous la marque "El Bellar".
- Surac, la sucrerie raffinerie de canne située à Mechra Bel Ksiri produit le lingot, le morceau et le sucre granulé, disponible sous le nom "Al Kasbah".
- Sucrafor, Créée en 1972, la sucrerie raffinerie de L'Oriental produit du sucre blanc granulé, sous la marque "la Gazelle".
- Suta, les sucreries du Tadla, créées en 1971, produisent du sucre granulé et du lingot, commercialisés sous la marque "Palmier".

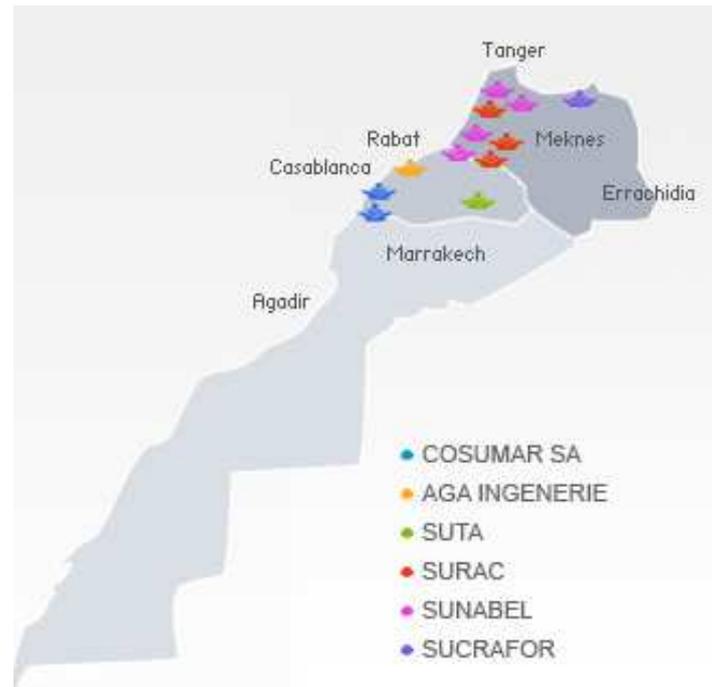


Figure 1 : Répartition des filières de Cosumar au Maroc

COSUMAR joue un rôle très important sur le plan sucrier national, ses ventes représentent 65% du marché local dont 90% pour les pains et morceaux, et 100% pour le sucre lingot. L'usine travaille d'une manière continue, 24h/24h et 7j/7j afin d'arriver à la satisfaction des besoins du marché.

La raffinerie fonde son métier sur 3 principales activités:

- L'extraction à partir de la canne et betterave à sucre (46 % de la production),
- Le raffinage du sucre brut importé (54 % de la production),
- Le conditionnement sous différentes variétés.

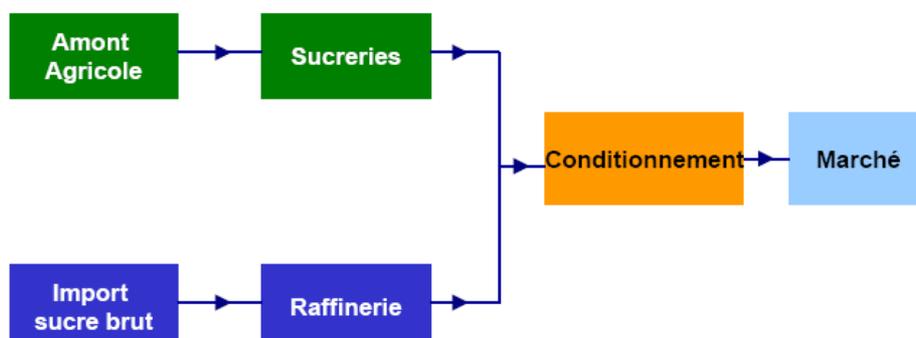


Figure 2 : Activités principales de la raffinerie

COSUMAR propose une gamme diversifiée de produits:



- Le pain de sucre,
- Le sucre en lingots et morceaux,
- Le sucre granulé.



Figure 3 : Produits de la Cosumar

L'usine est divisée en trois parties :

- Usine de pains coulés où la confection du pain est obtenue par égouttage.
- Usine de pains turbinés d'où le pain de sucre est obtenu par centrifugation.
- Le conditionnement des Lingots, Morceaux et Granulés où il y a obtention des boites de lingots, morceaux et sucre granulé.

