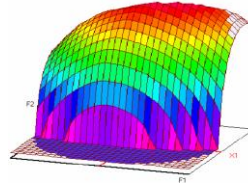


Année Universitaire : 2018-2019



Master Sciences et Techniques CAC Agiq
Chimométrie et Analyse Chimique : Application à la gestion de la
qualité

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

La maîtrise statistique du procédé de
remplissage des bouteilles des boissons
gazeuses

Présenté par:

ER-RAJY Mohammed

Encadré par:

-Mr. FAHMI EL Khammar

CBGN Fès

-Pr. LHASSANI Abdelhadi

FST Fès

Soutenu Le 17 Juin 2019 devant le jury composé de:

-Pr. LHASSANI Abdelhadi

FST Fès

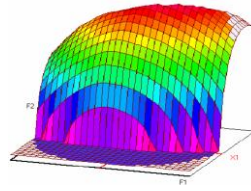
-Pr. Hicham CHTIOUI

FST Fès

-Pr. E.H. EL GHADRAOUI

FST Fès

Stage effectué à : La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord Fès



Master ST CAC Ageq

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

Nom et prénom: ER-RAJY Mohammed

Année Universitaire : 2018/2019

Titre: La maîtrise statistique du procédé de remplissage des bouteilles des boissons gazeuses

Résumé

Le remplissage des bouteilles des boissons gazeuses en verre au sein de la CBGN est une étape critique dans la production des boissons gazeuse pour cela il faut toujours suivi.

Ce suivi basé sur une étude statistique par l'intermédiaire des cartes de contrôles, réaliser un calcul de la capabilité, aussi la comparaison des moyennes de déférent marque de chaque bouteille de même capacité.

Une étude au niveau de la soutireuse en utilisant les cartes de contrôles ce révélé que le remplissage des bouteilles des boissons gazeuses en verres représente des anomalies qui ont un impact sur le niveau de remplissage.

Pour la suite nous avons procédé à des actions correctives pour redresser cette situation. Des suivis de capabilité de processus de remplissage ont été réalisés après avoir effectué des actions correctives dont l'objectif est de vérifier leur efficacité qui est approuvée par des valeurs de capabilité qui sont nettement supérieur à 1,33.

Mots clés: Carte de contrôle ; Capabilité ; Analyse de variance.

Dédicace

Je dédié ce modeste travail

A mes parents

Qui m'ont donné beaucoup de soutien et d'encouragement, symbolisant pour moi le sacrifice et la source d'où naît la lumière qui éclaire ma vie, et pour qui aucune dédicace n'exprimera la profondeur de mon amour.

A mes frères

Pour leur véritable et s'insère amour, je leur souhaite, une vie pleine de succès avec beaucoup de bonheur.

A mes formateurs

Qui m'ont dirigé vers le chemin de succès par leur compréhension et leur conseil, veuillez trouver dans ce travail, l'expression de mes profondes reconnaissances et mon grand estime.

A tous mes amis et collègues

Pour les moments forts et agréables passés ensemble, à tous ce qui m'aiment et me souhaitent le bonheur et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à l'élaboration de ce rapport.

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur EL KHAOUTI Mohamed directeur de la CBGN pour le stage effectué au sein de la société, j'en profite pour adresser mes remerciements à le responsable du laboratoire et mon encadrant Mr. FAHMI El Khammar pour tout le savoir et savoir-faire inculqués et qui ont été nécessaire pour le bon déroulement de mon projet de fin d'étude ainsi que tout le personnel du laboratoire, toute l'équipe de production pour l'accueil et la convivialité qui a régné tout au long de ce stage. Sur cette même lancée mes remerciements vont à l'endroit de mon encadrant Mr le professeur LHASSANI Abdelhadi pour sa disponibilité et tout l'intérêt porté à mon rapport.

Professeur EL HADRAMI El Mustapha, que je tiens à remercier pour m'avoir accueilli dans son master, je suis très reconnaissant pour la confiance qu'il m'avait accordée, sa gentillesse, sa disponibilité, et ses encouragements m'ont été indispensables.

Mes remerciements également aux membres de jury le professeur CHTIOUI Hicham (FST-Fès) et le professeur El GHADRAOUI El Houssine (FST-Fès). D'avoir accepté de juger ce travail.

Il est évident que je ne peux oublier de remercier ma famille, notamment mes parents, mes frères, qui ont toujours répondu «présent» et ont été d'un grand secours moral en toutes situation.

Liste d'abréviations

CBGN : La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord.	NABC : North Africa Bottling Company.
ECCBC : Equatorial Coca-Cola Bottling Company.	MSP : La maîtrise statistique des procédés.
TDS : Taux de solide dissous	Ti : La tolérance inférieure.
Ts : La tolérance supérieure.	LSC : Limite Supérieure de Contrôle, (UCL : upper control limit).
σ : L'écart-type.	PET : polyéthylène et téréphtalique
LIC : Limite Inférieure de Contrôle. (LCL : lower control limit).	SCE : La Somme des Carrées des Ecarts.
CM : La Moyennes des Carrées.	LSD : Différence Significative Minimale.
ddl : degré de liberté.	MP : Matière première
RAS : Rien à Signaler.	TR : Tropicale.
$^{\circ}\text{BX}$: Degrés Brix.	MES : Matière En Suspension.
RADEEF : Régie Autonome Distribution d'eau et Electricité de Fès.	Iso : L'Organisation internationale de normalisation.
TA : Titre alcalimétrique	TAC : Titre alcalimétrique complet
T° : Température	CN : Contenu net

Liste des figures

page

Figure-1: Fiche technique de la CBGN	5
Figure-2: Les différents produits contrôlés à la CBGN	7
Figure-3: Schéma générale de traitement d'eau	8
Figure-4: Les différences étapes de processus d'embouteillage	10
Figure-5: Exemple d'une carte de contrôle	13
Figure-6: Processus « sous et hors contrôle »	16
Figure-7: Causes communes et causes spéciales	16
Figure-8: Carte de contrôle des moyennes et des étendues	17
Figure-9: L'indicateur Pp	18
Figure-10: Nécessité d'un indicateur Ppk	19
Figure-11: Diagramme d'Ishikawa	22
Figure-12: Densimètre électronique	24
Figure-13: Balance électronique	25
Figure-14: Diagramme d'ISHIKAWA du contenu net	35

Liste des graphes

Graphe-1: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 20 cl	26
Graphe-2: La capabilité des boissons de capacité 20 cl	27
Graphe-3: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 30 cl	29
Graphe-4: La capabilité des boissons de capacité 30 cl	30
Graphe-5: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 35 cl	32
Graphe-6: La capabilité de boissons de capacité 35 cl	32
Graphe-7: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 20 cl	36
Graphe-8: La capabilité des boissons de capacité 20 cl	37
Graphe-9: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 30 cl	38
Graphe-10: La capabilité des boissons de capacité 30 cl	39
Graphe-11: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 35 cl	40
Graphe-12: La capabilité des boissons de capacité 35 cl	41

Liste des tableaux

Tableau-1: Les différentes marques du CBGN	3
Tableau-2: les coefficients pour calculer les limites d'une carte de contrôle	15
Tableau-3: L'interprétation des cartes de contrôles	15
Tableau-4: Analyse de la variance (ANOVA)	20
Tableau-5: Les données des contenu net des boissons de capacité 20 cl	25
Tableau-6: Table D'ANOVA pour les boissons de capacité 20 cl	27
Tableau-7: les données des contenu net des boissons de capacité 30 cl	28
Tableau-8: Table D'ANOVA pour les boissons de capacité 30 cl	30
Tableau-9: Les données des contenu net des boissons de capacité 35 cl	31
Tableau-10: Table D'ANOVA pour les boissons de capacité 35 cl	33
Tableau-11: Actions correctives	35
Tableau-12: les données des contenu net des boissons de capacité 20 cl	35
Tableau-13: les données des contenu net des boissons de capacité 30 cl	37
Tableau-14: les données des contenu net des boissons de capacité 35 cl	39

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Première Partie : Présentation de la société	2
I.Présentation de la CBGN	3
1) Profils	3
2) Historique.....	3
3) Les produits de la CBGN	3
II. Départements et services de la CBGN	3
1) Direction de l'usine	4
2) Service Contrôle Qualité	4
3) Service Maintenance	4
4) Service Comptabilité et Finance	4
5) Service achat	5
6) Services des ressources humaines	5
III. Fiche technique de CBGN	5
Deuxième Partie : Description de la chaine de production	6
I.Contrôle de qualité	7
II. Traitement d'eau	7
III. La Siroperie	9
1) Préparation du sirop simple.....	9
2) Préparation du sirop fini.....	9
IV. L'embouteillage	10
Troisième Partie : Généralité sur la maitrise statistique des procédés	11
I.La maitrise statistique du procédé	12
1) Historique.....	12
2) Définition	12
3) Les avantages de la méthode maîtrise statistique des procédés	12
4) Les objectifs de la Maitrise Statistique des procédés	12
II. Cartes de contrôle	13
1) Définition	13
2) L'élaboration de carte de contrôle (X, R)	13
3) L'interprétation des cartes de contrôles.....	15
4) Processus « sous contrôle » et « hors contrôle »	16
5) Moyenne et étendue, deux fonctions différentes.....	16
III. Causes communes – Causes spéciales	17
IV. La capabilité	17
1) Définition	18
2) Pp et Ppk (Performance du processus –long terme).....	18
3) Cp et Cpk (Capabilité processus – Court terme).....	19
V. L'analyse de la variance	20
VI. Analyse multiples des moyennes	21
VII. Diagramme de causes et effets	22
Quatrième partie :Résultats Obtenus et Analyses Expérimentaux	23

I. Introduction	24
II. Matériel et méthode	24
1) Matériel outils	24
2) Méthodes	24
III. Résultats et discussion	25
1) Traitement statistique de trois boissons de capacité 20 cl.....	25
2) Traitement statistique de trois boissons de capacité 30 cl.....	28
3) Traitement statistique de trois boissons de capacité 35 cl.....	31
IV. Réunion	34
1) Analyses des causes	35
2) Actions Correctives.....	35
V. Résultats et discussions après les actions correctives	35
1) Traitement statistique de trois boissons de capacité 20 cl.....	35
2) Traitement statistique de trois boissons de capacité 30 cl.....	37
3) Traitement statistique de trois boissons de capacité 35 cl.....	39
Conclusion générale	42
Références	43

Introduction générale

Le stage est un symbole de rapprochement entre le monde de la formation universitaire académique et le monde de travail. C'est un élément concret qui assure, après des études théoriques, une aide significative à l'insertion et à l'intégration professionnelle et sociales à l'étudiant.

Face à une compétitivité accrue, les sociétés des boissons doivent s'assurer de la maîtrise de leurs processus. Cette maîtrise permet d'accroître la robustesse de leurs procédés et d'élever ainsi leur performance industrielle. La maîtrise statistique des procédés ou MSP est un ensemble d'actions déterminées pour évaluer, régler et maintenir un processus capable de fournir des produits conformes aux spécifications.

La MSP permet de prendre les décisions pertinentes et adaptées à la situation étudiée, notamment face à des résultats non-conformes. Cette technique est fondée sur deux approches fondamentales :

- La connaissance approfondie d'un processus.
- Les calculs qui permettent le suivi par carte de contrôle et les mesures de capabilité.

Ce présent travail, effectué au sein de la société CBGN, a pour objectif l'amélioration de procédé de remplissage des boissons gazeuses dans des bouteilles en verre en se basant sur des études statistiques.

Par conséquent, le rapport sera scindé en quatre parties majeures :

- ✓ Partie 1 : une présentation générale de la CBGN et ses activités principales.
- ✓ Partie 2 : une description totale de la chaîne de production des boissons gazeuses en verre.
- ✓ Partie 3 : généralités sur la MSP, ensuite les notions de base sur les cartes de contrôles et la capabilité.
- ✓ Partie 4 : une présentation des résultats de l'étude ainsi que les interprétations correspondantes.

Première Partie :
Présentation de la société

I. Présentation de la CBGN

1) Profils

En septembre 2004, le Groupe ECCBC (Equatorial Coca-Cola Bottling Company) a décidé la création de la société NABC (North Africa Bottling Company) dont la CBGN fait partie en plus de la SCBG et de la CBGS et SOBOMA.

SCBG: Société Centrale des Boissons Gazeuses (Casablanca, Sale, Agadir)

CBGS: Campanie des Boissons Gazeuses du Sud (Marrakech)

SOBOMA: Société des Boissons Mauritanienes

CBGN: Campanie des Boissons Gazeuses du Nord (Fès)

2) Historique

- ❖ Création de la CBGN en 1952 par deux groupes d'associés : la famille Benabdellah et le groupe Suisse France Hauss.
- ❖ La CBGN achète l'unité SIM en 1997.
- ❖ La même année la CBGS est acquise par The Coca-Cola Holding.
- ❖ ECCBC acquiert la CBGN en 2002.

L'unité de production de la CBGN situé au quartier industriel Sidi Brahim à Fès dispose de 1 ligne verre ainsi que 1 ligne PET ; les centres de distribution de la société sont au nombre de cinq établis à : Fès, Meknès, Sidi Slimane, Errachidia et Khénifra.

3) Les produits de la CBGN

Tableau-1 : Les différentes marques du CBGN.

Produits	Tailles
Coca Cola	Verre : 35.5 cl, 20 cl ,30cl ,1 litre.
Fanta	Verre : 35 cl, 20 cl, 1 litre.
Hawaï	Verre : 35 cl ,20cl ; 1 litre.
Pom's	Verre : 35 cl, 20cl, 1 litre.
Sprite	Verre : 35 cl ,20 cl, 1 litre.
Schweppes	Verre : 35 cl ,20 cl, 1 litre.

II. Départements et services de la CBGN

La direction de La CBGN est composée de différents services qui assurent la coordination de toutes les activités de l'entreprise. Chaque Service a un rôle bien précis qu'on doit contrôler avec soin pour garantir un produit fini sain et propre, ces contrôles doivent répondre aux normes pour ne pas provoquer des problèmes par la suite :

1) Direction de l'usine

Elle se trouve à la tête de l'organisation dans la mesure où elle s'occupe des missions suivantes :

- ✓ Déterminer les objectifs.
- ✓ Réaliser les meilleurs résultats et performances.
- ✓ Encourager l'esprit d'entreprise.
- ✓ Motiver l'ensemble du personnel.

2) Service Contrôle Qualité

Dans un environnement économique marqué par le démantèlement des systèmes de protection traditionnels, la qualité des produits et des services est devenue pour les entreprises l'outil incontournable de coopération et de conquête des marchés.

Dans ce sens, la CBGN s'est engagée à instaurer la démarche qualité afin de :

- ✓ Satisfaire la clientèle en garantissant une bonne qualité de produits.
- ✓ Diminuer les coûts de non-qualité : pour accroître la compétitivité et établir des priorités pour les actions correctives.
- ✓ Développer et faire de l'environnement un avantage concurrentiel.

