



Licence Sciences et Techniques (LST)

Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

TACQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

La mise en place du contrôle en cours de fabrication du poids de sucre

Présenté par :

◆ Sayerh Siham

Encadré par :

◆ Pr.KANDRI RODI YOUSSEF

Soutenu Le 16 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Pr KANDRI RODI YOUSSEF
- Dr BOUAYAD ABDESLAM
- Pr OUAZZANI CHAHDI FOUAD

Stage effectué au Service Qualité Sécurité Environnement(QSE)

Année Universitaire 2014 / 2015

SOMMAIRE

Liste des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures.....	IVi
Liste des abréviations.....	Vi
Introduction.....	1
CHAPITRE 1 : Présentation de l'entreprise	
I. Identification de l'entreprise.	3
II. Historique de l'entreprise.....	3
III. Organigramme Hierarchique de l'entreprise.....	5
IV. Gamme de produits.....	6
CHAPITRE 2 : Procédé de Raffinage de Sucre	
I. Approvisionnement ,Réception et stockage.....	8
II. Affinage.....	8
a.Empatage.....	8
b.Turbinage.....	8
III. Fonte.....	9
1.Carbonation.....	10
1.Filtration.....	10
IV. Décoloration.....	11
V. Evaporation	11
VI. Cristallisation.....	12
VII. Malaxage.....	12
VIII. Conditionnement.....	12
CHAPITRE 3 : Maitrise Statistique des Procédés	
I. Notion de base.....	14
1.Contrôle de la qualité.....	14
II. Historique de la MSP.....	14
1.Concept de la MSP.....	15

	2.Bénéfices de la MSP.....	15
III.	Capabilité ou aptitude d'un procédé.....	16
	1.Indice de capabilité machine.....	17
	2.Indice de capabilité procédé.....	17
IV.	Carte de contrôle.....	18
	1.Définition.....	18
	2.Buts et bénéfices.....	18
V.	Contrôle en cour de Fabrication.....	19
	1.Définition.....	19
	2.Pourquoi contrôler la production.....	19
	3.L'objectif du contrôle en cour de fabrication.....	19
	4.Mission du contrôle en cour de fabrication.....	20
VI.	Différents types de contrôle en cour de fabrication.....	20
	1.Contrôle par mesure.....	20
	2.Contrôle par attributs.....	21
	3.Choix des limites de contrôle.....	21
CHAPITRE 4 : Résultats et Discussion		
I.	Résultats du poids de sucre lingot morceau.....	24
	1.Vérification de la loi normal.....	26
	2.Courbe de distribution.....	27
	3.Droite d'henry	28
II.	Calcul de la capabilité de la ligne YILMAZ 1.....	29
III.	Cartes de contrôle.....	30
IV	Application de QQQCCP.....	33
Conclusion générale.....		34
Références bibliographiques		

Dédicace

*A mes très chers parents, mon frère, et tous les membres de ma famille pour
leurs sacrifices ;*

*A tous mes chers(es) amis(es) avec lesquelles je partage les moments forts
dans ma vie ;*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de mon
projet;*

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes chères à mon cœur.

Qu'elles trouvent ici l'expression de toutes mes gratitude et mes amours.

Remerciements

Avant tout développement sur ce stage de fin d'études, il apparaît opportun de commencer ce rapport par des remerciements, à ceux qui nous ont beaucoup appris au cours de ce stage, et à ceux qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.

On tient à remercier tout d'abord notre cher professeur **Mr. EL KANDRI RODI Youssef** pour sa collaboration, son aide, ses efforts et conseils.

Un merci spécial pour notre parrain de stage **Mr. BELMLIH**, pour tous ses conseils et orientations durant toute la période de stage.

Nos remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel de **service Qualité, Sécurité, Environnement** pour les conseils qu'ils ont pu nous prodiguer au cours de cette période de stage.

Sans oublier aussi d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à nos **Jurys Pr. Mr. OUZZANI CHAHDI Fouad et Pr. Mr. BOUAYAD Abdeslam** ainsi que nos **Professeurs** de la faculté des sciences et techniques de Fès.

Liste des tableaux

Tableau1	Coefficients de shewhart 1	21
Tableau2	Coefficients de shewhart 2	22
Tableau3	Suivi du poids de la ligne YILMAZ 1	26
Tableau4	Outils mis en œuvre pour la résolution des problèmes.	32
Tableau5	Processus de l'outil QQQCCP	33
Tableau6	Réponses sur le QQQCCP	33

Liste des figures

Figure.1	Organigramme hiérarchique de COSUMAR	5
Figure.2	Gamme de produits de la cosumar	6
Figure.3	Evolution de la vitesse d'une turbine en fonction du temps	9
Figure.4	Schéma des chaudières de carbonatation	10
Figure.5	Schéma de la station de décoloration	11
Figure.6	Histogramme de la ligne YILMAZ 1	26
Figure.7	Courbe de distribution de YILMAZ 1	27
Figure.8	Droite d'Henry	28
Figure.9	Capabilité procédé de la ligne YILMAZ 1	29
Figure.10	Carte de contrôle des moyennes	30
Figure.11	Carte de contrôle des étendues	30

Liste des Abréviations

ONA : Omnium Nord Africain

SNI : société Nationale d'Investissement

CIMR : Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite

CSQ : contrôle statistique de la qualité

TQM : (Total Quality Management) ou l'approche Qualité Totale

MSP : Maitrise Statistique des procédés

QFD : Qualité fonction déploiement

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, leurs effets et de leur criticité

AFNOR : Association française de normalisation

(Cm et Cmk) : Les indices de capabilité machine

(Cp et Cpk) : Les indices de capabilité procédé

LSC : Limite de contrôle supérieure

LC : Limite centrale

LIC : Limite de contrôle Inferieure

LSCR : Limite de contrôle Supérieure des étendues

LICR : Limite de contrôle inférieure des étendues

Q.Q.O.Q.C.C.P : (Quoi? Quand ? Ou ? Qui ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?)

Introduction

L'industrie sucrière fait partie des industries alimentaires les plus importantes. La raffinerie de Casablanca produit 2400 tonnes de sucre raffiné par jour. Au Maroc la consommation annuelle est d'environ 32 kg par personne, cette consommation augmente en moyenne de 2.5% chaque année.

Pionnière au Maroc dans ce secteur d'activité et première entreprise de la filière sucrière, la raffinerie de COSUMAR produit depuis plus de 80 ans, du pain de sucre. Un produit riche en valeurs traditionnelles. COSUMAR s'est installée dans la modernité, en proposant toute une gamme de produits, adaptée aux habitudes de consommation d'aujourd'hui. Ce positionnement permet à la COSUMAR de commercialiser ses produits dans un environnement non concurrentiel.

Généralement, cette situation de monopole induit à une stabilité et une monotonie dans la stratégie du travail ainsi que la qualité des produits livrés. Néanmoins, vu la libéralisation des échanges, le marché marocain connaît une mutation considérable et une restructuration remarquable dans son tissu industriel dans le but de faire face à la concurrence mondiale qui devient de plus en plus intense. L'entreprise marocaine se voit donc dans l'obligation d'assurer sa mise à niveau par l'optimisation de ses moyens humains, techniques et matériels, en vue d'asseoir sa compétitivité dans un contexte où seuls les plus performants seront viables. Cette compétitivité ne se pose pas en terme de production seulement, mais aussi en terme d'innovation et surtout d'assurance qualité.

Le caractère provoqué lors de mon projet de fin d'études c'est le poids qui a une influence énorme sur le conditionnement de produit fini spécialement sur le sucre lingot morceau, cette étude fait partie de la maîtrise statistique des procédés.

S'inscrivant dans le cadre d'un stage de projet de fin d'études, ce rapport sera structuré comme suit : une partie descriptive de l'entreprise, la description du procédé de fabrication puis finalement le sujet qui a fait l'objet de notre stage, qui est " La mise en place de cartes de contrôle par mesure et la vérification de la loi normal, calcul de capacité ".

CHAPITRE I

Présentation de l'entreprise



I. Identification de l'entreprise :

Le groupe COSUMAR (Compagnie Sucrière Marocaine de Raffinage), filiale du Groupe ONA depuis 1985, est une Entreprise Leader sur le marché national du sucre, elle est cotée en bourse des valeurs de Casablanca à partir de 1988. Ses métiers de raffineur du sucre brut importé et de conditionneur du sucre sous toutes ses formes, morceaux, lingots, granulés et pains, lui confère une place de choix tant dans le paysage économique que social marocains.