2. HISTORIQUE :

1929

La raffinerie de Casablanca est créée, sous le sigle COSUMA, par Société Nouvelle des Raffineries de Sucre de SAINT LOUIS de MARSEILLE; elle produit 100 tonnes de sucre par jour, exclusivement sous forme de pains de sucre.



Figure 4 : Les débuts de la société sous le sigle COSUMA

1967

L'Etat marocain acquiert 50% du capital.

1985

Le groupe ONA prend le contrôle du capital de Cosumar, désormais cotée à la Bourse des Valeurs de

Actionnaire	%
Groupe ONA	55,49
CIMR	12,82
Flottant en bourse	11,63
SNI	7,09
Wafa Assurance	5,35
Banque Islamique	3,41
RMA Wataniya	1,84
MAMDA	1,42
MCMA	0,77
CELACO	0,18

Casablanca.

Figure 5 : Distribution du capital de Cosumar

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.



Figure 6 : Vue de la sucrerie de Sidi Bennour

2003

Certification des sucreries ISO 9001 V 2000.

2005

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



Figure 7 : Sociétés Acquisées par Cosumar

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.



3. FICHE TECHNIQUE DE LA SOCIÉTÉ :

<u>LOGO</u>	
<u>CREATION</u>	1929
<u>FORME JURIDIQUE</u>	Société anonyme
<u>SIEGE SOCIAL</u>	★ 8, rue El Mouatamid Ibnou Abbad BP3098 20 300 Casablanca (Maroc)
<u>DIRECTION</u>	★ Mohammed Fikrat (PDG) ★ Jaouad El Khattabi (DG)
<u>TELEPHONE</u>	05 22 67 83 83
<u>FAX</u>	05 22 24 10 71
<u>SUPERFICIE</u>	20 Hectares
<u>EFFECTIF</u>	1081 (au 2011)
<u>SITE WEB</u>	www.cosumar.co.ma
<u>CAPITALISATION</u>	▲ 6.370.406.640 MAD (2008)
<u>CHIFFRE D'AFFAIRES</u>	▲ 5,698 milliards de MAD (2008)

Figure 8 : Fiche technique de la société



4. ORGANIGRAMME DE LA SOCIETE :

L'organigramme de la société de présente comme suit :

