

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

APPLICATION DE LA METHODE DMAIC A LA LAVEUSE DE BOUTEILLES

Lieu : CBGN de Fès.

Référence : 07/15GI

Préparé par :

- JABRANE Faïza
- MRANI ALAOUI Loubaba

Soutenu le 16 Juin 2015 devant le jury composé de :

- Pr KAGHAT Fahd (Encadrant FST)
- Pr GADI Fouad (Examineur)
- Pr HAOUACHE Saïd (Examineur)
- Mr. OUBAHOU Mourad (Encadrant Société)



Dédicace :

Nous dédions ce mémoire à :

Nos parents :

Nos mères, qui ont œuvré pour notre réussite, de par leur amour, leur soutien, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils, pour toute leur assistance et leur présence dans notre vie, reçoivent à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de nos sentiments et de notre éternelle gratitude.

Nos pères, qui peuvent être fiers de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour nous aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu d'eux.

Nos frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour nous des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Nos professeurs de la faculté des sciences et techniques Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien transmis.



Remerciement :

Nous exprimons vivement nos remerciements et notre gratitude à toute personne ayant permis la réalisation de ce rapport et ayant contribué à son achèvement et à sa réussite. Ces propos sont particulièrement destinés à :

- Notre professeur encadrant **M. KAGHAT Fahd**, pour le temps consacré à la lecture et aux réunions qui ont rythmé les différentes étapes de notre mémoire. Nous le remercions aussi pour sa disponibilité à encadrer ce travail à travers ses critiques et ses propositions d'amélioration.
- Notre maître de stage : **M. OUBAHOU Mourad**, ses précieux conseils nous ont été d'une grande aide, ainsi la patience, la compréhension et l'entière disponibilité dont ils ont fait preuve à l'égard de notre rythme de travail.
- Tout le **Corps professionnel au sein de la CBGN** pour son soutien quotidien. L'accueil chaleureux et l'ambiance amicale qu'ils font régner sur les lieux de travail n'ont apporté que de bonnes chances à ce modeste projet.



SOMMAIRE

Dédicaces.....	2
Remerciements	3
Sommaire	4
Liste des figures, tableaux et histogrammes.....	5
Introduction	7
Premier Chapitre : Présentation de la CBGN	8
I. Historique	9
II. Activités de la CBGN	10
III. Organigramme de la CBGN	12
Deuxième Chapitre : Production des boissons gazeuses de la CBGN	13
I. La chaine de production	14
II. Les composants essentiels des boissons gazeuses	18
Troisième Chapitre : La méthode DMAIC	20
I. Le choix de la méthode	21
II. La présentation de la méthode DMAIC	22
Quatrième Chapitre : Application de la méthode DMAIC	25
I. Définir le problème	26
II. Mesurer le processus	30
III. Analyser le processus	37
IV. Innover les solutions	43
V. Contrôler la mise en place des solutions	51
Conclusion	58



La liste des figures et des tableaux

Tableau 1 : La fiche technique de la société CBGN de Fès	9
Figure 1 : Les différentes boissons de la CBGN	10
Figure 2 : L'organigramme de l'entreprise CBGN	11
Figure 3 : Le dépalettiseur	13
Figure 4 : Le convoyeur	13
Figure 5 : La décaisseuse	14
Figure 6 : L'inspectrice	15
Figure 7 : La soutireuse	15
Tableau 2 : La durée de panne des éléments de la laveuse	27
Tableau 3 : Le nombre de panne des éléments de la laveuse des bouteilles	28
Pareto 1 : Le cumule des taux de panne des éléments de la laveuse des bouteilles	28
Tableau 4 : La durée de panne du râteau d'entrée	29
Tableau 5 : La durée de panne des différents types de bouteille	30
Histogramme 1 : La fréquence relative des arrêts des différents types de bouteille	30
Pareto 2 : Le cumul des durées de panne du chargement de la machine	30
Tableau 6 : Le taux d'arrêt de la chaîne du convoyeur	31
Tableau 7 : Le nombre de chute des différents types de bouteille	31
Pareto 3 : le nombre de chute des différents types de bouteille	31
Tableau 8 : La durée de panne du convoyeur selon les différents types de bouteille	32
Pareto 4 : Le cumul du taux d'arrêt des différents types de bouteille	32
Tableau 9 : La durée de panne du blocage des bouteilles.....	34
Tableau 10 : le temps d'arrêt des différents éléments défectueux de la machine	35



Tableau 11 : Les dimensions des différents types de bouteille	40
Figure 8 : les causes racines des éléments défectueux de la laveuse des bouteilles	42
Figure 9 : Les buses statiques omnidirectionnelles	43
Figure 10 : La buse HWO : Hydro Whirl Orbitor	44
Figure 11 : Le contrôleur de pression « La Pressostat »	45
Tableau 12 : Le coût et l'efficacité des solutions suggérées	48
Tableau 13 : Les solutions validées par l'entreprise	49
Tableau 14 : La durée de panne du râteau d'entrée de la nouvelle situation	50
Tableau 15 : La fréquence relative cumulée croissante des bouteilles de la nouvelle situation	51
Histogramme 2 : La comparaison des durées de pannes entre la situation du départ et actuelle	51
Tableau 16 : Le nombre de chute des bouteilles de la nouvelle situation	52
Tableau 17 : Le total des chutes de bouteilles selon leurs types	53
Histogramme 3 : La différence entre les deux situations du processus	53
Tableau 18 : La durée d'arrêt de la chaîne du convoyeur	54
Histogramme 4 : les temps d'arrêt de la chaîne du convoyeur dans les deux situations	54
Tableau 19 : le temps d'arrêt des deux situations : initiale et actuelle	55
Histogramme 5 : La diminution des durées de pane après l'application des solutions validées	56



Introduction :

Le stage de formation est le plus solide lien qui peut exister entre les études théoriques et leurs applications dans la pratique. Notre stage au sein de la société CBGN Maroc qui a duré deux mois, était une bonne occasion pour se familiariser avec le monde industriel et une opportunité pour appliquer ce que nous avons acquis à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. La CBGN nous a proposé comme sujet de stage l'application de la méthode DMAIC sur la machine « la laveuse de bouteilles » qui a subi un nombre de pannes élevé durant les mois de Janvier, Février et Mars. Ces pannes conduisent à des arrêts de la chaîne de production et génèrent des surcoûts importants. Notre projet de fin d'études s'inscrit donc dans cette perspective. Il consiste alors à proposer de nouvelles solutions et à contrôler leurs performances afin de palier les défauts que présente le système actuel.

Le premier chapitre définit le contexte général du projet et présente l'organisme d'accueil.

Le deuxième chapitre est réservé à la présentation du processus de production des boissons gazeuses au sein de l'usine.

Dans le troisième chapitre, nous avons défini la méthode DMAIC et ses différentes étapes d'application.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application de la méthode sur la laveuse de bouteilles. Après avoir mis en évidence le problème des taux de pannes élevés de la machine et précisé ses défauts et ses inconvénients, nous avons défini l'état initial du processus afin d'analyser les causes racines des problèmes rencontrés.

Une étude de recherche et de choix de solutions a été ensuite menée, en se basant sur l'outil de l'analyse fonctionnelle. Une fois les solutions définitives choisies, un contrôle de performance du système conçu a été réalisé.



Premier Chapitre :
Présentation de la CBGN



I. Historique :

L'usine de COCA COLA de Fès a été constituée en 1952 en tant que S.A.R.L avec un capital de 2.000.000 DHS, six mois après la CBGN a été transformé en S.A. En 1978 le siège social de la CBGN est transférée de la place actuelle de l'hôtel Sofia au quartier industriel SIDI BRAHIM.

Au début, la production était assurée par 12 ouvriers assistés par une machine DIXI avec une capacité de production journalière ne dépassant pas les 40 caisses de bouteilles familiales et 120 caisses de bouteilles standards.

Avec le temps, la CBGN a connu un grand et fort développement. Son capital est augmenté de 1.240.000 DHS en 1971 pour arriver jusqu' à 3.720.000 en 1985.

La liste ci-dessous nous montre la chronologie de la CBGN :

En 1952 : C'est la mise en place de la NCBG : embouteilleur franchisé de la compagnie coca-cola, elle a été située à la place actuelle de l'hôtel Sofia.

En 1971 : le siège social est transféré au quartier industriel Sidi Brahim.

En 1995 : le capital est passé à 3.720.000 DHS.

De 1952 à 1987 : La CBGN ne fabriquait que Coca-Cola et Fanta orange, pour augmenter sa part de marché, la compagnie a décidé la diversification de ses produits, elle a commencé de produire Fanta Florida, Fanta Lemon, Hawaï et Sprite.

En 1992 : elle a lancée les bouteilles plastiques PET, elle a même achetée une nouvelle machine avec une grande capacité (plus de 6000 bouteilles par heure, rapide et qui effectue plusieurs tâches au même temps (soufflage, rinçage, soutirage, bouchage et datage).

En 1997 : la Compagnie rachète l'unité SIM (Société industrielle marocaine).

Principal concurrent lui permettent ainsi d'augmenter sa capacité de production et d'élargir sa gamme de produits.

En 2002 : l'acquisition de la CBGN par ECCBC (la holding Equatorial Coca-Cola Bottling Company (ECCBC). En 2003, le groupe ECCBC a décidé la création de la société NABC : (North Africa Bottling Company) dont la CBGN fait partie en plus de la SCBG, CBGS, et SOBOMA.

Depuis 2005 : COBOMI fait partie également de cette société.



II. Activités de la CBGN :

La fiche technique de la CBGN :

<i>La CBGN</i>	<i>Concessionnaire de la société mère dans la zone centrale du Maroc</i>
<i>Raison Sociale</i>	<i>Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord</i>
<i>Sigles</i>	<i>CBGN</i>
<i>Activités</i>	<i>Embouteillage et distribution des boissons Gazeuses non alcoolisées</i>
<i>Secteur d'activité</i>	<i>Agroalimentaire</i>

Tableau 1 - La fiche technique de la société CBGN de Fès

La CBGN compte comme activités principales :

- **Vente de boissons** : sodas, jus de fruits, eau de table etc. Commercialisés sous les marques Coca-Cola, Fanta, Sprite, Burn, Ciel, etc.
- **La mise en bouteille des différentes gammes des boissons gazeuses** : A partir de 2014, la mise en bouteille se fait juste pour les lignes de verres.

La distribution de ces produits dans tous les points de ventes (alimentation générale, snack, café ; etc.), situés dans le territoire de la compagnie.

L'activité principale de la CBGN est, donc, constituée par la production et la distribution des boissons gazeuses. A cet effet, nous avons jugé judicieux de donner quelques éclaircissements sur ces deux composantes principales de cette société :

- **La production** : Au Maroc, NABC dispose de 05 unités de production regroupant des lignes de verres ; de PET ; de boîtes ; de post-mix. Ces produits sont distribués dans : Le Nord (territoire de Fès) ; le centre (territoire de Casablanca) ; le sud du Maroc (territoire de Marrakech) ; et la Mauritanie.
- **La distribution** : la distribution est organisée autour de deux systèmes :



Le système conventionnel : Dans ce système, les livreurs visitent les points de ventes pour la distribution des produits et la prise de commandes.