II. Historique de l'entreprise :

La COSUMAR a été fondée en Avril 1929 sous le sigle « COSUMA» par la société SAINT-LOUIS de Marseille, pour une capacité de production quotidienne de 100 tonnes de sucre par jour.

Au premier janvier 1967, des accords entre l'Etat Marocain et COSUMA ont donné naissance à COSUMAR. La participation de l'état était de 50% du capital et la production de 900 tonnes par jour.

En 1985, L'ONA «Omnium Nord Africain» a participé avec 55% du capital de la COSUMAR. Le reste étant détenu par :

- ✘ La société Nationale d'Investissement **SNI**
- ✘ La Caisse Interprofessionnelle Marocaine de Retraite **CIMR**
- ✘ Le Fonds Marocain de Placement
- ✘ Les petits porteurs
- ✘ AL WATANYA

En 1993, COSUMAR absorbe, par voie de fusion, les sucreries de Zemamra et de Sidi Bennour.

En 2005, COSUMAR devient l'Opérateur national de l'industrie sucrière par l'acquisition des participations détenues par l'Etat dans le capital des quatre sociétés sucrières nationales : SURAC, SUTA, SUCRAFOR et SUNABEL.

III. Organigramme hiérarchique de l'entreprise

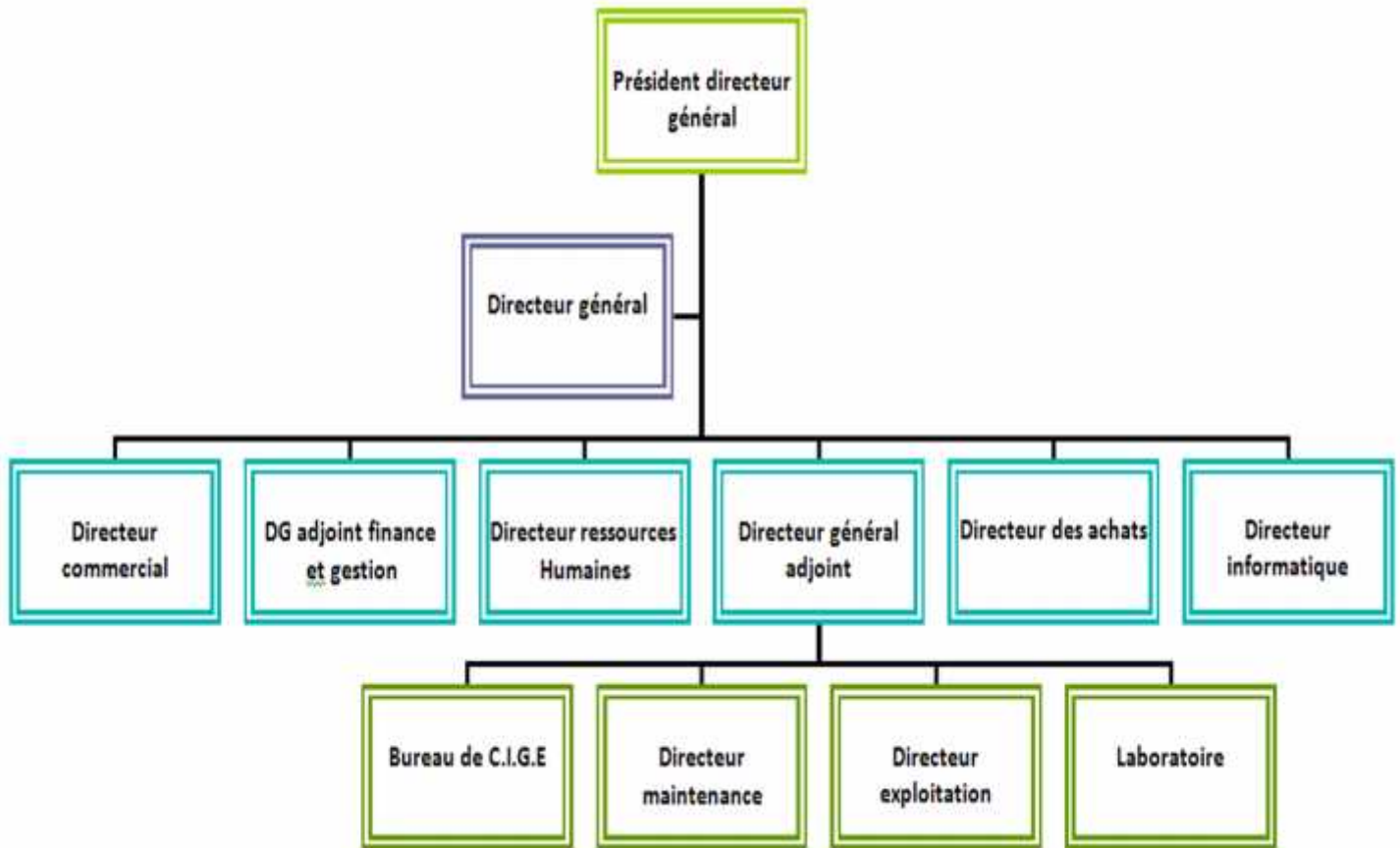


Figure.1.Organigramme hiérarchique de COSUMAR

IV. Gamme de produits :

Annuellement, Les Marocains sont dans le peloton de tête pour la consommation de sucre avec plus de 32 kg par habitant dans le but de satisfaire les besoins nationaux, COSUMAR est contrainte d'importer 50% de ses besoins en sucre brut (sucre de canne), qui est traité à la raffinerie de Casablanca, et proposé en produits à utilisations variées :






	<p style="text-align: center;">Pain de sucre</p> <p>Typiquement marocain, le pain de sucre est utilisé pour la préparation du thé et représente avec ses 1300 tonnes une part importante de la production (54%). Son emballage est en papier (2kg), puis en carton de 24kg.</p>
	<p style="text-align: center;">Le sucre lingot</p> <p>Depuis les années 70, le lingot est utilisé traditionnellement pour préparer le thé et le café. Il est commercialisé en boîte de 1 kg et en fardeau de 5kg.</p>
	<p style="text-align: center;">Le sucre morceau</p> <p>Utilisé principalement pour sucrer le café, il constitue avec le lingot un total de 650 tonnes par jour (27%) et est commercialisé en boîte de 1kg.</p>
	<p style="text-align: center;">Le sucre granulé</p> <p>Sa production journalière étant de 450 tonnes (19%), il est destiné aux professionnels et aux ménages, et emballé dans du polyéthylène en sachets de 2 kg.</p>
	<p style="text-align: center;">Co-produit (mélasse)</p> <p>La mélasse est dite incristallisable, bien qu'elle contienne encore du sucre, mais ce sucre n'intéresse pas l'industriel car son extraction est très coûteuse. Elle est destinée à l'export elle est utilisée comme substrat pour la fabrication de levures.</p>

Figure.2.Gamme de produits de la Cosumar

CHAPITRE II

Procédé de Raffinage de Sucre



I. Approvisionnement, réception et stockage :

Le sucre brut traité à la COSUMAR est essentiellement un sucre de canne qui provient du Brésil à 98%, les 2% restants sont constituées par de sucre de betterave du Maroc.

Le sucre importé qui arrive par bateau est transporté par des camions en vrac jusqu'à l'usine. Les camions sont pesés à l'entrée avant et après la décharge dans les trémies des silos pour contrôler la masse du sucre réceptionné.

Le sucre brut, reçu est ensuite transféré par le biais de bandes transporteuses, jusqu'aux silos de stockage dont la capacité est de 75000 tonnes. Des convoyeurs alimentent continuellement l'usine depuis les silos avec un débit de 80 à 120 tonnes par heure.

II. Affinage :

Le but de cette étape est d'enlever le film extérieur, renfermant des impuretés organiques et minérales, qui se trouve sur la surface des cristaux de sucre brut.

Le sucre brut qui arrive par des bandes transporteuses est pesé sur un cerveau balance, il est débarrassé des résidus métalliques à l'aide d'un aimant, puis traverse un tamis qui retient les mottes de sucre et les insectes.

a. Empâtage :

Cette première étape vise à décaper une gangue, composée d'impuretés externes, se trouvant autour des cristaux de sucre par frottements. A l'intérieur des empâteurs, s'effectue le mélange du sucre brut et de l'égout riche d'empâtage. On utilise l'égout riche pour éviter le problème de dissolution des cristaux du sucre brut. Le mélange ainsi obtenu s'appelle «**masse cuite d'empâtage**» d'un brix de 90-92 et une température de 50-55°C .

b. Turbinage :

Cette deuxième étape vise à séparer l'égout riche d'empâtage, contenant les impuretés externes, et le sucre par centrifugation .