Au sein de l'entreprise existe un laboratoire spécial de contrôle contenant des appareils de mesure et de contrôle de qualité pour vérifier la conformité des produits au cours de la production et lors de la livraison à la distribution.

Dans le laboratoire on effectue plusieurs types de contrôles comme :

- ➡ Contrôles à la réception.
- ➡ Contrôle au cours de la production (physicochimiques et organoleptiques)
- ➡ Contrôle bactériologique.
- ➡ Contrôles physicochimiques, organoleptique et microbiologique des eaux traitées.

3) Service Maintenance

- ✓ Conserver en bon état tout le matériel de l'usine
- ✓ Appliquer les nouvelles technologies dans le domaine propre à l'usine

4) Service Comptabilité et Finance

Sa fonction réside dans :

- ✓ La réalisation de l'équilibre financier de l'entreprise
- ✓ Enregistrement des opérations comptables de la société
- ✓ Le règlement des opérations effectuées en espèces

5) Service achat

Il s'occupe des tâches suivantes :

- ✓ Contrôles permanents des entrées/sorties magasins
- ✓ Gestion de l'état des stocks concernant aussi la MP

6) Services des ressources humaines

Il occupe une grande importance au sein de l'organisation CBGN, il est chargé de toutes les fonctions administratives de l'ensemble du personnel de l'usine.

III. Fiche technique de CBGN

Sigle : CBGN
Raison sociale : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
Forme juridique : Société Anonyme
Activité : Embouteillage et distribution des Boissons Gazeuses non alcoolisées
Secteur d'activité : Agroalimentaire
Adresse : Quartier Industriel Sidi Brahim-Fès
Téléphone : 05 35 96 50 00
Fax : 05 35 96 50 25
Boite postale : 2284
Superficie : environ 1 hectare

Figure-1: Fiche technique de la CBGN

Deuxième Partie :
Description de la chaîne
de production

I. Contrôle de qualité

Le laboratoire de la CBGN dispose du matériel nécessaire pour vérifier la conformité des produits reçus, des produits finis et pendant le processus de la production de la boisson gazeuse afin d'assurer la protection du consommateur face aux risques que peuvent présenter certains produits industriels. Les analyses et contrôles qualité au laboratoire se déroulent pendant la production et la réception. Dans le laboratoire plusieurs types de contrôles sont effectués comme :

- ✓ Contrôle à la réception : matière première et matière d'emballage.
- ✓ Contrôle des produits finis.
- ✓ Analyses physico-chimiques des eaux traitées et adoucies.

Les différentes étapes de contrôle de qualité sont les suivantes :

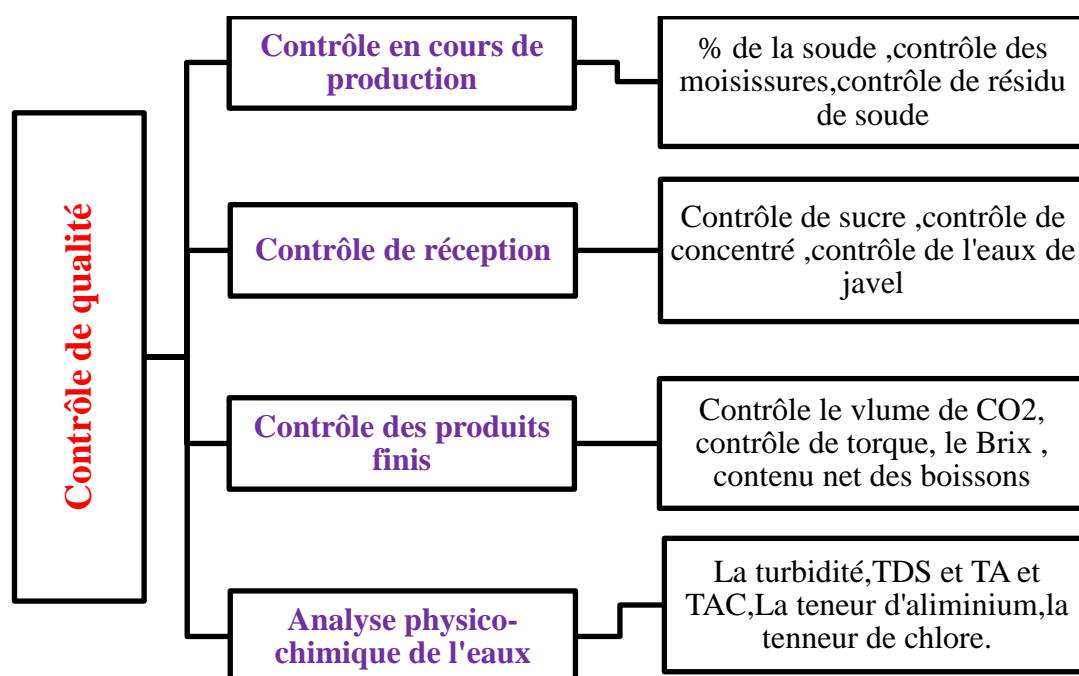


Figure-2: Les différentes étapes d'analyse à la CBGN

II. Traitement d'eau

Suite à la politique du groupe CBGN et ses engagements de garantir à ses clients un produit qui respecte les normes de qualité, toutes les matières utilisées par le processus de fabrication doivent respecter les normes d'hygiène et plus particulièrement l'eau qui représente l'élément majeur dans les boissons. L'eau potable distribuée par la RADEEF est utilisée par le service de traitement des eaux qui s'occupe de le traiter avant d'être utilisé par la siroperie, la production. Le traitement des eaux est nécessaire pour:

- ✓ Diminuer l'alcalinité.

- ✓ Éliminer les impuretés susceptibles d'affecter le goût ou l'aspect du produit.
- ✓ Éliminer les matières en suspension pouvant être présentes dans l'eau de ville.

Les différentes étapes du traitement des eaux sont les suivantes :

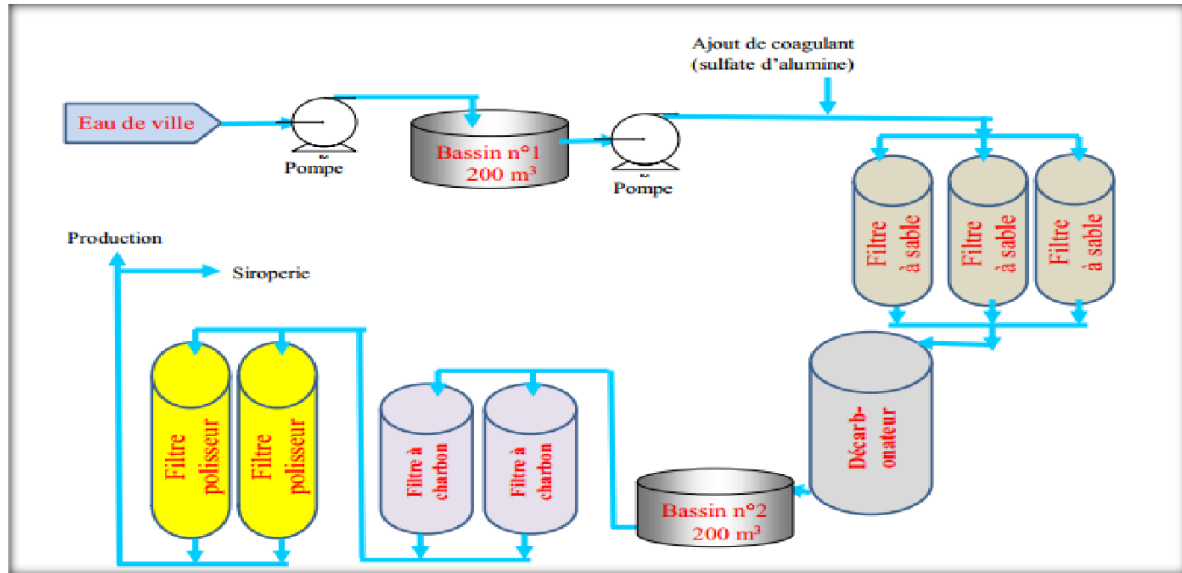


Figure-3 : Schéma générale de traitement d'eau

✚ Chloration de l'eau

Est un moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Elle consiste à introduire des produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans l'eau pour tuer les micro-organismes qu'elle contient.

✚ Coagulation et floculation

Cette étape est destinée à provoquer l'agglomération des particules en suspension en agrégats floconneux facilement décantables par l'injection d'un coagulant : sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$.

✚ Filtration sur filtre à sable

Cette étape suit celle de l'injection du coagulant afin d'éliminer les MES.

✚ Décarbonatation

Grâce à une résine échangeuse d'ions (RCOOH), les bicarbonates de calcium et de magnésium contenus dans l'eau échangent leurs cations par de l'hydrogène avec formation de CO_2 . C'est ainsi qu'on réduit le taux d'alcalinité de l'eau.

✚ Stockage

L'eau issue du décarbonateur est stockée dans un deuxième bassin où une injection de l'eau de javel pour la désinfection.

Filtration sur charbon actif

Sert à éliminer le chlore et les substances sapides et odorantes susceptibles qui donnent un goût anormal au produit par adsorption sur charbon actif.

Filtration sur filtres polisseurs

Consiste à éliminer les particules du charbon susceptibles d'échapper du filtre à charbon.

Adoucissement de l'eau

L'adoucisseur possède une résine de type R-Na échangeuse d'ions qui permet de diminuer la dureté de l'eau par échange des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} contre Na^+ pour éviter la formation du calcaire $CaCO_3$.

III. La Siroperie

La siroperie constitue la deuxième phase dans le cycle du procédé de fabrication. Ce processus est réalisé en deux étapes:

- Préparation du sirop simple.
- Préparation du sirop fini.

1) Préparation du sirop simple

Un mélange de l'eau traitée et de sucre tamisé est soumis à une température $80^{\circ}C$ pendant 40min en circuit fermé pour favoriser la dissolution complète du sucre, on obtient le sirop simple. Ce dernier est pasteurisé à une température de $85^{\circ}C$.

Ensuite, le sirop est clarifié par ajout de quantités bien définies du charbon actif en poudre pour éliminer les impuretés et les mauvaises odeurs. Ces particules de charbon et les MES sont ensuite éliminés par filtration. Le sirop est par la suite refroidi à $20^{\circ}C$ avant d'être stocké.

2) Préparation du sirop fini

Le sirop fini est un mélange du sirop simple avec le concentré (Extraits de base) qui est placé dans des fûts en inox. Le concentré est versé dans une cuve où il subit une agitation avant de le mélanger avec le sirop simple préalablement stocké dans une cuve spéciale (cuve de sirop simple). On transporte le sirop simple et les extraits de base à l'aide de pompes vers une cuve où le mélange s'effectue. Cette cuve est appelée : Cuve de sirop fini. On maintient l'agitation pendant 30 minutes puis on arrête l'agitateur pendant 10 min pour la désaération du sirop fini.

- ❖ Mixage : Le mixage constitue la dernière phase de production de la boisson. Cette étape consiste à mélanger le sirop fini avec l'eau traitée refroidie par l'eau glycolée et du gaz carbonique dans des proportions bien définies.
- ❖ Animation : Pour obtenir un sirop conforme aux normes prédéfinies d'hygiène et de qualité, une opération de sanitation et de nettoyage s'impose pour détruire toutes les bactéries pathogènes des surfaces en contact avec le sirop. Le nettoyage des cuves de sirop fini est effectué chaque fois qu'il y a changement de produit ou épuisement du sirop.

IV. L'embouteillage

La CBGN dispose d'une ligne de production consacrée à la production des boissons pour les bouteilles en verre et aussi d'une ligne de productions de boissons pour la PET.

Il n'y a pas de différence entre le processus même si les bouteilles sont de tailles différentes. On peut schématiser tout le processus d'embouteillage en verre comme suit :

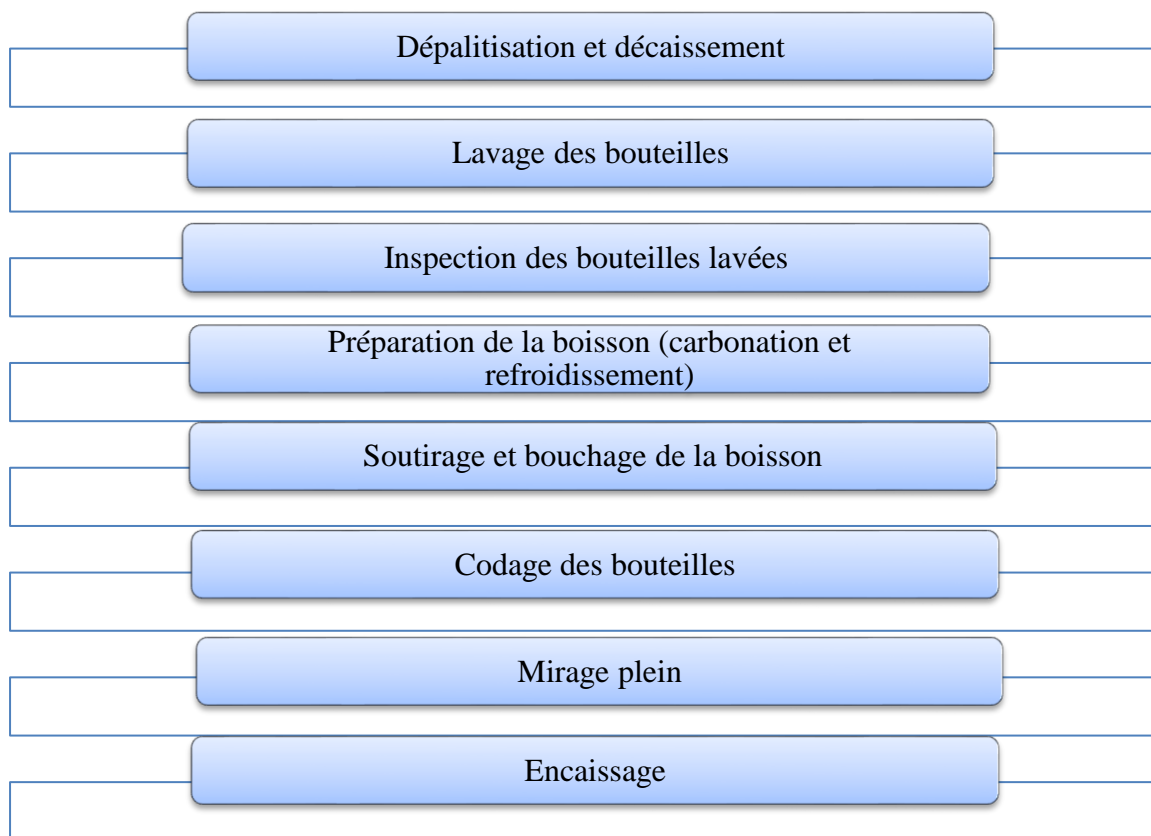


Figure-4: Les différentes étapes de processus d'embouteillage

Troisième Partie : Généralité
sur la maîtrise statistique
des procédés

I. La maîtrise statistique du procédé

1) Historique

Shewhart a présenté en 1929 dans l'industrie militaire, ouvrant ainsi la voie à une nouvelle discipline qu'est la MSP. Ensuite dans les années 70 on voit apparaître les calculs de capacité dans l'industrie automobile Américaine. Et c'est seulement dans les années 80 que cette discipline s'est imposée en Europe.

