UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département de chimie

Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité
« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

Maîtrise statistique du processus de lavage des bouteilles en verre au sein de la compagnie des boissons gazeuse du nord

Présenté par:

- **Saghdani Nassima**

Encadré par:

- **Pr Saffaj Taoufiq (FST)**
- **Mr Fahmi El Khammar(CBGN)**

Soutenu Le 09 Juin 2017 devant le jury composé de:

- **Pr Saffaj Taoufiq**
- **Pr Harrach Ahmed**
- **Pr Zaitan Hicham**

Stage effectué à la compagnie des boissons gazeuses du nord(CBGN)

Année Universitaire 2016 / 2017

Introduction

Devant la globalisation et la mondialisation, les entreprises surtout agroalimentaires se trouvent face à une concurrence accrue et une exigence du consommateur qui est devenu vigilant vis-à-vis de la qualité sanitaire des produits alimentaires.

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord ne se trouve pas exclue de cette conception, elle intensifie les efforts et met en œuvre de nouveaux produits et les conditions les plus favorables pour assurer la meilleure qualité possible pour le consommateur.

L'industrie des boissons gazeuses est un secteur prometteur vu le besoin croissant en limonades et jus, essentiellement durant les jours chauds d'été. Les boissons gazeuses sont un produit populaire au Maroc, plus de 72% des consommateurs sont issus de la classe populaire et du monde rural. La consommation enregistre son pic lors des périodes de fêtes.

Pour cela, il n'est plus suffisant de fabriquer des produits en qualité suffisante et en qualité satisfaisante, le souci de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord est devenu l'assurance de la sécurité alimentaire de leurs produits en appliquant plusieurs systèmes de contrôle de qualité et d'hygiène durant toute la chaine de production.

L'objectif de notre travail est de suivre l'efficacité du lavage des bouteilles en verre au sein de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord, en analysant divers paramètres physicochimiques (% de soude, chloration du rinçage, pression du rinçage, température des bains, traces de soude, test de bleu de méthylène, alignement des gicleurs) afin de garantir un produit fini propre et sain pour le consommateur.

Ce rapport est subdivisé en quatre chapitres:

- le premier chapitre est consacré à la présentation de la société CBGN.
- le deuxième chapitre est dédié à une synthèse bibliographique sur le procédé de fabrication de la boisson gazeuse au sein de la CBGN
- le troisième chapitre décrit le processus du lavage de bouteilles.
- Et enfin le quatrième chapitre est réservé à la partie expérimentale, tout en exposant les résultats et leurs discussions.

Résumé

Le but de ce travail était de suivre statistiquement le lavage des bouteilles en verre au sein de la compagnie des boissons gazeuses(CBGN). Pour cela on a fait appel à la maîtrise statistique des procédés (MSP), c'est une méthode de surveillance d'un processus basée sur des cartes de contrôles afin d'identifier les causes spécifiques de variation et de signaler le besoin de prendre des actions préventives ou correctives.

La MSP est un élément d'assurance qualité qui a pour objectif de maîtriser un processus mesurable par suivi graphique basé sur des fondements statistiques.

A cet égard, on a mis sous contrôle le lavage de bouteilles par deux indicateurs : l'indice de capabilité du procédé Cp et l'indice de déréglage (Capabilité réelle) Cpk pendant 20 jours. Les résultats ont clairement montré que le processus de lavage de bouteilles en verre au sein de la CBGN est capable et l'analyse des cartes de contrôle a montré que le procédé est sous contrôle statistique.

Remerciements

Je tiens à remercier:

- Monsieur le Directeur de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord de FES de m'avoir permis d'effectuer mon stage de projet de Fin d'Etudes au sein de son entreprise de taille telle la C.B.G.N.
- Monsieur **Saffaj Taoufiq** professeur à la Faculté des Sciences et Technique de Fès pour son soutien, sa disponibilité, sa patience. Permettant de mener à bien ce travail.
- Monsieur **FAHMI EL khammar** chef du laboratoire pour ses conseils et remarques qui m'ont permis d'optimiser mes actions et travaux tout au long de mon stage.
- Le personnel de la CBGN (cadres, techniciens et employés) pour leur aide et leur collaboration précieuse à chaque fois que je suis confrontée à un problème.
- Les honorables jurys, Pr Ahmed Harrach et Pr Hicham Zaitan d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Liste des abréviations

CBGN	: Compagnie des boissons gazeuse du nord.
RADEEF	: Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès.
DPDN°1	: Diéthyl-p-phénylène Diamine ($C_{10}H_{16}N_2$).
NABC	: Nord Africa Bottling Company.
CA	: Charbon Actif.
SS	: Sirop Simple.
SF	: Sirop Fini.
GOA	: Goût, Odeur, Apparence.
Cp	: Indicateur de capabilité .
Cpk	: Indicateur de déréglage.
ppm	: Partie par million.
MES	: Matières en suspensions.
NEP	: Nettoyage en place.
CIP	: Cleaning in place.

Liste des schémas

Schéma 1 : Organigramme de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord…… 3

Schéma2 : Installation destinée au traitement de l'eau…… 6

Schéma3:Processus d'adsorption du chlore sur le charbon actif (D'après le manuel technique du laboratoire de CBGN) …… 6

Schéma 4:Traitement de l'eau adoucie…… 7

Schéma 5 : Etapes de préparation du sirop simple…… 8

Schéma 6 : Etapes de préparation du sirop fini…… 9

Schéma7:Chainedeproductiondelaboisson…… 13

Schéma 8 : Processus du lavage de bouteilles …… …… 15

Schéma 9: Titrage de la base NaOH par l'acide H_2SO_4…… 18

Liste des tableaux

Tableau1 : Matières et substances qui se trouvent dans l'eau de ville..... 5

Tableau 2 : Analyses effectuées sur les bouteilles à l'entrée de la laveuse..... 17

Tableau 3 : Suivi du % de la soude dans les deux bains pendant 20 jours..... 18

Tableau 4 : Suivi du% de chlore pendant 20 jours 25

Tableau 5 : Suivi de la température des deux bains pendant 20jours..... 29

Tableau 6: Suivi de la pression de rinçage pendant 20 jours..... 34

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du % de la soude – bain 1 20

Figure2 : Carte de contrôle du $\overline{X}$ % de soude-bain1 20

Figure3 : Carte de contrôle du σ % de soude-bain1..... 21

Figure4 : Carte de contrôle du % de soude-bain1..... 21

Figure 5 :Evolution du % de Soude-bain 2..... 22

Figure6 : Carte de contrôle $\overline{X}$ du % de soude-bain2..... 22

Figure7 : Carte de contrôleσ du % de soude-bain2..... 23

Figure8 : Carte de contrôle du % de soude-bain2 23

Figure9: Suivi du % de chlore pendant 20 jours..... 26

Figure10 : Carte de contrôle $\overline{X}$ de la teneur en chlore du rinçage final..... 26

Figure11 : Carte de contrôleσde la teneur en chlore du rinçage final..... 27

Figure12 : Carte de contrôle de la teneur en chlore du rinçage final..... 27

Figure13 :-Evolution de température de lavage de-bain1..... 30

Figure14:Carte de contrôle $\overline{X}$ de la température de lavage-bain1…….…….. 30
Figure15 : Carte de contrôle σ de la température de lavage-bain 1…….. 31
Figure16 : Carte de contrôle de la température de lavage-bain 1…… 31
Figure17 : Evolution de température de lavage de-bain2…… 32
Figure18 : Carte de contrôle $\overline{X}$ de la température de lavage-bain 2…… 32
Figure19 : Carte de contrôle σ de la température de lavage-bain 2…… 33
Figure20 : Carte de contrôle de la température de lavage-bain 2……..…… 33
Figure21 : Evolution de la pression du rinçage final…….. 35
Figure22 : Carte de contrôle $\overline{X}$ de la pression du rinçage final……..... 35
Figure23 : Carte de contrôle σde la pression du rinçage final…… 35
Figure24 : Carte de contrôle de la pression du rinçage final…….. 35

Sommaire

Introduction..... 1

CHAPITRE 1: Historique et description de la boisson gazeuse

1-Laboisson 2

2-LaCompagnie des boissons gazeuse..... 2

2-1.Activité de la CBGN 4

2-2.Leur engagement qualité..... 4

CHAPITRE 2 : Procédé de fabrication de la boisson gazeuse au sein de la CBGN

I. Traitement des eaux 5

1. **L'eau destinée à la production et à la siroperie**..... 5

1.1 Stockagedanslebassin1..... 6

1.2 Coagulation-Floculation..... 6

1.3 Filtration à Filtre à sable..... 6

1.4 Filtration à filtre à charbon1..... 6

1.5 Filtration à filtre décarbonateur..... 7

1.6 Stockage dans le bassin 2..... 7

1.7 Filtration à filtre charbon 2 7

1.8 Filtration à filtre polisseur..... 7

2. **L'eau traitée pour les laveuses ou l'eau adoucie** 7

II.Siroperie..... 8

1-Préparation du sirop simple..... 8

1-1 La dissolution du Sucre..... 8

1-2 Ajout du charbon actif..... 8

1-3 Filtration..... 8

1-4 Refroidissement du sirop simple..... 8

2 .Préparation du sirop fini 9

III. L'embouteillage 10

a.Dépaletisseur..... 10

b.Décaisseuse 10

c .laveuse des bouteilles..... 10

d. Inspectrice..... 11

*e.*Mixeur 11

f. Soutireuse 11

g. Capsulage des bouteilles 12

h. Inspection des bouteilles pleines 12

I .Dateur 12

j. Etiqueteuse 12

k. Encaisseuse..... 13

L .Paletisseur 13

CHAPITRE 3: Processus de lavage de bouteilles en verre

Description de processus de lavage..... 14

La pré-inspection..... 14

Le prélavage..... 14

Le pré-rinçage..... 15

Rinçage final..... 15

CHAPITRE 4 : Partie expérimentale

Maîtrise statistique du processus de lavage de bouteilles en verre..... 16

La capabilité..... 16

Contrôle de qualité du lavage de bouteilles en verre..... 17

Analyse de la soude 17

Analyse du chlore 24

La Température des bains 29

Pression d'eau de rinçage 34

Contrôle de traces de soude à la sortie de la laveuse 37

Contrôle de moisissures 37

Conclusion..... 38

Chapitre 1:

Historique et description de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord

1- La boisson :

La première recette ancêtre du Coca-Cola, le *French Wine Coca*, est inventée par John Pemberton en 1885. C'est une boisson alcoolisée à base de coca, de noix de kola et de damiana.la boisson était comme remède contre les problèmes gastriques (notamment les maux d'estomac, la diarrhée) et la fatigue. Une version sans alcool est développée à cause de l'interdiction de cette dernière dans la ville d'Atlanta par son maire.

En 1885 : La première recette du Coca-Cola (boisson alcoolisée).

En 1886 : Version sans alcool de Coca-Cola.

En 1887 : Pemberton fait inscrit au registre du commerce la marque coca-cola.

2 -La CBGN :

La compagnie des boissons gazeuses du Nord de Fès à été créé en 1952 .Actuellement elle est située au quartier industriel sidi brahim.

Avant 1987, la compagnie ne fabriquait que Coca-cola et Fanta orange, mais après et pour augmenter sa part du marché, elle a décidé la diversification du produit. De là elle a commencé à produire Hawaï Tropical, Pom's, Sprite, Schweppes Lemon..

L'usine dispose de :

Une station pour le traitement des eaux.

Une ligne de production (siroperie).

Trois chaudières pour la production de la vapeur.

Deux lignes des bouteilles en verre.

Laboratoire des analyses physico-chimiques.

Laboratoire microbiologique.

Laboratoire des analyses organoleptique.

La CBGN en bref :

- **Adresse: Quartier Industriel Sidi Brahim–B.P.2284 –3000 Fès.**
- **Tél : (0535) 96 50 00 –(0535) 96 50 96.**
- **Fax : (0535) 96 50 15 –(0535) 96 50 25**
- **Email :amossadeq@nabc.com**

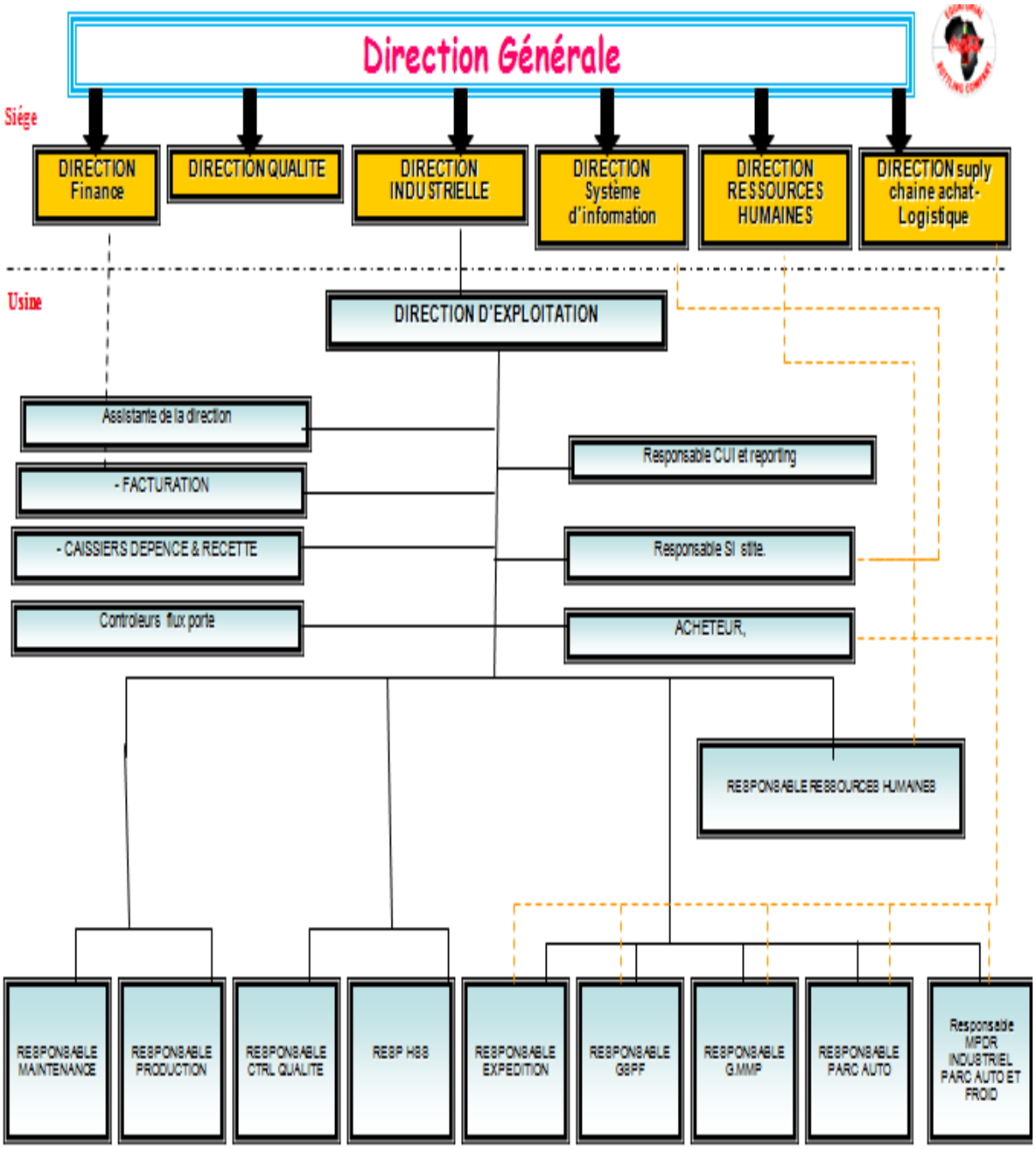

Schéma 1 : Organigramme de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord.