Après l'empâtage, la masse cuite passe par des pompes volumétriques pour rejoindre un ragot qui distribue la masse cuite aux turbines. A la fin du turbinage, on obtient à côté du sucre un premier égout issu du turbinage appelé « **égout pauvre 1** » et un deuxième égout issu du clairçage appelé « **égout riche 1** » contenant une grande quantité de saccharose dissoute dans l'eau de clairçage.

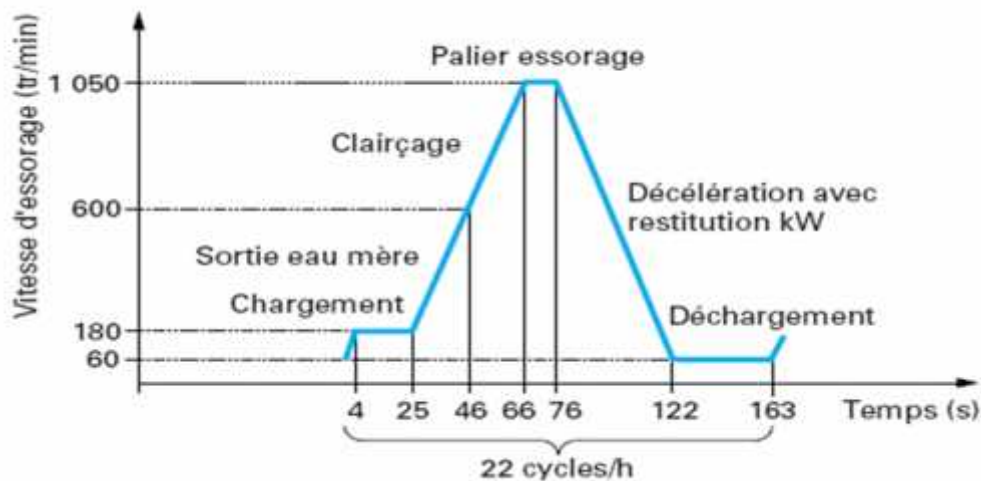


Figure .3.Evolution de la vitesse d'une turbine en fonction du temps

III. Fonte :

Cette opération a pour but de faire fondre le sucre pour pouvoir en extraire les impuretés internes au niveau de l'épuration. Le sucre, à la sortie des turbines, est poussé à l'aide de vis d'Archimède vers un premier fondoir où on lui ajoute de l'eau sucrée. Le mélange est envoyé, par une pompe, vers des échangeurs à plaques afin de régler sa viscosité puis vers un deuxième fondoir pour régler son brix et son pH à 7,5-8 en ajoutant du NaOH. Le mélange passe ensuite par un deuxième échangeur pour atteindre une température de 75-80°C, c'est le réchauffage . A la fin de cette étape, le produit obtenu est appelé « **fonte commune** » ou « **commune non carbonatée** ».

a. La carbonatation :

C'est le procédé de précipitation du carbonate de calcium dans la fonte, ce précipité doué de propriétés d'absorption entraînera la plupart des matières organiques et certaines impuretés, ce précipité est obtenu par réaction entre l'acide carbonique « H_2CO_3 » et le lait de chaux « $Ca(OH)_2$ ». La carbonatation fournit avec le carbonate de calcium un adjuvant de filtration bon marché :

- ✗ Elle rassemble gommages et résines.
- ✗ Elle enlève quelques cendres.
- ✗ Elle décolore le sirop jusqu'à 60 %.

Une fois carbonaté, le sirop à l'intérieur duquel il y a du carbonate de calcium est prêt à être filtré.

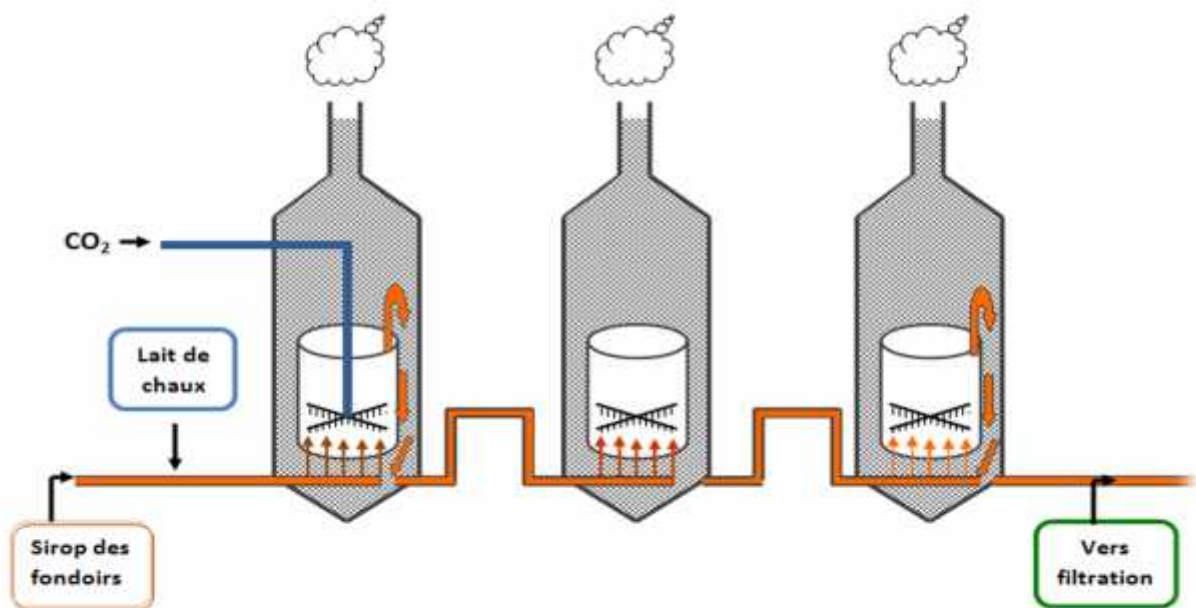


Figure.4.Schéma des chaudières de carbonatation

b. La filtration

La filtration se fait dans une installation de six filtres, de capacité 30 m² chacun. Ces filtres contiennent 80 poches chacun enveloppées d'une toile qui laisse passer le sirop seulement, alors que le carbonate de calcium s'accumule autour de la toile, en formant un gâteau d'une certaine épaisseur.

IV. Décoloration :

La décoloration se fait avec de la résine échangeuse d'ions sur deux stations de trois colonnes chacune, la plus petite travaille avec un débit de 35m³/h et la plus grande avec un débit de 110m³/h. Les colonnes travaillent en série et leur alimentation se fait du bas vers le haut par la méthode up-flow .La décoloration se fait en trois étapes :

- ✚ La production : la commune filtrée traverse la première colonne.
- ✚ La finition : la commune filtrée achève sa phase de décoloration.
- ✚ La régénération : c'est une étape pour régénérer la résine pour une nouvelle décoloration.

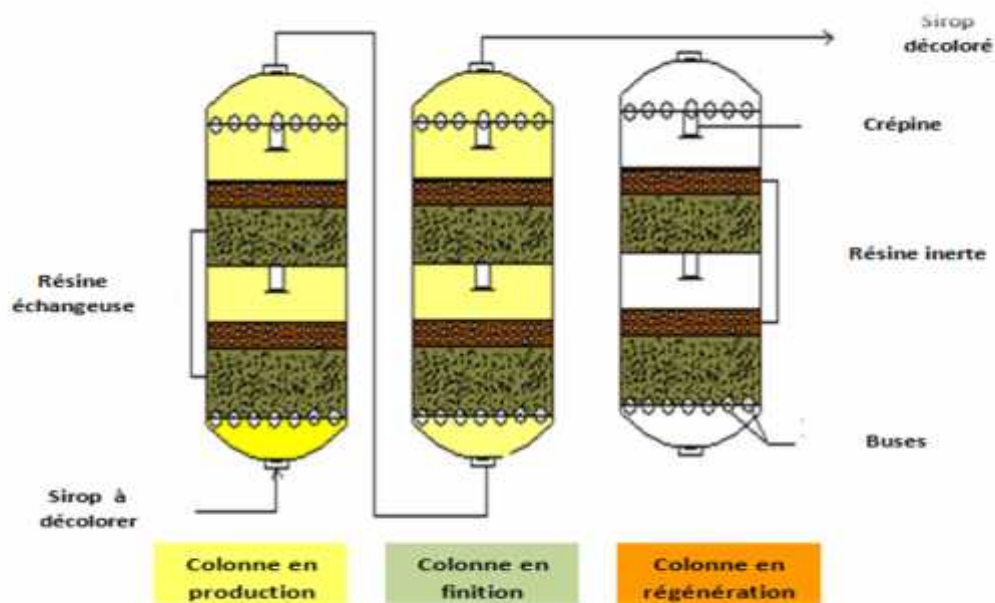


Figure.5.Schéma de la station de décoloration

V. Evaporation :

À la sortie de la décoloration, la raffinade a une pureté de 99,5% et un BRIX de 65. À ce niveau la raffinade est prête à être cristallisée, mais il est intéressant dans un souci d'économie d'énergie, de la concentrer c'est-à-dire de la réchauffer et de l'évaporer dans le but d'augmenter son BRIX de 65 à 75.