Le système de la prévente : Les tâches de prise de commandes et la livraison sont séparées. Le pré vendeur s'occupe de la collecte des commandes auprès des clients par le système HHT, les produits sont préparés la veille sur la base des commandes communiquées par le système HHT. La livraison s'effectue le lendemain.

N.B: Quelques catégories de produits ne sont pas fabriquées au niveau de la CBGN: Les cannettes, Les bouteilles en plastique, etc. qui proviennent comme des produits finis de la SCBG de Casablanca.

La CBGN offre une gamme très diversifiée des boissons :



Figure 1 – Les différentes boissons de la CBGN

La CBGN produisait auparavant les produits alliés tels que les bouteilles en plastiques des boissons gazeuses et de l'eau minérale Ciel ainsi les jus en 5000 produits par jour. A partir de 2014 et après l'achat d'une machine qui est installée sur la chaîne de Casa Blanca et qui produit 60.000 produits alliés par jour, la mise en bouteille de la CBGN de Fès se fait juste pour la chaîne en verre.

Les fournisseurs de la CBGN :

La compagnie collabore avec des fournisseurs nationaux :

- COSUMAR : sucre
- CARNAUD et CMB : les bouchons ;
- EFRIQUIA: Gasoil, essence....
- SIMI (Société d'Impression Moderne et Industrielle) : Imprimante.



III. Organigramme de la CBGN :

L'entreprise CBGN se compose de plusieurs services :

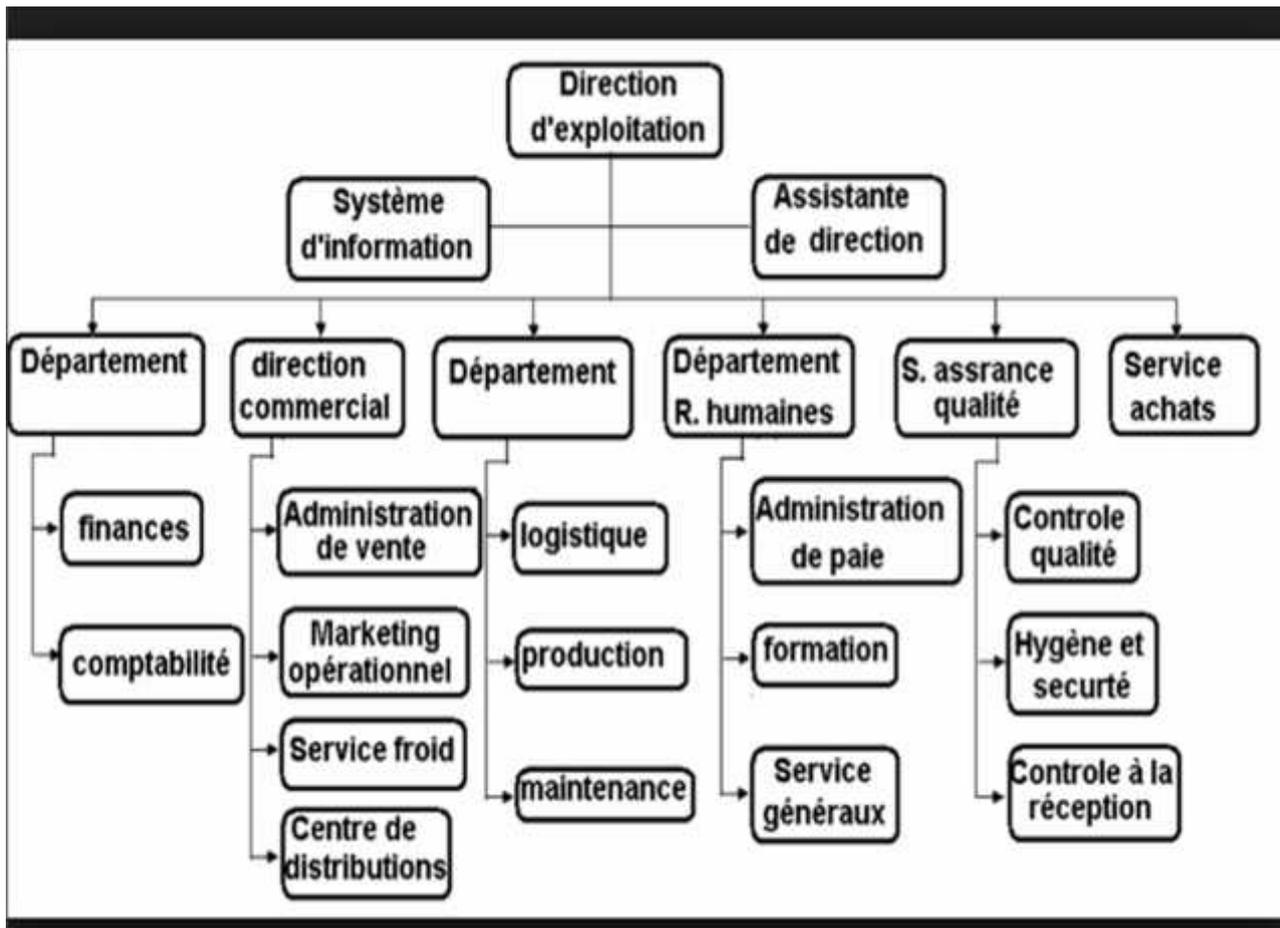


Figure 2 – L'organigramme de l'entreprise CBGN



Deuxième Chapitre :
La production des boissons gazeuses
de la CBGN.



I. La chaîne de production :

La production de boissons gazeuses au sein de l'entreprise CBGN, passe par plusieurs étapes. Ces étapes sont enchaînées en deux zones : La zone propre et la zone sèche.

La zone sèche :

L'entreprise CBGN réutilise les bouteilles en verre consignées ; pour se faire elle les retraite en passant par plusieurs phases des différentes machines de production :

- Le dépalettiseur :



Figure 3 – Le dépalettiseur

C'est une machine ; qui dispose d'un système automatisé; elle décharge les palettes des caisses pleines de bouteilles consommées d'après le client et les place sur des convoyeurs :



Figure 4 - Le convoyeur

- La deviseuse :

Une machine qui permet d'enlever les bouchons des bouteilles récupérées du marché avec des vis enroulés.



- **La décaisseuse :**



Figure 5 – La décaisseuse

C'est une ventouse-air qui permet de décharger les caisses des bouteilles avec des ventouses : Elle met les bouteilles sur des convoyeurs pour les transmettre à la laveuse et les caisses vides continuent leur trajet vers l'encaisseuse.

- **La laveuse des bouteilles :**



Figure 6 – La laveuse de bouteilles

C'est une grande machine qui a un rôle très important dans le processus de production de boissons gazeuses. Elle permet d'assurer le bon nettoyage et la propreté des bouteilles pour présenter un produit de bonne qualité au consommateur.

La Laveuse des bouteilles c'est elle qui relie la zone sèche avec la zone propre, d'où elle prend les bouteilles sales à l'entrée et les fait sortir bien lavées et nettoyées dans la zone propre.

La zone propre :

Dans cette zone les bouteilles sont prêtes pour le remplissage de boissons gazeuses. Les bouteilles sont envoyées sur des convoyeurs vers un enchaînement d'étapes :

- **L'inspection :** Les bouteilles passent par deux parties d'inspections :



L'inspection manuelle : Deux ouvriers contrôlent visuellement les bouteilles nettoyées par la laveuse si elles sont non conformes ou contiennent des anomalies.

L'inspection mécanique-électrique :



Figure 6 – L'inspectrice électrique

Une machine inspectrice permet de détecter les bouteilles défectueuses que l'opérateur humain n'a pas pu les détecter et les sépare de la chaîne de production.

- **La soutireuse :**



Figure 7 – La soutireuse

Après avoir préparé le mélange des boissons gazeuses avec le mixeur « Starblend Plus », la machine remplit les bouteilles soigneusement et avec une vitesse bien déterminée.

- **La visseuse :**



Figure 8 – La visseuse



C'est une machine qui consiste à mettre les bouchons sur les bouteilles remplies de boissons gazeuses et les visse à l'aide d'une tourelle.

Le contrôle niveau : Dans cette étape, le produit fini est prêt, les bouteilles passent par :

- Un contrôle de niveau électrique : détecte si le niveau des différentes bouteilles bien respecté ou non.
- Un contrôle de niveau manuel : Un opérateur s'assure que le niveau de boissons gazeuses est bien respecté.

- **L'étiqueteuse :**

Elle Permet de coller les étiquettes de marques de boissons gazeuses, leurs références ainsi que la date d'expédition.

Dès que le produit est prêt pour la consommation, il sort de la zone propre vers la zone sèche afin de le transmettre aux clients.

Les bouteilles de boissons gazeuses passent à travers des convoyeurs vers l'encaisseuse.

L'encaisseuse : à l'aide d'une ventouse-air elle charge les caisses du produit fini : bouteilles pleines de boissons gazeuses.

Le palettiseur : Il charge les palettes avec les caisses remplies de produit fini.

Le chariot élévateur : Il prend les palettes chargées des caisses et charge les camions de transport du produit fini.



II. Composants des boissons gazeuses :

La production de boissons gazeuses nécessite :

Eau traité + CO2 alimentaire + Sirop + Concentré → Boissons gazeuses.

II - 1 Le traitement de l'eau :

L'eau constitue l'élément majoritaire dans la production des boissons gazeuses. Pour cela, il s'avère très nécessaire de le traiter afin d'éliminer tous les constituants ayant un rôle dans l'impureté susceptible d'affecter le goût et l'aspect des produits. Parmi ces constituants on trouve :

- Les matières en suspension :

Ce sont les microparticules, indésirables qui sont également susceptibles de provoquer une baisse rapide de la carbonatation et une formation de mousse lors du remplissage.

- Les micro-organismes : Ils sont présents dans la plupart des eaux, ils peuvent se développer dans plusieurs jours ou semaines après la fabrication et changer le goût et l'aspect du produit fini.
- Les substances odorantes : tels que le chlore, les chloramines et le fer qui peuvent réagir avec les arômes délicats des boissons et en modifient le goût.
- L'alcalinité : Elle est due aux bicarbonates, aux carbonates ou aux hydroxydes, qui peuvent donner un goût anormal au produit fini.

Après avoir traité l'eau, il reste une deuxième étape qui est la siroperie. Cette opération peut être subdivisée en deux grandes parties, la préparation du sirop simple puis du sirop fini.

1. La préparation du sirop simple :

Cette étape commence par l'injection du sucre granulé, approvisionné par COSUMAR et contrôlé dans le laboratoire de la CBGN qui veille sur sa qualité et sur le respect des normes prescrites.

L'opération a lieu au niveau d'un tamis permettant d'arrêter les grands grains et de laisser passer les particules ayant la granulométrie désirée, à l'aide d'une vis, le sucre est ensuite transporté vers un silos de stockage qui assure l'alimentation de circuit et évite toute rupture probable pendant la fabrication.



A la sortie, on récupère une solution de sucre, c'est le sirop qui va traverser dans un premier temps un filtre horizontal puis l'autre qui est vertical au sein duquel s'effectue l'agitation de la solution, les particules non dissoutes précipitent et sont recyclées dans la cuve de dissolution, le brix de la solution se fait à la sortie du filtre à l'aide du visio brix.