2-1Activité de la CBGN :

La CBGN Fès est constituée de deux unités, l'une est chargée à la fois de la production et de l'administration, l'autre est considérée comme centre de distribution. Elle est caractérisée par une production d'une gamme de boissons gazeuses (Coca-Cola, Fanta Orange, Hawaii Tropicale, Schweppes Tonic….) de différents volumes .

Gamme de produits fabriqués au sein de la CBGN

2-2Leur engagement qualité :

La qualité dans une entreprise c'est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.

La NABC est formellement engagée dans un processus qualité, en effet, une politique globale de la qualité est mise en œuvre au sein du groupe.

Toutes les ressources sont mobilisées afin que les produits et les pratiques respectent la qualité, la santé, la sécurité et l'environnement conformément aux normes organisationnelles, réglementaires pour atteindre l'efficience et l'excellence.

Les réalisations de la NABC sur le terrain attestent de sa volonté à atteindre ce but :

La CBGN a obtenu en Avril 2004 le certificat de Système Management Intégré et a réussi l'audit de suivi en 2005, elle est également reconnue conforme au référentiel HACCP.

Ainsi, la NABC s'engage à satisfaire ses clients, partenaires, actionnaires et personnels à travers une démarche intégrée :

ISO 9001 version 2000 : fait partie de la série des normes ISO 9000, relatives aux systèmes de gestion de la qualité.

ISO 14001 : la plus utilisée des normes de la série des normes ISO14000 qui concernent le management environnemental.

OHSAS 18001 : permet de mettre en place un système de management de santé et de sécurité au sein de l'entreprise pour assurer un développement durable.

ISO 22000 : pour le management de la sécurité des denrées alimentaires.

Chapitre 2 :

Procédé de fabrication de la boisson gazeuse au sein de la CBGN

I. Traitement des eaux :

1. L'eau destinée à la production et à la siroperie :

L'eau est l'élément majoritaire de la boisson gazeuse. C'est pour cela qu'il faut traiter l'eau de ville avant son utilisation pendant la production du sirop pour ne pas influencer le goût, l'odeur et l'apparence de la boisson. On classe dans le tableau 1 les matières qu'on doit éliminer de l'eau :

Matières en suspensions	elles sont composées des substances minérales et substances vivantes, décantables en temps cours avec un filtre de porosité 1 µm.
Matières colloïdales	même origine que les MES avec un diamètre < 5 µ m, leur durée de décantation est longue (2-200ans) alors il faut donc les précipiter pour pouvoir les décanter facilement .c'est l'objectif de la coagulation-floculation.
matières organiques	Entraînent la formation de collerettes ou de flocs dans la boisson quelques heures ou plus après la fabrication.
Alcalinité	Les bicarbonates, les carbonates ou les hydroxydes, peuvent donner un goût anormal au produit fini.
substances sapides et odorantes	le chlore et le fer peuvent réagir avec les aromes délicats des boissons et affecter leurs goûts(goût saumâtre ou salé à la boisson).

Tableau 1 : Matières et substances qui se trouvent dans l'eau de ville

La CBGN dispose d'une installation importante qui est destiné au traitement de l'eau, cette installation comprend :

- des bassins de chloration.
- des filtres à sable.
- des décarbonateurs.
- des filtres à charbons.
- des filtres polisseurs.
- des pompes pour la circulation de l'eau.

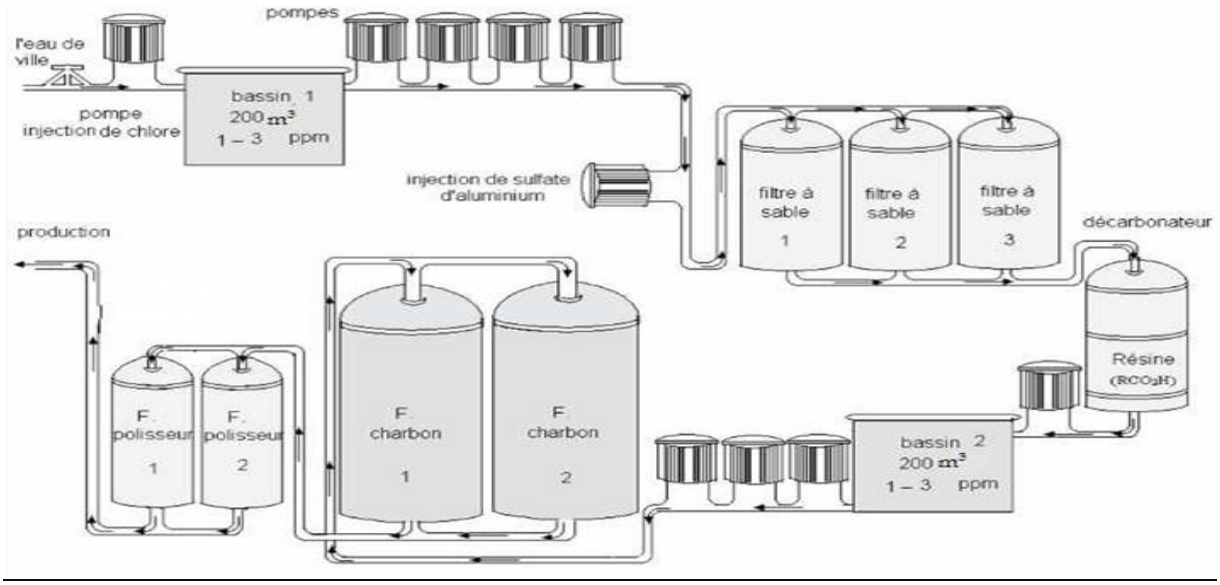

Schéma2 : Installation destinée au traitement de l'eau

1.1 Stockage dans le bassin 1 :

L'eau provenante de la RADEF est stockée dans le bassin 1 d'une capacité de 200 m3, cette eau est chlorée par injection d'une quantité de chlore comprise entre 1 et 3 ppm, afin de préserver son état contre toute contamination.

1.2 Coagulation-Floculation :

C'est un procédé physico- chimique de clarification des eaux.

Le coagulant utilisé dans ce procédé est le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4),18H_2O$, ce dernier a pour but de neutraliser les charges des particules et de rassembler les particules pour former des flocs, et par conséquent faciliter leur décantation.

1.3 Filtration à Filtre à sable :

Cette étape se passe par 3 filtres à sables dont le but d'éliminer les flocs.

1.4 Filtration à filtre à charbon 1 :

Le filtre à charbon est une cuve remplie par du charbon actif qui présente un agent adsorbant visant à éliminer le chlore et toutes les substances sapides et odorantes susceptibles de donner un goût ou une odeur anormale aux boissons.

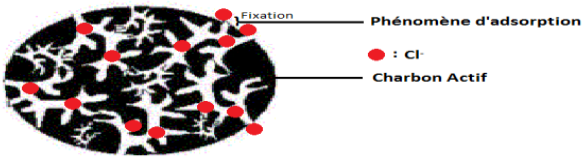

Schéma3 : Processus d'adsorption du chlore sur le charbon actif (D'après le manuel technique du laboratoire de CBGN)

1.5 Filtration à filtre décarbonateur :

Il s'agit d'une grande cuve remplie par un lit de résines cationiques, un solide organique insoluble qui au contacte de l'eau échange les cations avec la solution.

Dans notre cas, la résine utilisée est de type RCO_2H, le but étant de réduire l'alcalinité de l'eau, le mécanisme consiste à échanger les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} provenants du bicarbonate de sodium et de magnésium avec la formation du gaz carbonique suivant les réactions :

$$2RCO_2H + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow Ca(RCO_2)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

$$2RCO_2H + Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow Mg(RCO_2)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

1.6 Stockage dans le bassin 2 :

Le même principe que le premier bassin, on ajoute le chlore pour la désinfection.

1.7 Filtration à filtre à charbon 2 :

Le même principe précédent dans le but d'éliminer le chlore.

1.8 Filtration à filtre polisseur :

Le but de cette filtration est de retenir d'éventuelles particules de charbon actif ou de sable susceptibles de s'échapper du filtre à charbon.

➔Ces 8 opérations, une fois terminées on obtient de l'eau traitée prêt à être utilisée dans la siroperie.

2 . L'eau traitée pour les laveuses ou l'eau adoucie :

C'est un procédé de traitement destiné à réduire la dureté de l'eau (due à la présence chlorures de calcium et de magnésium).Le bassin 3, qui est d'une capacité de 150 m^3, est rempli avec l'eau de ville. On la fait passer par un adoucisseur de 2 colonnes chacune possède une résine de type R-Na qui échange les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par les ions Na^+.L'eau adoucie est utilisée pour le lavage des bouteilles en verre, dans les chaudières, les tours de refroidissement et dans le condenseur évaporateur, afin d'éviter l'entartrage des tuyauteries des ces appareils.

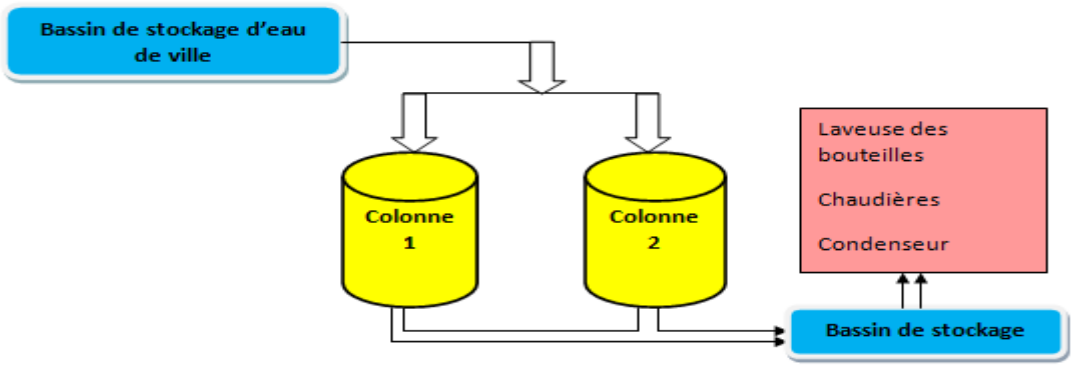

Schéma 4: Traitement de l'eau adoucie.

II .Siroperie :

Après l'étape de traitement des eaux vient celle de la fabrication de deux sortes de sirop :

- Sirop simple (eau + Sucre).
- Sirop fini (sirop simple + concentré)

1. Préparation du sirop simple(SS) :

1-1La dissolution du Sucre :

Le mélange de l'eau et du sucre est soumis à une température de 80°C dans un contimol à circuit fermé afin de favoriser la dissolution complète du sucre. Après, le mélange est pasteurisé à une température de 85°C.

Le sirop est chauffé à contre-courant dans un échangeur à plaque avec de la vapeur d'eau.

1-2 Ajout du charbon actif (ca):

Dans une cuve, on ajoute le charbon actif sous forme de poudre au sirop simple pour le clarifier et éliminer les impuretés, les cendreset les particules odorantes

1-3 Filtration :

Après une durée de 1h à 2h le sirop simple subit une filtration par une pâte filtrante en célite, dont le rôle est d'éliminer le charbon et les matières en suspensions puis dans un filtre à poche pour éliminer les résidus de charbon qui pourraient subsister.

1-4 Refroidissement du sirop simple :

Le sirop simple obtenu filtré subit un refroidissement dans un échangeur thermique afin de diminuer sa température de 85°C à20°C.

Ce refroidissement doit être progressif pour éviter tout choc thermique.

➔A la fin de cette étape on obtient un produit appelé sirop simple.

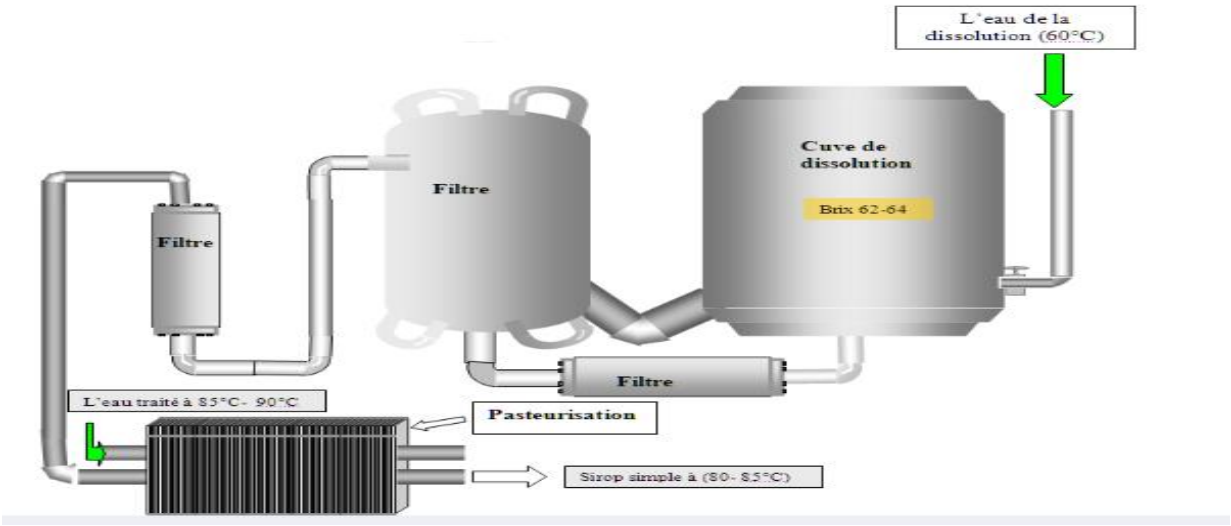

Schéma5 : Etape de préparation du sirop simple.

2. Préparation du sirop fini(SF) :

Le sirop simple est mélangé avec un concentré (si on parle de liquide), ou extrait de base (si on parle de poudre), selon le sirop fini désiré.