VI. Cristallisation :

Comme l'évaporation avait pour rôle de concentrer le sirop, lors de la cristallisation on effectue une concentration un peu plus poussée. Elle permet d'enlever une grande partie de l'eau et d'extraire le sucre.

Le sirop décoloré (raffinade) subit une cristallisation dans des cristallisoirs, le sucre mélangé avec le sirop est appelé : masse cuite .

VII. Malaxage :

C'est l'opération qui consiste à agiter pendant un certain temps, la masse cuite sortie des cristallisoirs, afin de compléter la formation des cristaux et de pousser l'épuisement de l'eau mère. Cette opération se fait dans des malaxeurs, appareils sous forme de « U » d'une capacité égale à celles des appareils à cuire, munis d'un système d'agitation.

VIII. Conditionnement:

La COSUMAR dispose de trois stations de conditionnement, selon le produit fini désiré.

- ✚ Station de conditionnement du granulé
- ✚ Station de conditionnement des lingots et morceaux
- ✚ Station de conditionnement de pain Sure.



Projet de fin d'études 2014/2015



CHAPITRE III

Maitrise Statistique des Procédés

I. Notion de base

1. Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité, ou encore l'assurance-qualité, comprend un ensemble de techniques et d'activités qui permettent d'évaluer l'efficacité de la qualité des systèmes de production et de service, de déterminer en temps réel l'état de la qualité des systèmes, d'assurer la conformité des produits (biens et services) aux exigences des consommateurs et aider à l'amélioration continue de la qualité .

Les activités de contrôle de la qualité sont essentiellement: la détermination des spécifications exigées de la qualité, la conception du produit ou de service selon ces spécifications, la production avec l'intention de satisfaire les spécifications, l'inspection pour contrôler la conformité aux spécifications de la qualité, le retour d'information et la révision des spécifications si nécessaire.

Le contrôle statistique de la qualité (CSQ) est une branche de l'approche Qualité Totale (Total Quality Management). Ce type de contrôle permet de collecter, d'analyser et d'interpréter les données nécessaires pour les utiliser dans les différentes activités de contrôle de la qualité. Les deux techniques de CSQ les plus utilisés en industrie sont la maîtrise statistique des procédés (MSP) et les plans d'échantillonnage.

II. Historique de la MSP

C'est en 1929 que Shewhart a présenté sa célèbre « Control Chart », ouvrant ainsi la voie à une nouvelle discipline qu'est la M.S.P. Tout d'abord oubliée, ce n'est que dans les années 60 que Deming a su insuffler un regain d'intérêt à cette technique. En effet, les japonais avaient déjà compris l'enjeu que représentait la qualité au lendemain de la deuxième guerre mondiale.

La M.S.P. sous ses différentes formes constitue aujourd'hui le fer de lance d'une stratégie de prévention. La M.S.P. n'est pas à elle seule synonyme de qualité, on la conjugue avec d'autres outils tels que l'AMDEC, les plans d'expérience, les techniques de régression,

1. Concepts de la M.S.P

La norme française AFNOR X06030 définit la Maîtrise Statistique des procédés comme suit :

- La MSP est un ensemble d'actions pour évaluer, régler et maintenir un procédé de production en état de fabriquer tous ses produits conformes aux spécifications retenues et surtout avec des caractéristiques stables dans le temps.
- La MSP est un des éléments dynamiques du système qualité, et à ce titre, concourt à l'amélioration permanente de la production.
- La MSP ne se limite pas à l'établissement de cartes de contrôle et à leur exploitation pour régler des machines et maîtriser un procédés, comme on le pense souvent, mais c'est une suite d'analyses qui comprennent : une réflexion sur le procédés, l'identification des caractéristiques significatives de ce procédés, du produit et des tolérances nécessaires, la validation de l'outil de production et de son aptitude à fournir ce qu'on attend de lui, et enfin la mise en place de cartes de contrôle .
- La MSP est une méthode préventive qui vise à amener le procédé au niveau de qualité requis et à l'y maintenir grâce à un système de surveillance qui permet de réagir rapidement et efficacement à toute dérive, en évitant ainsi la production massive de non conformes.

2. Bénéfices de la MSP

Les bénéfices de l'implantation de la MSP sont multiples. La norme AFNOR-X0630 les résume comme suit :

- ✓ l'effet principal recherché : l'amélioration de la production et de la productivité, c'est-à-dire : constance des caractéristiques des produits fournis et diminution des coûts (rebuts, retouches, rationalisation des plans de contrôle, conformité aux spécifications)
- ✓ mais aussi les effets induits comme :
 - l'amélioration des échanges verticaux et horizontaux dans la structure hiérarchique de l'entreprise (la MSP fournit les éléments d'un langage commun)
 - l'amélioration de la démarche de résolution de problèmes de qualité en production (la MSP facilite la recherche des causes et la mesure du résultat des actions)

- l'amélioration puis la maîtrise des procédures, des produits et procédés (sentiment de sécurité avant livraison)

La MSP est fondée sur le concept d'état stable. Il est indispensable de bien connaître ce concept pour utiliser correctement la méthode.

- **Un système stable** : est un système qui a les performances prévisibles, puisque les données sont distribuées de façon aléatoire avec une dispersion constante autour d'une moyenne invariable dans le temps.
- **un système instable** : est une stratégie d'action intensive pour identifier le plus tôt possible les causes d'instabilité, puis les éliminer autant que possible, ou au moins y remédier.

Ces outils, aussi différents soient ils, s'appuient sur deux concepts essentiels de la M.S.P :

- ✘ L'analyse de capabilité
- ✘ Le pilotage par carte de contrôle

III. Capabilité ou aptitude d'un procédé

Deux qualités de base sont en général recherchées dans le suivi d'un procédé. La première notion est la capabilité ou aptitude du procédé. Un procédé est dit capable ou apte si le produit qu'il fabrique répond à certains critères de qualité formulés par le producteur ou par le client. L'analyse de capabilité a pour but de mesurer si le procédé respecte bien ces exigences. Différents outils sont proposés pour effectuer ce type d'analyse : des outils graphiques (histogramme ou graphe de probabilité) et des indices de capabilité.

On désire aussi que le procédé soit sous contrôle statistique. La conformité à cet objectif peut être évaluée par l'utilisation des cartes de contrôle pour vérifier "en ligne" si les distributions des caractéristiques mesurées sur le produit ou le procédé sont stables dans le temps.

1. Indices de Capabilité

Avant de placer un procédé sous contrôle, il est nécessaire de vérifier qu'il est capable de réaliser la caractéristique contrôlée en respectant les tolérances demandées. Pour vérifier cette capabilité on peut calculer un indice de capabilité, il en existe plusieurs :

- ❖ Les indices de capabilité machine (Cm et Cmk)

❖ Les indices de capabilité procédé (Cp et Cpk)

Le premier indice mesure la capabilité machine uniquement, c'est-à-dire qu'on ne prend en compte que la machine. Cela implique que les mesures sont faites de manière à ne prendre en compte que la variabilité aléatoire de la machine (pas de changement d'opérateur, de matières, pas de réglage).

Le deuxième indice peut se réaliser sur une période de temps plus importante et prend en compte le procédé global (machine, main-d'œuvre, matériel, milieu).

2. Indices de capabilité machine

$$C_m = \frac{T_s - T_i}{6\sigma}$$

Tels que T_s : tolérance supérieur et T_i : tolérance inférieur

La machine sera dite capable si $C_m \geq 1,33$.

L'indice C_{mk} mesure à la fois si la machine est capable mais aussi si celle-ci est bien réglée.

$$C_{mk} = \min \left[\frac{\bar{X} - T_i}{3\sigma}; \frac{T_s - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$

Si $C_{mk} \geq 1,33$ alors la machine est bien centrée.

3. Indices de capabilité procédé

L'indice C_p est l'indice de capabilité le plus utilisé. Il a pour but de mesurer si la dispersion de la caractéristique X étudiée est plus ou moins grande par rapport à l'intervalle de tolérance.