2) Définition

La maîtrise statistique du procédé, c'est l'ensemble d'actions pour évaluer, régler et maintenir le processus de production en état de fabriquer des produits conformes aux spécifications et avec des caractéristiques stables dans le temps. [2]

Il existe deux concepts essentiels composant la MSP :

- **Suivi et pilotage des procédés par cartes de contrôle :**
 - ❖ Echantillonnage.
 - ❖ Pilotage des procédés par cartes de contrôle.
 - ❖ Interprétation des cartes de contrôle.
- **Etude de capacité :**
 - ❖ Capacité machine.
 - ❖ Capacité procédé.

3) Les avantages de la méthode maîtrise statistique des procédés

L'utilisation de cette méthode Maîtrise Statistique des procédés permet :

- ✓ Anticiper les problèmes.
- ✓ Réagir rapidement en cas d'apparition d'anomalies avant que celles-ci n'empirent.
- ✓ Éviter le sous ou le sur contrôle, uniquement réagir quand il le faut.
- ✓ Améliorer la production et la productivité :
 - Par la constance des caractéristiques de produit et par la diminution des coûts

4) Les objectifs de la Maîtrise Statistique des procédés

"Maîtriser les variations aux différentes étapes du procédé, c'est garantir une qualité constante du produit final"

Actuellement, cette méthode (MSP) est utilisée dans de nombreux pays par diverses industries de production. Elle est devenue un outil de compétitivité sans équivalent et qui vise à :

- ✓ Garantir une même qualité du produit.
- ✓ Assurer la stabilité dans le temps.
- ✓ Satisfaire au mieux les exigences du client.

II. Cartes de contrôle

1) Définition

La carte de contrôle est l'un des outils de base utilisé pour la maîtrise statistique des procédés. C'est une représentation graphique qui est une suite d'image de production.

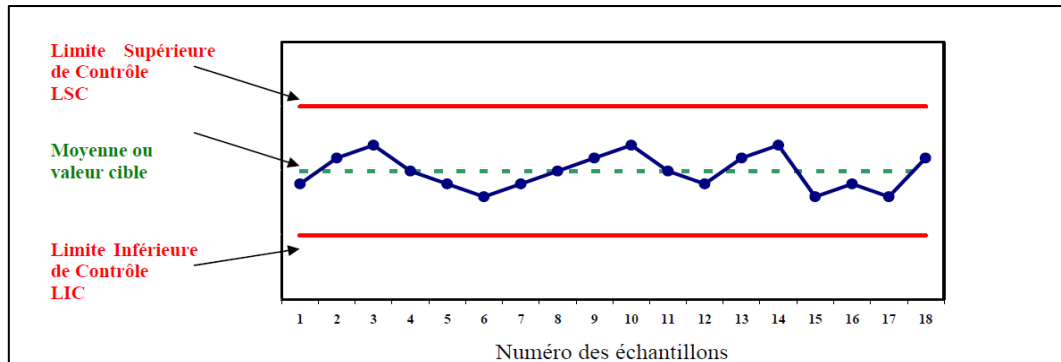


Figure-5 : Exemple d'une carte de contrôle

La carte de contrôle des individus permet de représenter des observations individuelles. La ligne centrale est une estimation de la moyenne du procédé. Les limites de contrôle qui sont tracées à une distance de 3 écarts types au-dessus et en dessous de la ligne centrale, indiquent la variation attendue dans les valeurs individuelles des échantillons. Les points hors limites des contrôles indiquent les observations hors contrôle. Les cartes de contrôle permettent : [6]

- ✓ Visualiser la variabilité du procédé.
- ✓ Affirmer que le procédé est ou n'est pas sous contrôle.
- ✓ Distinguer les causes.

Il existe deux grands types de cartes de contrôles :

Carte de contrôle aux Mesures (tendance, dispersion)	A priori fonctionnement du procédé (tolérance, dimension), suivi loi NORMALE, nombre d'effectif entre 2 et 40.
Carte de contrôle aux Attributs (nombre, proportion)	A posteriori qualité des produit (Bon-Mouvais), suivi loi Binomiale ou de Poisson), nombre d'effectif entre 50 et 200

2) L'élaboration de carte de contrôle (\bar{X} , R)

On adapte le point de vue probabiliste des variables aléatoires. Pour 5 échantillons prélevés on note $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4, \bar{X}_5$. Les 5 variables aléatoires qui associe chaque échantillons. Les étapes à suivre pour l'élaboration des cartes \bar{X} et \bar{R} sont les suivantes:

a) Prélèvements des échantillons

Le nombre de l'échantillon à prélever: 5 d'échantillon.

Fréquence de contrôle : La fréquence de contrôle chaque heures.

b) Calcul des moyennes et des étendues

Suite à l'enregistrement des données, on doit calculer pour chaque échantillon la moyenne \bar{X} et l'étendue R. on a:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

Avec :

n : Le nombre de chaque sous-groupe (échantillon).

$X_1 + X_2 + \dots + X_N$: Valeurs observées du sous-groupe.

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

X_{\max} : valeur maximale du sous-groupe

X_{\min} : valeur minimale du sous-groupe

c) Représentation graphique des moyennes et des étendues

On indique en ordonnée (l'axe vertical) les moyennes des échantillons et en abscisse (l'axe horizontale) l'identification de l'échantillon (numéro, heure de l'échantillon,...). On relie les points entre eux. On effectue le même en reportant les étendues (en ordonnée) sur la carte R et en abscisse l'identification de l'échantillon, relier les points entre eux.

d) Calcul des limites provisoires de contrôle

Calculer la moyenne globale $\bar{\bar{X}}$ de l'ensemble des données enregistrées ainsi que l'étendue moyenne $\bar{\bar{R}}$ pour k sous-groupe, on a :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K}{K}$$

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \dots + \bar{R}_K}{K}$$

$\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K$: Représente les moyennes respectives des k sous-groupes.

$\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \dots + \bar{R}_K$: Représente les étendues des k sous-groupes.

Calculer les limites provisoires de contrôle supérieure et inférieure de carte \bar{X} et de carte \bar{R} .

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} \text{ (Limite supérieure de contrôle)}$$

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} \text{ (Limite inférieure de contrôle)}$$

Le coefficient A_2 est obtenu de la table ci-après.

$$LSC_r = D_4 \bar{\bar{R}} \text{ (Limite supérieure de contrôle)}$$

$$LSC_r = D_3 \bar{\bar{R}} \text{ (Limite inférieure de contrôle)}$$

Les coefficients D_4 , D_3 sont obtenues d'après la table ci-dessous.

Tous les coefficients dépendent de la taille d'échantillon n.

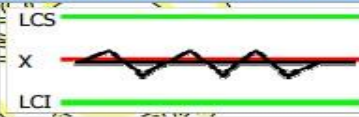
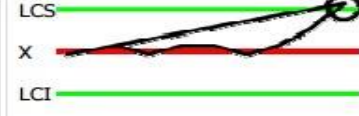
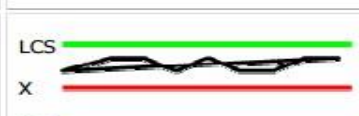



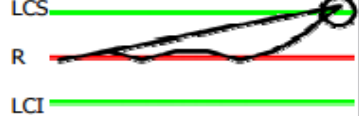
Tableau-2 : les coefficients pour calculer les limites d'une carte de contrôle.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A ₂	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31
D ₃	0	0	0	0	0	0.07	0.14	0.18	0.22
D ₄	3.27	2.57	2.28	2.11	2	1.92	1.86	1.82	1.78

3) L'interprétation des cartes de contrôles

Les limites de contrôle qui sont tracées à une distance de 3 écarts types au-dessus et en dessous de la ligne centrale, indiquent la variation attendue dans les valeurs individuelles des échantillons. Les points hors limites des contrôles indiquent les observations qui ont échoué à au moins un test des causes spéciales et sont hors contrôle. Le tableau suivant représente les interprétations des cartes de contrôles aux niveaux des moyennes et des étendues. [7]

Tableau-3 : L'interprétation des cartes de contrôles.

	RESULTAT DU CONTROLE	CONSTAT	INTERPRETATION	CORRECTION
1		Pas de grande variation de la moyenne.	Processus réglé et stable.	Pas de correction à envisager.
2		La dernière moyenne est trop grande et sort des limites de contrôle.	Le processus dérive, il faut en trouver la cause commune pour le corriger durablement.	Intervenir et régler le processus. Voir le journal de bord pour trouver la cause et corriger.
3		On constate une série de sept points consécutifs du même côté de la moyenne.	Le processus dérive, ce qui peut être dû à un mauvais réglage initial.	Intervenir et régler le processus. Voir le journal de bord pour trouver la cause et corriger.
4		Série de sept points consécutifs en dérive constante.	Processus en dérive constante, risque de production mauvaise.	Régler le processus. Chercher la cause, sans doute spéciale (usure d'outil par exemple).
5		Les 2/3 des points sont en dehors d'une zone centrée autour de la moyenne.	Forte probabilité de dérive due à une cause aléatoire.	Renforcer la surveillance. Modifier les conditions de production pour trouver la cause aléatoire.
	RESULTAT DU CONTROLE	CONSTAT	INTERPRETATION	CORRECTION
1		Pas de grande variation de l'étendue.	Processus réglé et stable.	Pas de correction à envisager.
2		L'étendue d'un échantillon sort des limites de contrôle.	Etendue trop grande, le processus n'est plus capable, il produit des mauvaises pièces.	Arrêt immédiat du processus, recherche de la cause, voir le journal de bord.

4) Processus « sous contrôle » et « hors contrôle »

Un processus « sous contrôle » est un processus dans lequel seules subsistent les causes communes. La répartition de la production suit alors une courbe en cloche et elle est centrée sur la cible. Un processus « hors contrôle » est soumis à la présence de causes spéciales.

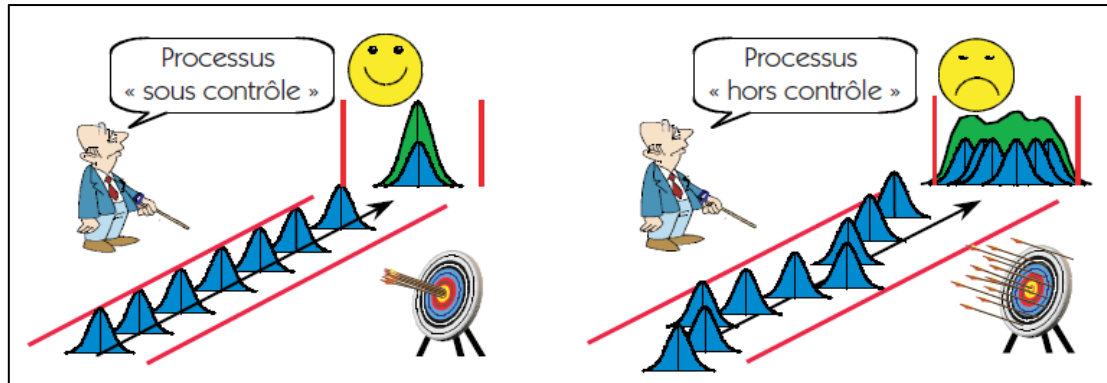


Figure-6: Processus « sous et hors contrôle »

5) Moyenne et étendue, deux fonctions différentes

Sur la carte de contrôle on ne note pas seulement la moyenne, mais également l'étendue. Les deux graphiques ont une fonction très différente car ils ne détectent pas le même type de causes spéciales.

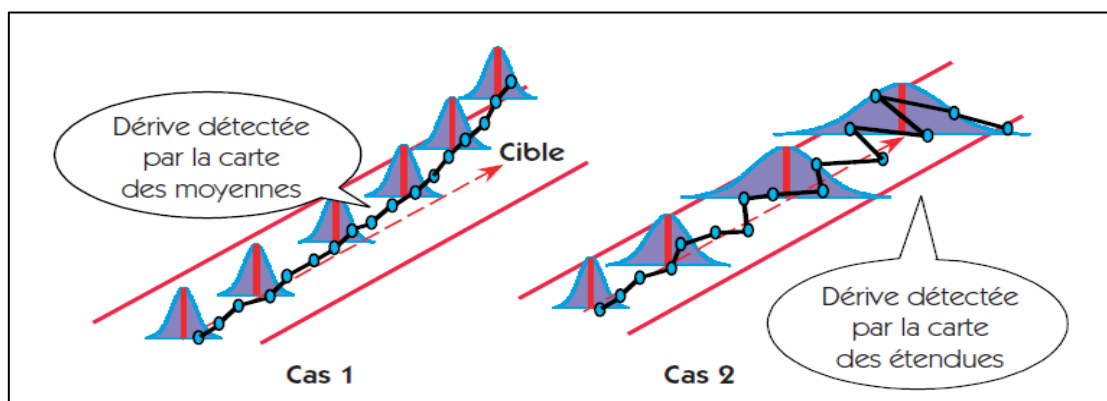


Figure-7: Carte de contrôle des moyennes et des étendues

La figure 8 illustre les deux fonctions :

Dans le cas 1: On note une dérive de la position du processus, il faut détecter cette dérive pour ne pas fabriquer des pièces mauvaises. La carte des moyennes détectera les dérives de position du processus.

Dans le cas 2 : Le processus reste centré sur la cible, mais la dispersion se dégrade. Il faut également détecter ce type de dérives car il conduit également à une production de mauvaise qualité. C'est l'objectif de la carte de contrôle des étendues.

III. Causes communes – Causes spéciales

On sait que dans une production, deux produits ne sont jamais parfaitement identiques. Les dimensions précises d'un produit usiné sur une machine-outil dépendent de nombreux facteurs. Il s'ensuit une dispersion sur la cote que l'on peut séparer en deux catégories :

- ✓ les dispersions dues aux causes communes.
- ✓ les dispersions dues aux causes spéciales.