II - 3 Le CO2 alimentaire :

Le CO2 alimentaire : On le reçoit d'après les deux fournisseurs : « Air liquide » et « Maghreb Oxygène » et on le stock dans des citernes.



Troisième Chapitre : LA METHODE DMAIC



I. Choix de la méthode :

DMAIC est une méthode d'amélioration continue qui est apparue avec les grandes industries américaines dans les années 80.

La démarche DMAIC est actuellement le système de management qui se développe le plus vite dans l'industrie. En se centrant sur une méthodologie de résolution de problème et d'optimisation des processus, cette méthode permet d'économiser des millions de dollars dans les sociétés qui ont appliqué la démarche ces dix dernières années. C'est une méthode de performance qui vise à assurer le zéro défaut pour chacun des processus de l'entreprise. Ce zéro défaut est atteint en identifiant les processus vitaux de l'entreprise afin d'en augmenter la rentabilité et la satisfaction du client.

L'entreprise est capable d'obtenir de meilleurs résultats, en appliquant la démarche DMAIC, tout en se conformant aux contraintes qu'elle subit, ainsi qu'aux nouvelles exigences (du marché, du client, des technologies...) et aux dysfonctionnements qu'elle repérera et analysera pour pouvoir progresser. De plus, cette amélioration des performances permet de conformer les produits aux spécifications et aux exigences clients afin de garantir une satisfaction maximale, mais également de réduire les temps de production, les délais et les coûts généraux. Pour garantir la qualité et l'efficacité d'un processus, il faut tenter de déterminer à l'avance tous les écarts et les risques possibles qui altéreraient la bonne conduite du processus.

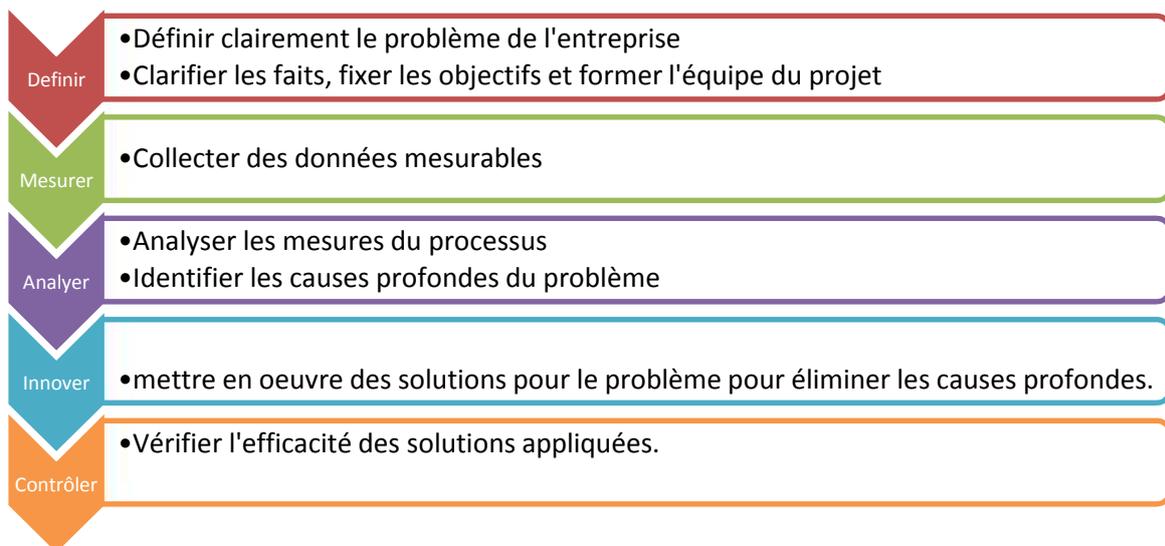


II. Présentation de la méthode DMAIC :

La diminution drastique des rebuts et la satisfaction constante des clients sont en effet le meilleur moyen d'améliorer la rentabilité de l'entreprise en appliquant la méthode DMAIC.

DMAIC est une méthode de résolution de problème utilisée par les entreprises industrielles. Elle permet une meilleure exploitation des ressources humaines, financières et des outils de production afin d'améliorer la performance. Elle permet également d'accroître la productivité par la réduction de la non-qualité.

DMAIC est une abréviation qui présente les cinq étapes de la démarche de réduction de la variation des processus :



Objectifs et finalités de la méthode :





- Définir le problème :

L'étape D de la démarche DMAIC est une phase d'une importance cruciale car elle permet de bien cerner et comprendre la problématique. Pour cela une base de données de la production obtenue par l'entreprise est indispensable comme point de départ pour pouvoir identifier la problématique. Une sélection d'outils utilisés pour cette première étape de la méthode DMAIC :

QQQQCP : C'est un questionnaire qui permet de bien identifier notre problématique ainsi que les différentes parties prenantes :

- **Qui** : Quelles sont les personnes impliquées dans le problème ?
- **Quoi** : Quel est le problème ?
- **Où** : Où se pose le problème ? À quel endroit ? Dans quel lieu ?
- **Quand** : Quand apparait le problème ? À quel moment ?
- **Comment** : Comment a-t-on détecté le problème ?
- **Pourquoi** : pourquoi doit-on résoudre le problème ?

L'étape Définir repose sur trois phases essentielles :

- Récolter les données nécessaires pour évaluer le processus de production en analysant les retours client, le marché ainsi qu'en revoyant les exigences des clients.
- Identifier la problématique, analyser les risques du projet ainsi que l'organisation du travail.
- Caractériser les différentes activités du processus.

- Mesurer la performance du processus :

Collecter les données représentatives, mesurer la performance, identifier les zones de progrès. Choix des variables qui doivent être analysées. Evaluation de la performance actuelle et de sa variation (tendance, cycle...).

Il s'agit d'identifier les impacts significatifs de la variation du processus, les écarts, sur les paramètres critiques de la qualité identifiés en préalable de cette étape. L'outil utilisé généralement dans cette phase est le Pareto.

- Analyser le processus :

Il s'agit d'identifier les causes de variabilité et de comprendre pourquoi les défauts se produisent.



A ce stade du déroulement de la méthode, il faut comprendre les problèmes pour pouvoir formuler par la suite les solutions susceptibles de combler l'écart entre la situation présente et les objectifs à atteindre.

- Innover :

Cette étape a pour finalité d'identifier et d'évaluer les solutions les plus optimales pour accéder aux objectifs définis.

Identification et mise en œuvre des solutions pour éviter les sus dits problèmes. Cette phase particulièrement importante peut se dérouler dans certains cas précis en plusieurs étapes. Ceci afin de prendre le temps de tester et de valider les solutions les plus adéquates.

Il est important de bien repérer les interdépendances entre les variables. C'est aussi là où se logent les difficultés.

- Contrôler la performance :

Cette ultime étape a pour finalité de garantir la performance dans la durée. En français, il sera préférable de traduire le terme anglo-saxon de "control" par celui de pilotage. C'est en effet un rôle actif en temps présent et non passif en temps décalé comme le sous-entend le terme de contrôle en français.

Il faudra suivre les solutions mises en place. Les résultats ne sont pas toujours immédiatement visibles. L'effort doit être soutenu voire réorienté. Il s'agit là de la phase la plus délicate, propre à toutes les démarches de progrès continu. Le retour en arrière est une menace de tous les instants. Soutenir l'effort passe nécessairement par l'instauration d'une culture généralisée de la mesure.

Le but est de se donner les moyens de corriger le plan si les résultats souhaités ne sont pas au rendez-vous.



Quatrième Chapitre :
Application de la méthode DMAIC à la
laveuse de bouteilles



I. Définir le problème :

La laveuse de bouteilles rencontre des pannes successives et répétitives lors de son fonctionnement dans l'usine de CBGN. Ses différents arrêts entraînent un ralentissement dans la chaîne de la production, une diminution de la rentabilité de l'entreprise et le risque de détérioration de son image de marque sur le marché.

Afin de dégager la problématique de notre étude, un QQQQCP a été réalisé. Cet outil permet de cibler un problème, ses acteurs, ainsi que ses tenants et ses aboutissants :

- **Qui ?** : Service qualité, Service commercial, Service de production, Service maintenance, Client, et nous étant équipe du projet.
- **Quoi ?** : Ralentissement de la chaîne de production dans l'usine CBGN à cause des arrêts de la laveuse des bouteilles.
- **Où ?** : L'usine CBGN de Fès.
- **Quand ?** : Durant les trois derniers mois de la production.
- **Comment ?** : L'insatisfaction des responsables de la production de l'usine CBGN.
- **Pourquoi ?** : Parce que l'entreprise CBGN est certifiée politique qualité et engagée à améliorer sa production de manière durable.

Etant un binôme qui prépare son projet de fin d'étude, nous devons mettre en pratique nos connaissances acquises au cours de notre cycle licence.

Avant de traiter les différentes causes qui provoquent les arrêts de la laveuse des bouteilles, une description du procédé du lavage sera nécessaire.

Le lavage des bouteilles :

Le lavage des bouteilles a pour but l'élimination des microorganismes (levure, moisissure, et bactérie pathogène) et des impuretés. Il consiste donc à la préparation de bouteilles saines et stériles avant le remplissage.

Le lavage des bouteilles constitue une étape critique qui pourra affecter la qualité du produit fini. L'efficacité du lavage est dépendante de certains paramètres à savoir la température, la concentration de la soude caustique et le temps de contact de la bouteille dans les bains de lavage.

Le détergent utilisé dans cette opération est la soude caustique qui a un pouvoir dissolvant et une action bactéricide et dégraissante.



Le procédé du lavage des bouteilles :

Les bouteilles vides en verre récupérées du marché sont retraitées minutieusement dans la laveuse des bouteilles. Cette opération nécessite le passage par quatre étapes fondamentales :

Le chargement des bouteilles : La machine reçoit les bouteilles de la décaisseuse à travers des convoyeurs, les répartit avec un système de distribution, et les déplace à l'intérieur de la laveuse des bouteilles à l'aide de deux séries de leviers se déplaçant au moyen d'un excentrique connecté par une chaîne à l'axe du pignon.

Le pré-lavage : les bouteilles sont transmises à l'intérieure de la laveuse à l'aide des alvéoles, cette étape consiste au lavage avec des gicleurs à l'extérieur et à l'intérieur des bouteilles par deux bains :

- **Bain 1 :** Les bouteilles sont lavées à l'extérieur avec de l'eau chaude et de la soude à la température de 72°C (+3°C).
- **Bain 2 :** Pour assurer la propreté, les bouteilles sont relavées extérieurement en les renversant à l'aide des alvéoles et des gicleurs qui injectent de l'eau chaude à la température de 70°C (+3°C) à l'intérieur.

Le rinçage : c'est la dernière étape avant le déchargement des bouteilles. Elle se déroule en deux parties :

- **Rinçage initial :** les bouteilles sont rincées par l'eau recyclée à la température de 25°C : c'est l'eau traitée et filtrée.
- **Rinçage final :** Pour finaliser le bon nettoyage, les bouteilles sont rincées à cette étape avec de l'eau adoucie à la température de 12°C et de l'eau de javel.