C_p est défini par :

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{6\sigma}$$

C_p est un indice à maximiser.

C_p peut s'interpréter comme une mesure du pourcentage de l'intervalle de tolérance utilisé par la caractéristique ou comme une mesure de la capabilité potentielle du procédé à produire une certaine proportion de produit dans les spécifications.

Si, $C_p < 1$, quelle que soit la moyenne \bar{X} du procédé, le taux de non conforme sera toujours trop élevé.

Dans le cas où $C_p < 1$ une révision plus complète de la variabilité du procédé est nécessaire.

En général, on choisit $C_p = 1.33$ comme valeur minimum à atteindre.

L'indice C_{pk} mesure simultanément la position et la dispersion de la caractéristique. Il est défini par :

$$C_{pk} = \min \left| \frac{\bar{X} - T_i}{3\sigma} ; \frac{T_s - \bar{X}}{3\sigma} \right|$$

L'indice C_{pk} doit être maximisé. Une valeur de $C_{pk} = 1$ est en général choisie comme valeur minimum requise.

IV. Cartes de contrôle

1. Définition :

Une carte de contrôle est un outil permettant de déterminer le moment où apparaît la cause assignable entraînant la dérive. Ainsi, le processus sera arrêté au bon moment, c'est-à-dire avant qu'il ne produise des mesures non conformes (hors de l'intervalle de Tolérance).

Les cartes de contrôle les plus utilisées sont les cartes de contrôle par mesure de la moyenne et de l'étendue. Ces cartes sont établies ensemble et interprétées ensemble. En effet, la distribution des résultats modélisée par une loi Normale est caractérisée par la moyenne et la dispersion (écart type).

2. Buts et bénéfices :

Les principaux buts et bénéfices des cartes de contrôles sont les suivants :

- **La carte de contrôle augmente la productivité et diminue les coûts** car elle prévient la production de produit défectueux en aidant à garder le procédé sous contrôle statistique. La productivité augmente car la proportion de "bon produit" fabriqué augmente et les coûts diminuent car il y a moins de déchets.
- **La carte de contrôle empêche le sous ou le sur contrôle.** Il est normal que les sorties d'un procédé varient et il n'est pas indispensable de réajuster celui-ci chaque fois qu'une unité produite ne correspond pas exactement à la valeur cible.

- **La carte de contrôle donne des indications sur les causes des problèmes.** Un opérateur ou ingénieur familier avec le procédé et la technique des cartes de contrôle pourra, en général, diagnostiquer la cause d'un problème en examinant le profil des points sur la carte de contrôle.
- **La carte de contrôle permet de mesurer la capacité** (ou aptitude) du procédé car elle donne une estimation de la tendance centrale de la caractéristique étudiée, de sa variabilité et des limites dans lesquelles elle varie.

V. Contrôle en cours de fabrication

1. Définition :

Le contrôle en cours de fabrication est la vérification du respect des consignes de qualité et fabrication des éléments et articles, à différents stades de la fabrication.

Le contrôle en cours est donc une vérification de la conformité de la qualité en étapes de fabrication et/ou du produit sorti de la chaîne, avec le dossier technique.

2. Pourquoi contrôler la production ?

L'industrie utilise des équipements de plus en plus sophistiqués et automatisés. De ce fait, l'homme intervient de moins en moins sur le produit. Il n'a donc plus autant de regard sur la production pendant que celle-ci est en cours. De plus, les cadences des équipements deviennent de plus en plus rapides. Ainsi, il devient difficile pour l'homme d'effectuer un mirage de 100% du produit conditionné en cours de production.

Le contrôle en cours est donc une étape hors production, qui permet aux opérateurs de vérifier, avec attention, que le produit final est conforme aux attentes du client.

3. L'objectif du contrôle en cours de fabrication :

L'entreprise donne une méthode de contrôle en cours de fabrication permettant de :

- Détecter les anomalies dès leurs apparitions,
- Saisir les informations exploitables pour le suivi et l'amélioration de la qualité,
- Éviter les catastrophes.

L'organisation d'un contrôle en cours de fabrication systématique, suivie par des documents de saisie des résultats, permettra, non seulement une évaluation du niveau de la qualité de la fabrication, mais aussi la possibilité de réduction des pertes le plus rapidement.

4. Mission du contrôle en cours de fabrication :

- Détecter les anomalies dès leur apparition, afin d'engager des actions correctives le plus rapidement possible.
- Vérifier la conformité du travail et du produit aux spécifications.
- Éviter les dérives de qualité en fabrication.
- Contribuer à la diminution de la non qualité.
- Arrêter les produits défectueux.
- Fournir les informations permettant le suivi et l'amélioration de la qualité.

VI. Différents types de contrôle en cours de fabrication

Le contrôle en cours de fabrication de la qualité des éléments produits se fait généralement à partir de prélèvements dont chacun est soumis à un essai.

L'ensemble des résultats obtenus sur un même prélèvement donne lieu au calcul d'une statistique (moyenne ...).

Les valeurs en sont reportées, dans l'ordre chronologique, sur une carte dite « **carte de contrôle** », et interprétées d'après leur position par rapport à des **limites** tracées à l'avance sur la carte.

Nous nous intéresserons aux types de contrôle suivants :

- Contrôle par mesures (shewhart)
- Contrôle par attributs

1. Contrôle par Mesures :

La spécification contrôlée est une grandeur chiffrable par un appareil de mesure.

Les cartes de contrôles permettent de surveiller deux paramètres :

- La tendance de la fabrication (moyenne). $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
- La variabilité du processus (étendue) → $R = \text{Valeur Max} - \text{Valeur Min}$

Pour mettre en œuvre le contrôle par mesures il faut connaître tout d'abord la loi que suivent les caractères contrôlés (Généralement la loi normale).

2. Contrôle par Attributs :

Les cartes de contrôle par attributs permettent d'analyser des « produits non conformes » ou des « non conformités ». Ils sont utilisés pour contrôler la qualité avant livraison (produits fabriqués) ou la qualité à la réception (produits achetés). Les différentes cartes par attributs sont les suivantes : Carte P, NP ,C ,U.

3. Choix des limites de contrôle :

Le choix des limites de contrôle est l'une des décisions cruciales à prendre quand on établit une carte de contrôle. Ces limites dépendent de la caractéristique ou statistique représentée sur la carte mais sont choisies suivant un principe commun.

La ligne centrale et les limites de contrôles sont en général définies comme suit :

- Limite de contrôle supérieure : $LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R}$
- Ligne centrale : $LC = \bar{X}$
- Limite de contrôle inférieure : $LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

Pour la carte des étendues, on a :

$$LSCR = D_4 * \bar{R}$$

$$CL = \bar{R}$$

$$LICR = D_3 * \bar{R}$$

Les coefficients A_2 , D_3 , D_4 sont déterminées à l'aide de tableau suivant :

Tableau.1.Coefficients de shewhart 1

Coefficients	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A2	1,880	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
D3	0	0	0	0	0	0,076	0,136	0,184	0,223
D4	3,267	2,575	2,059	2,326	2,534	2,707	1,864	1,816	1,777

Pour la carte moyenne, écart type :

$$LSC : \bar{X} + A_3 * \bar{S}$$

$$LIC : \bar{X} - A_3 * \bar{S}$$

$$LCS : B_4 * \bar{S}$$

$$LIC : B_3 * \bar{S}$$

Avec : \bar{S} c'est l'écart type : $\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n-1}}$

Les coefficients B_3, A_3, B_4 sont déterminées a l'aide du tableau suivant :

Tableau.2.Coefficients de shewhart 2

Coefficients	5	6	7	8	9	10
A3	1,427	1,287	1,182	1,099	1,032	0,975
B3	0	0,03	0,118	0,185	0,239	0,284
B4	2,089	1,970	1,882	1,815	1,761	1,716



CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

Après avoir pris l'historique du poids de sucre lingot morceau du mois de mars 2015 et effectué le suivi de ce dernier dans la ligne (**YILMAZ 1**) pendant le mois d'avril 2015, dont 10 échantillons ont été mesurés quotidiennement. nous avons effectué des calculs statistiques tels que la moyenne, l'étendue et l'écart type, pour vérifier la normalité du processus et s'assurer que les caractéristiques contrôlées sont stables dans le temps.

Ce chapitre comportera les tableaux contenant les résultats du suivi effectué ainsi que les histogrammes pour la vérification de la normalité, le calcul de capacité et finalement les cartes de contrôle.

I. Résultats du contrôle du poids de sucre lingot morceau :

Le tableau ci-dessous présente les résultats de contrôle du poids de la Ligne **YILMAZ 1**.

x_1, x_2 et x_3, \dots, x_{10} désignent la taille de l'échantillon qui est de 10

\bar{X} : La moyenne des échantillons analysés.