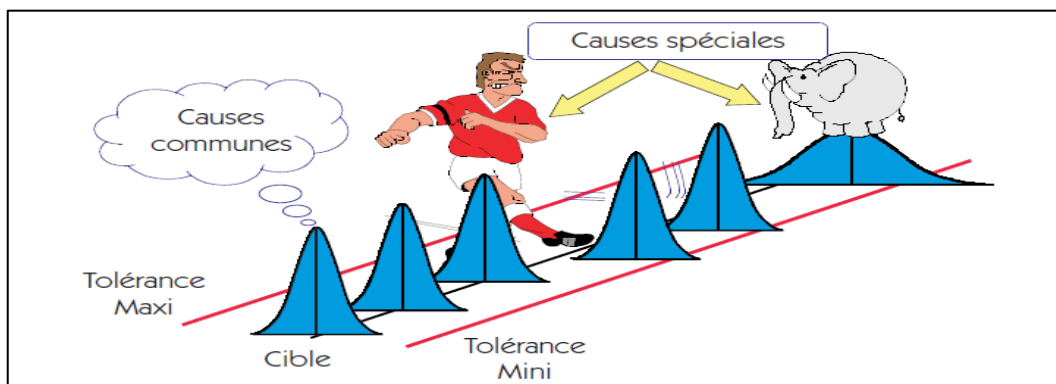


Figure-8: Causes communes et causes spéciales

1) Les causes communes

Ce sont les nombreuses sources de variation attribuables au hasard qui sont toujours présentes à des degrés divers dans différents processus. Le but de la MSP sera de ne laisser subsister que les dispersions dues aux causes communes. On parlera alors de processus « sous contrôle ». [3]

- ✚ **Exemples de causes communes :** Variation normale de la matière première, variabilité de la mesure, fluctuations normales de température, pression, etc.

2) Les causes spéciales

Ce sont les causes de dispersion identifiables, souvent irrégulières et instables, et par conséquent difficiles à prévoir. L'apparition d'une cause spéciale nécessite une intervention sur le processus. Contrairement aux causes communes, les causes spéciales sont en général peu nombreuses. [3]

- ✚ **Exemple de causes spéciales :** Erreur humaine, lot de mauvais matériaux, pièce d'équipement défectueuse, testeurs mesurant de façon très différente.

IV. La capabilité

Le concept de capabilité est certainement la notion la mieux répandue dans les ateliers de production.

En effet lorsqu'on analyse la plupart des conversations techniques sur un domaine de production, on s'aperçoit que ces discussions reviennent souvent à des problèmes de capabilité. Les problèmes sont généralement ramenés à la question suivante : ce moyen de production est-il oui ou non adapté aux exigences du produit qu'il est censé fabriquer ? [3]

1) Définition

La capabilité se mesure par le rapport entre la performance demandée et la performance réelle d'un processus. Une capabilité s'exprime par un chiffre. Elle permet de mesurer l'aptitude d'un processus à réaliser une caractéristique dans l'intervalle de tolérance fixé par le cahier des charges.

Nous dissocierons deux types d'indicateurs de capabilité :

- ✓ Les indicateurs longs termes qui traduisent la réalité des produits livrés. On parlera alors de performance du processus.
- ✓ Les indicateurs courts termes qui traduisent la dispersion sur un temps très court. On parlera alors de capabilité du processus.

2) Pp et Ppk (Performance du processus –long terme)

La dispersion long terme (processus), est observée sur le processus pendant un temps suffisamment long pour que les 5M (Machine, Méthode, Matière, Main d'œuvre, Milieu) aient une influence. Ce sont les causes assignables de variation.

a) Performance intrinsèque du processus Pp

Indicateurs long terme ; cet indicateur est calculé de la façon suivante :

$$P_p = \frac{IT}{6\sigma}$$

IT : Intervalle de Tolérance

Un processus sera dit capable si l'intervalle de tolérance est plus grand que la dispersion aléatoire du processus avec une petite marge, c'est-à-dire lorsque le Pp est supérieur à 1,33.

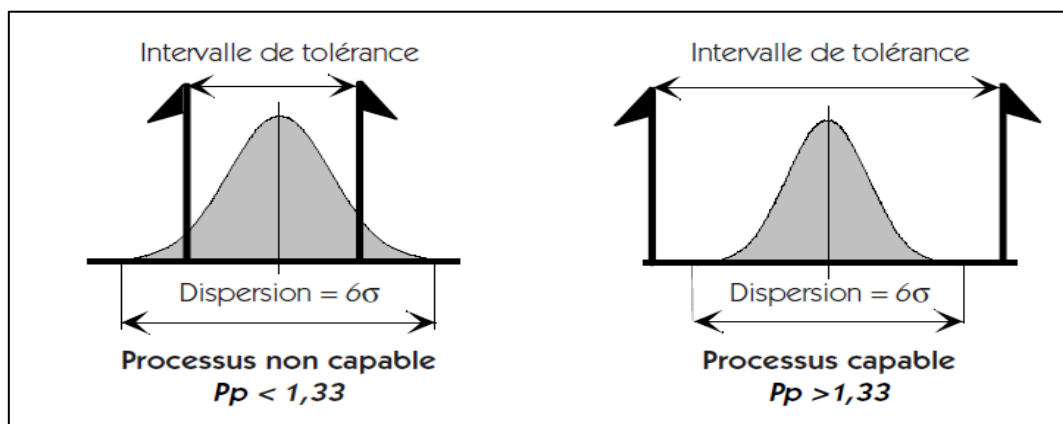


Figure-9: L'indicateur Pp

La figure 10 montre deux situations typiques. La première correspond à un processus non capable car la dispersion est plus importante que l'intervalle de tolérance. Dans la seconde, la dispersion est faible au regard de l'intervalle de tolérance, le processus est donc capable.

b) Indicateur de dérèglement Ppk

Nous venons de voir qu'une des conditions nécessaires pour qu'un processus soit capable est que l'indicateur Pp soit supérieur à 1,33. Cette condition est-elle suffisante ?

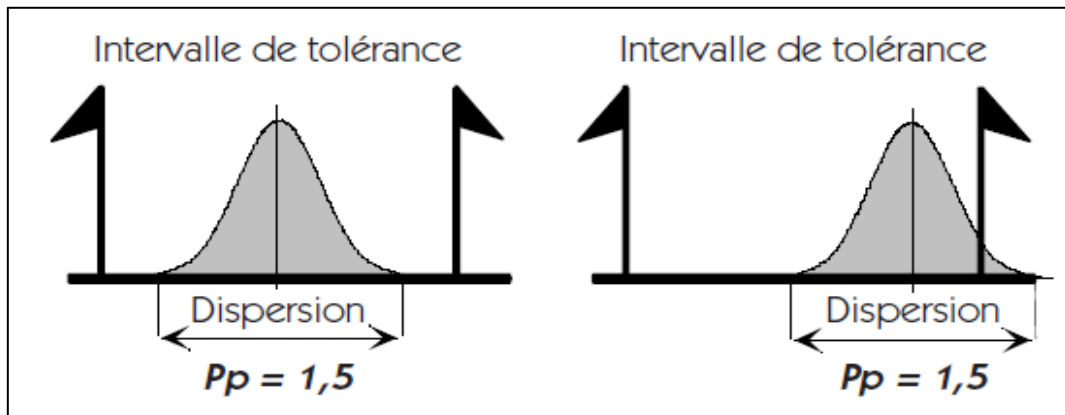


Figure-10: Nécessité d'un indicateur Ppk

Dans la figure 11, les deux situations ont un Pp supérieur à 1,33, et pourtant, lorsque la production est décentrée, il existe des pièces hors tolérance. L'indicateur Pp est donc insuffisant et il faut mettre en place un autre indicateur Ppk, qui tiendra compte du dérèglement du processus. Ainsi, le Pp donnera la performance intrinsèque du processus et le Ppk la performance réelle. Cet indicateur devra être aussi simple d'interprétation que le Pp, c'est-à-dire que le processus sera capable si Ppk est supérieur à 1,33. Cet indicateur est calculé de la façon suivante :

$$P_{pk} = \frac{\text{Distance (Moyenne; Limite la plus proche)}}{\frac{1}{2} * (\text{dispersion long terme})}$$

c) Interprétation de Pp et Ppk

Un processus est capable si son Ppk est supérieur à 1,33. Mais il ne faut pas pour autant négliger le Pp. En cas de réglage parfait, on vérifie aisément que Pp = Ppk. Plus le dérèglement est important et plus la différence entre Pp et Ppk devient importante. L'objectif des opérateurs sera donc d'avoir un Ppk le plus proche possible du Pp.

3) Cp et Cpk (Capabilité processus – Court terme)

Observée pendant un très court instant est liée uniquement à la machine et ses causes aléatoires de variation attribuables au hasard. La capabilité Cp courte terme permet de

caractériser l'aptitude du processus à produire des pièces bonnes en ne prenant en compte que la variabilité intrinsèque du processus (la variabilité entre deux pièces consécutives).

La capabilité court terme est notée C_p et se calcule par :

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

T_s : la tolérance supérieure.

T_i : la tolérance inférieure.

σ : L'écart-type.

La capabilité C_{pk} : C'est l'indicateur de dérèglement. L'indice de capabilité C_{pk} la valeur minimale obtenue de l'écart respectif entre la moyenne du procédé \bar{X} et chacune des limites T_i et T_s des spécifications, cet écart étant divisé par 3σ :

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

Décision :

- Si $1 \leq C_p \leq 1,33$, le procédé est d'une capabilité acceptable.
- Si $0 < C_p < 1$, le procédé est incapable de fournir la précision désirée.
- Si $C_{pk} > 1,33$ alors le procédé est capable.

Une valeur $C_{pk} = 0$ est une indication que la moyenne du procédé se situe à l'une ou l'autre des limites de la spécification. Une valeur négative de C_p est une indication que la moyenne du procédé est à l'extérieur des tolérances.

NB.

L'indice C_{pk} est toujours inférieur ou égale à l'indice C_p : $C_{pk} \leq C_p$.

V. L'analyse de la variance

L'analyse de la variance permet d'étudier le comportement d'une variable quantitative par rapport à une ou plusieurs facteurs différents.

Tableau-4 : Analyse de la variance (ANOVA).

Source de variations	Ddl	SCE	CM	F_{obs}	F_{crit}
Entre les groupes	p-1	$SCE_{fac} = \sum_{i=1}^n (\hat{X} - \bar{X})^2$	CM_{fac}	$\frac{CM_{fac}}{CM_{rés}}$	F_{table}
A l'intérieur des groupes	n-p-1	$SCE_{rés} = \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \hat{X})^2$	$CM_{rés}$		
Totale	n-1	$SCE_{tot} = \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - \bar{X})^2$			

Avec :

$F_{table}(\text{ddl1}; \text{ddl2}; \alpha; \text{unilatérale}) = F_{crit}$, SCE Totale = SCE facteur + SCE résidus.

\bar{X}_i = la moyenne d'échantillon, \bar{X} = la moyenne globale des échantillons.

\hat{X} = la moyenne prédite, n: la taille totale de la population.

p: nombre de groupe, n_i : la taille de chaque groupe.

CM_{fac} = Carré moyenne factorielle (module) ; $CM_{fac} = \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{X} - \bar{X})^2}{p-1}$

$CM_{rés}$ = Carré moyenne des Résidus ; $CM_{rés} = \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{X}_i - \hat{X})^2}{n-p-1}$

Test de Fisher

$$F_{obs} = \frac{CM_m}{CM_r}$$

Soient les hypothèses suivantes:

H0: Les moyennes sont homogènes.

H1: Les moyennes ne sont pas homogènes.

Si $F_{crit} > F_{obs}$, H0 est accepté, il n'existe pas une différence entre les moyennes.

Si $F_{crit} \leq F_{obs}$, H1 est accepté, il existe une différence entre les moyennes.

VI. Analyse multiples des moyennes

Si H0 est fausse donc il existe i et j tel que : $\bar{X}_i \neq \bar{X}_j$

- ✓ Pour résoudre ce problème nous allons utiliser la méthode LSD (méthode du minimum de différence significative).
- ✓ Le test LSD permet la détection des groupes différents par la comparaison des moyennes des groupes deux à deux :
- ✓ Pour chaque couple (i, j) on propose l'hypothèse suivante:

$$H_0: \bar{X}_i = \bar{X}_j$$

$$H_1: \bar{X}_i \neq \bar{X}_j$$

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, n-p} * \bar{S}_{\bar{X}_j; \bar{X}_i}$$

On compare cette valeur a $|\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ pour tous couples (i ; j) ; \bar{X}_i = la moyenne d'un échantillon i

$$S^2_{\bar{X}_i; \bar{X}_j} = \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) * S^2_{résidus}; S^2_{résidus} = CM_{résidus(ANOVA)}$$

Décision :

Si $LSD < |\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ C'est-à-dire il existe une différence significative entre \bar{X}_i et \bar{X}_j .

VII. Diagramme de causes et effets

1) Définitions

Inventé par l'ingénieur japonais Kaoru Ishikawa (1915-1989), Le diagramme d'ISHIKAWA est une méthode de brainstorming qui sert à rechercher et à représenter les différentes causes d'un problème. Partant de l'effet identifié, le brainstorming est conduit autour de 5 catégories des causes qui commencent toutes par la lettre M : [4]

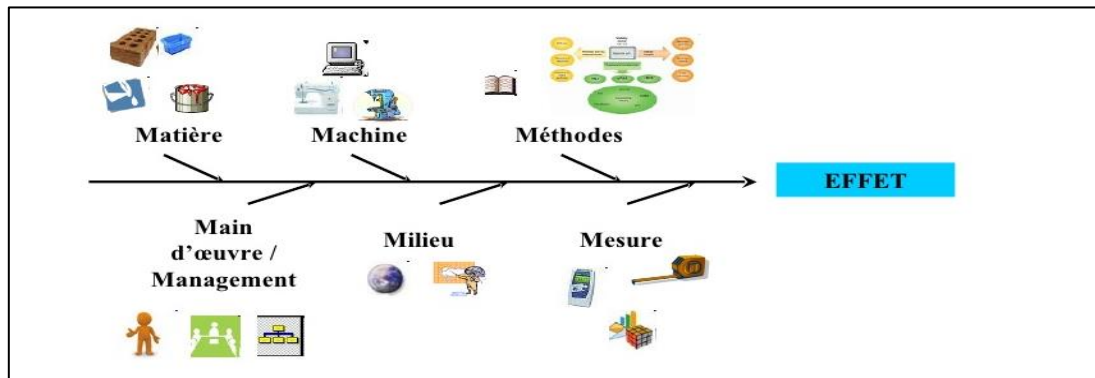


Figure-11: Diagramme d'Ishikawa

- Milieu: poste de travail, l'organisation physique
- Méthodes: les procédures, les flux d'information...
- Moyens/Matériels: les équipements, machines, outillages, pièces de rechange
- Main d'œuvre: les ressources humaines, les qualifications du personnel, la santé.
- Matière: les différents consommables utilisés, matières premières...

2) La démarche

La construction du diagramme d'Ishikawa est basée sur un travail de groupe. Il est élaboré en plusieurs étapes :

- ✚ Décrivez clairement le problème.
- ✚ Par un Brainstorming, déterminez les principales catégories de causes.
- ✚ Tracez le squelette du diagramme d'Ishikawa et y inscrivez les catégories.
- ✚ Pour chaque catégorie inscrivez les causes suggérées par les membres du groupe en posant à chaque fois la question : pourquoi cette cause produit-elle cet effet ?
- ✚ Classez, si c'est possible, les causes suggérées en des sous-catégories.
- ✚ Déterminez les causes premières qu'il est possible d'éliminer.
- ✚ Agissez sur la ou les causes pour corriger le défaut en donnant des solutions et en mettant en place des actions correctives.