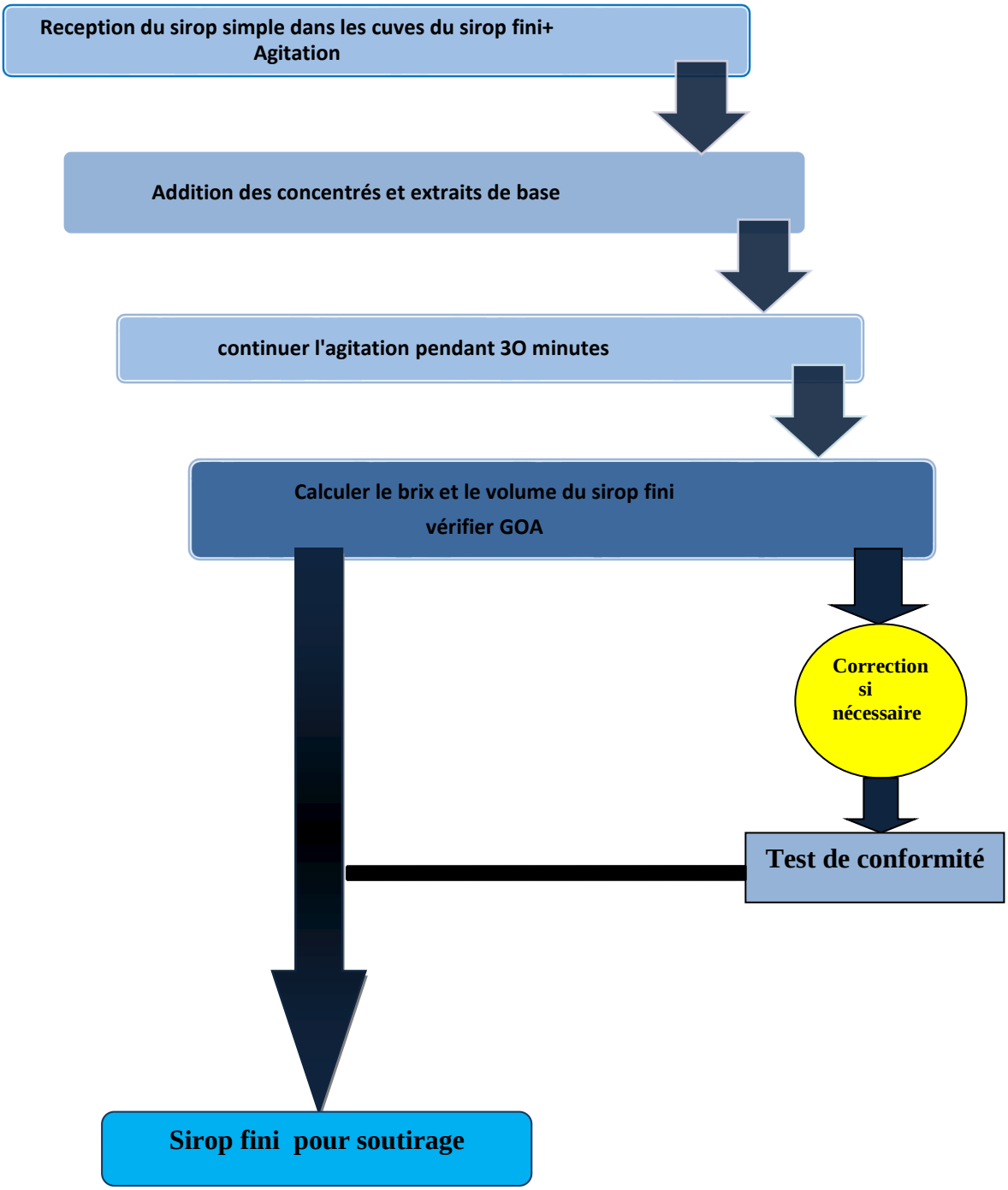

Schéma 6 : Etapes de préparation du sirop fini

III . L'embouteillage :

C'est la mise en bouteille de la boisson et l'ensemble des opérations de fabrication nécessaire à la réalisation d'un produit. On distingue dans ce processus un seul type de ligne de production des bouteilles en verre.

a. Dépalettiseur :

Une machine qui met les caissiers des bouteilles vides sur le convoyeur, ces derniers sont placés les uns sur les autres sur une planche appelée palette.

Dépalettiseur

b. Décaisseuse :

C'est une machine qui enlève les bouteilles vides des caisses et les pose sur le convoyeur qui alimente la laveuse des bouteilles et laisse échapper les caisses en destination de la laveuse des caisses.

La pose des bouteilles se fait à l'aide d'une ventouse qui souffle de l'air et crée une force de pression.

Décaisseuse

c .Laveuse de bouteilles :

La laveuse des bouteilles est composée de deux bains, d'eau adoucie et de soude caustique, montés en série pour garantir une propreté, une désinfection et une stérilisation complète.

d. Inspectrice :

Mirage vide : inspection visuelle des bouteilles lavées pour enlever celles présentant un certain défaut (bouteilles sales, ébréchées, contenant des traces de soude...)

Inspection automatique *:* pour détecter les bouteilles présentant l'un des défauts cités ci-dessus et qui sont difficiles à vérifier par l'œil nue.

e. Mixeur :

Le sirop fini préparé au niveau de la siroperie et l'eau traitée sont conduits par des tuyaux inoxydables vers des réservoirs témoins.

Des volumes spécifiques d'eau traitée, de sirop fini et du dioxyde de carbone (CO_2) selon la nature des boissons, sont mélangés par l'intermédiaire du mixeur et la quantité exacte de chaque élément est exécutée à l'aide des doseurs pour obtenir un produit fini : la boisson gazeuse.

- Sanitation (NEP/CIP) : C'est un nettoyage et stérilisation des équipements de mixage et de remplissage des produits qui sert à détruire toutes les bactéries pathogènes des surfaces en contact avec le sirop et à se à débarrasser des traces de produits. pour que ce dernier soit conforme aux normes prédéfinies d'hygiènes et de qualité. Ce nettoyage s'effectue après chaque changement de produit ou épuisement du sirop.

f. Soutireuse :

La Soutireuse remplit automatiquement les bouteilles sans aucune intervention manuelle du machiniste impliquant une programmation correcte de la cadence au moment ou les bouteilles se dirigent vers le système de remplissage.

Soutireuse

À la sortie de la Soutireuse, les bouteilles se dirigent vers le système de la visseuse qui consiste à visser les bouchons, à noter que les bouteilles en verre peuvent être coiffées soit d'une couronne de métal ou encore d'un bouchon en plastique lorsqu'il s'agit de bouteilles de grande taille (1L)

Visseuse

g. Capsulage des bouteilles :

Comme son nom l'indique, la capsuleuse implique la fermeture des capsules des bouteilles pour assurer un resserrement adéquat.

h. Inspection des bouteilles pleines : (Mirage plein)

L'étape de l'inspection s'impose une nouvelle fois intéressant les bouteilles pleines. L'inspection de ces dernières passe par des mireurs pour éliminer celles qui sont males ou non bouchées, ainsi que les autres bouteilles ayant le niveau de remplissage inférieur ou supérieur à la norme, ou d'autre contenant des corps étrangers.

I .Dateur (Codage) :

Cet appareil programmé à chaque début de production dont l'opération est d'imprimer sur les bouchons des bouteilles pleines :

- La date exacte de production.
- La date de fin de consommation ou d'expiration.
- Le numéro de ligne de remplissage de bouteille.
- Le centre de production autrement dit, la première lettre de la ville où l'usine est installée, exemple F (Fès)

j. Etiqueteuse :

L'étiquetage est l'habillage des bouteilles par une étiquette à l'aide d'un appareil qui distribue des étiquettes prises sur de gros rouleaux, les coupe et les place sur ces derniers. L'étiquette contient toutes les informations sur le produit.

k. Encaisseuse :

Une fois les bouteilles sont étiquetées, elles sont acheminées vers l'encaisseuse qui met les bouteilles en caisse, son fonctionnement est similaire à celui de la Décaisseuse, et finalement sont transportées à l'aide du matériel de manutention vers le magasin des produits finis.

l . Palettiseur :

D'une façon bien organisée sous forme de parallélogramme, le palettiseur interpelle des barrières motorisées par des vérins pneumatiques pour mettre les caissiers sur les palettes.

Palettiseur

Remarque :

Emballage et stockage des produits finis : C'est la dernière étape du procédé de fabrication. Autrement dit, les bouteilles en verre sont encaissées dans des caisses en plastique.
Le produit est manutentionné par la suite vers le magasin du stock pour produit fin.

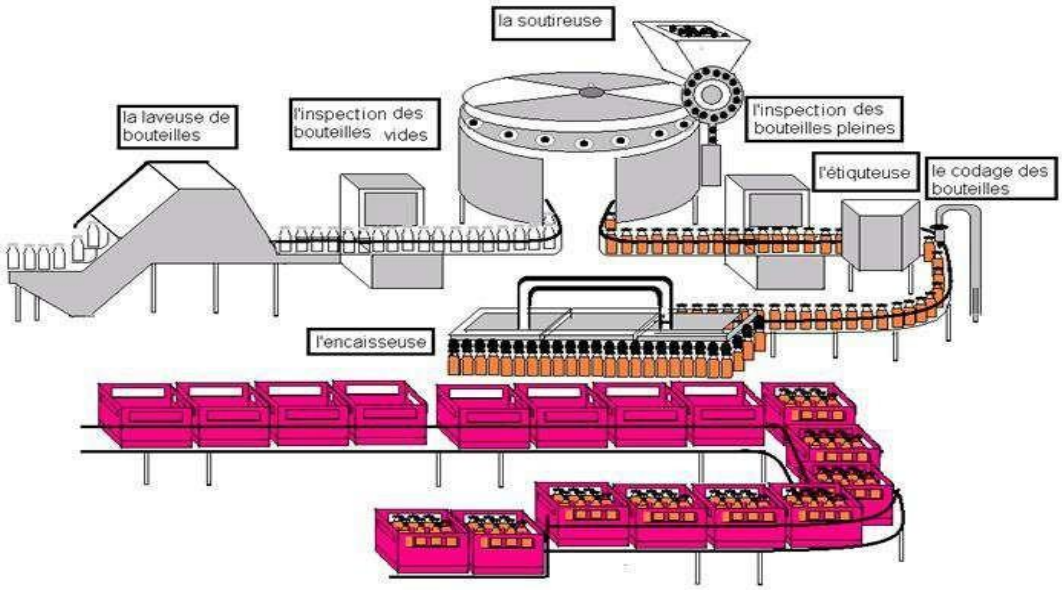

Schéma7: Chaine de production de la boisson

Chapitre 3 :

Processus de lavage de bouteilles en verre

Lors de ce stage, le sujet de travail proposé est : ***«Maîtrise statistique du processus de lavage des bouteilles en verre».***

Le lavage des bouteilles en verre est une étape critique au niveau de la série de production, car ces bouteilles représentent l'emballage primaire des boissons.

Après la réception des bouteilles qui sont déjà utilisées, elles doivent tout d'abord passer par un lavage approprié.

Donc la sensibilité de cette étape m'a motivé de choisir le thème de mon stage que j'ai déjà indiqué.

En effet, après la dépalettisation, le dévissage et le décaissage, les bouteilles sont arrivées à la machine laveuse où elles vont subir un lavage par une solution de soude puis un rinçage avec une eau chlorée.

Les tâches effectuées pendant cette période de stage résultent dans le suivi:

- des températures des bains.
- du pourcentage de soude dans l'eau de lavage.
- de concentration du chlore dans l'eau de rinçage.
- de pression de rinçage.
- des moisissures.
- de traces de soude dans les bouteilles.

Description de l'opération de lavage :

Cette opération est réalisée dans une machine laveuse qui possède 2 bains de lavage et un autre de rinçage.

Le lavage des bouteilles passe par les étapes suivantes :

La pré-inspection : c'est l'opération qui consiste à la sélection des bouteilles conformes effectuée par l'opérateur.

Le prélavage : est assuré par une eau adoucie tiède qui réchauffe légèrement la bouteille, permettant par la suite l'élimination des matières adhérant aux parois.

Le lavage à la soude caustique : les bouteilles passent dans des bains contenant de la soude, cette dernière permet d'éliminer la saleté…

En effet, la soude ne possède pas de propriétés détergentes mais elle apporte une réserve d'alcalinité permettant la neutralisation des acides gras et la saponification des corps gras d'origine animale ou végétale.

Le pré-rinçage : est une opération de rinçage des bouteilles afin d'éliminer les traces de détergent, se fait dans 2 bains contenant une eau adoucie chaude, tiède et froide.

Le rinçage final : est réalisé par l'eau froide chlorée de 1 à 3 ppm pour éliminer les résidus caustiques et refroidir les bouteilles jusqu'à la température ambiante.

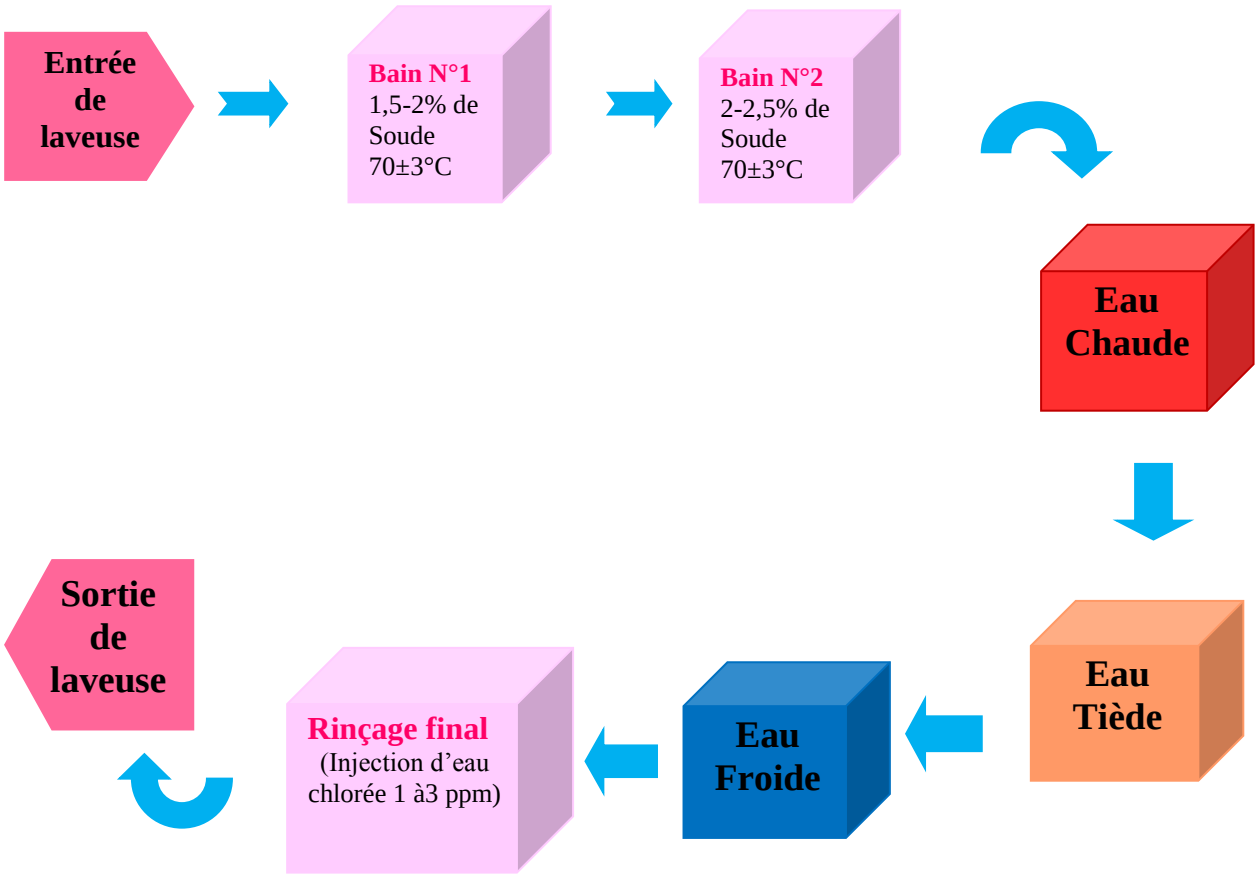

Schéma 8 : Processus du lavage de bouteilles

Chapitre 4 :

Partie expérimentale

Maîtrise statistique du processus de lavage de bouteilles en verre

L'objectif de cette étude est de s'assurer, préalablement à la mise en place d'une carte de contrôle de la variabilité naturelle et le centrage du processus de lavage des bouteilles sont compatibles avec les tolérances.