$\bar{\bar{X}}$: La moyenne des moyennes

\bar{R} : L'étendue

$\bar{\bar{R}}$: la moyenne des étendues

S : l'écart type

\bar{S} : la moyenne des écarts types

Tableau.3.Suivi du poids de la ligne YILMAZ 1

Echantillon	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	\bar{X}	R	S
1	1016	1014	1014	1014	1014	1014	1012	1010	1008	1006	1012,2	10	3,19
2	1018	1016	1014	1012	1010	1010	1010	1004	1004	1004	1010,2	14	5,03
3	1065	1065	1055	1050	1040	1035	1045	1010	1010	1012	1038,7	55	21,58
4	1022	1020	1018	1016	1014	1014	1012	1012	1012	1010	1015	12	3,92
5	1020	1016	1014	1014	1012	1010	1008	1006	1004	1002	1010,6	18	5,66
6	1008	1006	1004	1002	998	996	902	990	888	888	968,2	120	52,51
7	1006	1002	1000	1000	996	990	886	884	884	882	953	124	59,53
8	1020	1018	1016	1012	1012	1012	1016	1008	1008	1006	1012,8	14	4,64
9	1020	1018	1018	1016	1014	1014	1008	1006	1002	998	1011,4	22	7,49
10	1022	1020	1018	1014	1012	1012	1010	1008	1006	1004	1012,6	18	5,97
11	1014	1008	1006	1000	1000	992	994	992	990	988	998,4	26	8,68
12	1014	1014	1012	1010	1010	1010	1008	1006	1002	998	1008,4	16	5,15
13	1004	1002	998	998	994	994	990	988	984	984	993,6	20	7,04
14	1012	1008	1004	1000	1002	1006	998	994	990	988	1000,2	24	7,80
15	1020	1018	1014	1010	1008	1002	1000	1000	996	992	1006	28	9,48
16	1014	1014	1010	1006	1006	1000	994	994	980	970	998,8	44	14,61
17	1008	1008	1006	1000	994	994	990	986	986	982	995,4	26	9,66
18	996	994	990	988	984	984	980	980	976	974	984,6	22	7,37
19	997	993	1001	997	996	981	993	981	987	994	992	20	6,83
20	970	975	980	969	985	978	1000	1003	995	999	985,4	34	12,90
21	1008	1002	979	1003	1004	994	977	970	981	1003	992,1	38	13,92
22	962	985	996	971	983	999	988	992	989	939	980,4	60	18,33
23	1009	999	977	996	1013	1023	1018	998	977	1020	1003	46	16,64
24	997	1015	1002	977	971	1003	1007	1007	994	970	994,3	45	16,08
25	981	991	971	943	982	979	981	993	972	961	975,4	50	14,76
26	1002	994	1008	997	1003	997	1002	993	972	992	996	36	9,84
27	995	986	963	970	980	995	1002	993	1000	947	983,1	55	18,02
28	949	999	948	988	1007	952	993	966	974	1005	978,1	59	23,36
29	940	986	940	993	1000	943	993	943	940	994	967,2	60	27,63

30	1028	1022	1022	1020	1016	1016	1012	1012	1008	1008	1016,4	20	6,59
31	1024	1020	1020	1018	1016	1014	1014	1012	998	994	1013	30	9,67
32	1034	1016	1010	1006	1002	1000	998	976	960	950	995,2	84	25,82
30	1028	1022	1022	1020	1016	1016	1012	1012	1008	1008	1016,4	20	6,59
31	1024	1020	1020	1018	1016	1014	1014	1012	998	994	1013	30	9,67
32	1034	1016	1010	1006	1002	1000	998	976	960	950	995,2	84	25,82
33	1026	1008	1004	1002	996	996	994	990	990	984	999	42	11,90
34	1026	1022	1014	1012	1008	1002	1000	982	976	964	1000,6	62	20,44
35	1002	945	943	997	1001	1003	999	998	999	1000	988,7	60	23,63
36	996	999	1000	1002	1001	1003	999	998	999	1000	999,7	7	2,00
											\bar{X} = 996,94	\bar{R} = 39,47	\bar{S} = 12, 35

1. Vérification de la loi normale

Pour mettre en œuvre le contrôle par mesure il faut connaître tout d'abord la loi que suit le caractère contrôlé (poids) qui est Généralement la loi normale.

Pour une taille d'échantillon égal à 10 , nous avons procédé à dessiner un histogramme dans le but de voir la distribution , l'historgramme est un graphe à bars représentant un intervalle de mesures sur l'axe des x et les fréquences des mesures apparaissent dans cet interval sur l'axe des y.

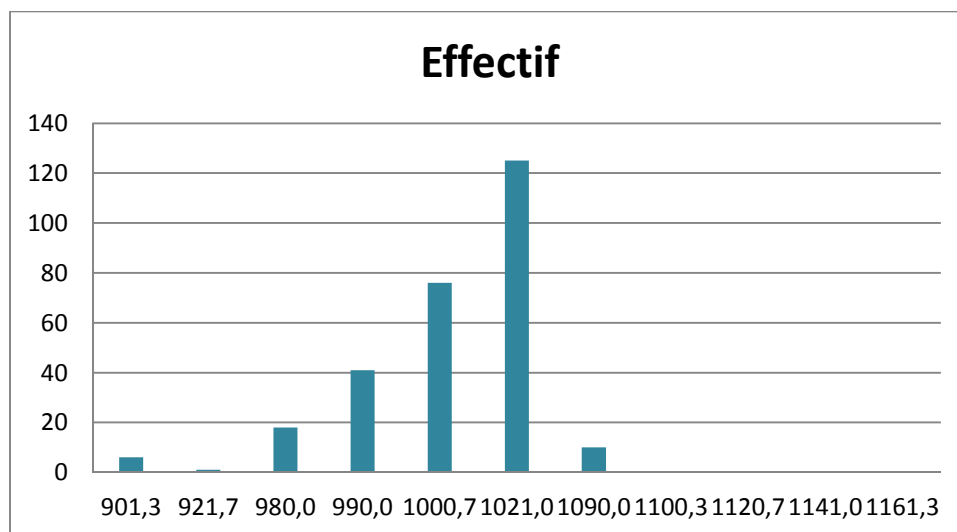


Figure.6. Histogramme de La ligne YILMAZ 1

La symétrie de l'histogramme et sa forme en cloche attestent que la distribution du Poids de sucre au niveau de la ligne **YILMAZ 1** suit une loi normale.

limite inf	limite sup.	effectif
881,0	901,3	6
901,3	921,7	1
921,7	980,0	18
960,0	990,0	41
980,3	1000,7	76
1000,7	1021,0	125
1021,0	1090,0	10
1080,0	1100,3	0
1100,3	1120,7	0
1120,7	1141,0	0
1141,0	1161,3	0
1161,3	1181,7	0

taille échantillon	360
maximum	1065
minimum	882
étendue R	183
calcul nombre de classe	
k	9
étendue de la classe	20,3
Moyenne des moyennes	996,94
ecartype	12,35

2. Courbe de distribution :

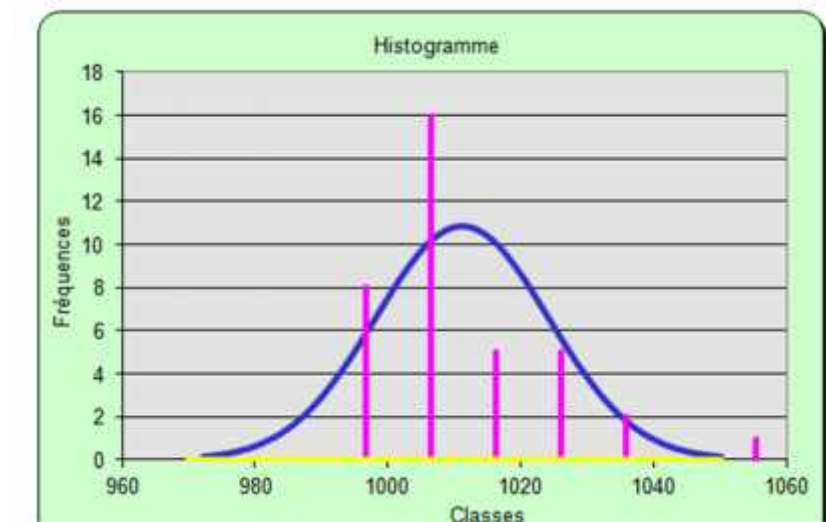


Figure.7.Courbe de distribution de YILMAZ 1

3. Droite d'Henry :

fréquence relative	fréquence relative cumulée	variable aléatoire z
0,0062	0,0062	-2,4981
0,0010	0,0073	-2,4429
0,0187	0,0260	-1,9429
0,0427	0,0687	-1,4857
0,0791	0,1478	-1,0461
0,1301	0,2778	-0,5893
0,0104	0,2882	-0,5585
0,0000	0,2882	-0,5585
0,0000	0,2882	-0,5585
0,0000	0,2882	-0,5585
0,0000	0,2882	-0,5585
0,0000	0,2882	-0,5585