Le déchargement des bouteilles : après avoir assuré le bon nettoyage des bouteilles, elles sont déchargées à l'aide des guides et des bras du déchargement et transmises à la zone propre à travers des convoyeurs pour continuer le déroulement de la production.

Nous constatons que la laveuse des bouteilles représente le cœur de la chaîne de production de l'entreprise CBGN. Les pannes de la machine sont des faiblesses à minimiser pour améliorer la rentabilité de l'entreprise.

Cette étape « Définir », consiste à connaître les différents éléments défectueux de la machine qui entraînent un arrêt de la ligne de la production durant les mois de Janvier, Février et Mars de l'an 2015.



Rapport de fin d'étude du cycle licence : Génie industriel

Dysfonctionnement des éléments	La durée d'arrêt de la ligne (s)
arrêt de la pompe	0*
arrêt de moteur chaîne d'entrée	0*
Blocage de bouteilles à la sortie	2628
Blocage de bouteilles (râteau + guides d'entrée)	3672
défaut de râteau	0*
défaut de râteau de sortie	1152
Défaut au chargement	1728
Défaut au déchargement	1188
Défaut au râteau du déchargement	1188
Défaut brosses extracteur des étiquettes	0*
Défaut chaîne d'extracteur bain 2	3600
Défaut chaîne moteur d'extracteur	864
défaut d'alimentation eau recyclée	0*
Défaut de déchargement	576
défaut de la pompe	9864
défaut de la table déchargement	1152
défaut de la vanne	1476
Défaut de lampe d'éclairage	540
défaut de râteau de sortie	9396
défaut de râteau d'entrée	1008
défaut de râteau d'entrée	3852
Défaut du râteau au chargement	3600
Défaut du râteau au déchargement	7020
Défaut du râteau de sortie	11880
Défaut du râteau d'entrée	7344
dérèglement râteau de sortie	900
Dérèglement râteau d'entrée	5652
fuite au niveau de la pompe	0*
Fuite d'eau adoucie	0*
problème de chute des bouteilles à la sortie	0*
Réglage rampe d'injection sur les bouteilles	0*

Tableau 2 - La durée de pannes des éléments de la laveuse en seconde

* : Une durée de pannes nulle pour certains éléments signifie que même s'il y avait un arrêt aux niveaux de ces derniers il n'y avait pas d'influence sur le fonctionnement de la machine.

Nous remarquons à partir du tableau 1 qu'il existe plusieurs éléments représentant des pannes répétitives lors du fonctionnement de la laveuse de bouteilles.

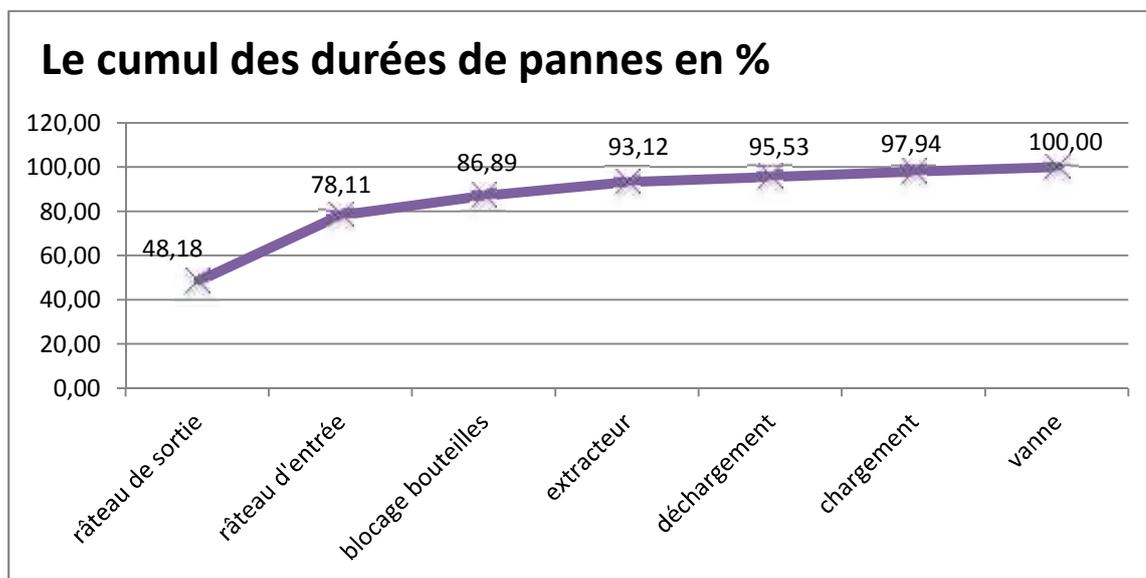


Nous avons conçus un diagramme Pareto pour décèler les éléments à taux d'arrêt élevés dans la machine. Le tableau suivant (tableau 2) illustre le nombre de pannes de chaque élément de la machine et le total de leurs arrêts :

pannes	Fréquence des pannes	Durée de panne en seconde	La fréquence relative	La fréquence relative cumulée croissante
râteau sortie	5	34536	48,17%	48,17%
râteau d'entré	5	21456	29,93%	78,10%
Blocage des bouteilles en sortie	2	6300	8,79%	86,89%
Extracteur	2	4464	6,23%	93,12%
Chargement	1	1728	2,41%	95,53%
Déchargement	2	1728	2,41%	97,94%
Vanne	1	1476	2,06%	100%
Total	18	71688	100,00%	

Tableau 3 - le nombre de panne des éléments de la laveuse de bouteilles

A partir de la fréquence relative cumulée croissante, nous obtenons le Pareto 1 suivant :



Pareto 1 – Le cumule des taux d'arrêts des éléments de la machine.

D'après le diagramme Pareto nous discrimonons aisément que les éléments à taux de pannes élevées sont :

- IV. Le râteau de sortie (du déchargement des bouteilles).
- V. Le râteau de l'entrée (du chargement des bouteilles).



II. Mesurer l'état actuel du processus :

La variabilité de la qualité finale est essentiellement la conséquence de l'instabilité des composants entrant dans le fonctionnement de la machine « la laveuse de bouteilles », de l'imprécision des procédures de travail et plus globalement de la complexité des processus.

Notre étude nous impose de rester dans les limites en appliquant la méthode DMAIC selon la deuxième phase 'Mesurer' qui a pour principe :

"If you can measure how many defects you have in a process, you can systematically figure out how to eliminate them and get as close to zero defects as possible."

Autrement dit et pour résumer : *"Si on peut mesurer on peut corriger."*

Au cours de notre étude sur le terrain, nous avons pris comme référence la période du : 13-04-2015 au 30-04-2015 pour relever le temps des différents arrêts des râteaux d'entrée et de sortie :

I - 1 Le râteau d'entrée :

Les râteaux comportent des peignes à dents flexibles se déplaçant perpendiculairement. Ils permettent de pousser les bouteilles vers les alvéoles.

Les jours	Type des bouteilles	La durée de panne (s)
13-04	BT	380
14-04	BR	560
15-04	BS	2040
16-04	BP	1922
17-04	BR	702
20-04	BT	460
21-04	BR	652
22-04	BS	1800
23-04	BT	512
24-04	BP	2120
27-04	BR	776
28-04	BP	2200
29-04	BT	48
30-04	BS	2400
TOTAL	-	16572

BT : Bouteilles 1L ; BR : Bouteille 35Cl ; BS : Bouteille 30Cl ; BP : bouteille 20Cl

Tableau 4 - la durée de panne du râteau d'entrée

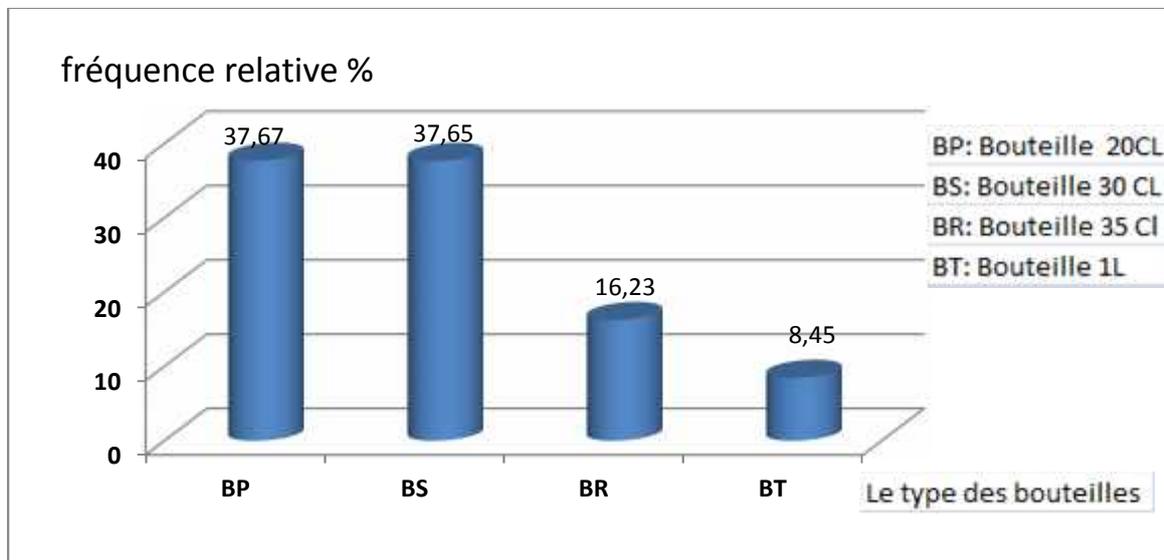


Nous constatons d'après le tableau 3, qu'il existe quatre types de bouteilles avec des taux d'arrêt différents. Le tableau suivant (tableau 4) nous résume les taux d'arrêt de chaque type des bouteilles :

Type des bouteilles	Durée de pannes (s)	Fréquence relative(%)	Fréquence relative cumulée croissante
BP	6242	37.67	37.67
BS	6240	37.65	75.32
BR	2690	16.23	91.55
BT	1400	8.45	100
Total	16572	100	

Tableau 5 - la durée de panne des différents types des bouteilles.

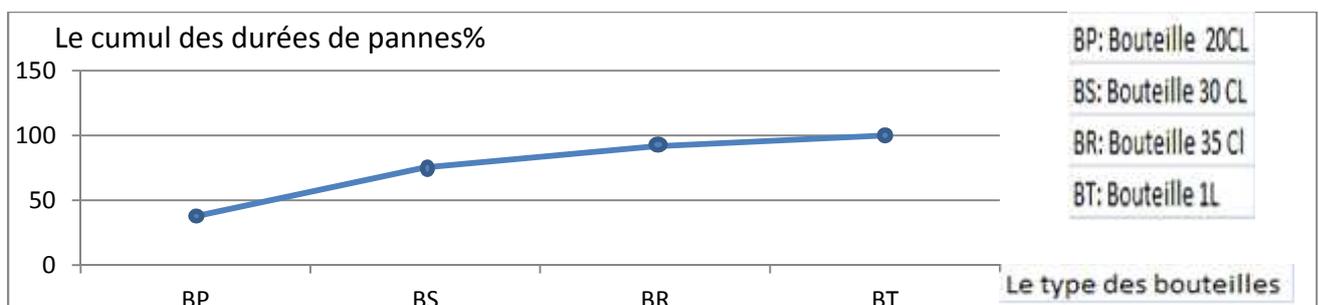
Pour clarifier les données du tableau 4, nous avons utilisé l'histogramme et le Pareto suivants :



Histogramme 1- La fréquence relative des arrêts selon le type des bouteilles.