La capabilité : d'une machine ou d'un procédé est l'aptitude de cette machine à réaliser des produits conformes.

Les indicateurs de capabilité Cp (indice de capabilté de procédé) et Cpk (indice de déréglage) sont calculés par les formules suivantes :

$$\mathbf{Cp} = \frac{\textit{Intervalle de tolérance de processus}}{\textit{Dispersion du processus}} = \frac{IT}{6.18\sigma} = \frac{Ts_Ti}{6.18\sigma}$$

$$\mathbf{Cpk} = \frac{\textit{Distance entre moyenne observée et tolérance la plus proche}}{\textit{Demi-dispersion du processus}} = \min\left[\frac{Ts_\bar{x}}{3.09\sigma} ; \frac{\bar{x}_Ti}{3.09\sigma}\right]$$

Avec :

- T_S - T_i, limite supérieure de tolérance - limite inférieure = intervalle de tolérance.
- σ écart - type de la dispersion du processus.
- $\bar{x}$ Moyenne.

- Si Cp et Cpk supérieurs à 1,33 processus capable.
- Si Cp <1,33 processus non capable.
- Si Cp et Cpk sont supérieurs a 1,33 et Cp=Cpk processus capable et bien centré.

Contrôle de qualité du lavage de bouteilles en verre :

L'efficacité du lavage des bouteilles dépend de certains paramètres à savoir la température, la concentration de la soude, la concentration du chlore, l'odeur et apparence des bains.

Les analyses effectuées à l'entrée de laveuse:

Le tableau 2 résume les différentes analyses effectuées sur les bouteilles à l'entrée de la laveuse :

Elément contrôlé	Réactif	Appareil de mesure	Normes	Fréquence de contrôle
% soude	H_2SO_4-$BaCl_2$ Phénophtaléine	Sans appareil	Bain1:1,5-2% Bain2 :2-2,5%	Toutes les heures
Eau chlorée	DPD N°1	Comparateur	1-3 ppm	Au démarrage toutes les 4heures
Température **Pression du rinçage**	Sans Réactif	Thermomètre Nanomètre	Bain1et2 :70±3°C 0,8-2 bars	Toutes les heures toutes les 4heures

Tableau 2 : analyses effectuées sur les bouteilles à l'entrée de la laveuse.

Analyse de la soude :

Cette analyse permet la détermination le pourcentage en soude dans les bains de lavage. Ce test est important car si on dépasse la limite supérieure du pourcentage en soude (bain I : 2% ; bain II:2,5%), les bouteilles seront contaminées par la soude. Si la dose en soude dans les bains est au-dessous de la norme (bain I : 1,5% ; bain II : 2%), le lavage ne sera pas efficace.

Les réactions mises en jeu sont :

Pour H_2SO_4 : $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

Pour NaOH : $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

La réaction globale : $H_2SO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O$

Mode Opératoire :

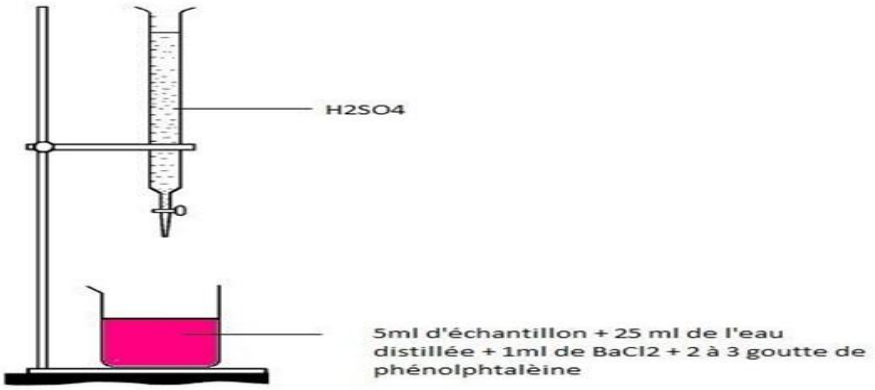

Schéma 9: titrage de la base NaOH par l'acide H_2SO_4

- Mettre 5ml d'échantillon à l'aide d'une propipette dans un bécher et on y ajoute 25ml de l'eau distillée.
- Ajouter 1ml de chlorure de baryum qui complexe les cations dans la solution.
- Ajouter 3 gouttes d'indicateur (la phénolphtaléine) et bien agiter la solution. La solution devient rose.
- Doser la solution par l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la coloration rose.

➔ **Le volume d'acide versé est égal au pourcentage de la soude.**

Nous regroupons dans le tableau 3 le suivi des résultats des analyses effectuées sur le bain 1 et 2, durant 20 jours:

J'ai calculé la moyenne de prélèvements de la soude dans les deux bains qu'on a effectué chaque heure.

Date	Jour	% Moyen des prélèvements de la soude (Bain1)	% Moyen des prélèvements de la soude (Bain 2)
17/04/17	1	1.7	2.22
18/04/17	**2**	1.74	2.28
19/04/17	**3**	1.66	2.23
20/04/17	**4**	1.64	2.18
21/04/17	**5**	1.68	2.32
24/04/17	**6**	1.75	2.24
25/04/17	**7**	1.66	2.33
26/04/17	**8**	1.72	2.18

27/04/17	**9**	1.8	2.23
28/04/17	**10**	1.75	2.32
02/05/17	**11**	1.72	2.16
03/05/17	**12**	1.66	2.22
04/05/17	**13**	1.76	2.23
05/05/17	**14**	1.68	2.23
08/05/17	**15**	1.69	2.22
09/05/17	**16**	1.75	2.24
10/05/17	**17**	1.66	2.14
11/05/17	**18**	1.75	2.26
12/05/17	**19**	1.74	2.33
15/05/17	**20**	1.78	2.32
	$\overline{X}$	**1.71**	**2.24**
	σ	**0.05**	**0.06**

Tableau 3 : Suivi du % de la soude dans les deux bains pendant 20 jours

Calcul de la Capabilité :

Bain 1:

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6.18\times\sigma} = \frac{2-1,5}{6\times0,05} = 1.61$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\times\sigma};\frac{\overline{X}_Ti}{3.09\sigma}\right] = \min\left[\frac{2-1,71}{3.09\times0,05};\frac{1,71-1,5}{3.09\times0,05}\right] = \min[1.87;1.36] = 1,36$$

➔ **Cp et Cpk supérieurs à 1,33, processus capable.**

Bain 2:

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6.18\sigma} = \frac{2,5-2}{6.18\times0,06} = 1,4$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\times\sigma};\frac{\overline{X}_Ti}{3.09\sigma}\right] = \min\left[\frac{2,5-2,25}{3.09\times0,06};\frac{2,25-2}{3.09\times0,06}\right] = \min[1,35;1,35] = 1,35$$