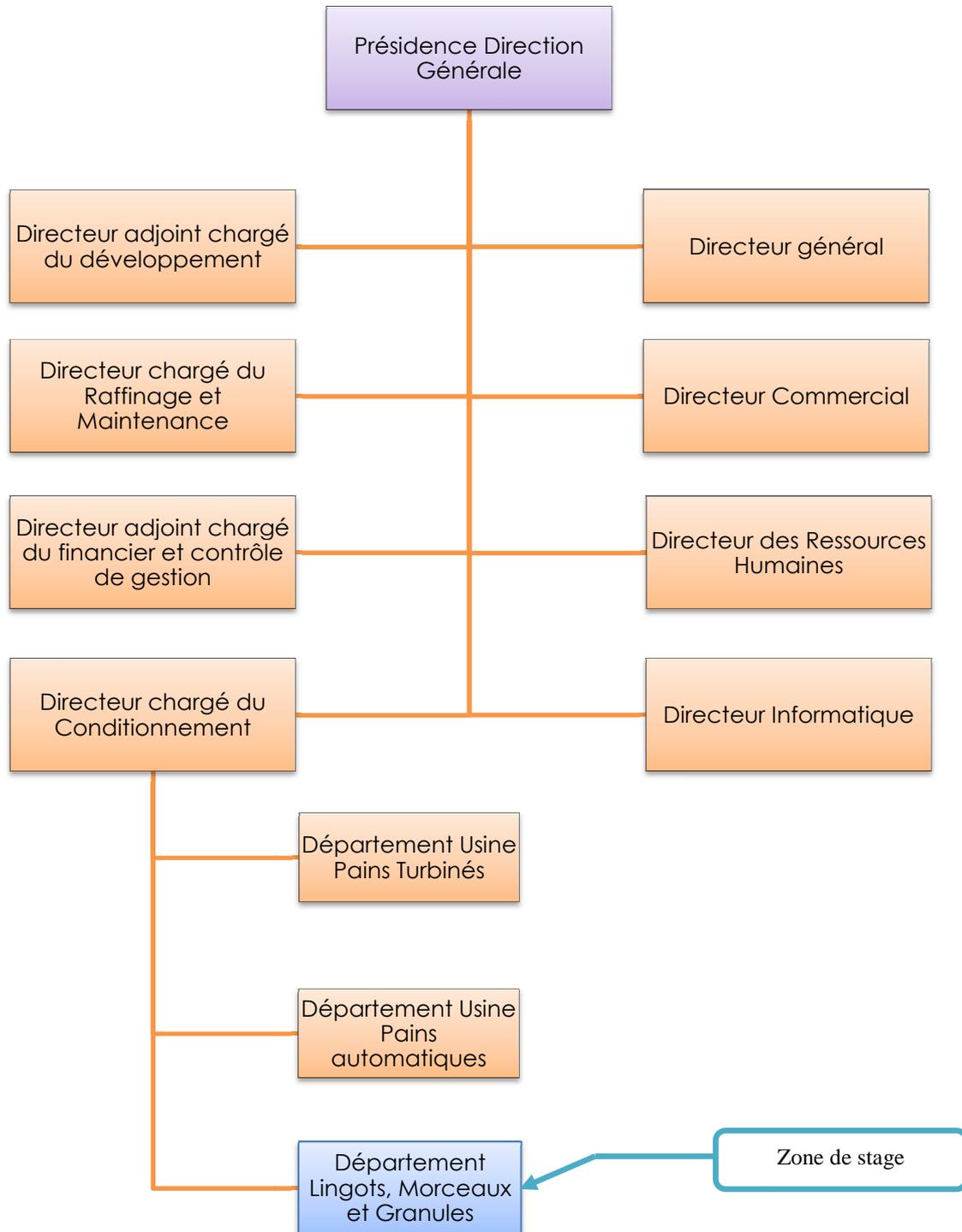


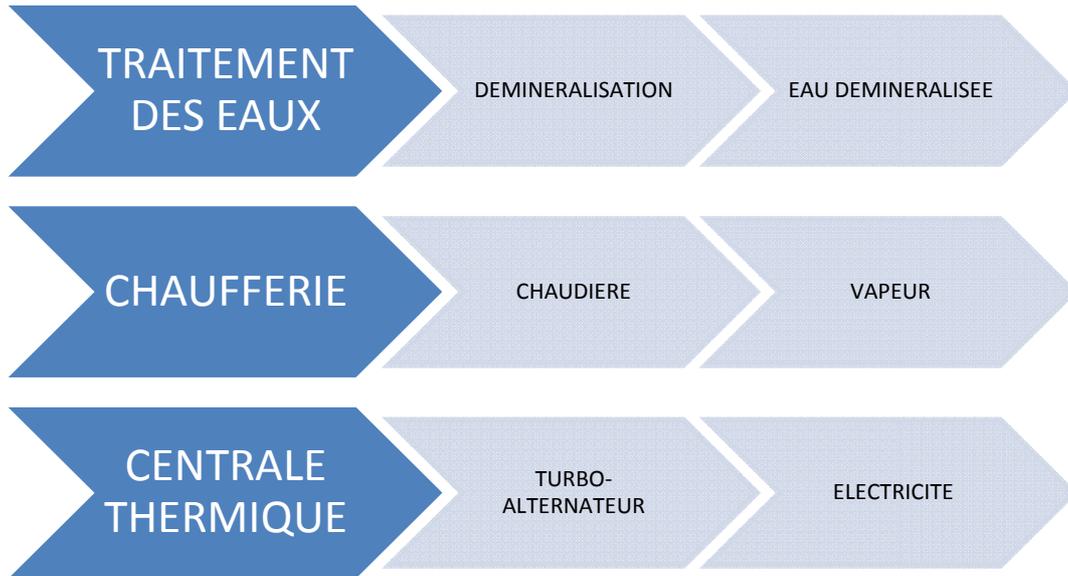
Figure 9 : Organigramme de la société



5. CARACTERISTIQUES :

5.1 : LES SOURCES D'ENERGIE :

Parmi les caractéristiques de Cosumar, l'auto production de la quasi-totalité de ses besoins en énergie dissipée dans toutes les étapes de raffinage de sucre.