D'après l'histogramme nous constatons que le taux d'arrêt est élevé aux niveaux des bouteilles de petites et moyennes tailles : 20Cl et 30 Cl.

Pour prouver le résultat conclu, nous remédions au Pareto suivant :



Pareto 2 - Le cumul des durées de panne du chargement de la machine selon les types de bouteilles.



Nous constatons que les bouteilles de petites et moyennes tailles 20Cl et 30Cl représentent un pourcentage élevé au niveau d'arrêt du râteau d'entrée qui influence sur le fonctionnement de la machine. Cet arrêt est dû aussi au dérèglement des deux éléments du râteau d'entrée.

I - 2 Le râteau de sortie :

Le râteau de sortie permet de décharger les bouteilles de la partie du rinçage finale après avoir assuré leur propreté aux convoyeurs de la zone propre à l'aide des guides de déchargement.

Le rôle de la machine est de nous garantir des bouteilles propres et sans étiquettes.

Au cours de notre étude sur le terrain, nous avons remarqué qu'il y a des pièces défectueuses au déchargement : des bouteilles brisées. Le tableau 5 représente les différentes mesures du 13-04-15 au 30-04-15 :

les jours	Type de bouteille	Nombre de chutes de bouteilles en 16 H	Le temps d'arrêt de la chaîne du convoyeur (S)
13-avr	BT	160	148
14-avr	BR	6688	600
15-avr	BS	26784	1920
16-avr	BP	44640	2400
17-avr	BR	8928	840
20-avr	BT	260	360
21-avr	BR	12720	960
22-avr	BS	21984	1560
23-avr	BT	328	152
24-avr	BP	45664	2880
27-avr	BR	14140	720
28-avr	BP	40768	2190
29-avr	BT	300	136
30-avr	BS	2932	2100
total	-	226296	16966

Tableau 6 - Le temps d'arrêt de la chaîne du convoyeur et le nombre de chute des différents types de bouteille.

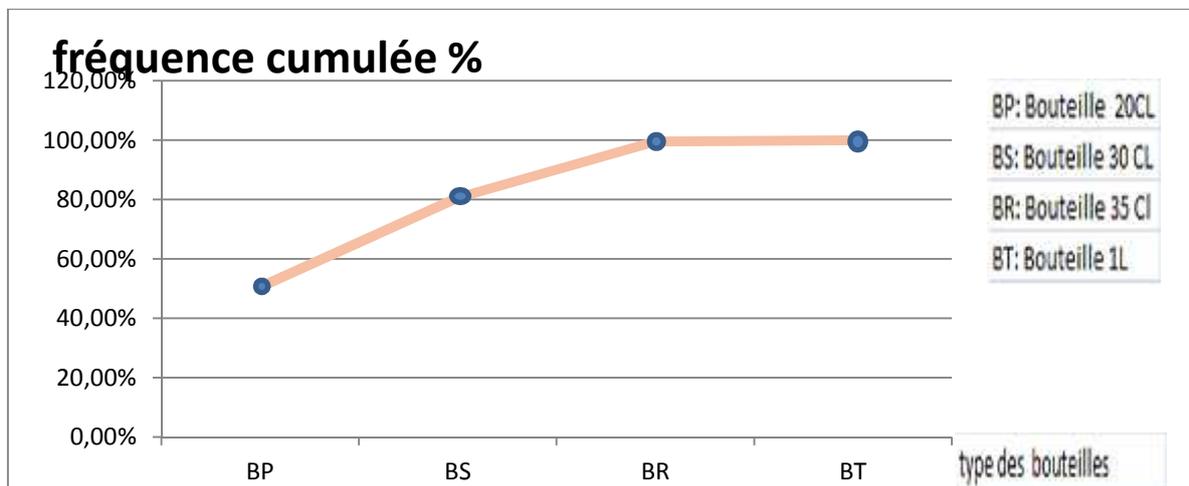


Pour résumer notre étude, nous représentons la somme des chutes et des taux d'arrêt pour chaque type de bouteille:

I - 2 - 1 La chute des bouteilles :

type de bouteilles	Nombre de chutes	fréquence relative	Fréquence relative cumulée croissante
BP	131072	57,92%	57,92%
BS	51700	22,85%	80,77%
BR	42476	18,77%	99,54%
BT	1048	0,46%	100,00%
total	226296	100,00%	

Tableau 7 - le nombre de chutes des différents types de bouteilles.



Pareto 3- Le nombre de chutes de différents types de bouteilles.

D'après le tableau 7 et le Pareto 3 nous constatons que les bouteilles qui glissent le plus sont celles des petites (20Cl) et moyennes (30Cl) taille.

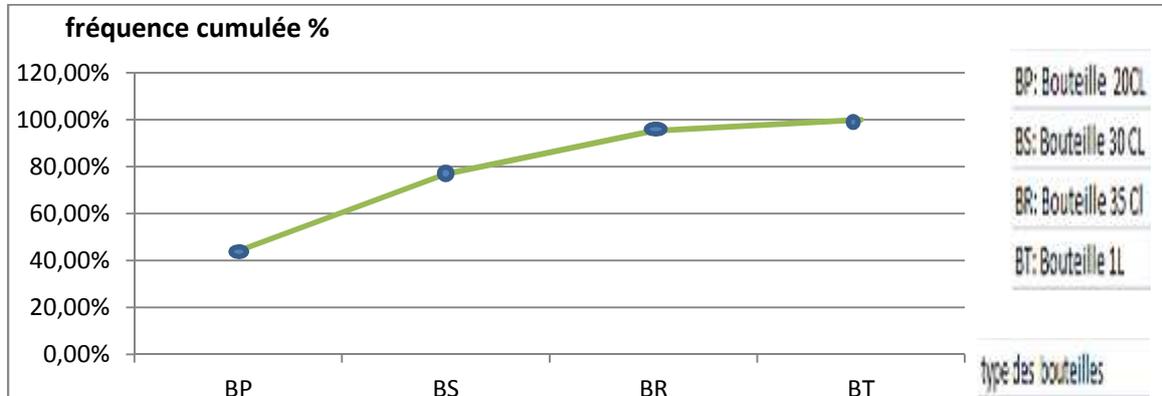
I - 2 - 2 Le temps d'arrêt :

type de bouteilles	La durée de panne (s)	fréquence relative	fréquence relative cumulée croissante
BP	7470	44,03%	44,03%
BS	5580	32,89%	76,92%
BR	3120	18,39%	95,31%
BT	796	4,69%	100,00%
total	16966	100,00%	

Tableau 8 - La durée de panne du convoyeur selon les différents types de bouteille.



Nous avons établi à partir du tableau 7 le Pareto qui nous permet de détecter les types de bouteille qui entraînent un taux d'arrêt élevé au niveau du râteau de sortie :



Pareto 4 - Le cumule des taux d'arrêts des différents types de bouteilles.

D'après le tableau 7 et le Pareto 4 nous remarquons que les arrêts du râteau de sortie sont dus aux types de bouteilles : les bouteilles de 20Cl et 35Cl.

L'analyse des diagrammes de Pareto ci-dessus met en évidence les actions qui doivent porter sur les râteaux du chargement et du déchargement.

Ces actions permettent d'éliminer 78.11% de la totalité du temps d'arrêt qui est du aux :

- Types de bouteilles qui entraînent un taux d'arrêt élevé aux niveaux des deux râteaux.
- Glissement des bouteilles de petites et moyennes tailles à la sortie de la laveuse.
- Déréglage des deux râteaux.

Remarque :

- En calculant les nombres de chutes des bouteilles lors du déchargement, nous avons décelé des guides de déchargement qui ne contiennent pas de bouteilles ce qui explique une diminution du nombre de bouteilles à la sortie par rapport à l'entrée.
- L'arrêt de l'un des deux râteaux d'entrée ou de la sortie, n'influence pas sur l'autre mais introduit un arrêt ou un ralentissement sur la chaîne de la production de l'usine CBGN.

La méthode DMAIC permet également d'accroître la productivité par la réduction du maximum des anomalies de la machine et améliorer sa performance. Pour avoir un résultat compatible avec cette méthode il faut étudier l'ampleur des défauts.

Pour compléter les informations de notre situation actuelle, nous avons traité les 21.89% restantes de la problématique des autres éléments :



- l'extracteur :

C'est un élément qui permet d'enlever les étiquettes des bouteilles. Son temps d'arrêt n'est pas mesurable parce qu'il est un élément interne de la machine et son dysfonctionnement se traduit par l'apparition des étiquettes à la sortie de la laveuse des bouteilles. Les étiquettes accompagnent les bouteilles jusqu'à leur déchargement et restent collées sur les guides du déchargement ainsi que sur la chaîne du convoyeur. L'entreprise met en place un opérateur pour éliminer ces étiquettes de la chaîne du convoyeur pour poursuivre la production en bon état.

- Le blocage des bouteilles :

Les bouteilles transmises par les convoyeurs subissent un blocage avant de les charger dans la laveuse. Illustre le tableau 8 :

Les jours	Type de bouteilles	La durée de panne du blocage des bouteilles en (s)
13-avril	BT	270
14-avril	BR	714
15-avril	BS	1380
16-avril	BP	1320
17-avril	BR	804
20-avril	BT	168
21-avril	BR	648
22-avril	BS	1248
23-avril	BT	216
24-avril	BP	1506
27-avril	BR	756
28-avril	BP	1476
29-avril	BT	108
30-avril	BS	1308
TOTAL d'arrêts	--	11922

Tableau 9 - La durée de panne du blocage des bouteilles.

D'après le tableau 8 nous pouvons déduire que le blocage des bouteilles provoque un temps d'arrêt de : $11922 \text{ s} = 3.31 \text{ heures}$ en 14 jours de notre étude.



Notre étude sur le terrain durant la période de 14 jours du mois d'avril, nous a permis de nous familiariser plus avec le fonctionnement de la machine et le mode de détection des différentes pannes. Nous présentons nos résultats obtenus dans le tableau suivant :

Eléments défectueux	Mode de détection	Type de dysfonctionnement	Influence sur la machine	Temps d'arrêt (s)
Le râteau d'entrée	Visuel	Dérèglage et ralentissement	Ralentissement du fonctionnement de la laveuse	16572
Le râteau de sortie	Visuel	Dérèglage et ralentissement	Chute et glissement des bouteilles lors de la décharge	16966
Le blocage des bouteilles	Visuel	Perte d'équilibre et glissement	Blocage du râteau d'entrée	11922
L'extracteur	Bruit	Mauvais fonctionnement	La décharge des bouteilles avec les étiquettes	-----

Tableau 10 – Le temps d'arrêt des différents éléments défectueux de la machine.