➔ **Cp et Cpk supérieurs à 1,33 , Cp=Cpk processus capable et bien centré.**

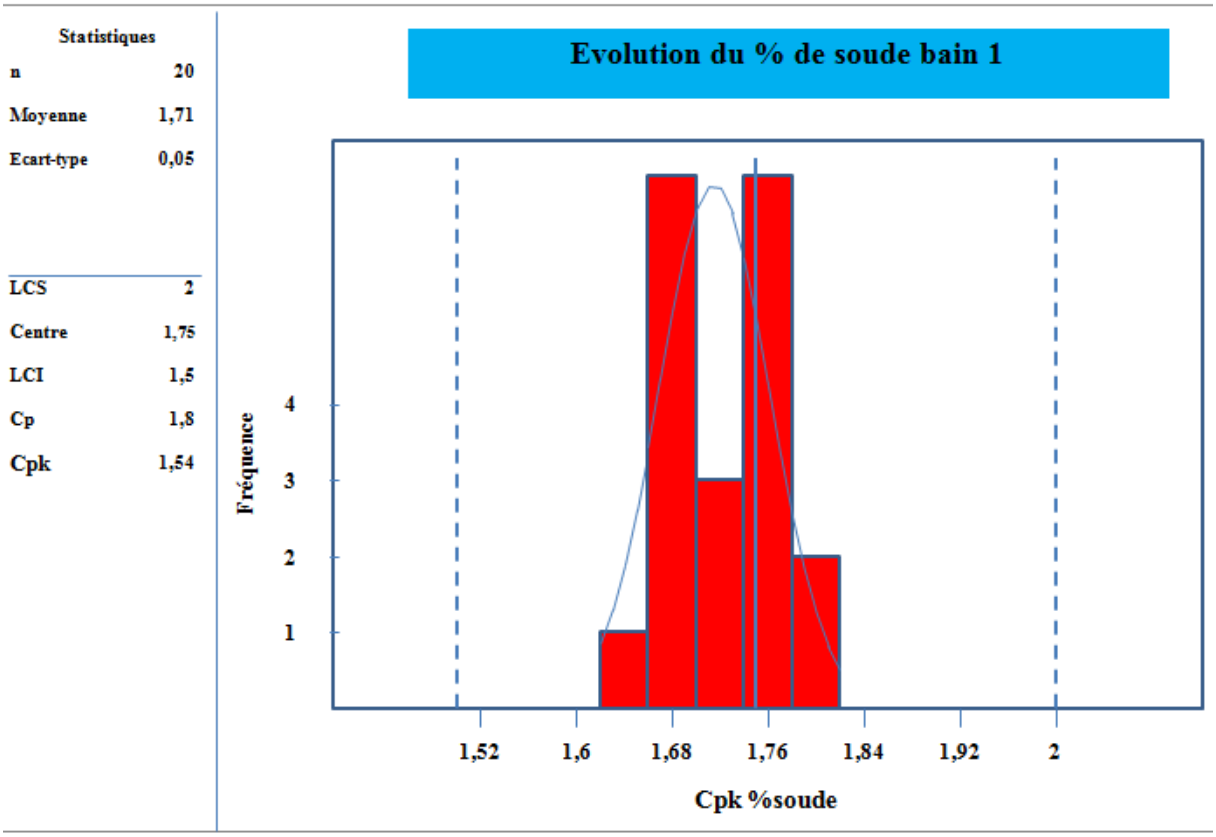

Figure 1 :Evolution du% de Soude-bain 1

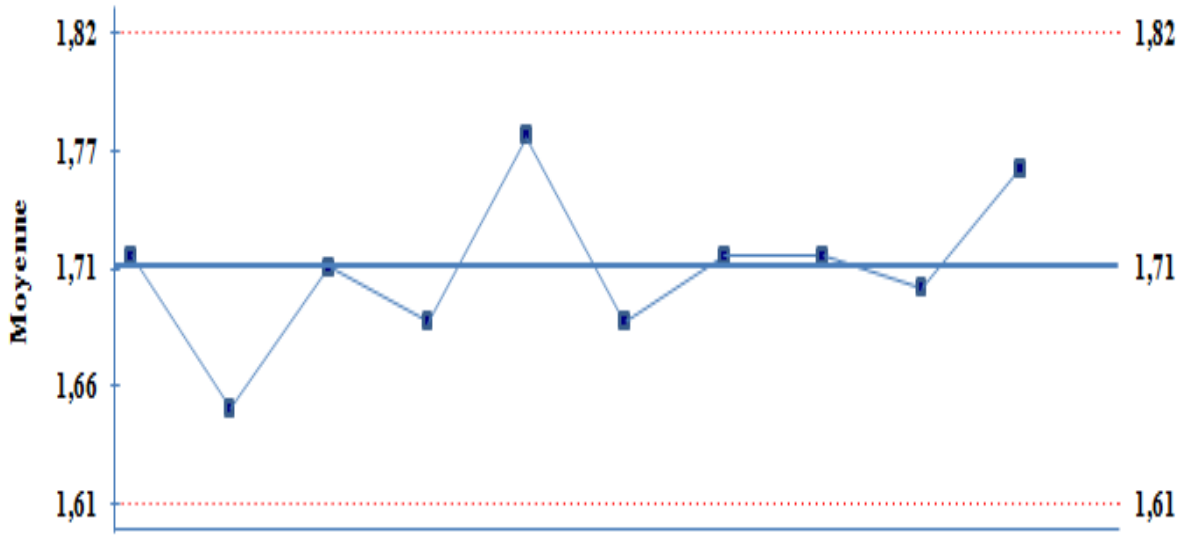

Figure2 : Carte de contrôle du $\overline{X}$ % de soude-bain1

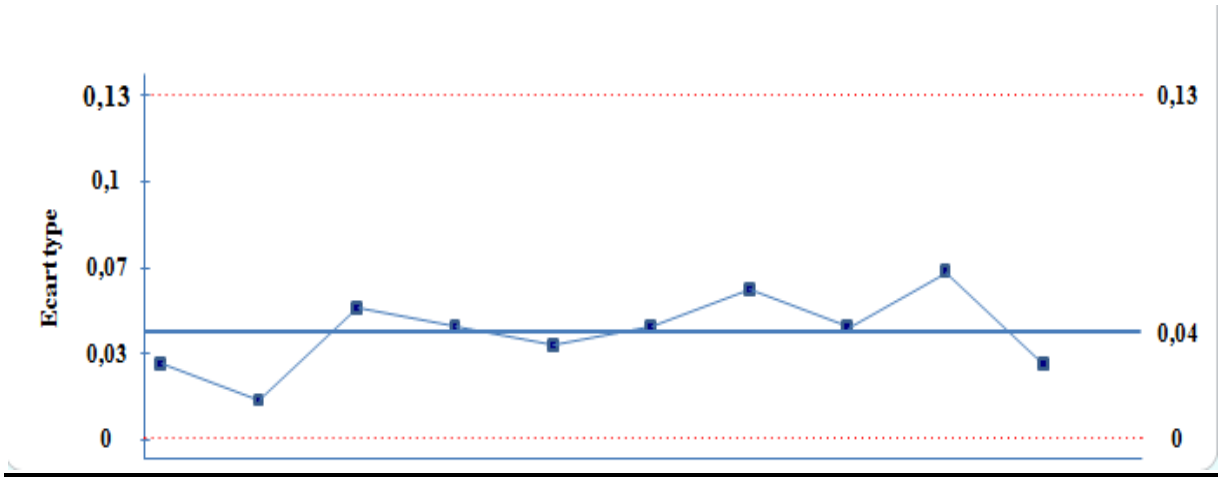

Figure 3: Carte du contrôle σ du% de soude-bain1

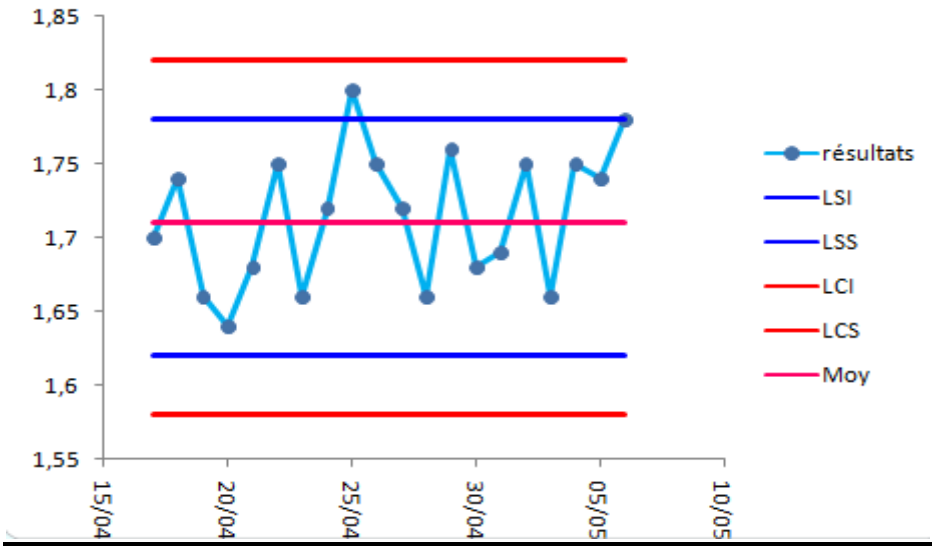

Figure4 : Carte de contrôle du % de soude-bain1

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ On remarque qu'il y a un point qui sort de la limite de surveillance supérieure. Mais il reste loin de la limite de contrôle .On peut dire alors que le pourcentage de la soude dans le bain 1 est sous contrôle.

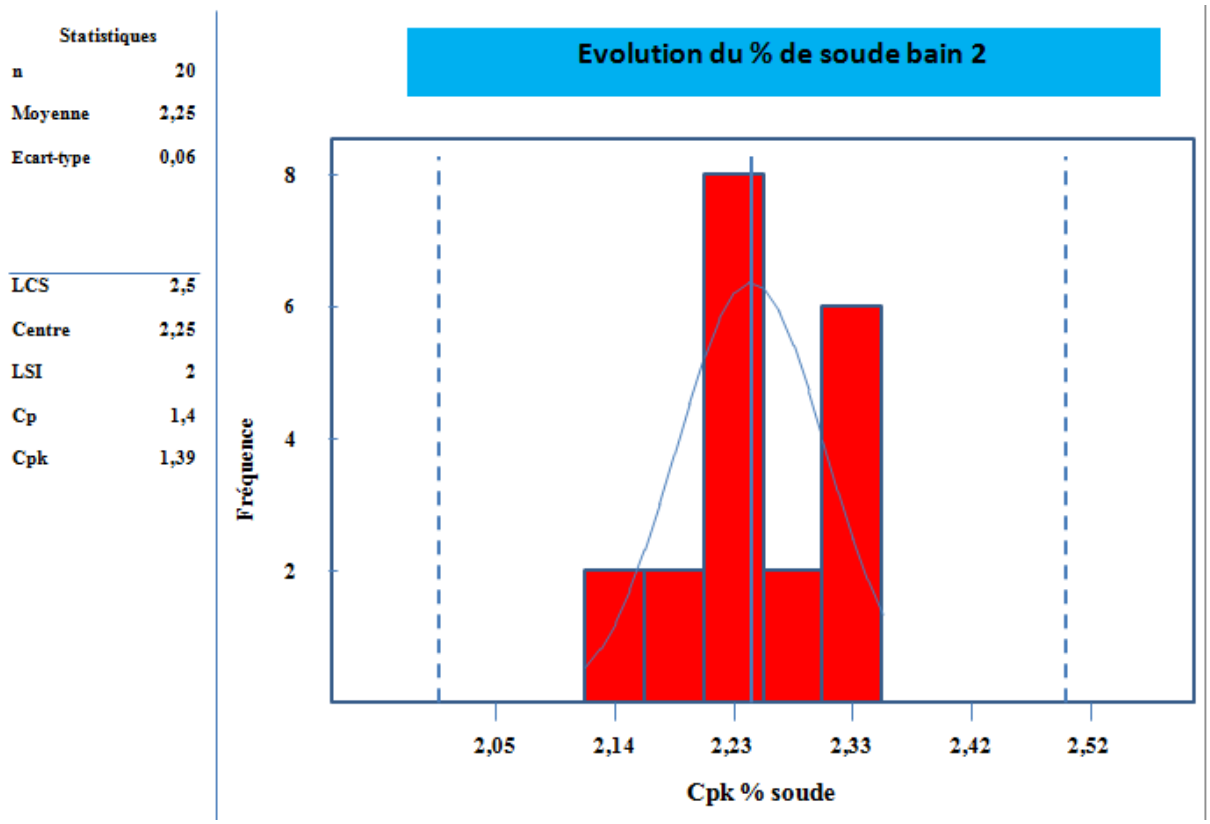

Figure5 :Evolution du % de Soude-bain 2

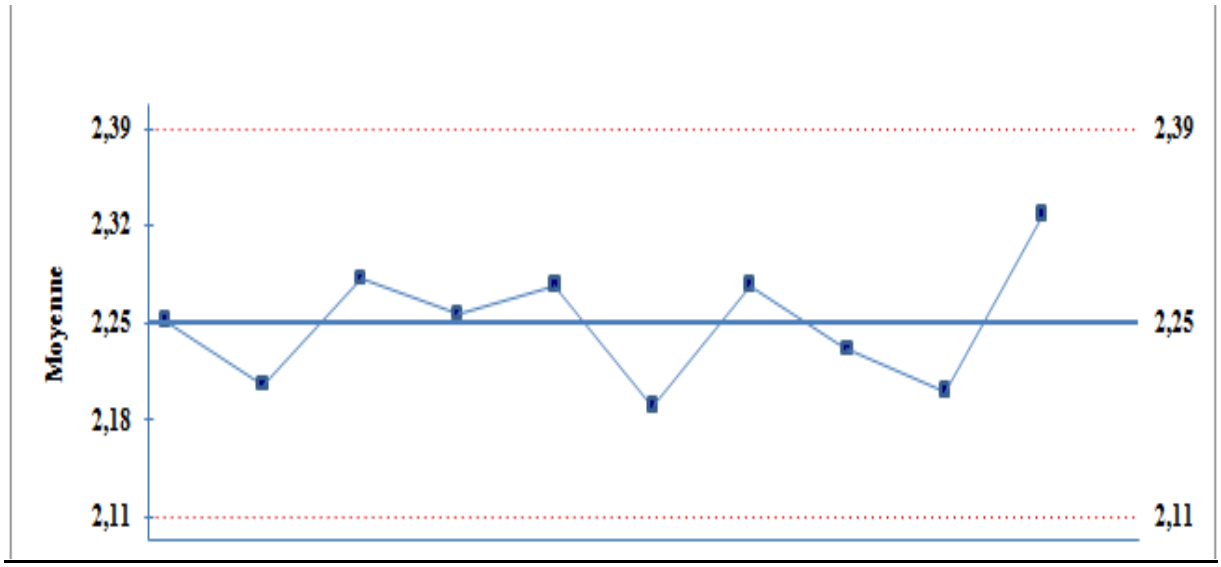

Figure6 : Carte de contrôle $\overline{X}$ du % de soude-bain2

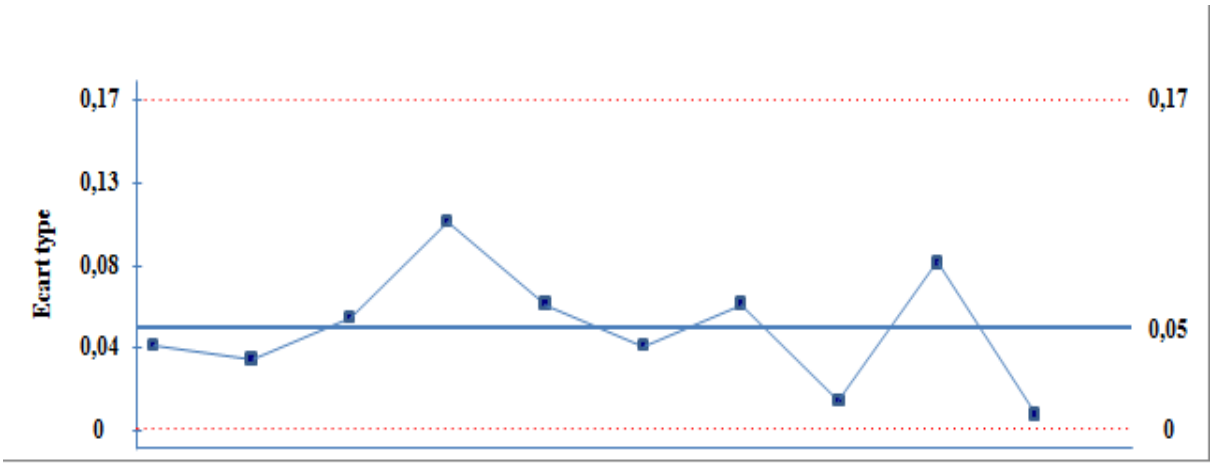

Figure7 : Carte de contrôle σ du % de soude-bain2

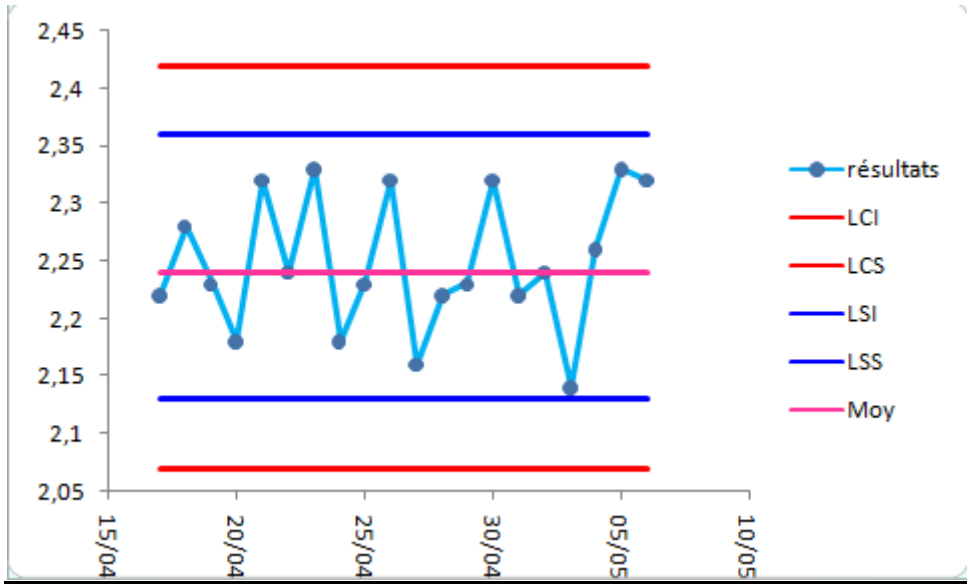

Figure8:Carte de contrôle du% de soude-bain 2

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ La courbe du résultat oscille de façon aléatoire de chaque côté de la valeur cible entre les limites de surveillance .Cela signifie que le pourcentage de la soude en bain 2 est sous contrôle.

Analyse du chlore : (Eau de Javel)

On analyse le chlore ajouté à l'eau de rinçage final. La norme est comprise entre 1 à 3 ppm. Une grande dose en chlore va laisser de mauvaises odeurs dans les bouteilles lavées.

Mode opératoire :

Pour contrôler le chlore on prélève 10 ml de l'eau chlorée puis on ajoute le $DPDN_1$ **(diéthylp- phénylènediamine)**, on agite et on mesure avec le Comparateur.

Résultats :

- Si la concentration du chlore est entre 1 à 3 ppm alors les valeurs sont respectées et les bouteilles sont bien lavées.
- Si la concentration du chlore est inférieure à 1 ppm, le lavage n'est pas conforme, et il faut un arrêt immédiat de la ligne de production avec réglage du débit de la pompe doseuse du chlore afin d'atteindre la concentration désirée.