Quatrième partie : Résultats

Obtenu et Analyses

Expérimentaux

Ce travail est réalisé en vue d'évaluer les conditions du contenu net des bouteilles gazeuses au niveau des lignes de production.

Pour contribuer donc à la réussite de cette étude ; j'ai suivi pendant la période de mon stage au sein de la CBGN quelques paramètres physico-chimiques, le poids net, la tare, la densité, la pression du mixeur, la température du mixeur, la pression des pistons et la vitesse de soutirage qui influencent sur le contenu net.

I. Introduction

Le remplissage des boissons gazeuses est une étape critique dans la chaîne de production parce qu'il faut avoir un volume de boisson bien défini suivant la taille de la bouteille, bien sûr avec les tolérances correspondantes. C'est pour cela qu'il est nécessaire de respecter les fréquences de contrôle pour faire des actions correctives et éviter toute sorte de non-conformité s'il y a lieu. Ce contrôle permet d'évaluer le fonctionnement de la soutireuse et le remplissage des bouteilles.

II. Matériel et méthode

1) Matériel outils

Nous avons utilisé : Logicielle Minitab (open source) pour traiter les données et tracer les cartes de contrôle et aussi les histogrammes de capacité, Excel, densimètre électronique pour mesurer la densité de chaque boisson, balance électronique de précision pour mesurer les poids des boissons pleines et vides.

2) Méthodes

Pour déterminer le CN, on a procédé à la mesure de la masse de cinq bouteilles pleines (m_p) et leur masse vide (m_v), et on déduit le contenu net des bouteilles gazeuses (en volume) selon la formule suivante :

$$CN = \frac{(m_p - m_v)}{\varphi}$$

CN: Contenu net (cl).

m_p : La masse(g) de la bouteille pleine.

m_v : La masse (g) de la bouteille vide.

φ : La masse volumique des boissons (cl /g).

a) Mesure de la densité

En utilisant un densimètre électronique pour mesurer la densité de la boisson gazeuse.



Figure-12: Densimètre électronique

Mode opératoire :

- On prélève une bouteille du produit fini fermé.

- On rince un bécher de 500 ml avec la boisson et on y verse suffisamment de boisson
- On décarbonate cette dernière pendant 3 min, en se servant du décarbonateur à air comprimé.
- On rince la cellule du densimètre électronique avec la boisson décarbonatée plusieurs fois.
- On remplit la seringue avec la boisson décarbonatée en évitant les bulles d'air.
- On injecte doucement et pas complètement, le contenu de la seringue dans la cellule de mesure et on attend finalement la stabilisation de la valeur et on la note.

b) Mesure de poids

On prélève 5 échantillons chaque fois et on mesure le poids de chaque bouteille pleine (Pp) et leur poids vides (Pv) par une balance électronique.



Figure-13: Balance électronique

III. Résultats et discussion

1) Traitement statistique de trois boissons de capacité 20 cl

a) Les données :

Le tableau ci-dessous regroupe toutes les données du contenu net des boissons de 20 cl.

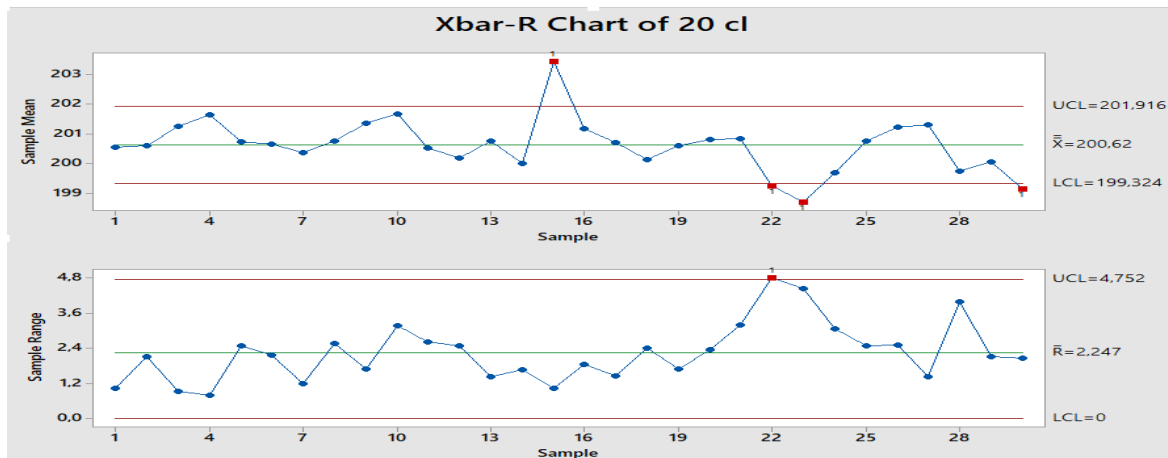
Tableau-5: les données des CN des boissons de capacité 20 cl.

Produit	Date	Heurs	X1	X2	X3	X4	X5
Coca Cola	11/03/2019	08:00	200,98	199,95	200,82	200,13	200,88
	11/03/2019	09:00	199,17	201,29	201,18	200,54	200,76
	11/03/2019	10:00	201,51	200,66	201,58	200,92	201,57
	11/03/2019	11:00	201,26	201,4	202,05	201,61	199,42
	11/03/2019	12:00	200,96	197,91	201,31	201,21	202,55
	11/03/2019	14:00	200,25	200,8	199,63	195,77	197,9
	11/03/2019	15:00	195,51	199,62	200,88	197,23	199,87
	11/03/2019	16:00	201,44	199,53	200,73	201,86	201,35
	11/03/2019	17:00	200,07	201,17	201,05	202,48	201,84
	11/03/2019	18:00	201,8	199,85	202,12	203,22	201,63
	12/03/2019	08:00	202,37	202,43	202,05	200,73	200,6
	12/03/2019	09:00	202,01	202,33	201,73	201,29	201,36
	12/03/2019	10:00	203,31	200,03	201,51	201,27	202,62

Sprite	12/03/2019	11:00	198,54	201,26	200,58	200,03	201,29
	12/03/2019	12:00	199,89	200,55	201,73	201,45	201,91
	12/03/2019	14:00	202,58	203,2	200,51	200,02	201,77
	12/03/2019	15:00	202,37	202,43	202,05	200,73	200,6
	12/03/2019	16:00	200,91	202,1	202,79	201,52	202,89
	12/03/2019	17:00	202,01	202,33	201,73	201,29	201,36
	12/03/2019	18:00	200,1	201,48	199,18	202,42	201,91
Ships Tonic	13/03/2019	08:00	200,6	197,84	199,8	201,48	198,06
	13/03/2019	09:00	197,79	201,8	201,14	201,69	201,54
	13/03/2019	10:00	199,12	200,35	199,14	199,38	202,11
	13/03/2019	11:00	203,31	200,03	201,51	201,27	202,62
	13/03/2019	12:00	202,58	199,69	202,23	202,49	200,52
	13/03/2019	14:00	200,97	202,72	203,2	199,23	200,62
	13/03/2019	15:00	198,19	195,42	196,42	198,47	198,33
	13/03/2019	16:00	199,54	198,19	199,34	202	199,15
	13/03/2019	17:00	198,02	196,46	197,83	199,32	200,03
	13/03/2019	18:00	201,07	199,37	197,99	199,67	200,05

b) Les cartes de contrôle \bar{X} bar R bar

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant :



Graphe-1 : La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 20 Cl

✚ Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Etendus.

	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{\bar{X}}=200,62$	199,324	201,916
$\bar{\bar{R}}=2,247$	0	4,752

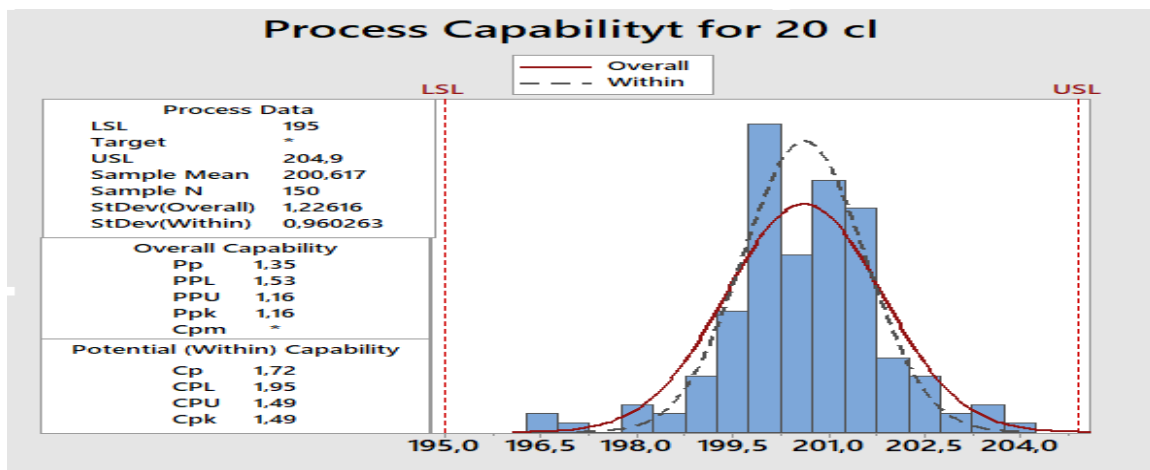
❖ Interprétations des résultats :

Au niveau de carte de contrôle \bar{X} , on note la présence de quelques points en dehors des limites de contrôle. Donc ce procédé, n'est pas contrôlé statistiquement, d'où on a une

forte probabilité de dérivé due à une cause aléatoire. Pour cela il va falloir modifier les conditions de productions pour trouver la cause aléatoire. Au niveau de la carte de contrôle \bar{R} on a un point en dehors des limites de contrôle, donc ce procédé n'est pas capable de produire des produits conformes.

c) Etude de capacité

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graph-2 : La capacité des boissons de capacité 20 Cl

Après une analyse visuelle d’histogrammes de la capacité confirme que Cpk est égal 1,49 et Cp = 1,72 > 1.33. On peut dire que le processus est capable de produire des produits conformes à court terme. Pp=1,35 et Ppk=1,16 <1,33 donc la probabilité de réaliser des produits non conformes est possible à long terme.

d) L’analyse de la variance.

Tableau-6: Table D’ANOVA pour les boissons de capacité 20 Cl.

Source de variations	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	F _{crit}
Entre les groupes	2	22,852	11,426	8,349	3,058
A l’intérieur des groupes	146	201,165	1,3684		
Totale	149	224,017			

Test de Fisher

❖ Soient les hypothèses suivantes:

H0: Les moyennes sont homogènes.

H1: Les moyennes ne sont pas homogènes.

Fobs=8,349 et Fcrit=3,058 donc F_{obs} > F_{crit}, alors l’hypothèse H₁ est acceptée, c’est-à-dire qu’au moins un moyen est significativement différent des autres. Ce qui signifie qu’il existe un produit fini hors maîtrise et qu’il peut être une cause assignable sur le procédé. C’est pour cela il faut identifier exactement la moyenne aberrantes afin de le corriger.

e) Comparaisons des trois moyennes.

Le produit	La moyenne
Coca cola	M1=200,951
Sprite	M2=200,831
Ships Tonic	M3=200,070

✚ Soit les hypothèses suivantes: H0: M1=M2, H1: M1≠M2

n1=50; n2=50; S²_{résidus}=1,3684; α=0,05. S² _{\bar{x}_1, \bar{x}_2} =0,054736.

LSD = $t_{\frac{\alpha}{2}, n-p} * \bar{S}_{x_i}; \bar{x}_2 = 1.974 * \sqrt{0,054736} = 0,4618$.

Et $|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |200,951 - 200,831| = 0,12$. On remarque que LSD > $|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|$

Donc on accepte H0, c'est-à-dire il n'existe pas une différence entre M1 et M2.

✚ Soit les hypothèses suivantes: H0: M1=M3, H1: M1≠M3

On a: LSD = 0,4618 Et $|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |200,951 - 200,070| = 0,881$

On remarque que LSD < $|\bar{X}_1 - \bar{X}_3|$

Donc on accepte H1, c'est-à-dire il existe une différence significative entre M1 et M3

✚ Soit les hypothèses suivantes: H0: M2=M3, H1: M2≠M3

On a: LSD = 0,4618. Et $|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| = |200,831 - 200,070| = 0,761$

On remarque que LSD < $|\bar{X}_2 - \bar{X}_3|$

Donc on accepte H1, c'est-à-dire il existe une différence significative entre M2 et M3.

- ✓ Après le test statistique on est arrivé à déterminer que M3 (Ships Tonic) est la moyenne aberrante et que le procédé n'arrive pas à être sous contrôle aux niveaux de ce dernier.

2) Traitement statistique de trois boissons de capacité 30 cl

a) Les données

Le tableau si dessous regroupe toutes les donnes de contenu net des boissons de 30 cl.

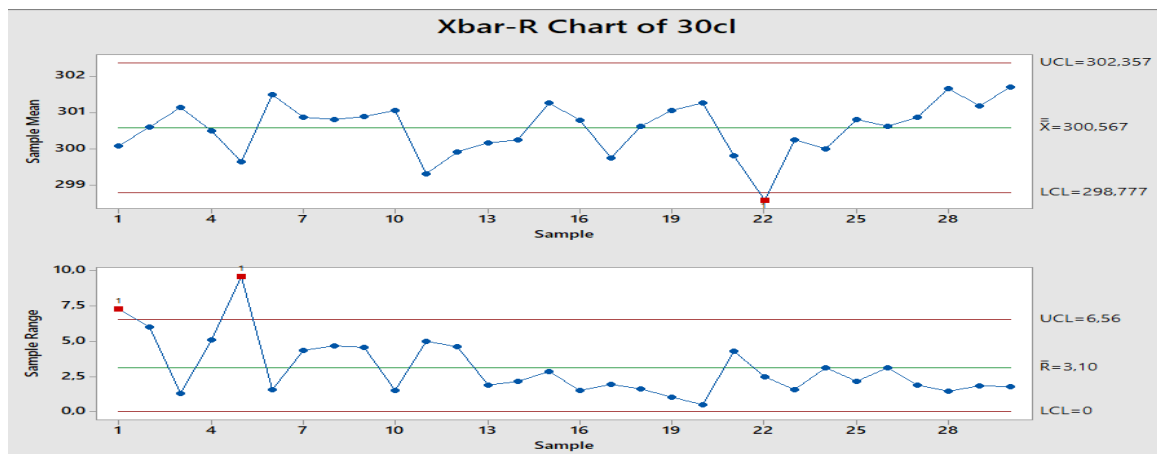
Tableau-7: les donnes des contenu net des boisions de capacité 30 cl.