La machine « la laveuse des bouteilles » rencontre un arrêt total de : 45460 s → 12.62 heures : ce qui introduit un arrêt de production important pour l'usine (sachant qu'un jour ouvrable est de 16 heures) et par la suite la diminution de la rentabilité de l'usine CBGN.

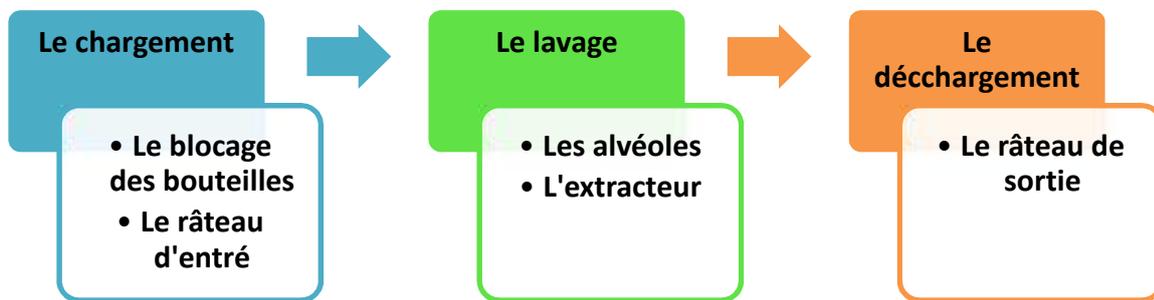
Puisque nous avons effectué des mesures de l'ensemble de pannes, nous pouvons les corriger avec une analyse bien détaillée. Pour trouver les causes racines du dysfonctionnement de chaque élément de la machine nous passons à la troisième étape de la méthode de notre étude : c'est l'étape d'analyse.



III. Analyser les causes du processus :

Suite à l'étape de mesure, il s'agit d'étudier les éléments perturbateurs, rechercher les causes probables de ces derniers, émettre des hypothèses et faire des analyses quantitatives des données.

Le schéma suivant récapitule les causes préliminaires des arrêts de la laveuse des bouteilles dans chaque étape de son fonctionnement :



Nous avons analysé les éléments du schéma ci-dessus :

III. 1 Le chargement des bouteilles :

Dans l'étape de « mesurer nous avons remarqué que la phase du chargement des bouteilles rencontre des obstacles à cause du blocage des bouteilles et le dysfonctionnement du râteau d'entrée:

III . 1. 1 Le blocage des bouteilles :

Les bouteilles transmises par les convoyeurs subissent un blocage avant de les charger dans la laveuse. Ce blocage est dû aux :

- Convoyeurs : le changement du système de vibration des glissières entraîne des vibrations des bouteilles et par la suite leurs chutes.
- Sabots : Ils permettent de mieux guider les bouteilles de petites tailles vers l'entrée de la machine. L'oubli de les placer devant les guides de chargement provoque le déséquilibre des bouteilles et par la suite leurs glissements.
- Buses : L'entrée de la laveuse des bouteilles contient 41 buses qui injectent de l'eau adoucie goutte à goutte pour faciliter le déplacement des bouteilles sur les convoyeurs. Nous avons constaté qu'il y a :
Une fuite sur le tube des buses qui injecte une grande quantité d'eau.



11 buses injectent de l'eau sous forme de gouttes, 8 buses l'injectent de manière continue et les 21 buses restantes ne fonctionnent pas ce qui justifie les frottements des bouteilles, leur glissement et la nécessité de les remettre à leurs places à l'aide d'un opérateur.

III . 1. 2 Le dysfonctionnement du râteau d'entrée :

Dans la phase du chargement des bouteilles nous trouvons deux éléments du râteau d'entrée : le premier permet de transmettre la bouteille vers les alvéoles avec une demi-rotation et le deuxième aide les bouteilles à rentrer dans les alvéoles en les poussant avec ses dents. Ces derniers rencontrent des problèmes lors de leur fonctionnement :

- Le blocage des bouteilles dans le deuxième râteau lors de leur chargement entraîne un ralentissement du fonctionnement de la chaîne de la production.
- les bouteilles dans les convoyeurs se remplissent avec de l'eau adoucie par certaines buses qui subissent une fuite, ces bouteilles deviennent lourdes et les râteaux trouvent une difficulté pour les soulever et les pousser.
- Les râteaux sont soumis à un réglage manuel ; ils doivent être réglés dans chaque changement de taille des bouteilles (1L, 35Cl, 30Cl et 20Cl). En consultant les archives d'installation de la laveuse nous avons découvert qu'elle est programmée juste pour la production des bouteilles de grandes tailles : 1L et 35 Cl.

III. 2 Le lavage des bouteilles :

L'élément essentiel de cette étape est l'extracteur qui consiste à garantir à la sortie de la laveuse un produit conforme : Une bouteille propre et sans étiquettes.

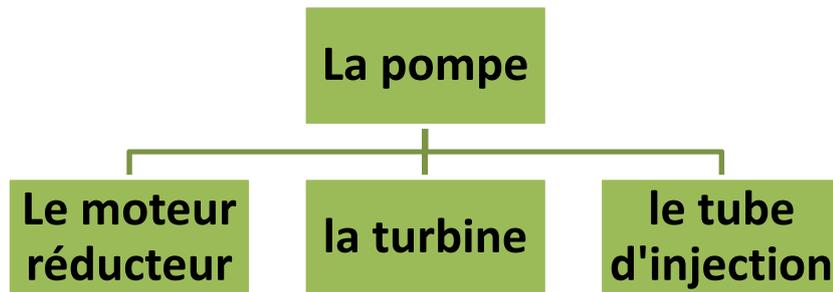
III . 2. 1 Analyse de l'extracteur :

C'est un élément important qui permet d'enlever les étiquettes autocollantes des bouteilles. Il se compose d'un tapis roulant, deux brosses et une pompe d'injection de la soude.

- Le tapis roulant : il transmet les étiquettes enlevées des bouteilles et les jettent à l'aide des brosses.
- Les brosses : la laveuse contient deux brosses qui permettent d'enlever les étiquettes autocollantes des bouteilles du tapis roulant, et les rejettent hors de la machine. Nous remarquons que même si elles fonctionnent au sein de la machine nous obtenons à la sortie une quantité de bouteilles avec étiquettes.
Nous pouvons conclure que les brosses deviennent émoussées donc les étiquettes reviennent vers les bouteilles et les accompagnent vers la sortie.
- La pompe d'injection de la soude :
La principale caractéristique de la pompe centrifuge de la soude consiste en premier temps à convertir l'énergie d'une source de mouvement (le moteur réducteur) en vitesse puis en énergie de pression. Le rôle de la pompe consiste donc à conférer de l'énergie au liquide pompé.



La pompe se compose des éléments suivants :



Nous avons identifié les causes de variabilité du fonctionnement des éléments principaux de la pompe :

- Le moteur réducteur : c'est l'élément fondamental de la pompe tourne avec une cadence de 1500 tours/minute et pour augmenter le débit du liquide nous élevons cette valeur avec une vitesse de 3000tours/minute. Toute occasion de ralentissement de la circulation normale du fluide déplacé, comme les brusques changements de direction dans le tube à cause du blocage de certains éléments représente un retour de pression qui endommage le fonctionnement du moteur et par la suite l'arrêt du fonctionnement de la pompe.
- I. La turbine consiste à diriger un jet du liquide chaud « la soude » rapide en mouvement rotatif vers le tube injecteur. Son dysfonctionnement dépend de l'aspiration du liquide transmis s'il contient des matières externes ou s'il fait un retour lors de son arrivée au tube et entraîne un arrêt du moteur.
- II. Le tube d'injection est l'élément qui permet d'injecter de la soude avec un débit bien déterminé. Il transmet la soude pompée à l'extérieur de la machine et l'injecte à travers un autre tube qui contient des trous.

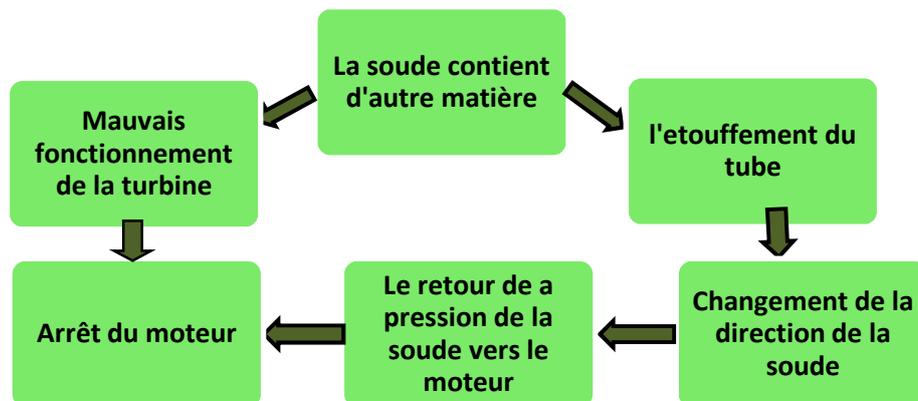
L'injection de la soude dans les bouteilles est influencée par:

- Les pertes de charges dues au frottement du liquide le long des parois de la tuyauterie et proportionnelles à la longueur de celle-ci.
- Le débit et la pression du liquide dépendent de la longueur et de la largeur du tube.
- La force d'injection de la soude revient au diamètre du tube qui contient les trous et qui permet d'enlever rapidement les étiquettes des bouteilles.

Nous constatons que les éléments de la pompe fonctionnent dépendamment et leurs pannes conduisent à un bruit le long du fonctionnement du moteur et parfois des arrêts de celui-ci.



Le schéma suivant nous clarifie le lien entre le fonctionnement des éléments de la pompe :

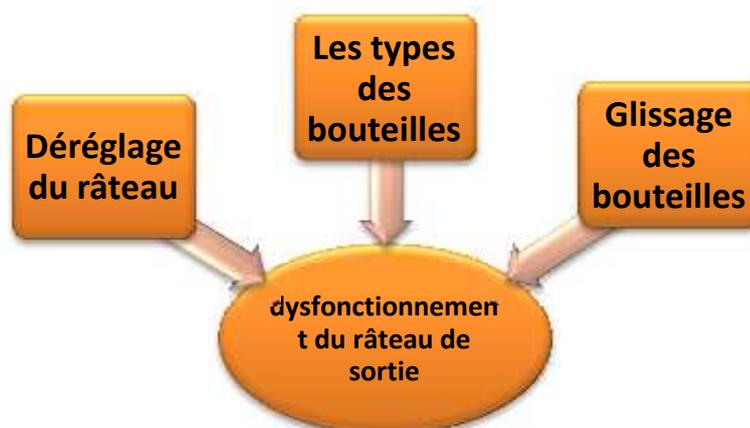


La pompe injecte la soude qui est un acide fort permettant de faciliter l'enlèvement des étiquettes avec une concentration forte déterminée par le laboratoire de l'usine. Le niveau de l'eau de la machine est contrôlé, lors de sa diminution l'ouvrier lui rajoute une quantité d'eau qui entraîne une déconcentration de la soude.

III . 3 Le déchargement des bouteilles :

Cette phase consiste à décharger les bouteilles de la partie du rinçage finale après avoir assuré leur propreté aux convoyeurs de la zone propre à l'aide du râteau de sortie qui contient des guides de déchargement.