De même on regroupe dans le tableau 4 la valeur moyenne du chlore dans le bain de rinçage final :

DATE	JOUR	VALEUR MOYENNE DU CHLORE
17/04/17	1	1.8
18/04/17	2	1.6
19/04/17	3	2

20/04/17	4	1.7
21/04/17	5	1.8
24/04/17	6	1.6
25/04/17	7	2.2
26/04/17	8	2.1
27/04/17	9	1.8
28/04/17	10	1.7
02/05/17	11	1.6
03/05/17	12	1.8
04/05/17	13	2
05/05/17	14	2
08/05/17	15	1.7
09/05/17	16	1.6
10/05/17	17	1.8
11/05/17	18	2
12/05/17	19	1.6
15/05/17	20	1.7
	$\overline{X}$	**1.81**
	σ	**0.18**

Tableau 4: Suivi du % de chlore pendant 20 jours

Calcul de la Capabilité :

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6.18\times\sigma} = \frac{3-1}{6.18\times 0{,}18} = 1{,}8$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\times\sigma}\ ;\frac{\overline{X}_Ti}{3.09\sigma}\right] = \min\left[\frac{3-1{,}81}{3.09\times 0{,}18}\ ;\frac{1{,}81-1}{3.09\times 0{,}18}\right] = \min[2{,}2\ ;1{,}45] = 1{,}45$$

➔ **Cp et Cpk supérieurs à 1,33 processus capable.**

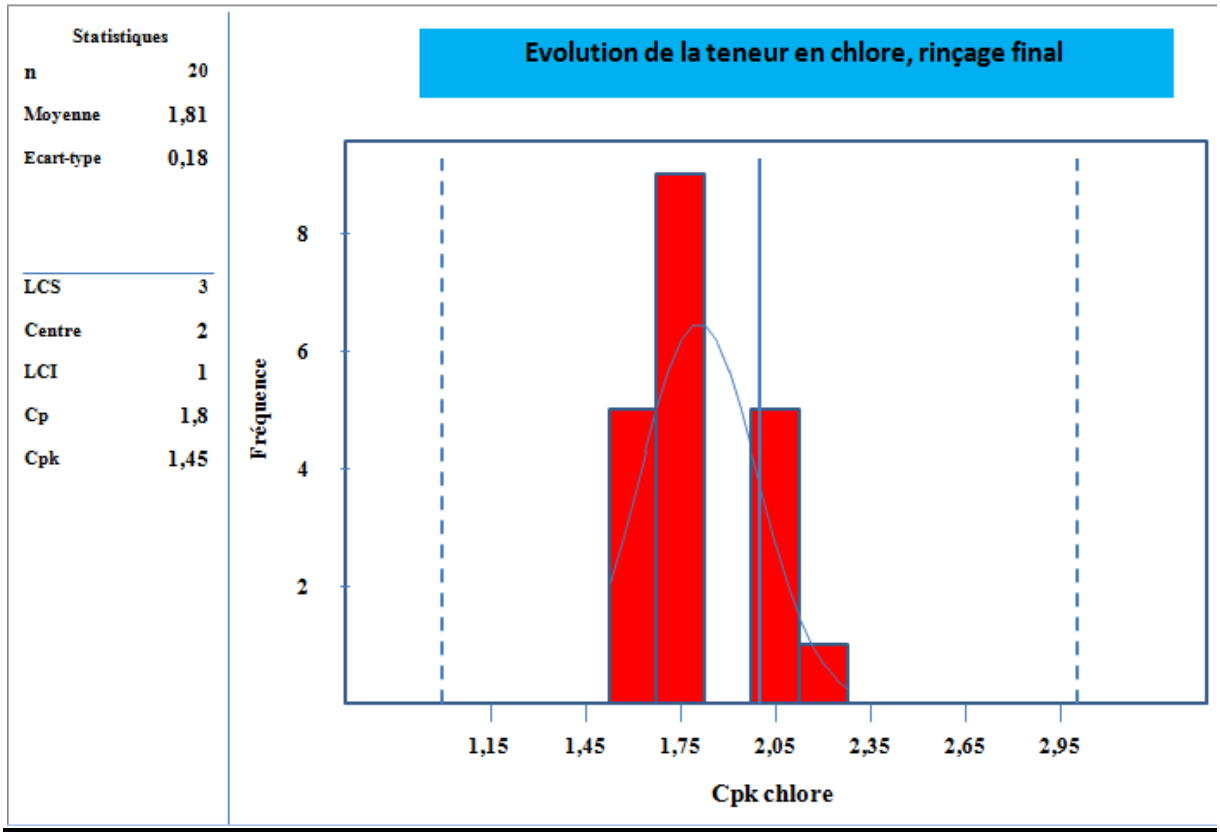

Figure 9 : Evolution de la teneur en chlore

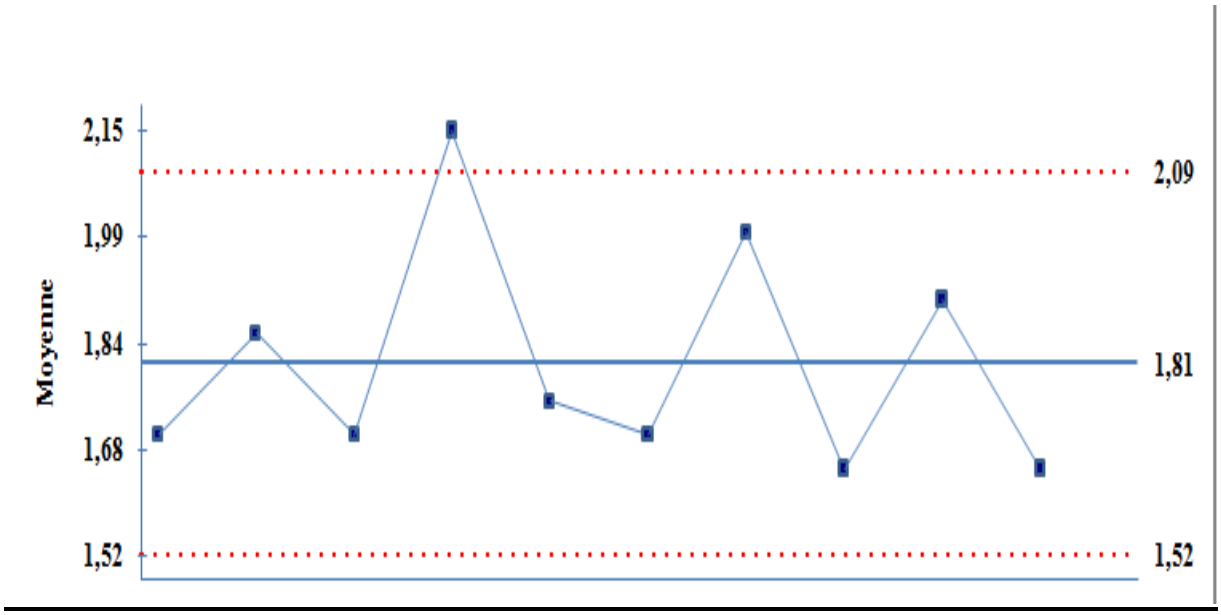

Figure10 : Carte de contrôle $\overline{X}$ de la teneur en chlore du rinçage final

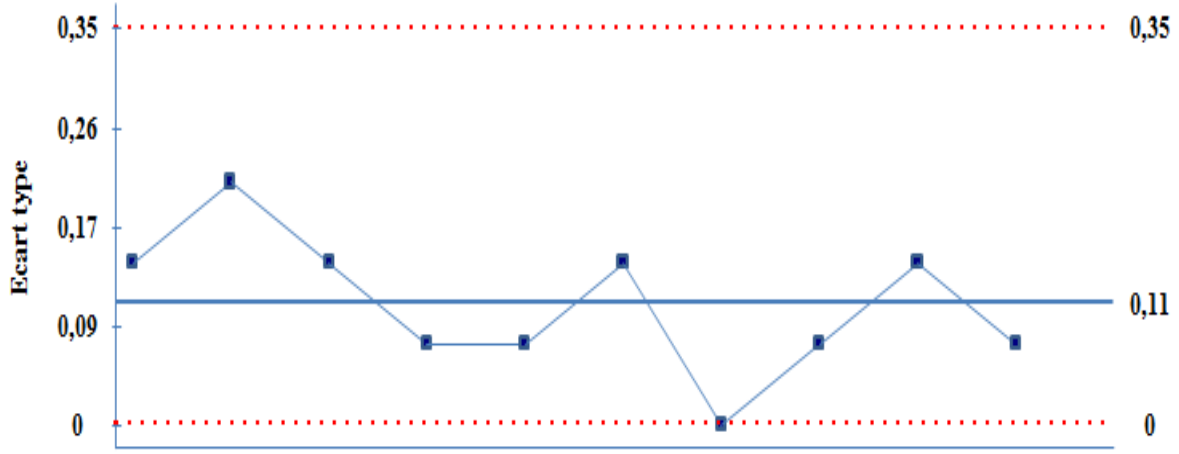

Figure11 : Carte de contrôle σde la teneur en chlore du rinçage final

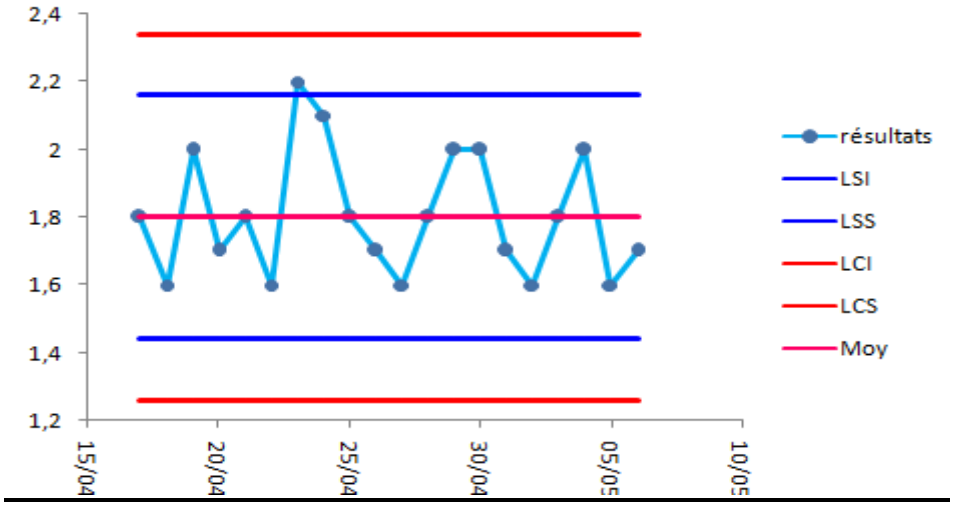

Figure12 : Carte de contrôle de la teneur en chlore

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ Tous les points sont acceptables et oscillent entre les limites de surveillance, sauf un seul qui se trouve juste au dessus de la limite de surveillance supérieure mais bien loin de la limite de contrôle supérieure. Cela signifie que la teneur en chlore est sous contrôle.

La Température des bains :

La température joue un rôle très important dans la stérilisation des bouteilles car elle permet de neutraliser tous les micro-organismes.

Pour contrôler la Température si elle est bien maîtrisée, nous avons mesuré la Température dans les deux bains (1) et (2) pendant 20 jours (chaque heure), nous regroupons dans le tableau 5 la valeur moyenne de température pour chaque jour :

Date	**Jour**	**Valeur Moyenne de la température (Bain 1)**	**Valeur Moyenne de la température (Bain 2)**
17/04/17	**1**	69.5	70.3
18/04/17	**2**	70	70.2
19/04/17	**3**	69.6	70
20/04/17	**4**	69.5	70.1
21/04/17	**5**	70	70.3
24/04/17	**6**	69.6	70.4
25/04/17	**7**	69.5	70
26/04/17	**8**	69	70
27/04/17	**9**	70	70.2
28/04/17	**10**	70.1	70.1
02/05/17	**11**	69.5	70.3
03/05/17	**12**	69	70.4
04/05/17	**13**	70	70.3
05/05/17	**14**	69	*70.2*
08/05/17	**15**	70	*70.3*
09/05/17	**16**	70	70.2

10/05/17	**17**	69	70.3
11/05/17	**18**	69.5	70.2
12/05/17	**19**	70	70.1
15/05/17	**20**	69	70.1
	$\overline{X}$	**69.59**	**70.2**
	σ	**0.41**	**0.13**

Tableau 5: Suivi de la température des deux bains pendant 20 jours

Calcul de la Capabilité :

Bain 1:

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6.18\times\sigma} = \frac{73-67}{6.18\times0,41} = 2.4$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\times\sigma} ; \frac{\overline{X}_Ti}{3.09\times\sigma}\right] = \min\left[\frac{73-69,59}{3.09\times0,41} ; \frac{69,59-67}{3.09\times0,41}\right] = \min[2.69 ; 2.1] = 2,1$$

➔ **Cp et Cpk supérieurs à 1,33 processus capable.**

Bain 2:

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6\sigma} = \frac{73-67}{6.18\times0.13} = 7.5$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\sigma} ; \frac{\overline{X}_Ti}{3.09\sigma}\right] = \min\left[\frac{73-70.2}{3,09\times0,13} ; \frac{70.2-67}{3,09\times0,13}\right] = \min[7;7.96] = 7$$