Cette énergie est produite grâce au service de la centrale thermique sous forme de vapeur, dont la moyenne par jour est de 3000 tonnes. Une partie de cette vapeur sera exploitée au sein de la centrale thermique, afin de produire de l'électricité en tournant des turbo-alternateurs à grande vitesse, tandis que l'autre partie va être utilisée pour le raffinage du sucre brut.



Figure 10 : Zone de la centrale thermique



5.2 LA MATIÈRE PREMIÈRE :

La matière première de Cosumar est constituée de :

- Sucre de canne : importé du BRESIL, AUSTRALIE et AFRIQUE du sud.
- Sucre de betterave : provenant de l'unité de DOUKKALA.



Figure 11 : Betterave Sucrière



Figure 12 : Canne à sucre

5.3 : PRODUCTION ANNUELLE :

Avec la commercialisation d'un tonnage de 600 000 t/an, la COSUMAR contribue à la satisfaction d'environ 70% des besoins du marché national.

5.4 : PRODUCTION JOURNALIÈRE :

La production journalière a progressé régulièrement pour atteindre actuellement 2000 t/j.

6. DEPARTEMENT DE LINGOTS, MORCEAUX ET GRANULES :

6.1 : DESCRIPTION DU DEPARTEMENT CMM :

L'atelier CMM est le responsable de la fabrication du sucre en lingots et morceaux et sucre granulé de l'usine de COSUMAR.

L'atelier de CMM contenant trois unités :

Unité du rez-de-chaussée :

Contenant quatre machines : CHOMBON 1, 3, 4, 5.

Unité du rez-de-chaussée se spécialise essentiellement en la fabrication de lingot.

Unité du 1^{er} étage :

Contenant ELBA2, LBA3 et CHOMBON 2, l'unité de 1^{er} se spécialise essentiellement en fabrication de lingot et morceaux.



Secteur de sucre granulé :

Contenant la machine ROVERMA spécialisée dans l'emballage du sucre granulé standard en sac de 50kg ou sac de 2kg.

6.2 : ORGANISATION DU DEPARTEMENT CMM :

Le département est constitué de deux services

- Fabrication : assure le respect des quantités à produire chaque jour afin de répondre aux exigences de la direction.
- Maintenance : assure la continuité de la production par des interventions préventives et correctives si nécessaire, mais en évitant l'interruption de la production.



CHAPITRE 2

PROCESSUS DE FABRICATION

1. PRESENTATION

Avant d'atteindre la forme finale de commercialisation le sucre passe par plusieurs étapes qui débutent par le raffinage du sucre brut importé et se termine par le conditionnement sous la forme voulue.

2. PROCESSUS DE RAFFINAGE

La fonction réalisée par Cosumar est le raffinage, ce dernier est un processus qui permet d'obtenir un sucre raffiné de haute pureté.

Le sucre brut importé provient du marché international. L'obtention d'un produit fini le plus pur que possible nécessite le traitement du sucre brut importé en éliminant ses impuretés.



2.2 : STOCKAGE:



Figure 13 : Vue intérieure et extérieure d'un silo de stockage

Le stockage du sucre brut se fait dans 2 silos d'une capacité de 75.000 tonnes, le sucre brut est pesé à l'entrée par un pont-bascule pour les camions et par deux servo-balances de 200T/h chacune pour les wagons avant le déchargement dans le silo.

2.2 : L'AFFINAGE:

Le but de l'opération d'affinage est d'éliminer les impuretés externes qui enveloppent le sucre pour obtenir un sucre aussi décoloré que possible. Cette étape se déroule en deux phases :

2.2.1 : EMPATTAGE:

Le sucre brut est transporté successivement par des bandes. Il est débarrassé des corps étrangers à l'aide d'un aimant qui élimine les métaux ferreux et tamisé pour retenir les grosses mottes. Dans un malaxeur permettant la circulation de la vapeur pour maintenir la température voisine de 50°C. Le sucre se mélange avec « l'égout riche d'empattage ^[4] » et le sirop pour éliminer les impuretés externes de la molécule.

2.2.2 : TURBINAGE

La masse cuite ^[5] d'empattage passe alors dans des turbines pour être essorée par centrifugation. Le sirop obtenu appelé « égout riche d'empattage ^[4] », filtré à travers la toile de la turbine, tandis que le sucre reste dans le panier. Ce sucre subit un clairçage qui est une sorte de rinçage. Le but de cette opération est d'éliminer la totalité des impuretés extérieures.