La figure suivante récapitule les causes principales qui provoquent le dysfonctionnement du râteau de la sortie (du déchargement) :



Pour comprendre pourquoi ces causes se produisent nous avons analysé chaque élément à part.



III . 3. 1 Le déréglage du râteau de sortie :

Le râteau de sortie est soumis à un réglage manuel à cause de la vitesse de déchargement qui doit être réglée dans chaque changement de taille des bouteilles.

Nous remarquons au cours de notre étude sur le terrain que la vitesse du déchargement des bouteilles n'est pas stable ce qui introduit la chute des bouteilles des guides du déchargement et par la suite l'arrêt de la chaîne du convoyeur à la sortie de la machine.

III . 3. 2 Les types des bouteilles :

Les bras du déchargement transportent les bouteilles vers le convoyeur en les descendant verticalement à l'aide des guides avec une vitesse réglée pour chaque taille de bouteille. Ces bras ont une largeur de 20 mm, il faut consulter les paramètres des différents types des bouteilles pour savoir la cause de leur inadaptation avec les guides lors de leur déchargement.

Le tableau 11 suivant présente les tailles des bouteilles de l'usine CBGN selon leurs paramètres:

Taille de la bouteille	Type de la Bouteille	Poids de la bouteille	Hauteur de la bouteille	Diamètre de la bouteille
20 Cl	Allégée	240 g	180 mm +- 1.2mm	57.50mm (+1.2mm ; -0.8mm)
20CL	Lourde	252.50 g	180mm +-0.8mm	58 mm (+1.2mm ; -08mm)
30Cl	Allégée	350g	238.25mm +-1.6 mm	60.5mm (+1.2mm ; -0.8mm)
35Cl	Allégée	380 g	245.26mm +-1.6mm	65mm (+1.5mm ; -1.2mm)
35Cl	Lourde	450 g	245.26mm +-1.6mm	65.53mm (+1.6mm ; -1.2mm)
1L	Allégée	800 g	335mm +-2.4mm	87mm +-1.6mm
1L	Lourde	907 g	335mm +-2.4mm	88mm +-1.6mm

Tableau 11- Les dimensions des différents types des bouteilles.

Puisque le bras du déchargement a 20mm de largeur et placé entre deux guides, il est apte à décharger tous les types de bouteille. Le déséquilibre des bouteilles lors du déchargement revient au poids léger inférieur à 380g et à la hauteur inférieure à 245mm.



III . 3. 3 Le glissement des bouteilles :

Lors de l'emplacement des bouteilles dans le convoyeur par les guides du déchargement, nous remarquons qu'elles glissent, ce qui entraîne la chute ainsi la brisure des autres bouteilles de la chaîne.

Des fois nous remarquons qu'il y a des guides qui ne contiennent pas de bouteilles lors de la décharge, ce qui explique leur casse au sein de la machine due aux alvéoles qui contiennent des goulots élargis où à cause de la température du rinçage qui est inférieure à celle du bain du lavage.

L'élargissement des goulots des alvéoles est expliqué par le blocage d'une bouteille dans l'alvéole et le forçage de la bouteille qui suit pour entrer dans la même alvéole.

Nous pouvons déduire que le déplacement des bouteilles des guides du déchargement vers le convoyeur n'est pas bien réglé et la différence de température entre les bains éclatent les bouteilles.



La phase « Analyser » nous a permis de préciser la source de chaque défaillance des éléments qui empêchent le bon déroulement de la chaîne de production de l'usine CBGN.

Nous récapitulons les causes que nous avons cherchées dans la période de notre stage :

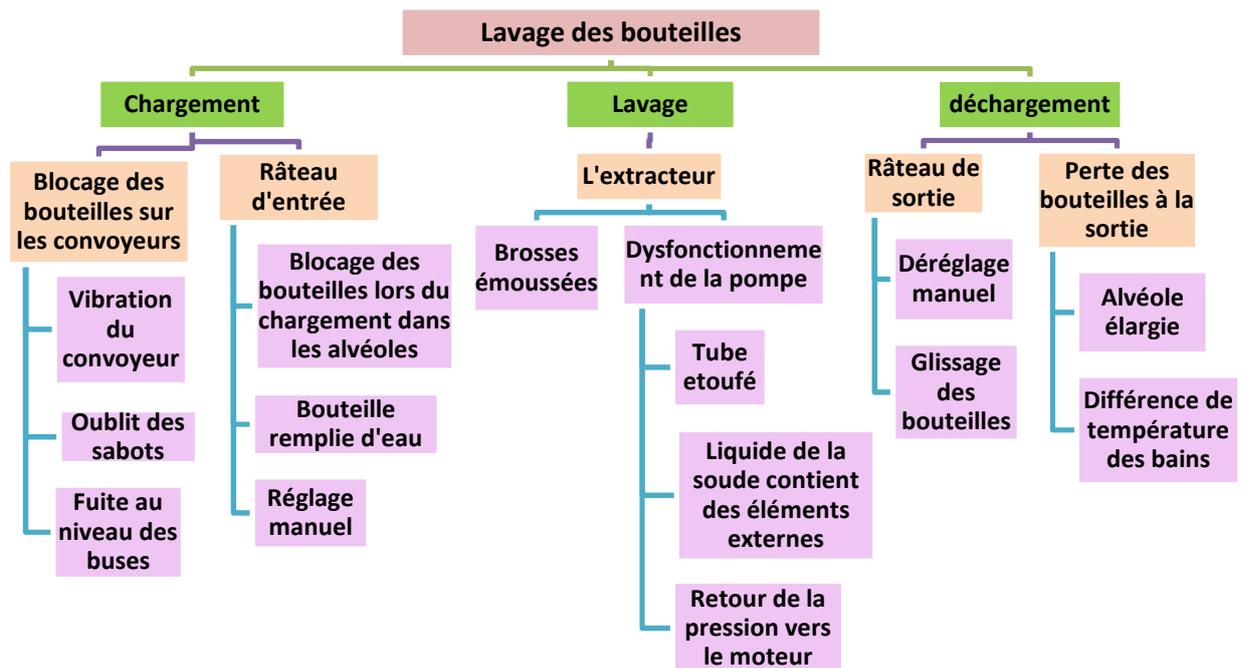


Figure 8 – Les causes racines des éléments défectueux de la laveuse des bouteilles.

La troisième étape de la méthode DMAIC « Analyser » nous a permis d'avoir une idée sollicitée sur toutes les causes des éléments traités qui engendrent un arrêt ou un ralentissement de la chaîne de la production. Notre étude nous oblige à améliorer l'efficacité et la performance de l'entreprise, pour accomplir notre travail nous allons passer à la quatrième étape qui consiste à rechercher et proposer des solutions adaptées pour chaque situation.



IV. Améliorer le processus :

Cette étape est très importante dans notre étude puisqu'elle nous permet d'identifier et de mettre en œuvre les solutions possibles et réalistes. Nous avons proposé le maximum de solutions pour choisir parmi elles celles qui sont pertinentes pour la situation étudiée.

Nous avons suggéré un ensemble de solutions en relation avec notre sujet en utilisant un Brainstorming qui est une technique de créativité utilisée pour générer des concepts et des idées :

IV . 1 Blocage des bouteilles sur les convoyeurs :

IV . 1. 1 Vibrations des convoyeurs :

- Le système des convoyeurs doit être réglé en fonction des tailles et une vitesse adaptée pour chaque changement des tailles pour éviter une chute trop élevée des bouteilles
- Un contrôle hebdomadaire des convoyeurs avec un nettoyage total.
- Nettoyer fréquemment les rouleaux et les tambours des convoyeurs.
-

IV . 1. 2 L'oubli des sabots :

- Placer un sabot devant chaque guide pour assurer l'équilibre des bouteilles pour éviter leurs chutes qui entraînent leurs casses.
-

IV . 1 La fuite au niveau des buses :

- Contrôler et réparer les buses suspendues en panne à l'aide d'un technicien dont certaines sont bouchées par la poussière soit présente une fuite.
- Régler les buses à un débit goutte à goutte.
- L'installation de nouvelles buses statiques omnidirectionnelles qui permettent de traiter toute la surface et nettoyer le convoyeur.

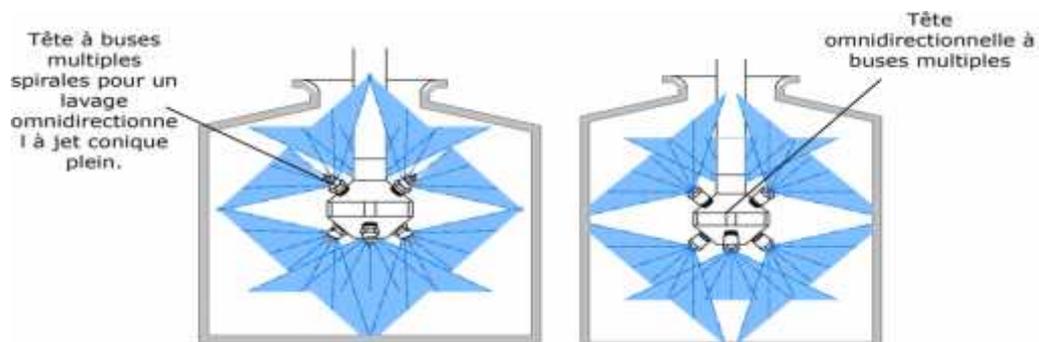


Figure 9 - Les buses statiques omnidirectionnelles.



IV . 2 Le râteau d'entrée :

IV . 2. 1 Le blocage des bouteilles lors de leur chargement dans les alvéoles :

- Un seul opérateur n'est pas suffisant pour contrôler et changer les bouteilles à l'intérieur de la machine.
- Ajouter d'autres buses qui injectent de l'eau adoucie pour faciliter le glissement des bouteilles.

IV . 2. 2 Les bouteilles remplies d'eau :

- Le réglage des buses permettra d'injecter de l'eau goutte à goutte et par la suite éviter leur remplissage.

IV . 2. 3 Le réglage manuel du râteau d'entrée :

- Un réglage manuel par un opérateur qui veillera au changement de taille.
- L'installation d'un capteur qui détectera automatiquement les bouteilles en fonction de leur taille et envoie un signal à la machine pour le changement du réglage du râteau d'entrée.
- L'installation d'un détecteur de blocage des bouteilles qui permet d'arrêter le fonctionnement du râteau d'entrée.

IV . 3 L'extracteur :

IV . 3. 1 Les brosses émoussées :

- Les brosses usées, doivent être remplacées par des nouvelles brosses et exigent un entretien et nettoyage régulier.
- Nous pouvons supprimer les brosses de l'extracteur et remplacer les étiquettes avec de l'écriture peinte sur les bouteilles.

IV . 3. 2 La pompe :

- Effectuer un lavage à haute pression qui permet de déloger les résidus les plus tenaces.
- L'installation des buses « BETE Hydro Whirl Orbitor » qui effectuent un lavage polyvalent à jet plein. Elles sont équipées de systèmes de rotation sophistiqués pour que toute la surface du lavage des bouteilles soit nettoyée.



Figure 10 - La buse HWO: Hydro Whirl Orbitor.