➔ **Cp et Cpk supérieurs à 1,33 processus capable.**

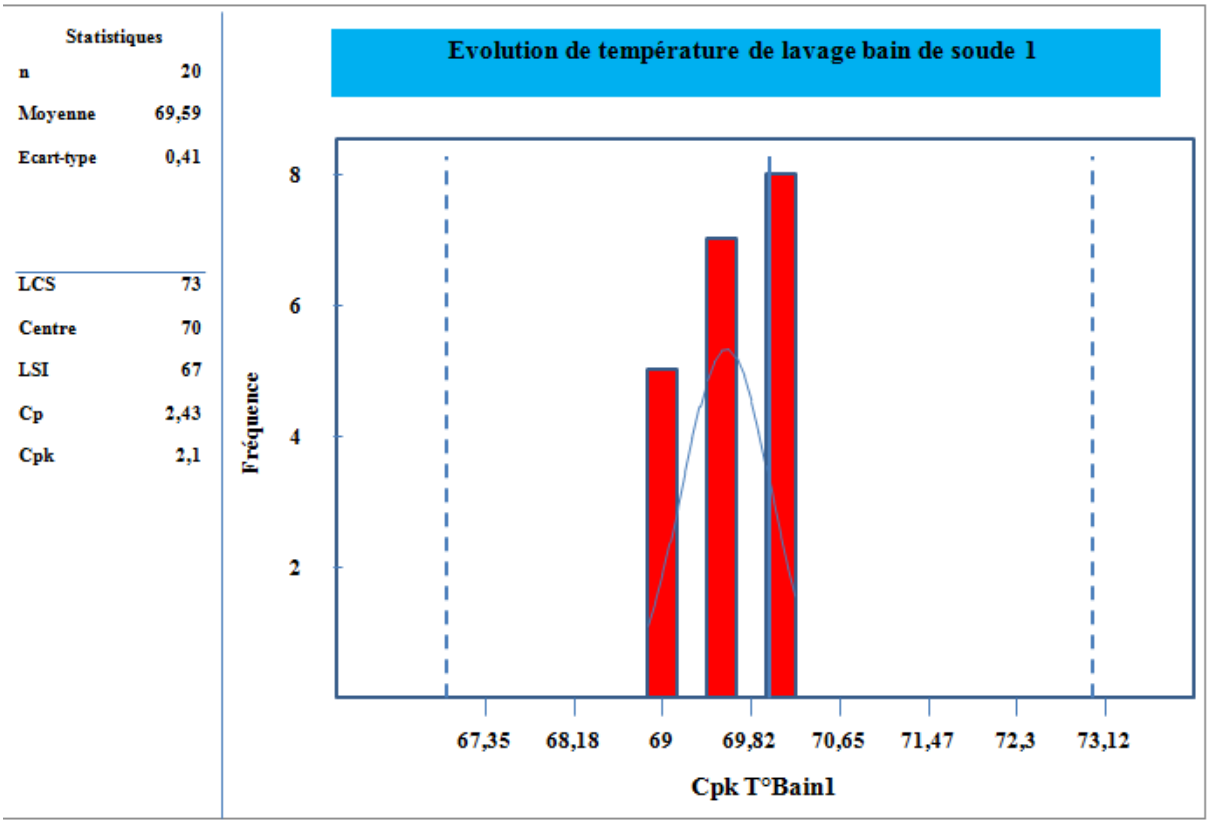

Figure13 :-Evolution de température de lavage de-Bain1

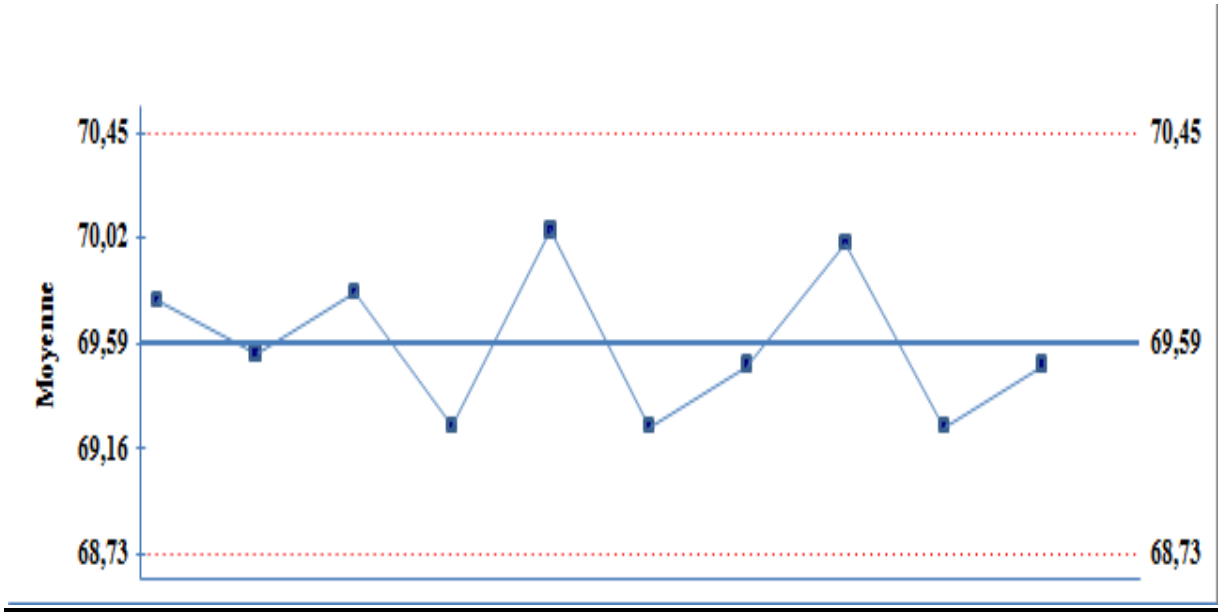

Figure14: Carte de contrôle $\overline{X}$ de la température de lavage-bain1

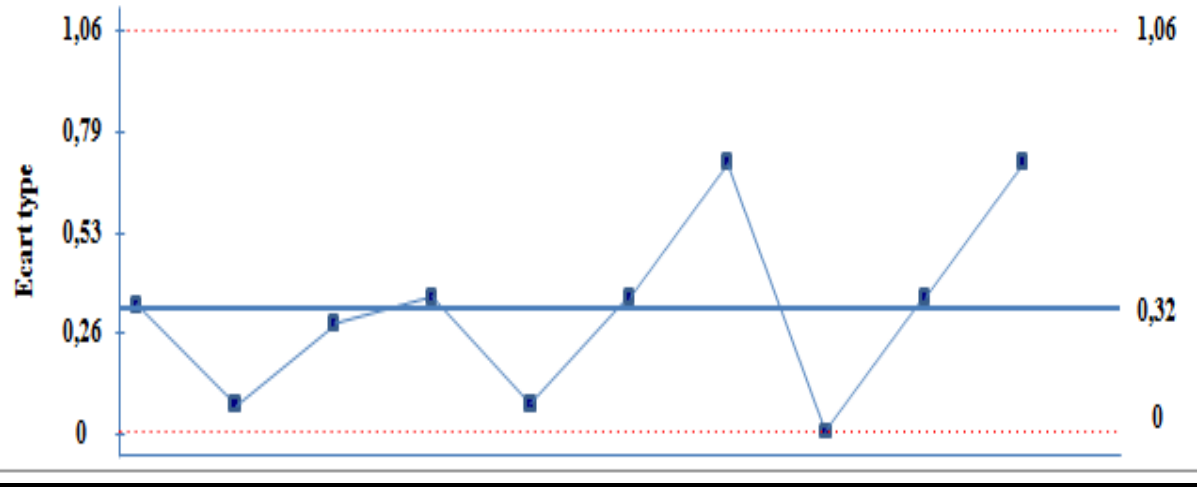

Figure15 :-Carte de contrôle σ de la température de lavage-bain 1

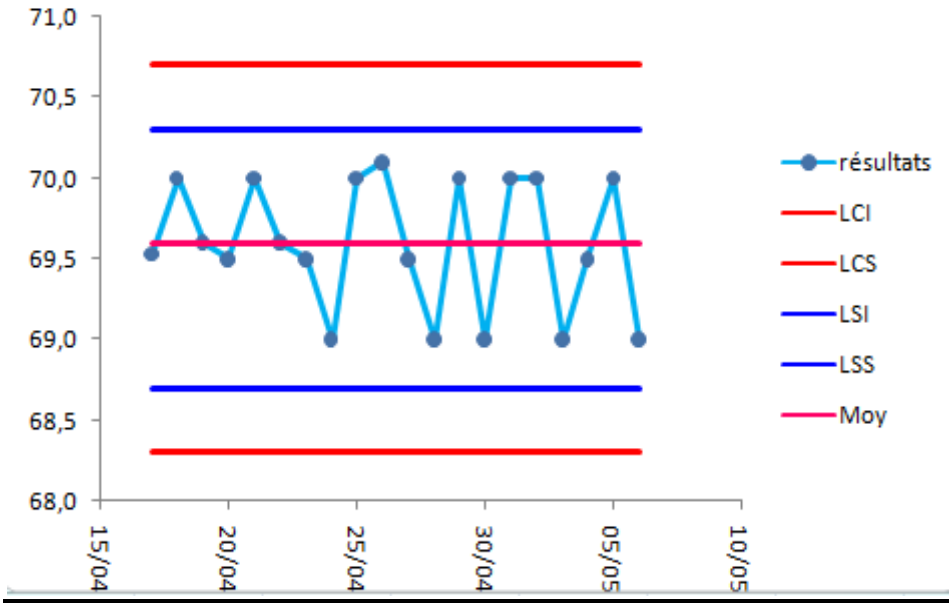

Figure16 : Carte de contrôle de la température de lavage-bain 1

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ La température de lavage du bain 1 est sous contrôle, car tous les points se trouvent dans la zone acceptable.

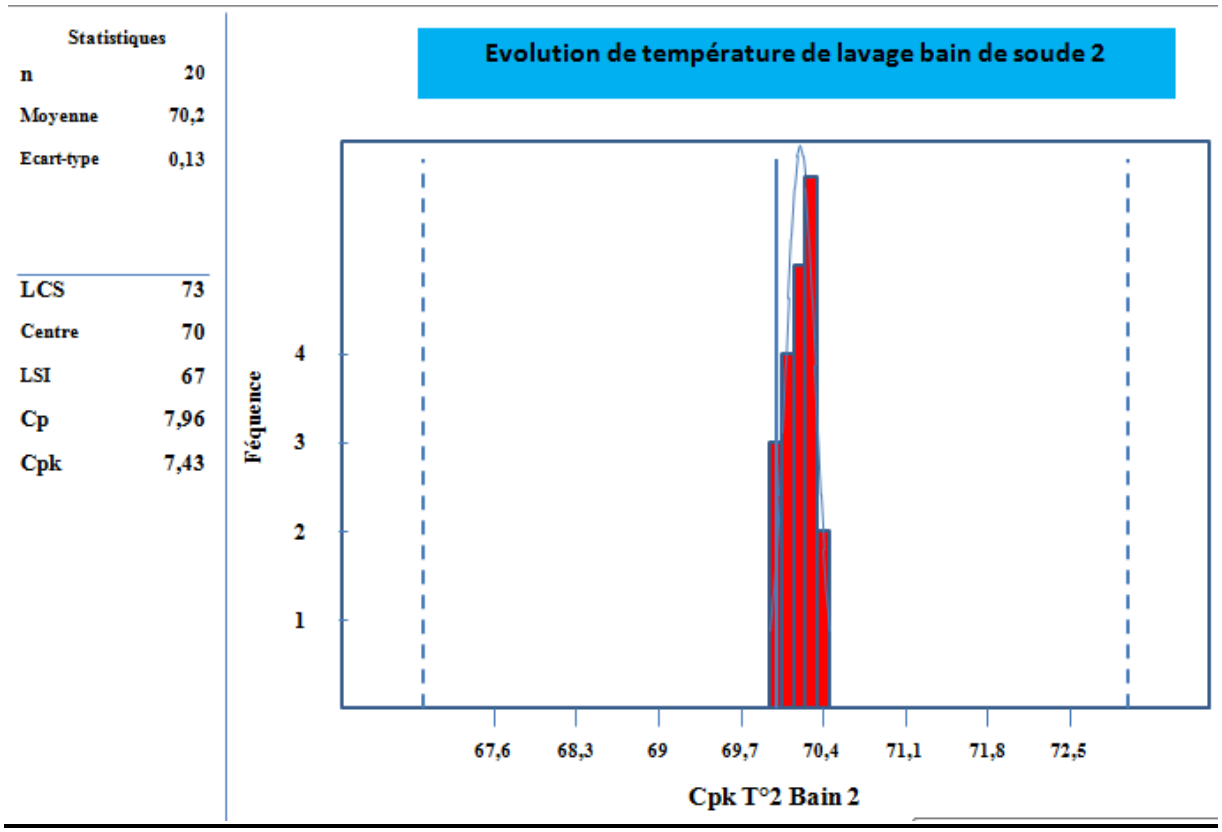

Figure17 :-Evolution de température de lavage de-bain2

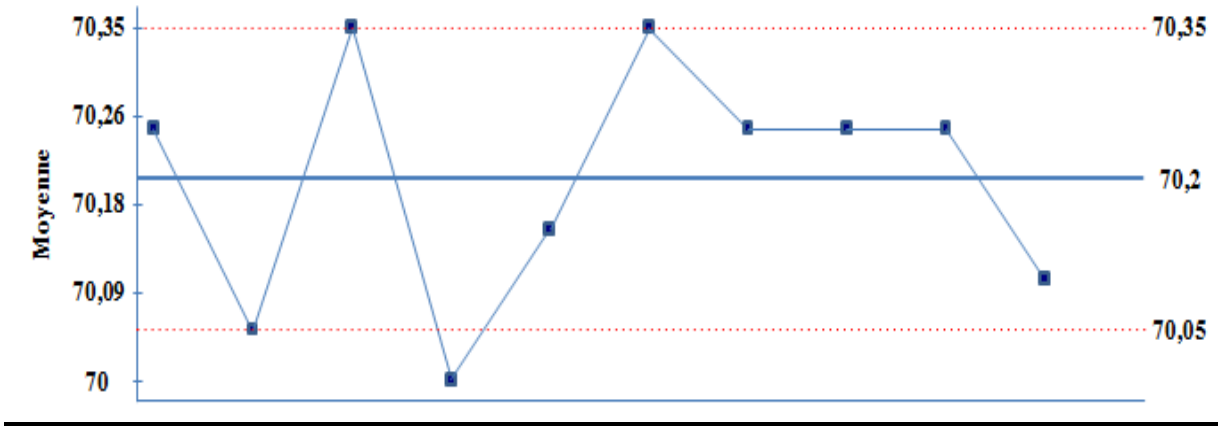

Figure18 :-Carte de contrôle $\overline{X}$ de la température de lavage-bain 2

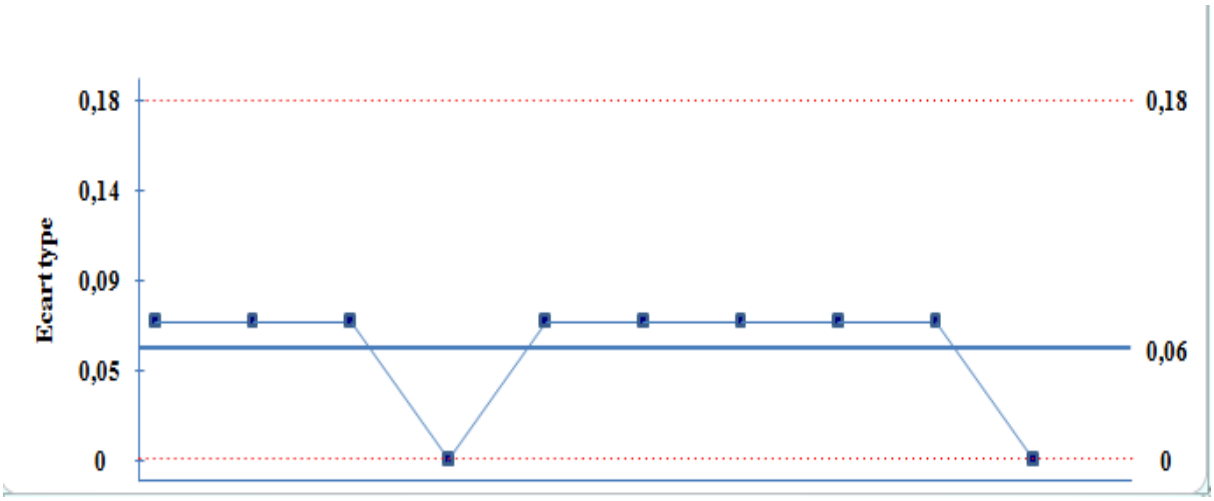

Figure19 :Carte de contrôle σ de la température de lavage-bain 2

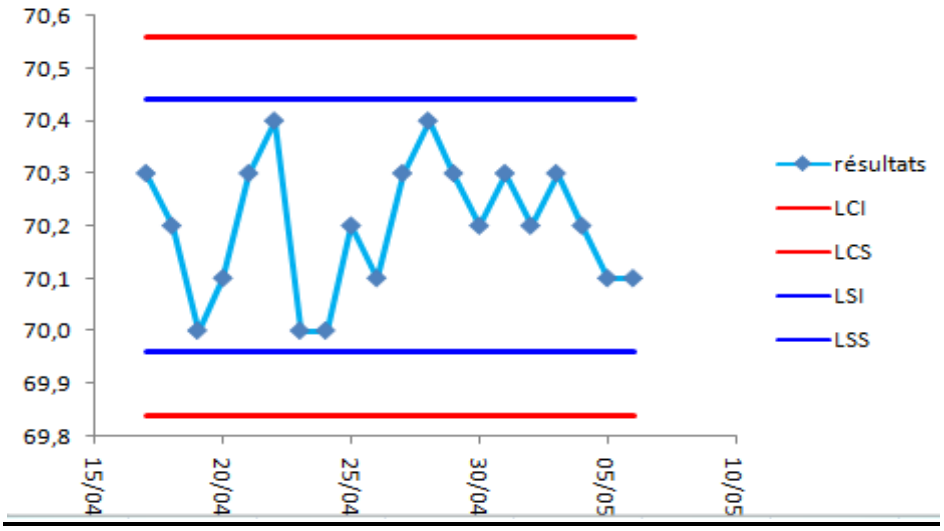

Figure20:-Carte de contrôle de la température de lavage-bain 2

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ La température de lavage du bain 2 est également sous contrôle statistique. Tous les points oscillent entre les limites de surveillance inférieures et supérieures.