Produits	Date	Heur	X1	X2	X3	X4	X5
Coca Cola	25/03/2019	08 :00	302,27	301,24	300,42	294,93	301,49
	25/03/2019	09 :00	301,68	302,54	301,06	296,53	301,08
	25/03/2019	10 :00	301,66	301,7	300,64	300,4	301,27
	25/03/2019	11 :00	296,69	301,82	301,49	301,11	301,3
	25/03/2019	12 :00	293,84	300,69	297,87	302,25	303,48
	25/03/2019	14 :00	301,6	302,33	300,78	301,01	301,74
	25/03/2019	15 :00	302,83	298,44	302,13	301,75	299,14
	25/03/2019	16 :00	301,7	297,95	300,66	301,03	302,65

	25/03/2019	17 :00	299,84	303,41	300,84	301,47	298,81
	25/03/2019	18 :00	300,36	301,04	300,69	301,28	301,89
Hawai TR	26/03/2019	08 :00	298,89	296,78	297,45	301,8	301,61
	26/03/2019	09 :00	299,83	297,54	300	302,16	300
	26/03/2019	10 :00	301,16	300,51	299,81	300,01	299,29
	26/03/2019	11 :00	298,84	300,75	301	299,92	300,71
	26/03/2019	12 :00	300	302,57	301,65	299,72	302,28
	26/03/2019	14 :00	299,98	300,6	301,51	300,6	301,2
	26/03/2019	15 :00	298,74	300,5	298,87	300,71	299,87
	26/03/2019	16 :00	300,96	300,65	299,67	300,48	301,27
	26/03/2019	17 :00	301,14	301,26	301,52	300,47	300,86
	26/03/2019	18 :00	301,5	301,25	301,05	301,01	301,42
Pom's	27/03/2019	08 :00	301,36	298,55	297,45	299,89	301,77
	27/03/2019	09 :00	297,72	298,7	300,21	298,18	298,04
	27/03/2019	10 :00	299,59	300,66	299,39	300,51	300,98
	27/03/2019	11 :00	298,13	300,92	301,25	299,35	300,24
	27/03/2019	12 :00	299,97	300,42	300,22	301,29	302,12
	27/03/2019	14 :00	299,28	301,08	300,79	299,52	302,41
	27/03/2019	15 :00	299,74	300,74	300,83	301,62	301,4
	27/03/2019	16 :00	302,31	301,78	302	301,28	300,87
	27/03/2019	17 :00	301,67	301,86	301,78	300,51	300
	27/03/2019	18 :00	301,71	302,01	302,44	301,63	300,66

b) Les cartes de contrôle \bar{X} , \bar{R}

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant :



Graphe-3 : La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des poissons de capacité 30 cl

✚ Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Etendus.

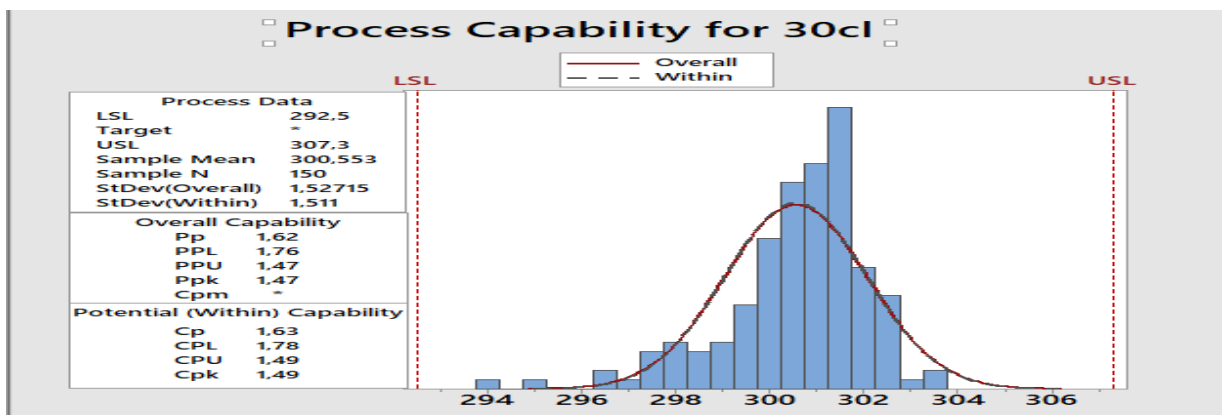
	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{X}=300,567$	298,77	302,357
$\bar{R}=3,10$	0	6,56

❖ **Interprétations des résultats :**

Au niveau de carte de contrôle \bar{X} on a un point à l'extérieur des limites de carte de contrôle \bar{X} , la présence de ce point au-delà de limites de contrôle supérieure constitue une preuve évidente d'absence de maîtrise en ce points cela d'une part. D'autre part une cause assignable est responsable de la valeur extrême observé. Au niveau de carte de contrôle \bar{R} on deux points en dehors des limites de contrôle supérieure donc ce procédé n'est pas plus capable, il produits des mauvaises pièces, pour cela il faut chercher de la causes racines.

c) Etude de capacité

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graphe-4: La capacité de boissons de capacité 30 cl

Après une analyse visuelle d'histogrammes de la capacité confirme que Cpk est égal 1,49 et Cp = 1,63 > 1,33 donc on peut dire que le processus est capable à court terme. Pp=1,62 et Ppk=1,47 >1,33 donc le processus est capable de produire dans l'intervalle de tolérance requis des produits conforme à long terme. Donc le processus est capable.

f) L'analyse de la variance.

Les résultats de test de l'analyse de la variance obtenus sur le contenu net des bouteilles de boisson gazeuse de capacité 30 cl sont dans le tableau ci-dessous.

Tableau-8: Table D'ANOVA pour les boissons de capacité 30 cl.

Source de variations	ddl	SCE	CM	F _{obs}	F _{crit}
Entre les groupes	2	161,069	80,5347	1,3501	3,058
A l'intérieur des groupes	146	8768,321	99,6484		
Totale	149	8929,3906			

Test de Fisher:

Soient les hypothèses suivantes:

H0: Les moyennes sont homogènes.

H1: Les moyennes ne sont pas homogènes.

$F_{obs}=1,3501$ et $F_{crit}=3,058$ donc $F_{obs} < F_{crit}$. Alors l'hypothèse H_0 est acceptée, c'est-à-dire que les moyennes sont homogènes. Ce que signifie que les trois produits finis sont dans les normes et que ne sont pas une source assignable sur le procédé.

3) Traitement statistique de trois boissons de capacité 35 cl

a) Les données

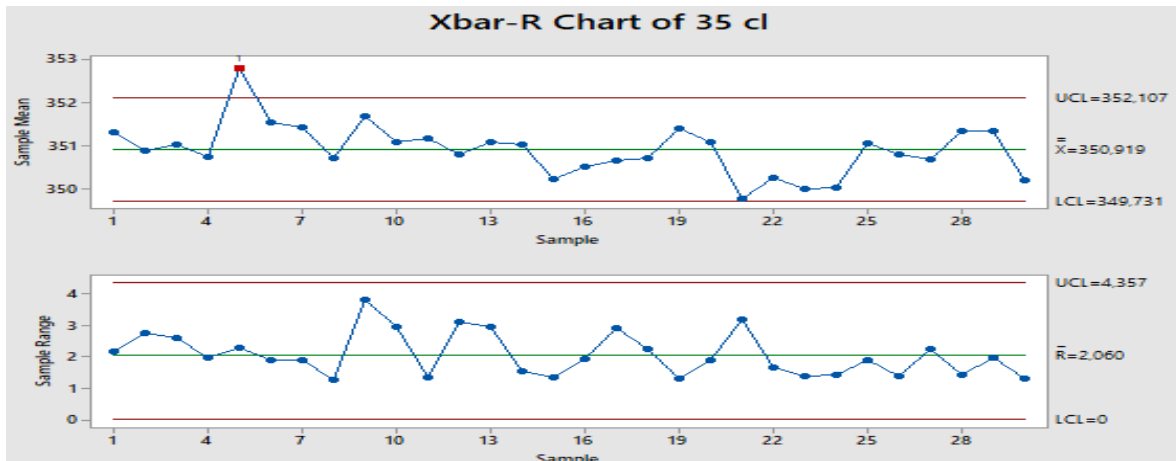
Le tableau si dessous regroupe toutes les donnes de CN des boissons de capacité 35 cl.

Tableau-9: Les donnes de contenu net des boisions de capacité 35 Cl.

Produits	Date	Heur	X1	X2	X3	X4	X5
Hawai TR	27/03/2019	08:00	352,44	350,28	350,66	351,47	351,76
	27/03/2019	09:00	349,8	350,84	350,69	352,53	350,65
	27/03/2019	10:00	352,53	350,65	350,47	351,63	349,95
	27/03/2019	11:00	351	350,62	349,8	351,76	350,62
	27/03/2019	12:00	353,61	353,39	352,62	353,07	351,35
	27/03/2019	14:00	351,2	352,44	351,78	350,54	351,79
	27/03/2019	15:00	351,64	351,58	351,74	352,03	350,14
	27/03/2019	16:00	350,71	350,39	350,92	351,45	350,18
	27/03/2019	17:00	349,61	351,05	352,41	352,01	353,41
	27/03/2019	18:00	353,02	350,63	351,34	350,07	350,4
Pom's	28/03/2019	08:00	351,48	351,38	350,86	350,42	351,76
	28/03/2019	09:00	350,85	350,62	348,9	351,7	351,99
	28/03/2019	10:00	352,74	349,8	351,78	350,48	350,59
	28/03/2019	11:00	350,58	350,64	350,3	351,84	351,74
	28/03/2019	12:00	350,67	350,31	350,62	349,35	350,25
	28/03/2019	14:00	351,36	350,55	349,45	350,89	350,29
	28/03/2019	15:00	349,54	350,16	350,68	352,45	350,48
	28/03/2019	16:00	352,21	350,15	349,99	350,89	350,32
	28/03/2019	17:00	352,3	351,12	351,32	350,99	351,3
	28/03/2019	18:00	350,5	351,25	352,15	351,32	350,26
Coca Cola	29/03/2019	08:00	348,04	350,28	351,2	350,2	349,12
	29/03/2019	09:00	350,15	349,58	350,12	350,19	351,25
	29/03/2019	10:00	350,84	349,46	349,99	350,23	349,5
	29/03/2019	11:00	350,25	349,25	350,48	350,68	349,54
	29/03/2019	12:00	351,21	350,12	350,84	352,01	351,16
	29/03/2019	14:00	351,21	351,5	350,12	351	350,15
	29/03/2019	15:00	350,25	350,46	352,21	349,99	350,54
	29/03/2019	16:00	352,3	351,12	351,54	350,89	350,87
	29/03/2019	17:00	352,13	352,01	351,19	351,2	350,15
	29/03/2019	18:00	349,5	349,99	350,8	350,25	350,54

b) Les cartes de contrôle X bar R bar

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant :



Graphe-5: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des poissons de capacité 35 cl

Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Etendus.

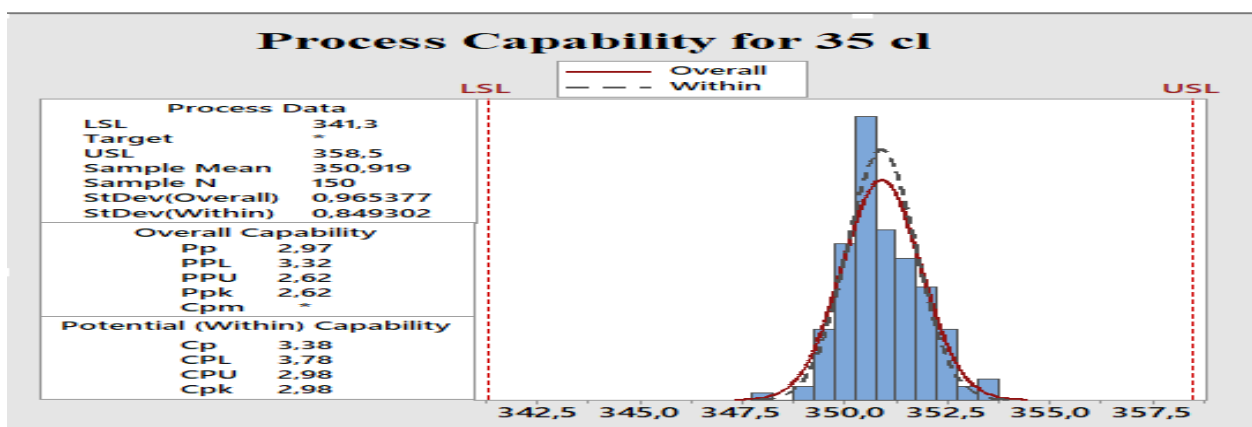
	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{\bar{X}}=350,919$	349,731	352,107
$\bar{\bar{R}}=2,060$	0	4,357

❖Interprétations des résultats :

Au niveau de carte de contrôle \bar{X} on a un point en dehors des limites de contrôle donc ce procédé n'est pas capable de produits pièces, pour cela il faut chercher de la causes racines. Au niveau de carte de contrôle \bar{R} tous les points entre des limites de contrôle donc ce processus n'est pas disperser.

c) Etude de capacité

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graphe-6: La capacité des boissons de capacité 35 Cl

Après une analyse visuelle d'histogrammes de la capacité confirme que Cpk est égal 2,98 et Cp = 3,38 > 1,33. On peut dire que le processus est capable court terme de

produire dans l'intervalle de tolérance requis, $Pp=2,97$ et $Ppk=2,62 > 1.33$ ce que signifie que le processus est capable à long terme. Donc le processus est capable.

d) L'analyse de la variance.

Les résultats de test de l'analyse de la variance de capacité 30 cl sont dans le tableau ci-dessous.

Tableau-10: Table D'ANOVA pour les boissons de capacité 35 cl.

Source de variations	Ddl	SCE	CM	F _{obs}	F _{crit}
Entre les groupes	2	15,434	7,717	9,1909	3,058
A l'intérieur des groupes	147	123,426	0,839		
Totale	149	138,860			

Test de Fisher:

Soient les hypothèses suivantes:

H0: Les moyennes sont homogènes.

H1: Les moyennes ne sont pas homogènes.

$F_{obs}=9,1909$ et $F_{crit}=3,058$ donc $F_{obs} > F_{crit}$. Alors l'hypothèse H₁ est acceptée, c'est-à-dire que les moyennes ne sont pas homogènes. Ce que signifie que les trois produits finis ne sont pas dans les normes et c'est une source assignable sur le procédé.

e) Comparaisons des trois moyennes.