2.2.3 : REFONTE DU SUCRE AFFINE

Le sucre issu du turbinage est fondu avec de l'eau sucrée (récupérée de certaines opérations telles que le lavage des formes ou le dé-sucrage des résines...etc.) chauffée à 60°C. Le sirop obtenu est



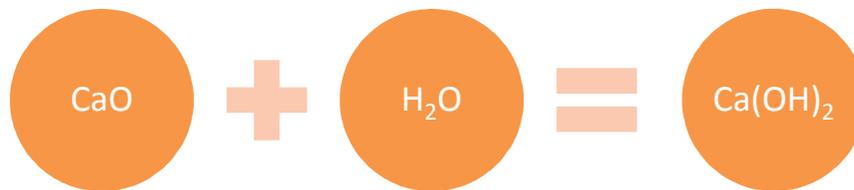
appelé « fonte commune » de Brix ^[1] de 63 à 64%. Elle sera envoyée vers des bacs de stockage dans la station d'épuration.

2.3 : EPURATION:

Cette étape vise à éliminer les impuretés internes renfermées dans les cristaux. Cette opération se déroule en deux phases :

2.3.1: LA CARBONATATION

La carbonatation, étape primordiale dans la sucrerie, est le procédé de précipitation du carbonate de calcium dans la fonte. Ce précipité est volumineux et gélatineux, il présente une grande surface active et permet ainsi d'absorber les impuretés internes dans les cristaux.



Ca(OH)_2 : Lait de Chaux.

CaO : Chaux

H_2O : Eau



CaCO_3 : Carbonate de calcium.

Ca(OH)_2 : Lait de Chaux.

2.3.2 : FILTRATION MECANIQUE

Elle vise à séparer le sirop du carbonate de calcium formé. Cette opération se déroule dans six filtres composés de 80 poches reliées à des tubes afin de contrôler la quantité du produit sortant. Le carbonate de calcium se dépose sur la toile en une couche qui sert elle-même de pré-couche pour arrêter toutes les particules en suspension et ne laisse filtré que le sirop, et ce grâce à une différence de pression entre le sirop et l'intérieur de la poche de filtration.

On obtient après filtration, un sirop carbonaté filtré ou commune filtrée de pureté ^[2] supérieure à 99 et un Brix ^[1] autour de 65% et des boues. Ces boues seront ensuite débarrassées de leur sucre à l'eau chaude.



2.4 : DECOLORATION:

Le sirop filtré contient encore des colorants qui ont échappé à la filtration mécanique. Ce sirop va alors être décoloré sur résiné.

La station de décoloration sur résine ^[6] comporte deux unités ; une unité ne dépassant pas 35m³/h et l'autre de capacité de 110m³/h.

Chaque unité est constituée de trois colonnes. Chaque colonne est divisée en deux compartiments (bas et haut). Chaque compartiment contient deux résines.

- La première colonne est en production
- La deuxième en finition
- La troisième en régénération.

Dans la production et finition, le sirop est décoloré dans la première colonne puis traverse la 2^{ème} colonne de finition. Une fois la résine ^[6] est saturée la colonne passe à la régénération.

2.5 : EVAPORATION:

Le but de l'évaporation est la concentration de la raffinade ^[3] sortante de la phase de décoloration à une pureté ^[2] de l'ordre de 99.5 et un brix ^[1] autour de 62 à 64. La raffinade ^[3] est envoyée à la station d'évaporation pour concentration. La vapeur qui circule à 125°C, à travers des faisceaux tubulaires, cède sa chaleur latente par conduction à la raffinade ^[3], l'eau est ainsi évaporée et la vapeur condensée. Cette évaporation se fait sous vide partiel pour abaisser le point d'ébullition de la raffinade ^[3] et éviter la caramélisation ^[7] du sucre. La raffinade ^[3] concentrée sort de l'évaporateur avec un brix ^[1] voisin de 74%. Cette raffinade ^[3] alimente ensuite les ateliers des pains et l'atelier de cristallisation (lingots, morceaux et granulés).