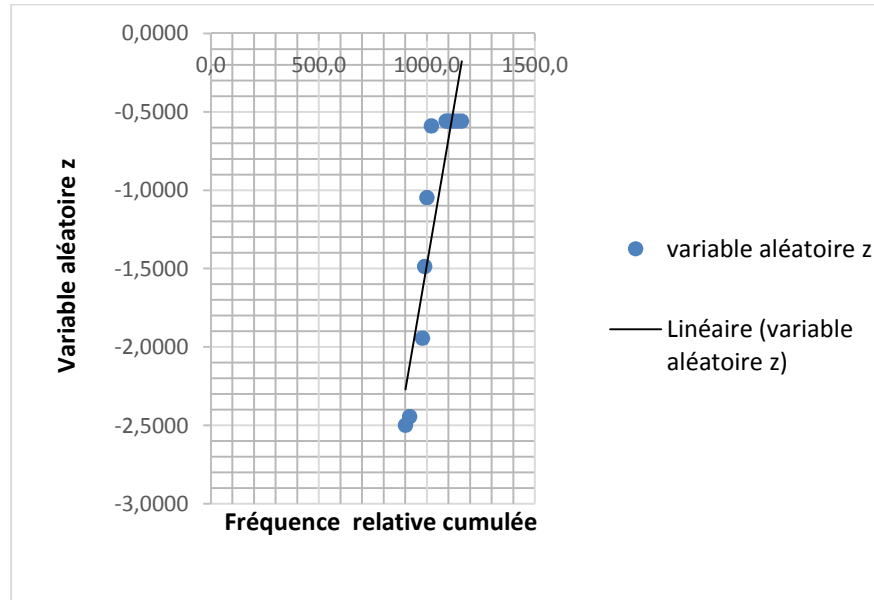
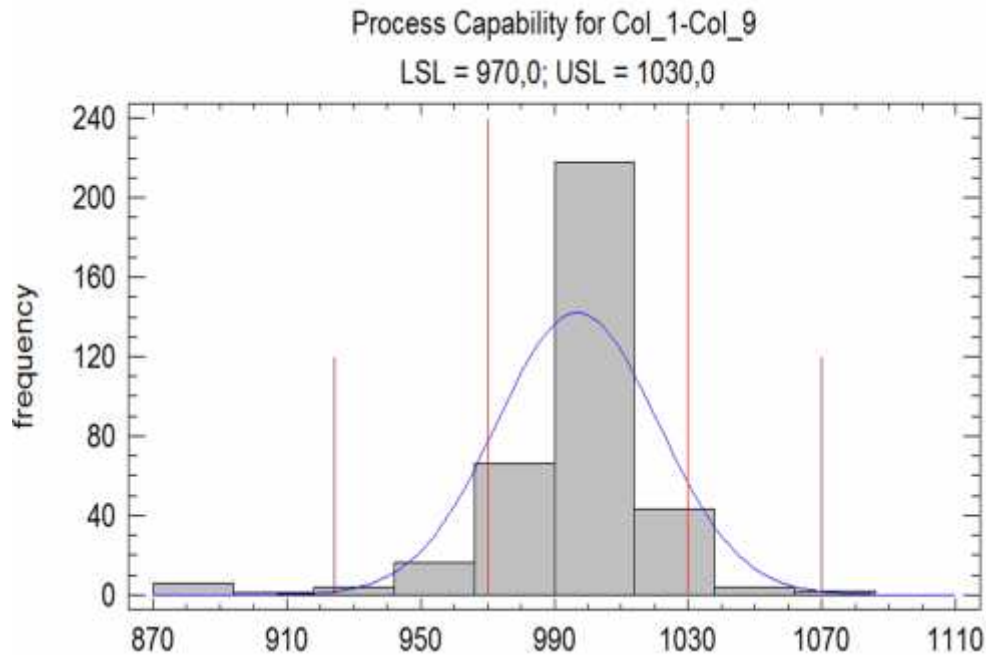


Figure.8.Droite d'Henry

Ce type de graphique permet d'évaluer la normalité de la distribution du poids, c'est-à-dire si la variable suit la distribution normale et dans quelle mesure. Chaque variable sélectionnée est représentée par un nuage de points mettant en relation les valeurs observées et les valeurs "théoriques de la distribution normale".

II. Calcul de la capacité de la ligne YILMAZ1 :

Après avoir vérifié que le poids de sucre dans la ligne YILMAZ 1 suit une loi normale, nous allons calculer la capacité du procédé.



Tolérance Supérieure	1030
Tolérance inférieure	970
Pp	0,41
Ppk	0,46
Cp	0,41
Cpk	0,70

Figure.9.Capabilité procédé de la ligne YILMAZ 1

Interprétation :

Plusieurs indices d'aptitude ont été calculés pour résumer la comparaison de la distribution ajustée aux spécifications. Un index est commun Pp, qui dans le cas de la distribution normale est égale à la distance entre les limites de spécification divisé par 6 fois l'écart type. Dans ce cas, équivaut à 0,41 Pp, qui est généralement considéré comme pas bon. Ppk est un indice de la capacité d'un côté, qui, dans le cas de la distribution normale divise la distance à partir de la moyenne de la limite de spécification près de 3 fois l'écart-type. Dans ce cas, équivaut à 0,46 Ppk.

Depuis indices de capabilité sont des statistiques, ils varient d'un échantillon de données à un autre. Les intervalles de confiance de 95,0% montrent combien ces statistiques peuvent varier des véritables valeurs données par le fait que seulement 360 observations ont été prises.