Le produit	La moyenne
Hawaiï TR	M1=351,33
Pom's	M2=350,87
Coca Cola	M3=350,55

❖ Soient les hypothèses suivantes :

H0: M1=M2 ; H1: M1≠M2

$n1=50; n2=50; S^2_{résidus}=0,839; \alpha=0,05. S^2_{\bar{x}_1; \bar{x}_2}=0,03356.$

$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, n-p} * \bar{S}_{x_1; x_2} = 1.974 * \sqrt{0,03356} = 0,3616.$

Et $|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |351,33 - 350,87| = 0,46.$ On remarque que $LSD < |\bar{X}_1 - \bar{X}_2|$

Donc on accepte H1. C'est-à-dire il existe une différence significative entre M1 et M2

❖ Soient les hypothèses suivantes:

H0: M1=M3

H1: M1≠M3

On a: $LSD = 0,3616.$ Et $|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |351,33 - 350,55| = 0,78$ On remarque que $LSD < |\bar{X}_1 - \bar{X}_3|$

Donc on accepte H1, c'est-à-dire il existe une différence significative entre M1 et M3

❖ Soient les hypothèses suivantes:

$$H_0: M_2=M_3$$

$$H_1: M_2 \neq M_3$$

On a: $LSD = 0,4618$. Et $|\bar{X}_2 - \bar{X}_3| = |350,87 - 350,55| = 0,32$.

On remarque que $LSD > |\bar{X}_2 - \bar{X}_3|$

Donc on accepte H0, c'est-à-dire il n'existe pas une différence significative entre M2 et M3.

- ✓ Donc après le teste statistique on a arrivé à déterminer que M1 (Hawaï Tropical) est la moyennes aberrants et que le procédé n'arrive pas à être sous contrôle aux niveaux de ce dernière.

Récapitulatif

- ✓ Les paramètres de la capabilité P_p et P_{pk} sont déférents de toutes les capacités étudiées ceci signifie que le processus doit un réglage.
- ✓ Après le changement de produit ou de capacité le remplissage s'éloigne de la valeur cible.
- ✓ On a trouvé une variation autour de la moyenne ciblée.
- ✓ Le test LSD indique que le problème se trouve au niveau du remplissage de : Ships Tonic (20cl), Hawaï Tropical (35cl).
- ✓ Apres l'analyse des cartes de contrôles et des paramètres de capabilité, le problème réside au niveau du remplissage des bouteilles de capacité 20 cl et 30 cl et aussi au niveau de capacité 35 cl.

C'est pour cela que l'équipe qualité est amenée à planifier une réunion pour chercher les causes racines afin résoudre de ce problème.

IV. Réunion

L'équipe de la réunion composée d'un responsable de qualité et responsable de production et aussi par un technicien et un stagiaire.

L'objectif de la réunion c'est de trouver un outil de qualité pour cibler les causes principales qui sont à l'origine des écarts du remplissage et sur lesquelles il faut se focaliser en établissant des plans d'action adéquates pour résoudre ces problèmes.

1) Analyses des causes

Les différentes causes probables qui sont proposées par l'équipe de réunion pour ce problème sont représentées sur le diagramme suivant (diagramme d'ISHIKAWA).

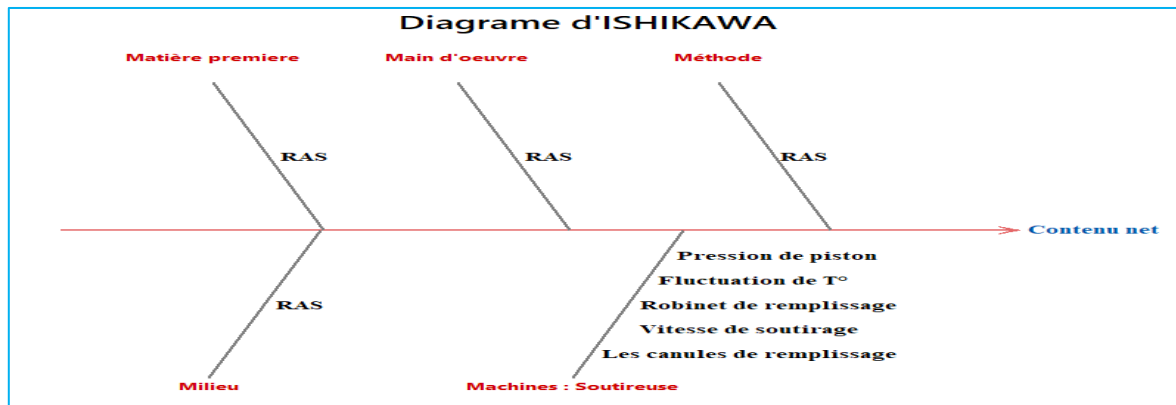


Figure-14: Diagramme d'ISHIKAWA du contenu net

Lors de la réunion de l'équipe .les causes probables qui peuvent avoir un impact sur le contenu net sont : les canules de remplissage, Vitesse de soutirage, Robinet de remplissage, Pression de piston, Fluctuation de la température.

2) Actions Correctives

Tableau-11: Table des actions correctives.

Anomalie	Analyse de cause	Actions
Contenu net	Canules de remplissage	Revue de hauteur des canules de remplissage.
	Vitesse de soutirage	Revoir la vitesse de soutirage.
	Robinet de remplissage	Vérifications et changement joints d'étanchéité des robinets et des canules de remplissage.
	Fluctuation de la T°	Contrôler la T° au niveau de ligne de production.
	Pression de piston	Contrôler la pression de piston d'une manière permanente.

V. Résultats et discussions après les actions correctives

1) Traitement statistique de trois boissons de capacité 20 cl

a) Les données :

Le tableau si dessous regroupe toutes les donnes du CN des boissons de capacité 20cl.

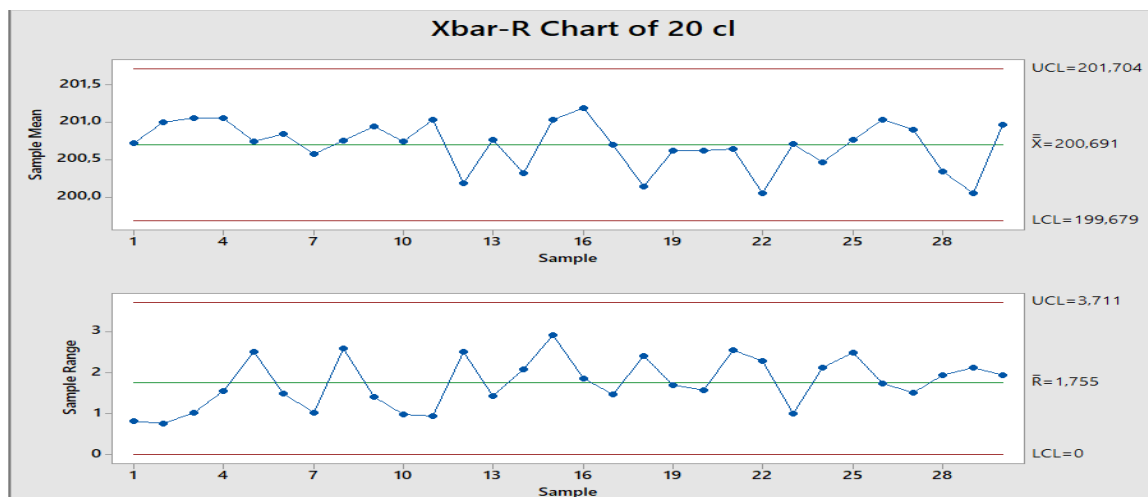
Tableau-12: Les donnes de contenu net des boissons de capacité 20 Cl.

Produits	Date	Heur	X1	X2	X3	X4	X5
	10/04/2019	08:00	200,8	200,95	200,82	200,13	200,88
	10/04/2019	09:00	201,17	201,29	201,18	200,54	200,76
	10/04/2019	10:00	201,51	200,66	201,58	200,92	200,57

Coca cola	10/04/2019	11:00	201,26	201,4	200,91	200,05	201,61
	10/04/2019	12:00	202,25	200,77	200,36	200,53	199,75
	10/04/2019	14:00	200,19	200,94	201,68	200,88	200,5
	10/04/2019	15:00	200,1	201,13	200,49	200,93	200,19
	10/04/2019	16:00	202,35	200,21	200,89	199,77	200,53
	10/04/2019	17:00	201,7	200,59	201,51	200,29	200,6
	10/04/2019	18:00	200,61	200,31	201,07	201,28	200,39
Sprite	11/04/2019	08:00	200,67	200,7	201,16	201,6	200,97
	11/04/2019	09:00	200,32	201,31	200,58	198,81	199,86
	11/04/2019	10:00	200,28	201,62	200,99	200,2	200,71
	11/04/2019	11:00	200,74	199,07	199,93	201,14	200,7
	11/04/2019	12:00	200,65	200,94	200,64	200	202,91
	11/04/2019	14:00	199,96	201,55	201,55	201,02	201,81
	11/04/2019	15:00	201,08	200,59	199,78	200,78	201,25
	11/04/2019	16:00	199,33	199,69	201,74	199,95	199,98
	11/04/2019	17:00	200,42	199,97	200,05	201,66	200,94
	11/04/2019	18:00	200,71	201,07	199,71	200,26	201,29
Schweppes Tonic	12/04/2019	08:00	201,62	199,97	201,96	200,23	199,42
	12/04/2019	09:00	199,34	201,38	199,88	199,1	200,56
	12/04/2019	10:00	200,72	201,18	200,51	200,18	200,9
	12/04/2019	11:00	199,25	201,38	200,6	200,74	200,32
	12/04/2019	12:00	202,02	200,21	201,22	199,53	200,82
	12/04/2019	14:00	200,83	201,95	200,21	201,73	200,38
	12/04/2019	15:00	200,92	200,04	200,76	201,55	201,2
	12/04/2019	16:00	200,05	201	200,2	201,19	199,25
	12/04/2019	17:00	199,25	201,38	200,23	199,32	200,03
	12/04/2019	18:00	200,88	200,18	201,99	201,67	200,05

b) Les cartes de contrôle X bar R bar

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant :



Graphe-7 : La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 20 Cl

✚ Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Étendus.

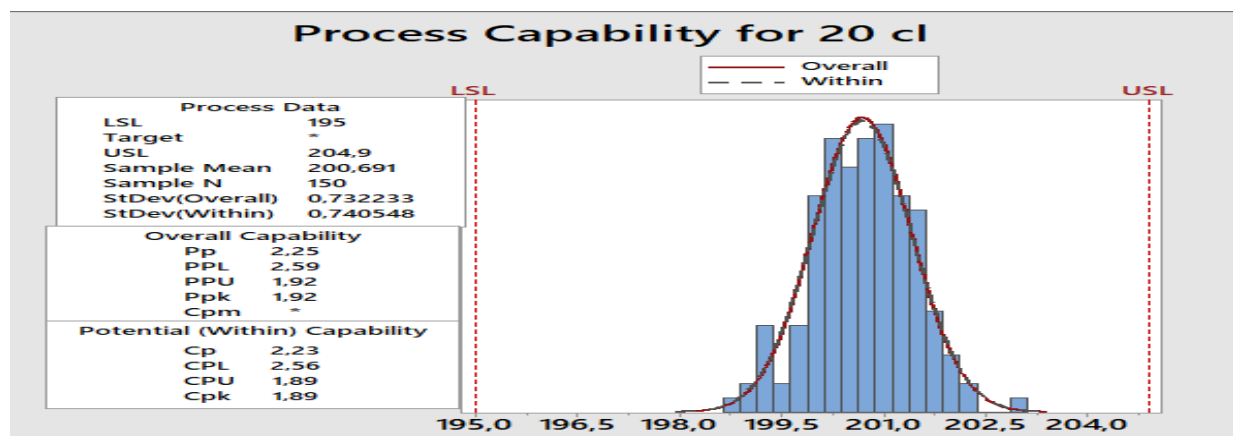
	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{\bar{X}}=200,691$	199,679	201,704
$\bar{R}=1,755$	0	3,711

❖Interprétations des résultats:

On remarque que les résultats des moyennes et des étendues sont à l'intérieure des limites de carte de contrôles. Ce qui signifie que le processus est stable et sous contrôle statistiquement, qu'il ya aussi l'absence des causes assignables.

c) Etude de capacité

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graphe-8: La capacité des boissons de capacité 20 cl

Une analyse visuelle des histogrammes de la capacité confirme que :

- ✓ $C_p = 2,23$ et C_{pk} égal $1,89 > 1,33$ donc le processus est capable à court terme.
- ✓ $P_p=2,25$ et P_{pk} égale $1,92 > 1,33$ donc le processus est capable à long terme.
- ✓ La probabilité de réalisé des pièces non conforme est très faible.
- ✓ Donc le procédé est capable.

2) Traitement statistique de trois boissons de capacité 30 cl

a) Les données

Le tableau si dessous regroupe toutes les donnes des CN des boissons de capacité 30 cl.

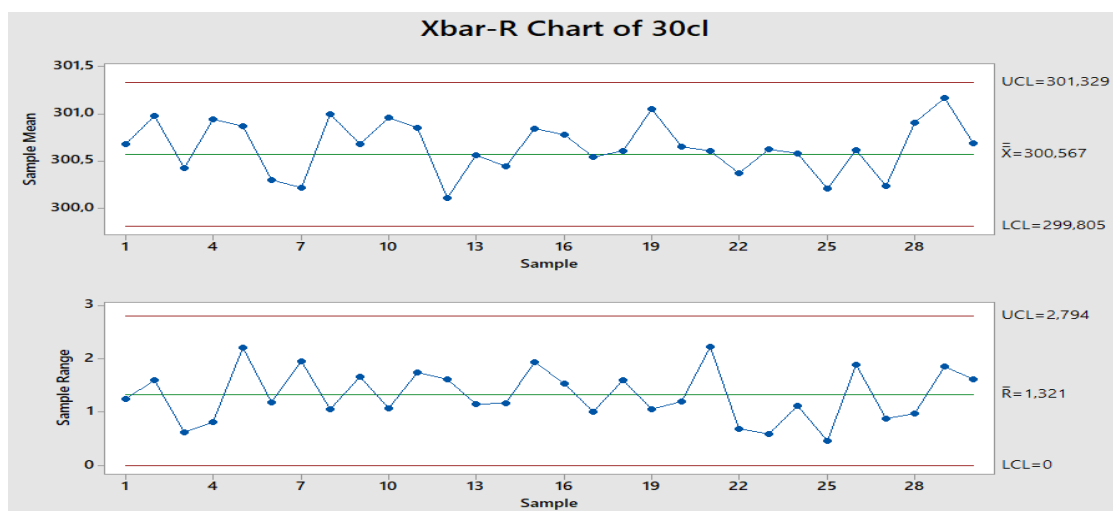
Tableau-13: Les donnes des CN des boisions de capacité 30 Cl.