Figure 14 : Tour d'évaporation

2.6 : CRISTALLISATION :

La cristallisation est une opération qui permet la formation de maximum de cristaux à partir de la raffinée ^[3] concentrée. Dans le secteur STG (séchage tamisage des granulés) la cristallisation est réalisée dans 2 appareils à cuire.

Ces appareils fonctionnent sous vide et elles possèdent un système de chauffage sous forme d'un faisceau tubulaire placé en bas de l'appareil.



Figure 15 : Tour de cristallisation

2.7 : SECHAGE DU SUCRE BLANC :

Le sucre humide issu du turbinage est ensuite acheminé vers un sécheur en contre courant avec l'air chaud pour diminuer son humidité de 0.6% à 0.03%.

2.8 : REFROIDISSEMENT DU SUCRE BLANC SEC :

Le sucre blanc sec passe dans un refroidisseur à lit fluidisé (air ambiant) et échange de la chaleur avec de l'eau froide pour sortir avec une température de 32°C.



Figure 16 : Zone de séchage et refroidissement

Ce sucre est transporté pour conditionnement des granulés et lingot et morceaux.



Le schéma suivant précise la répartition du sirop afin de garantir la diversité des produits.

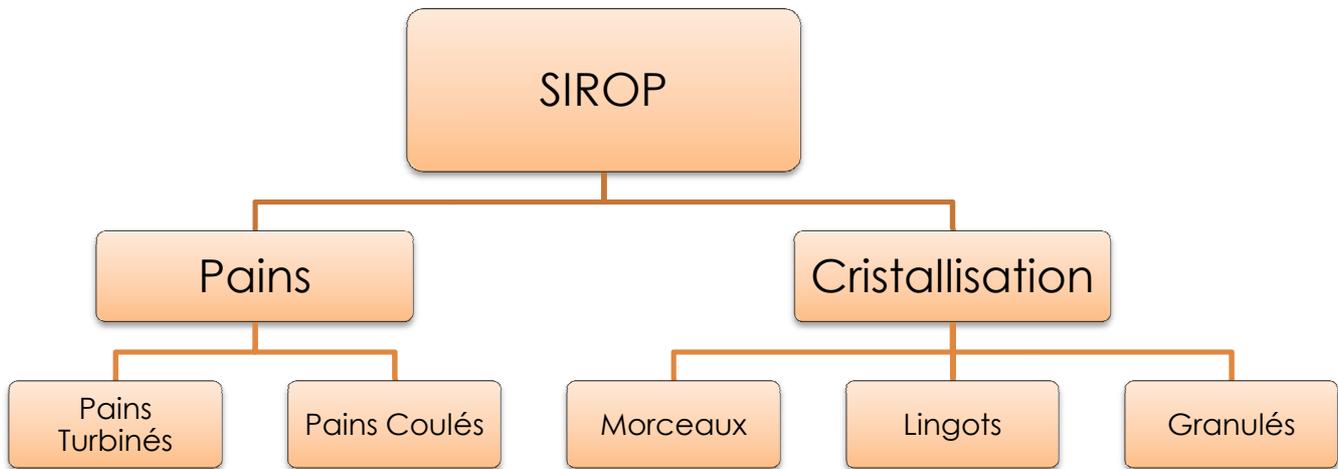


Figure 17 : Distribution du sirop produit

3. PROCESSUS DE CONDITIONNEMENT

3.1 : HUMIDIFICATION

Cette opération se fait au niveau de la vis mélangeur qui a pour rôle de mélanger le sucre granulé avec un dosage d'eau, pour avoir une humidité entre 1.2 % et 1.5 %. Cette humidité facilite le déplacement du sucre dans les conduites et donne une forme presque pâteuse pour faciliter l'étape de moulage. L'arrosage est assuré par une électrovanne.



Figure 18 : Hélice d'humidification



3.2 : MOULAGE

Le sucre humidifié arrive tout d'abord dans la boîte à barbotins qui permet de mélanger et de répartir le sucre dans le bloc de moulage en rotation.

Le sucre est comprimé par des rampes. Le démoulage se fait par l'action des rampes de vidange, les sucres sont ainsi déposés sur les plaques en aluminium qui circulent sur le tapis inférieur.



Figure 19 : Vue du tambour de moulage – Partie mouleuse

3.3 : SECHAGE

L'étuve ou la noria ascendante est constituée de deux parties, une statique comportant des radiateurs à vapeurs et des ventilateurs de brassage d'air permettant la circulation d'air chaud à une température de 86 °C.