III. Cartes de contrôle :

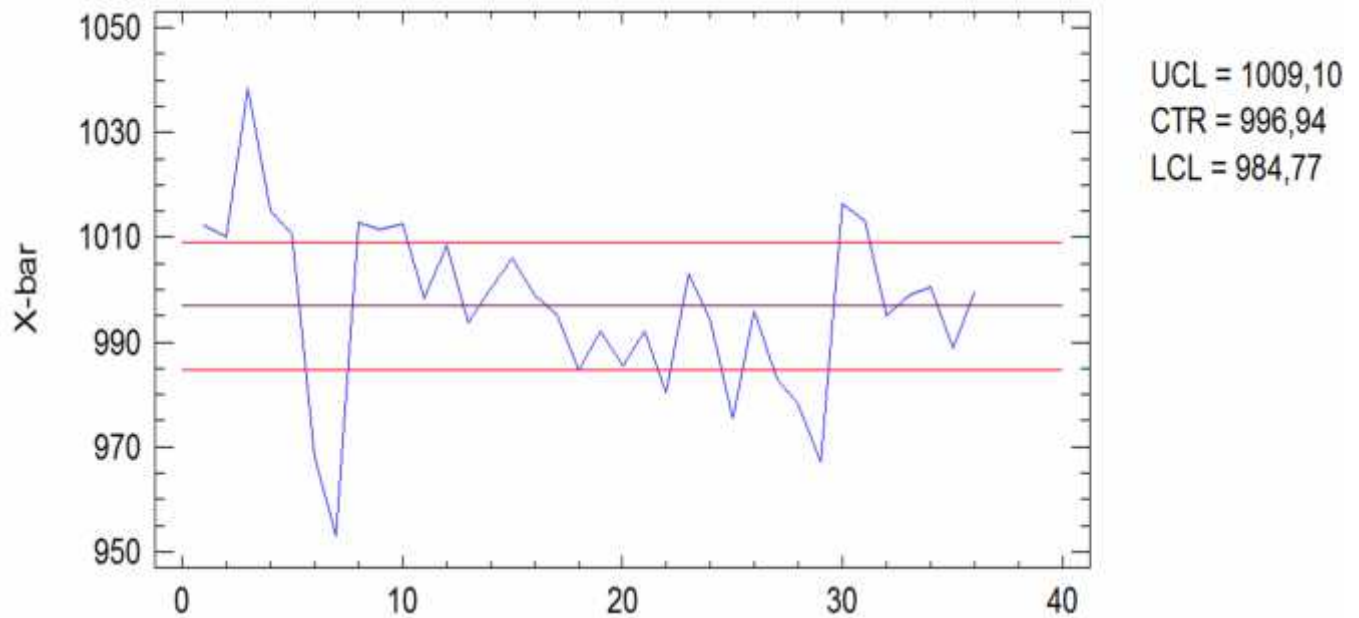


Figure.10.Carte de contrôle des moyennes

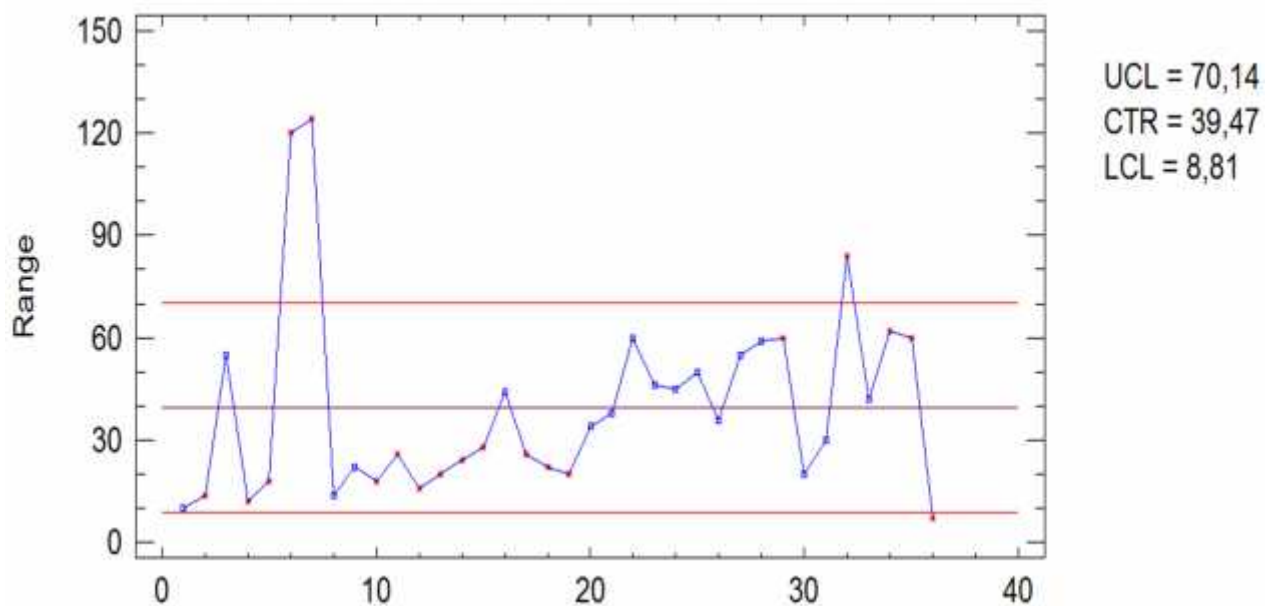


Figure.11.Carte de contrôle des étendues

Interprétation des cartes de contrôles :

Cette procédure crée des graphiques X-Bar, R, Il est conçu pour vous permettre de déterminer si les données proviennent d'un processus qui est dans un état de contrôle statistique. Les cartes de contrôle sont construites sous l'hypothèse que les données proviennent d'une distribution normale avec une moyenne égale à 996, 94 et un écart type égal à 12,35 Ces paramètres ont été estimés à partir des données. Sur les 36 points non exclus indiquées sur les cartes, 15 sont au-delà des limites de contrôle sur le premier graphique alors que 4 sont au-delà des limites sur le deuxième graphique.

la probabilité de voir 14 points ou plus au-delà des limites par hasard est 0,0 si les données proviennent de la distribution présumée, nous pouvons déclarer que le processus soit hors de contrôle au niveau de confiance de 95%.

Dans cette partie, nous avons identifier les causes qui engendrent l'instabilité du poids de sucre lingot morceau au niveau du conditionnement , grâce à un ensemble d'outils de management de la qualité (Q.Q.O.Q.C.C.P, Brainstorming et Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.).

Les outils mis en œuvre dans chaque étape pour la résolution du problème sont explicités dans le tableau 4 :

Tableau.4. Outils mis en œuvre pour la résolution des problèmes.

Etapes	Problème	Tâches	Outils
Comprendre le problème	Définir	Collecter les données afin de comprendre l'existant	Observations directes
		Identifier le problème	QQOQCCP
		Constituer un groupe de travail	-
		Formaliser les problème	QQOQCCP
Connaître les causes	Identifier	Rechercher toutes les causes possibles Visualiser et structurer les causes	Brainstorming
Trouver les solutions	Choisir	Rechercher les solutions optimales	Ichikawa,Pareto..

I. Application du Q.Q.O.Q.C.C.P (Quoi? Quand ? Ou ? Qui ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?)

L'Objectif est d'avoir des informations suffisantes sur toutes les causes du problème, pour déterminer avec exactitude quelle est la cause principale, ces informations sont souvent basées sur des observations, des faits que l'on consigne au cours d'entretiens. Le QQOQCCP peut être utilisé aussi pour bâtir le plan d'action de la solution proposée.

L'outil QQQCCP est une méthode empirique de questionnement, et de se souvenir des sept questions à poser, présentées dans le tableau 5 :

Tableau.5. Processus de l'outil QQQCCP

Question	Exemple
Qui est concerné ?	responsable, victime, acteur...
de Quoi s'agit-il ?	objet, méthode, opération, action phase...
Où ?	lieu, service, atelier, process, distance, étape...
Quand ?	date, durée, fréquence, planning, moment...
Comment ?	moyens, matériel, procédure, manière...
Combien ?	temps, argent, quantité, pourcentage...
Pourquoi ?	réaliser telle action, respecter telle procédure...

Les réponses recensées sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau.6.Réponses sur le QQQCCP

Qui ?	Les contrôleurs de l'unité de conditionnement Les techniciens de la maintenance
Quoi ?	Variation du poids de sucre lingot morceau
Où ?	Atelier de conditionnement
Quand ?	Le problème est détecté dans le mois de janvier 2015 a cause de la non-conformité du poids de sucre lingot morceau ⇒ La non satisfaction du client
Comment ?	Durant l'étude de la performance de l'étape de conditionnement, une stabilité du poids.
Combien ?	L'instabilité du poids peut influencer sur : <ul style="list-style-type: none"> ◦ La qualité organoleptique ◦ L'emballage,stockage
Pourquoi ?	Obtenir un Sucre conforme

Conclusion générale

La COSUMAR 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 Qualité, Sécurité, Environnement nous a permis de mettre en œuvre nos connaissances théoriques acquises au cours de notre formation à la faculté des sciences et techniques. 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 mise en place de cartes de contrôle de sucre lingot morceau dont laquelle nous avons effectué un suivi du poids pendant le mois d'avril 2015, la vérification de la loi normale, et une étude de capabilité qui a pour but de mesurer si le procédé respecte bien les exigences, ainsi que nous avons tracé les cartes de contrôle à fin de savoir si le procédé est sous contrôle statistique et pour vérifier "en ligne" si la distributions du poids sur le sucre lingot morceau ou le procédé sont stables dans le temps.

En effet, grâce à cette étude nous avons pu savoir la conformité et la qualité du poids et l'incapacité du procédé puisqu'on a trouvé des points en dehors des limites d'actions ou d'avertissement avec une certaine uniformité et le procédé est incapable de produire dans un intervalle de tolérance requis puisqu'on a trouvé la capacité du procédé et la performance intrinsèque du procédé sont faibles $< a 1,33$.

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 guidé vers un esprit de traitement des problèmes plutôt pratique que purement académique.

Références bibliographiques

Sites Internet :

<http://www.cyber.uhp-nancy.fr/>

<http://www.cyber.uhp-nancy.fr/>

<http://www.abwconcept.com/>

Cours :

Les outils pour la MSP de Mr BOUDAUD

Maîtrise statistique des processus ENSGI 2A, INP Grenoble

Ouvrages :

La qualité : démarche, méthodes et outils sous la direction de Madame Zohra CHERFI,
filière FQI
Hermès science publications ISBN : 2-7462-0425-8

Appliquer la maîtrise statistique des procédés MSP/SPC
M. Maurice PILLET Édition d'organisation ISBN : 2-7081-2672-5

Thèses :

Maurice Pillet - 11/06/93 - "Les Outils statistique dans l'approche qualité totale"

Emmanuel Duclos - 27/11/97 - "Contribution à la maîtrise statistique des procédés - Cas des procédés non normaux "



Projet de fin d'études 2014/2015