Pression d'eau de rinçage :

La pression de l'injection de l'eau chlorée dans les bouteilles est contrôlée après chaque heure, les valeurs de pression sont lues sur un manomètre.

Le tableau 6 présente la valeur moyenne de mesure de la pression pendant 20 jours en bars :

Date	jour	Valeur moyenne de Pression
17/04/17	1	1.6
18/04/17	2	1.4
19/04/17	3	1.5
20/04/17	4	1.6
21/04/17	5	1.3
24/04/17	6	1.4
25/04/17	7	1.5
26/04/17	8	1.7
27/04/17	9	1.4
28/04/17	10	1.6
02/05/17	11	1.5
03/05/17	12	1.4
04/05/17	13	1.3
05/05/17	14	1.6
08/05/17	15	1.4
09/05/17	16	1.7
10/05/17	17	1.4
11/05/17	18	1.4
12/05/17	19	1.4
15/05/17	20	1.6
	$\overline{X}$	**1.49**
	σ	**0.12**

Tableau 6: Suivi de la pression du rinçage pendant 20 jours

Calcul de la Capabilité :

$$Cp = \frac{Ts_Ti}{6.18\times\sigma} = \frac{2-0.8}{6.18\times0,12} = 1,62$$

$$Cpk = \min\left[\frac{Ts_\overline{X}}{3.09\times\sigma};\frac{\overline{X}_Ti}{3.09\times\sigma}\right] = \min\left[\frac{2-1.49}{3.09\times0,12};\frac{1.49-0.8}{3.09\times0,12}\right] = \min[1,4;1,9] = 1,4$$

➔**Cp et Cpk supérieurs à 1,33 processus capable.**

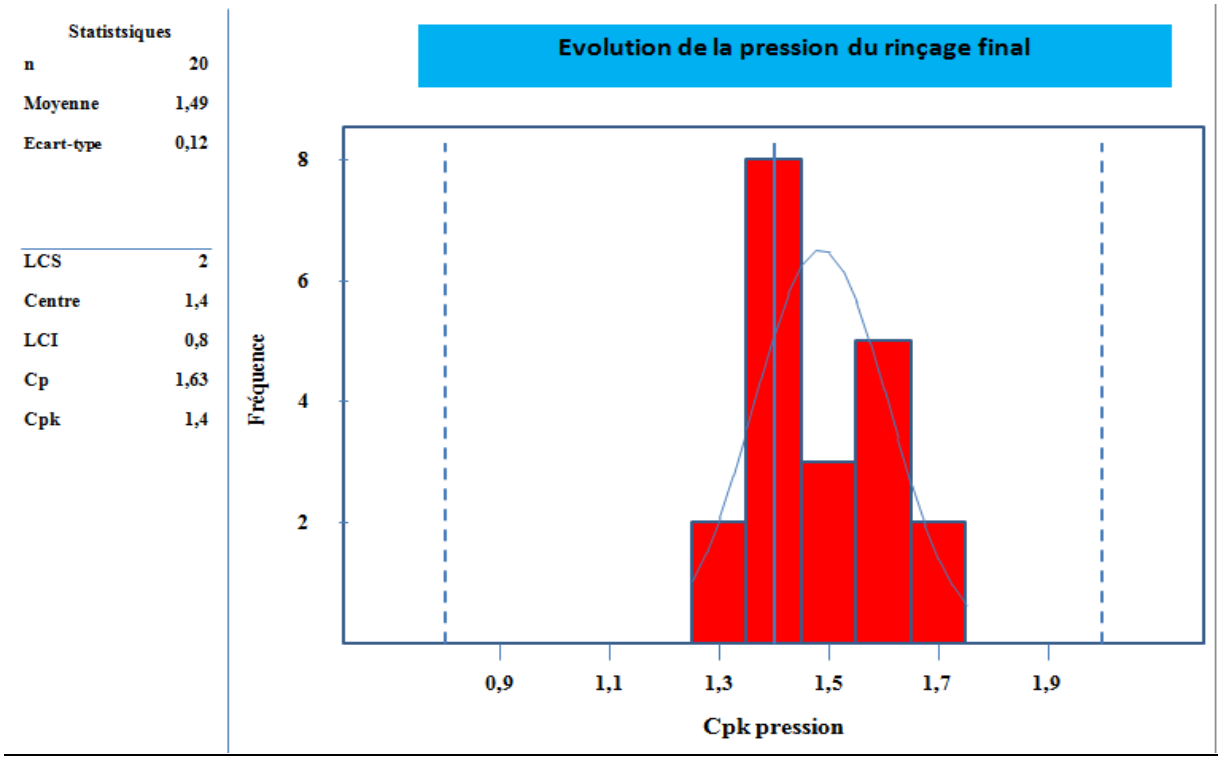

Figure21: Evolution de la pression du rinçage final

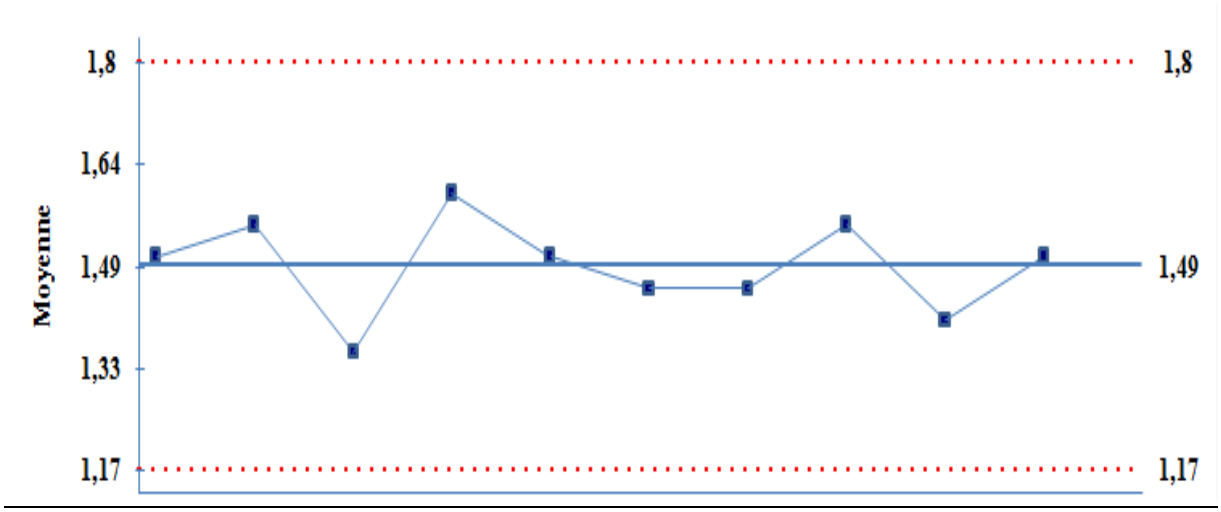

Figure22 : Carte de contrôle $\overline{X}$ de la pression du rinçage final

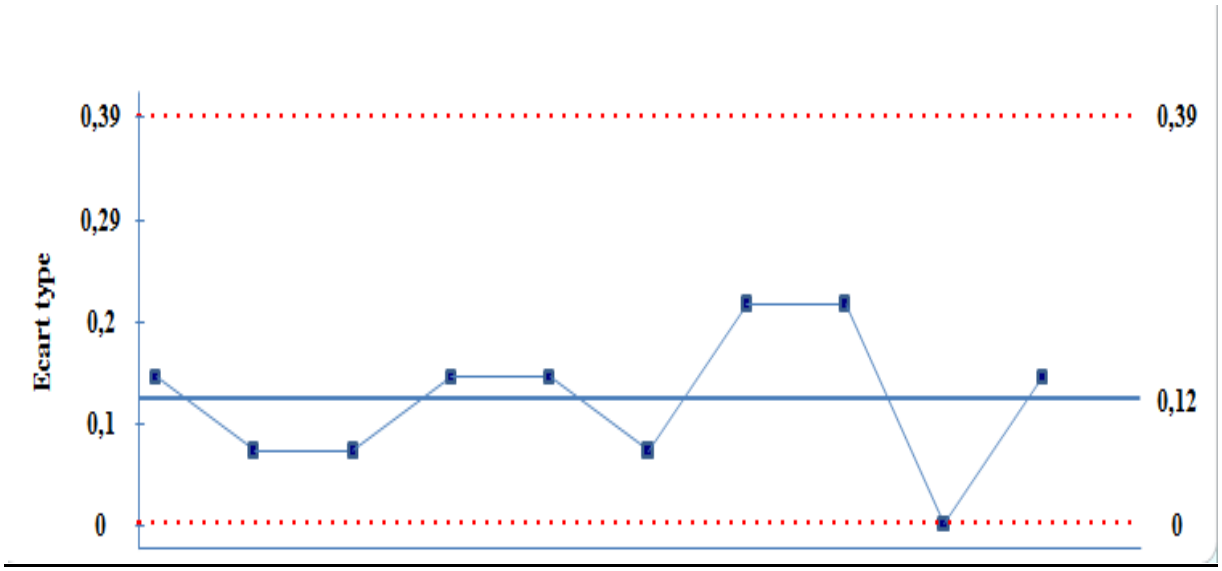

Figure23 : Carte de contrôle σ de la pression du rinçage final

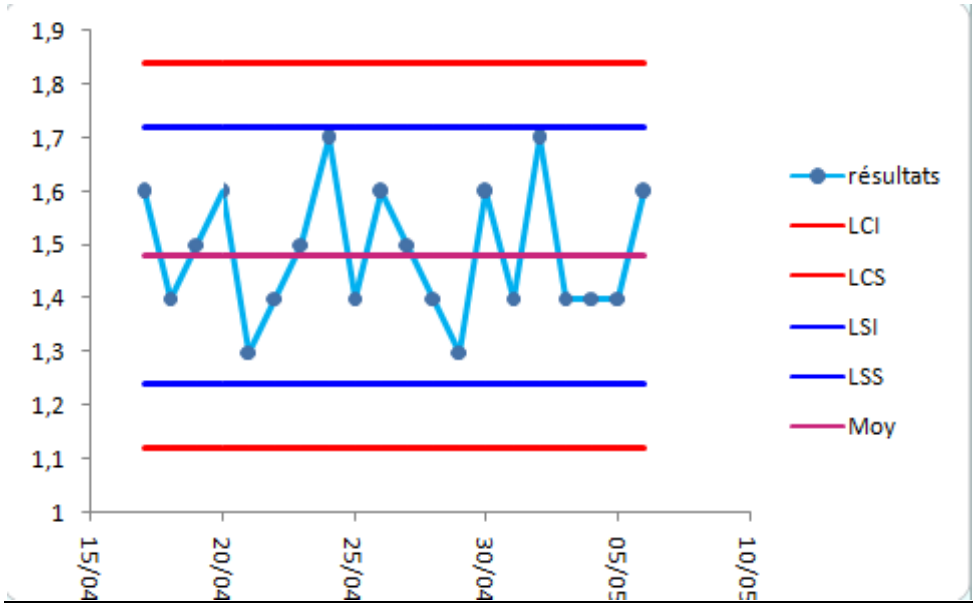

Figure24:Carte de contrôle de la pression du rinçage

Avec :

LCS : Limite de contrôle supérieure.
LCS : Limite de contrôle inférieure.
LSS : Limite de surveillance supérieure.
LSI : Limite de surveillance inférieure.
MOY : Moyenne.

➔ La pression du rinçage est sous contrôle, aucun point n'est signalé hors les limites de surveillance.

Contrôle de traces de soude à la sortie de la laveuse :

Juste à la sortie de la laveuse, les bouteilles lavées sont prélevées puis acheminées au laboratoire. Dans lesquelles on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine.

- S'il n'y a pas de changement de couleur, le résultat est négatif. Mais lorsqu'il s'agit d'une couleur violette, cela signifie qu'il y'a présence de traces de soude dans les bouteilles.

Dans ce cas, il faut éliminer toutes les bouteilles contaminées jusqu'à correction.

Contrôle de moisissures :

A la fin du lavage, les bouteilles numérotées sont acheminées au laboratoire. On verse dans la première bouteille 50 ml de bleu de méthylène, puis on coule ce dernier sur la paroi interne de la bouteille en le versant dans une deuxième bouteille puis dans une troisième bouteille et ainsi de suite jusqu'à la dernière bouteille ,à la fin on les rinces toutes.

- S'il y'a présence de tâches bleues, cela signifie qu'il y a présence de moisissures dans la bouteille et donc il existe un problème au niveau du lavage, c'est à ce moment là qu'on procède à un contrôle de gicleurs. Un bon alignement des gicleurs indique une bonne injection de l'eau à l'intérieur des bouteilles et donc une lutte contre toute sorte de contamination.

Conclusion

Considérées comme des produits alimentaires, les boissons gazeuses ne doivent présenter aucun préjudice à la santé des consommateurs, ce qui nécessite des contrôles réguliers de la qualité au niveau de toutes les étapes, partant de la réception de la matière première jusqu'au produit fini.

Pour que ces contrôles aient une crédibilité et une efficacité, ils sont valorisés par des normes exigées par l'entreprise afin d'évaluer les écarts et les corriger, dont le but est de garantir une bonne qualité. La bonne réalisation de lavage contribue sans doute dans la garantie d'une bonne qualité de la boisson et donc préserver la santé du consommateur contre tout risque.

En effet, le stage que j'ai effectué à la CBGN m'a permis de suivre les paramètres physico-chimiques du lavage des bouteilles : la température des bains, le pourcentage de la soude dans les bains, la concentration du chlore de rinçage, la pression de rinçage, le test des moisissures et le résidu de la soude.

En se basant sur les calculs des indices de capablilté de ce processus de lavage, les résultats obtenues sont compatibles aux normes internes de la société .Cela montre, en conséquence, l'efficacité de lavage des appareils et des produits utilisés.

Par ailleurs, ce stage m'a offert une occasion intéressante pour constituer et développer une réflexion personnelle qui a été appuyée par de nombreuses directives, recommandations et orientations de quelques professionnels dans le domaine. Ces conseils m'ont permis de faire valoir ce stage et d'approuver sa fiabilité, sa faisabilité et son éventualité.

Réferences bibliographiques et webographiques

- Maîtrises statistiques des processus(MSP)
  Par : Gérad Brunschwig et Alain Palsky.

- La maitrise statistique des procedes
  I.U.T.de Mulhouse.

- Guide de formation de la CBGN.

- Documents Internes de la CBGN.

- Les fiches des normes au sein de la compagnie des boissons gazeuses du nord.

- Maîtrise statistique des procedes
  Par : Christophe Rousseau
  http://www.sssh.ch/uploads/media/02_Rousseau.pdf

- Rapport de stage : Suivi de l'efficacité du lavage des bouteilles en verre au sein de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord-Zeouk Ikram (E-biblio-FST Fès) :

http://www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/browse/search?query=zeouk

- https://cocacolaweb.fr/coca-cola/histoire/