La partie dynamique est constituée d'un jeu de quatre éléments de chaîne où sont fixées des cornières qui reçoivent 178 plaques.



Figure 20 : Tapis de séchage

3.4 : REFROIDISSEMENT

Les norias des deux étuves sont équilibrées statiquement par un arbre d'accouplement. Cette étuve comporte un système de refroidissement par injection d'air froid et extraction d'air chaud (la température de sortie sucre 45 °c).

3.5: MISE EN BOITE

3.5.1 : FONCTIONNEMENT

Cette partie est constituée d'un parallélogramme, aux douze sabots qui sont fixés à l'aide de deux bielles excentriques, son mouvement fait 180°. Au point mort, elle soulève les lits de sucre à l'aide du vide, et à 180° elle les dépose dans les boîtes vides.

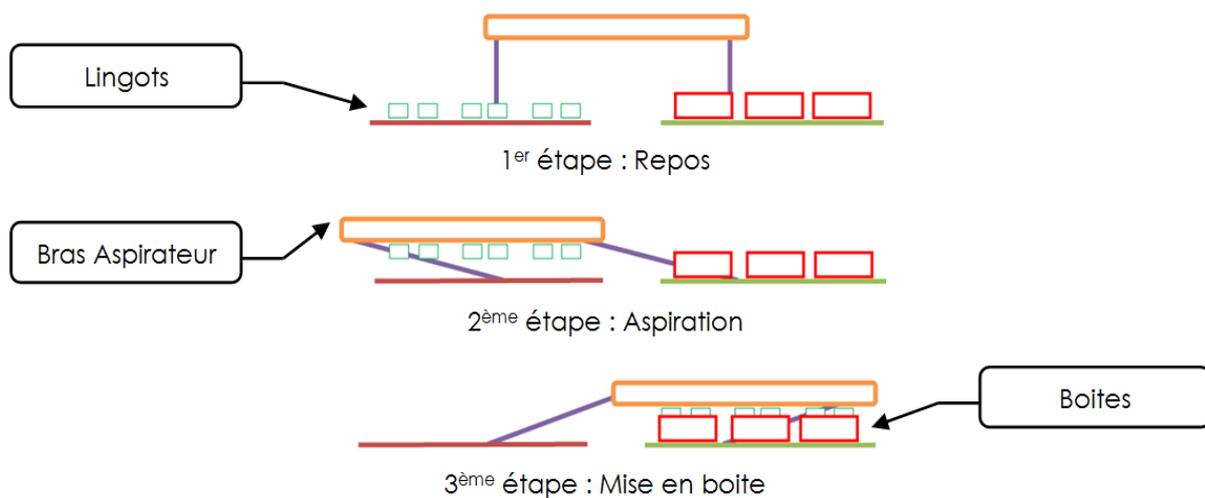


Figure 21 : Etapes de la mise en boîte



3.5.2 : CONFECTION DES BOITES

C'est une machine type (ICBO) qui a pour objectif de confectionner les fonds des boîtes à sucre. Elle est une opération constituée de 5 sous-opérations expliquées par schéma suivant :