Produits	Dates	Heurs	X1	X2	X3	X4	X5
	24/04/2019	08:00	300,29	300,25	300,42	300,93	301,5
	24/04/2019	09:00	301,67	301,54	301,06	300,53	300,08
	24/04/2019	10:00	300,67	300,7	300,08	300,4	300,27
	24/04/2019	11:00	300,69	301,09	300,49	301,11	301,3

Coca Cola	24/04/2019	12:00	300,05	300,69	300,87	302,25	300,48
	24/04/2019	14:00	299,6	300,33	300,78	300,01	300,74
	24/04/2019	15:00	300,83	299,89	300,13	301,09	299,14
	24/04/2019	16:00	301,7	300,95	300,66	301,03	300,65
	24/04/2019	17:00	299,84	301,41	300,84	301,47	299,81
	24/04/2019	18:00	300,36	301,04	300,69	301,28	301,43
Hawai TR	25/04/2019	08:00	299,89	300,78	300,45	301,5	301,63
	25/04/2019	09:00	299,83	299,54	300	301,16	300
	25/04/2019	10:00	301,16	300,51	300,81	300,01	300,29
	25/04/2019	11:00	299,84	300,75	301	299,92	300,71
	25/04/2019	12:00	300	301,57	301,65	299,72	301,28
	25/04/2019	14:00	299,98	300,6	301,51	300,6	301,2
	25/04/2019	15:00	300,74	300,5	300,87	300,71	299,87
	25/04/2019	16:00	300,96	300,65	299,67	300,48	301,27
	25/04/2019	17:00	301,14	301,26	301,52	300,47	300,86
	25/04/2019	18:00	300,5	301,25	300,05	301,01	300,42
Pom's	26/04/2019	08:00	301,36	299,55	300,45	299,89	301,77
	26/04/2019	09:00	300,72	300,7	300,21	300,18	300,04
	26/04/2019	10:00	300,59	300,66	300,39	300,51	300,98
	26/04/2019	11:00	300,13	300,92	301,25	300,35	300,24
	26/04/2019	12:00	299,97	300,42	300,22	300,29	300,12
	26/04/2019	14:00	300,28	301,08	300,79	299,52	301,41
	26/04/2019	15:00	299,74	300,16	300,25	300,62	300,4
	26/04/2019	16:00	300,31	301,08	301	301,28	300,87
	26/04/2019	17:00	301,67	301,86	301,78	300,51	300
	26/04/2019	18:00	300,71	300,01	300,44	301,63	300,66

d) Les cartes de contrôle X bar R bar

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant:



Graphe-9: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} de boissons de capacité 30 cl

✚ Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Etendus.

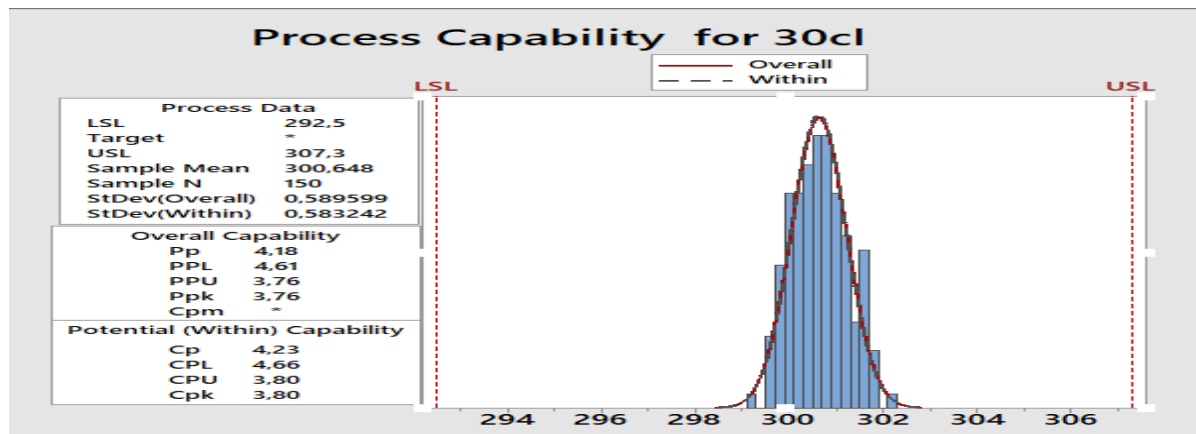
	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{\bar{X}}=300,567$	299,805	301,329
$\bar{R}=2,794$	0	1,321

❖ Interprétations des résultats:

On remarque que les moyennes et les étendues sont à l'intérieure des limites de contrôles ce que signifier que le processus est stable et sous contrôle statistiquement.

e) Etude de capacité

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graphe-10 : La capacité des boissons de capacité 30 Cl

Une analyse visuelle des histogrammes de la capacité confirme que :

- ✓ $C_p = 4,23$ et C_{pk} égal $3,80 > 1,33$ donc le processus est capable à court terme.
- ✓ $P_p = 4,18$ et P_{pk} égale $3,76 > 1,33$ donc le processus est capable à long terme.
- ✓ La probabilité de réalisé des pièces non conforme est très faible.
- ✓ On peut dire que le processus est capable.

3) Traitement statistique de trois boissons de capacité 35 cl

a) Les données

Le tableau si dessous regroupe toutes les donnes des CN des boissons de capacité 35 cl.

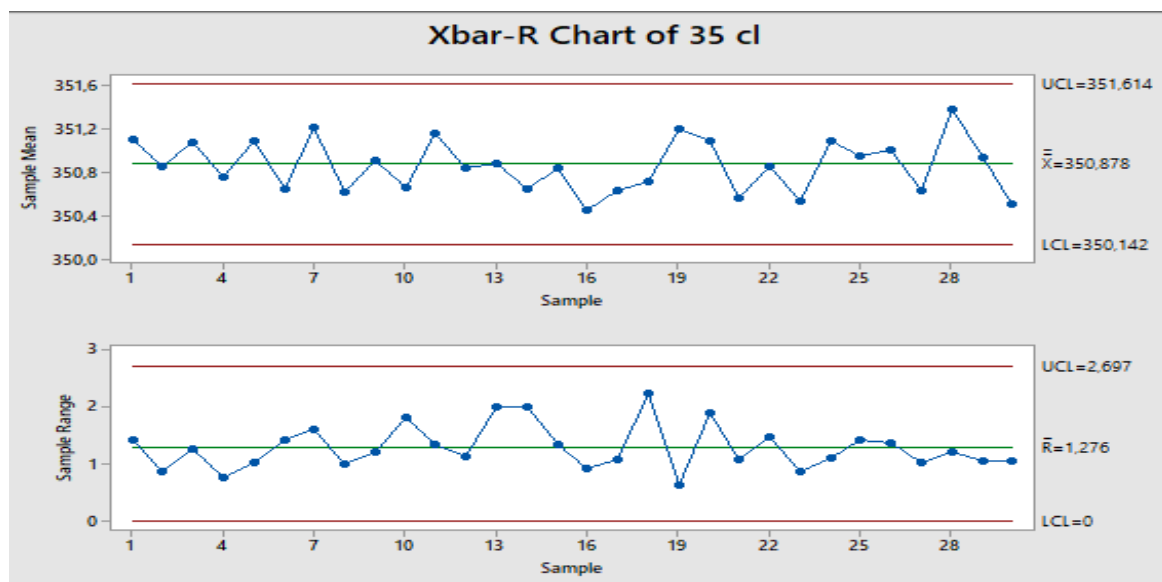
Tableau-14: les donnes des CN des boisions de capacité 35 cl.

Produits	Date	Heur	X1	X2	X3	X4	X5
Hawai TR	27/04/2019	08:00	351,62	350,29	350,59	351,7	351,3
	27/04/2019	09:00	350,69	350,78	350,69	351,5	350,65
	27/04/2019	10:00	351,73	350,68	350,47	351,58	350,9
	27/04/2019	11:00	351,25	350,62	350,8	351,5	350,62
	27/04/2019	12:00	351,61	351,39	350,62	350,6	351,25
	27/04/2019	14:00	351,2	350,54	351,6	350,54	350,4

	27/04/2019	15:00	351,64	351,54	351,74	351,03	350,14
	27/04/2019	16:00	350,71	350,39	350,54	351,25	350,25
	27/04/2019	17:00	351,61	351,05	350,51	351,01	350,41
	27/04/2019	18:00	350,05	350,53	351,84	350,5	350,4
Pom's	28/04/2019	08:00	351,45	351,35	350,86	350,42	351,76
	28/04/2019	09:00	350,85	351,02	350,09	351,21	351,08
	28/04/2019	10:00	351,74	349,8	351,78	350,48	350,59
	28/04/2019	11:00	349,51	350,25	350,68	351,36	351,48
	28/04/2019	12:00	351,68	350,41	350,52	350,35	351,28
	28/04/2019	14:00	350,5	350,59	349,99	350,89	350,29
	28/04/2019	15:00	350,5	350,17	350,68	351,25	350,58
	28/04/2019	16:00	352,21	350,15	349,99	350,89	350,32
	28/04/2019	17:00	351,3	351,12	351,48	350,86	351,23
	28/04/2019	18:00	350,5	351,25	352,15	351,32	350,26
Coca Cola	29/04/2019	08:00	351,06	350,28	351,2	350,2	350,12
	29/04/2019	09:00	351,15	351,58	350,12	350,19	351,25
	29/04/2019	10:00	350,84	350,7	349,99	350,63	350,5
	29/04/2019	11:00	351,25	350,5	351,6	351,58	350,54
	29/04/2019	12:00	351,21	350,19	350,6	351,6	351,16
	29/04/2019	14:00	351,27	351,5	351,12	351	350,15
	29/04/2019	15:00	350,28	350,48	351,29	350,58	350,52
	29/04/2019	16:00	352,07	351,54	351,54	350,9	350,87
	29/04/2019	17:00	351,13	351,01	351,19	351,2	350,15
	29/04/2019	18:00	349,95	350,99	350,8	350,25	350,54

b) Les cartes de contrôle X bar R bar

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe suivant :



Graphe-11: La carte de contrôle de \bar{X} et \bar{R} des boissons de capacité 35 cl

✚ **Caractéristique Carte de la moyenne et de l'Etendus.**

	LCI(LCL)	LSC(UCL)
$\bar{\bar{X}}=350,878$	350,142	351,614
$\bar{\bar{R}}=1,276$	0	2,697

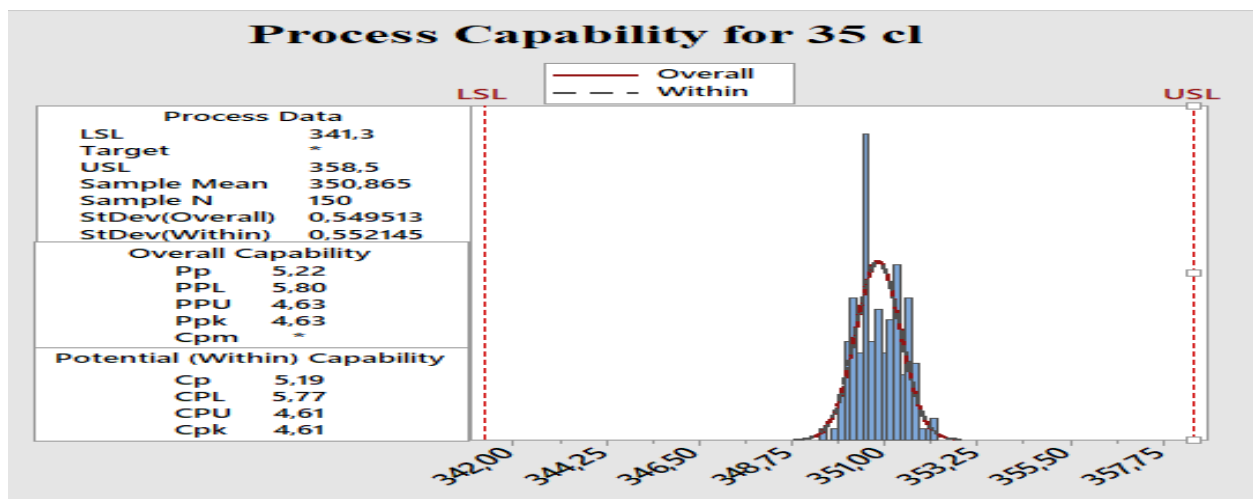
❖ **Interprétations des résultats:**

Au niveau de carte de contrôle \bar{X} on remarque que les résultats centré sur la valeur moyenne, aussi l'absence des causes assignable.

Au niveau de carte de contrôle \bar{R} on remarque que les résultats centré sur la valeur moyenne, donc la dispersion des résultats faible.

c) *Etude de capacité*

Les résultats de suivi de contenu net permettent de tracer le graphe de capacité suivant :



Graphe-12 : La capacité des boissons de capacité 35 cl

Une analyse visuelle des histogrammes de la capacité confirme que $C_p = 5,19$ et C_{pk} est égal $4,61 > 1,33$ donc le procédé est capable à court terme et aussi on a $P_p=5,22$ et $P_{pk}=4,63$ sont supérieur 1.33 donc le procédé est capable à court terme. Donc le procédé est capable.

Conclusion générale

Au cours de ce travail nous nous sommes intéressés à l'amélioration de procédé de remplissage des boissons gazeuses dans des bouteilles en verre en se basant sur des études statistiques

Une étude au niveau de la soutireuse en utilisant les cartes de contrôles a révélé que le remplissage des bouteilles des boissons gazeuses en verres présente des anomalies qui dépassent les tolérances acceptables pour les différentes capacités 20 cl et 30 cl.

Pour remédier à ce problème une équipe qualité-production s'est réunie pour chercher les causes racines en utilisant l'outil qualité : Diagramme d'ISHIKAWA et par la suite établir un plan d'action pour corriger les anomalies.

Afin de vérifier l'efficacité de ces actions nous avons réalisé un nouveau suivi statistique sur les paramètres de capabilité. Les résultats de la capabilité obtenus sont supérieurs à 1,33 pour les différentes capacités, et aussi les points sont centrés entre les deux limites de carte de contrôle, ce qui signifie que la soutireuse a une grande fiabilité. Pour rester dans cette perspective, il faut toujours faire une démarche de l'amélioration continue qui permet d'avoir une méthode structurée et de mettre en œuvre les solutions les plus adaptées.

Le stage effectué à la société CBGN FES, dans le cadre du projet de fin d'études du Master Sciences et Technique : Chimométrie et Analyse Chimique ; Application à la Gestion Industrielle de la Qualité (MST CAC AGIQ) est une occasion de se familiariser à la vie dans l'entreprise et aussi contribuer au développement de cette entreprise par nos connaissances scientifiques acquises durant les années passées à la FST.

Références

- [1] <http://www.coca-cola.ma/fr/histoire/>(consulté le 22/02/2019)
- [2] <http://www.qualiteonline.com/dossier-38-les-cartes-de-contrôles.html>. (Consulté le 01 /03/2019)
- [3] Cœur de M. Maurice PILLET Professeur des Universités IUT Annecy – Université de Savoie, Laboratoire LISTIC. (Consulté le 15/03/2019)
- [4] http://erwan.neau.free.fr/Toolbox/Diagramme_d_ISHIKAWA.htm. (Consulté le 17/03/209)
- [5] <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/ishikawa-5m>. (Consulté le 18/03/2019)
- [6] <https://support.minitab.com/fr-fr/minitab/18/capability-analysis>. (Consulté le 20/03/2019)
- [7] <http://robert.cireddu.free.fr/ Carte%20de%20contrôle%20%20analyse>. (Consulté le 21/04/209)