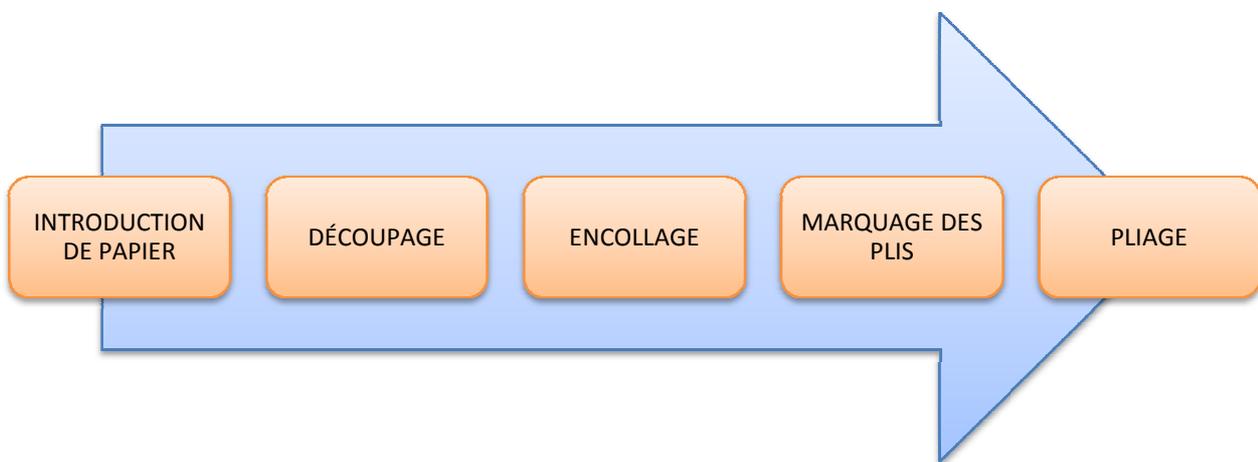


Figure 22 : Déroulement de la confection des fonds de boîtes

3.6 : COIFFAGE

Cette opération s'effectue au niveau des deux coiffeuses, se sont des machines identiques à conception mécanique qui permettent le coiffage d'une boîte remplie de sucre à l'aide d'un couvercle à plat.

3.7 : FARDELAGE

C'est une machine qui regroupe et enveloppe par lot de cinq boîtes de 1 kg dans un papier de conditionnement.

3.8 : LIVRAISON

Les fardes issues de l'opération de fardelage sont organisées sur des palettes afin d'être facile à transporter soit pour être livrées sur le champ ou stockées.



Le schéma suivant résume le processus que suit le sucre blanc après son raffinage :

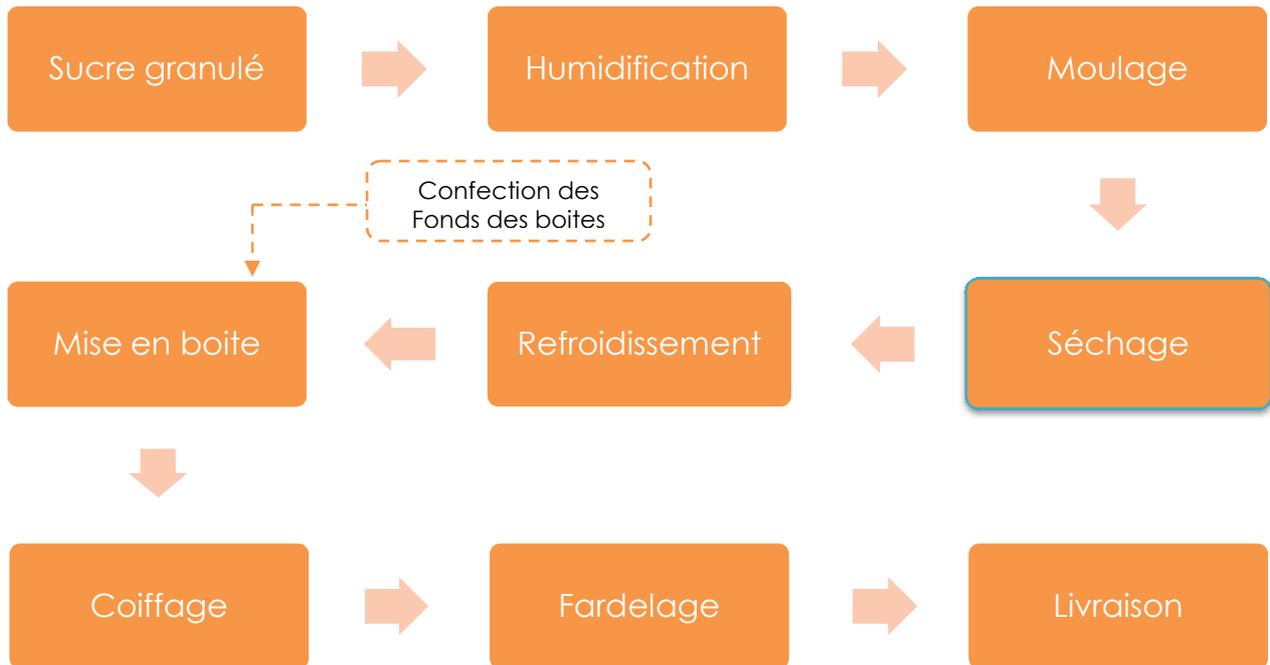


Figure 23 : Processus général du conditionnement du sucre