- Installer un filtre hydraulique qui sert à maintenir le nombre de particules circulant à l'intérieur du circuit à un niveau proportionnel au degré de sensibilité des composants hydrauliques vis-à-vis des polluants et au niveau de fiabilité surtout que la propreté du fluide est primordiale.
- L'installation d'un contrôleur de pression pour la pompe transformant une ou plusieurs valeurs de pression déterminées en informations électriques ou mécaniques. Il permet de dégager la pression par le ressort au lieu de son retour et son influence sur le fonctionnement du moteur ou de la turbine.



Figure 11 – Le contrôleur de pression : Pressostat.

IV . 4 Le râteau de sortie :

IV . 3 Le glissement des bouteilles lors de leur déchargement :

- Le réglage de la vitesse des râteaux de sortie.
- L'automatisation du système des râteaux qui permet de régler leurs vitesses avec une précision et des chiffres exacts.
- Ajouter des plaques de métal dans les bras de déchargement du râteau de sortie permettant d'assurer l'équilibre des bouteilles déchargées.
- Commander de nouvelles bouteilles plus lourdes avec reprise du verre de l'ancienne bouteille.
- Placer des sabots à la sortie de la laveuse avec une petite épaisseur qui permettent de mieux diriger les bouteilles dans les convoyeurs.
- L'installation d'un détecteur de taille des bouteilles qui envoie un signal au râteau de sortie pour changer le réglage de sa vitesse.



IV . 1 La perte des bouteilles à la sortie :

IV . 4. 1 Les alvéoles :

- Eliminer les anciennes bouteilles de la chaîne de la production qui s'éclatent facilement au sein des alvéoles et entraînent la déchirure des alvéoles.
- Contrôler mensuellement les alvéoles et changer celles qui sont défectueuses.
- Changer la matière première des alvéoles qui est en plastique par d'autres matières plus résistantes aux conditions du lavage.

IV . 4. 2 La différence des températures des bains:

- L'installation d'un capteur de température qui permet de régler la température de chaque bain dans un intervalle précis.
- Un contrôle quotidien de la température des bains lors du fonctionnement de la machine.

Après avoir proposé les solutions notées précédemment, nous avons analysé le coût et l'efficacité de chaque solution afin de choisir les plus adéquates et les plus pertinentes pour l'entreprise CBGN.

La solution	Le coût de la solution	L'efficacité de la solution
1-Le système des convoyeurs doit être réglé en fonction des tailles et une vitesse adaptée pour chaque changement des tailles pour éviter une chute trop élevée des bouteilles	La solution n'exige pas un investissement par l'entreprise. L'opérateur doit veiller sur le réglage des convoyeurs lors du fonctionnement de la machine.	Elle permet d'éviter la chute des bouteilles et le ralentissement de la production.
2-un contrôle hebdomadaire des convoyeurs avec un nettoyage total.	La solution ne demande pas d'investissement.	Vérifier l'état du fonctionnement des convoyeurs.
3-Nettoyer fréquemment les rouleaux et les tambours des convoyeurs.	Pas d'investissement.	Elle permet d'éliminer les résidus dans les convoyeurs et assurer leur bon fonctionnement.
4- Placer un sabot devant chaque guide de chargement.	Les sabots sont disponibles dans l'usine.	Elle permet de mieux guider les bouteilles de petites et moyennes tailles lors de leur chargement.
5- contrôler et réparer les buses suspendues en panne.	Les pièces des buses sont disponibles dans le magasin de rechange de l'usine.	Elle permet d'avoir des buses en bon état et accomplir leur mission.
6-Réglage des buses à un débit goutte à goutte.	Pas d'investissement.	Elle permet d'éviter le remplissage des bouteilles avec de l'eau et leur blocage dans le râteau.
7- L'installation de nouvelles buses statiques omnidirectionnelles.	Une buse de ce type dépasse les 13euros or le tube contient 41 buses qui demandent plus que 533 euros → 5863 Dhs.	L'installation de nouvelles buses empêche les arrêts de la laveuse dans la phase du chargement.



8 - L'emploi d'un autre opérateur à l'entrée de la laveuse de bouteilles.	L'entreprise peut changer la tâche d'un opérateur d'un service qui ne demande pas trop d'opérateur au service de ligne de verre 2 de chargement des bouteilles dans la laveuse.	Eviter la chute et le blocage des bouteilles lors de leur chargement dans la laveuse.
9- Ajouter d'autres buses qui injectent de l'eau adoucie.	Une buse simple coûte environ 9euros.	Faciliter le glissement des bouteilles lors de leur chargement dans les alvéoles.
10- Le réglage des buses.	Pas d'investissement.	Eviter le changement des buses et l'investissement.
11- Un réglage manuel des râtaux par un opérateur.	Pas d'investissement.	Eviter le dérèglement des râtaux.
12-L'installation d'un capteur de tailles des bouteilles.	Onéreux.	Efficace pour le réglage du râteau et du convoyeur à l'entrée.
13- L'installation d'un détecteur de blocage de bouteilles.	Excessivement chère	Eviter la brisure des bouteilles en arrêtant leur chargement dans la machine
14- Le changement des brosses usées.	La laveuse contient deux brosses, chacune coûte 5000 Dhs : en total 10000 Dhs.	Enlever les étiquettes du tapis de l'extracteur.
15- Supprimer les brosses de l'extracteur et remplacer les étiquettes avec de l'écriture peinte sur les bouteilles.	Il faut étudier la solution avec le service commercial pour traiter l'état financier de l'entreprise et la capacité à investir pour une reprise de bouteilles avec son fournisseur.	La solution permet d'éviter l'apparition des étiquettes à la sortie de la laveuse, ainsi d'investir chaque année pour changer les brosses émoussées.
16- Effectuer un lavage à haute pression qui permet de déloger les résidus les plus tenaces.	Pas d'investissement.	Garantir le bon fonctionnement de la pompe.
17- L'installation des buses « BETE Hydro Whirl Orbitor » qui effectuent un lavage polyvalent à jet plein.	L'installation au minimum de 5 buses dont chacune coûte environ 15 euros. Un investissement de 75euros plus le coût de la main d'œuvre qui va s'occuper de l'installation.	Assurer le bon nettoyage et lavage des bouteilles.
18-Installer un filtre hydraulique	Le coût est variant de 11 euros jusqu'à 90 euros selon la qualité et le fonctionnement du filtre. L'installation est payée parce qu'elle exige la présence d'un spécialiste du domaine des pompes.	nettoyer le fluide hydraulique avant qu'il pénètre dans le système hydraulique et protéger les composants les plus sensibles du système.
19- L'installation d'un contrôleur de pression : Pressostat.	Entre 300-500 Dhs.	Elle évite la détérioration du moteur et le dysfonctionnement de la pompe.
20- Le réglage de la vitesse des râtaux de sortie.	Pas d'investissement.	Permet de décharger les bouteilles en bon état.
21- L'automatisation du système des râtaux	Très coûteuse.	Eviter les pannes une fois pour toute.
22- Ajouter des plaques de métal dans les bras de déchargement du râteau de sortie.	Ce n'est pas trop cher, il suffit de commander des pièces convenables aux périmètres des bras de déchargement.	Eviter la chute des bouteilles et le blocage de la chaîne du convoyeur.



23- Commander de nouvelles bouteilles plus lourdes avec reprise du verre de l'ancienne bouteille.	Le coût des bouteilles lourdes est moins cher que celui des bouteilles allégées selon les archives de commandes du service commercial.	Eviter le glissement et la perte d'équilibre des bouteilles dans toute la chaîne de production.
24- Placer des sabots à la sortie de la laveuse avec une épaisseur adéquate qui permettent de mieux diriger les bouteilles dans les convoyeurs.	Il faut consulter le fournisseur de brosses de l'entreprise CBGN.	Assurer un bon déchargement des bouteilles.
25- L'installation d'un détecteur de taille des bouteilles qui envoie un signal au râteau de sortie pour changer le réglage de sa vitesse.	Coûteux.	Il n'est pas efficace parce que l'installation des râteaux n'est pas automatisée.
26- Eliminer les anciennes bouteilles de la chaîne de la production.	Plus que la moitié des bouteilles de l'usine sont antiques pour les éliminer il faut demander une grande quantité qui nécessite un fort investissement.	Elle n'est pas très fiable.
27- Contrôler mensuellement les alvéoles et changer celles qui sont défectueuses.	Très coûteuse et entraîne une perte de production lors de la consultation de la machine.	Eviter la casse des bouteilles au sein de la machine.
28- Changer la matière première des alvéoles.	Excessivement cher.	Ne garantit pas la résolution du problème.
29- L'installation d'un capteur de température.	 <p>Capteur de T° Grove -50 à 600 °C : 9.60 euros TTC</p>	Eviter la variation des températures des bains ainsi l'éclatement des bouteilles au sein de la machine.
30- Un contrôle quotidien de la température des bains lors du fonctionnement de la machine.	Pas d'investissement.	Garder la température des bains dans une valeur stable avec un intervalle précis.

Tableau 12- Le coût et l'efficacité des solutions suggérées.

La méthode DMAIC est un indicateur de performance dont le but ultime est de réduire la variation des processus et sélectionner les fortes solutions. Nous nous sommes réunies avec le responsable du service de maintenance de l'entreprise pour sélectionner les solutions qui sont adéquates à la situation technique et financière de l'entreprise CBGN afin de nous donner l'accord de l'application.

Les solutions acceptées sont des actions de maintenance réparties en préventives et correctives :

- Action préventive : Permet d'éviter les défaillances en cours d'utilisation et avoir une meilleure continuité du service.
- Action corrective : Permet de corriger la défaillance d'un équipement.



Les actions préventives	Les actions correctives
<p>1-Le système des convoyeurs doit être réglé en fonction des tailles et une vitesse adaptée pour chaque changement des tailles pour éviter une chute trop élevée des bouteilles.</p> <p>2-un contrôle hebdomadaire des convoyeurs avec un nettoyage total.</p> <p>3-Nettoyer fréquemment les rouleaux et les tambours des convoyeurs.</p> <p>4- Placer un sabot devant chaque guide de chargement.</p> <p>11- Un réglage manuel des râteaux par un opérateur.</p> <p>19- L'installation d'un contrôleur de pression : Pressostat.</p> <p>20- Le réglage de la vitesse des râteaux de sortie.</p> <p>22- Ajouter des plaques de fer dans les bras de déchargement du râteau de sortie.</p> <p>30- Un contrôle quotidien de la température des bains lors du fonctionnement de la machine.</p>	<p>5- contrôler et réparer les buses suspendues en pannes.</p> <p>6-Réglage des buses à un débit goutte à goutte.</p> <p>10- Le réglage des buses.</p> <p>14- Le changement des brosses usées.</p> <p>16- Effectuer un lavage à haute pression qui permet de déloger les résidus les plus tenaces.</p> <p>18-Installer un filtre hydraulique</p>

Tableau 13 - La solutions validées par l'entreprise CBGN.

Les améliorations précédentes ne peuvent pas être effectuées à la fois dans une période de vingt jours, il faudra penser à renforcer les contrôles. En appliquant un système de contrôle plus fréquent, nous pourrions garantir la qualité de la production de l'usine CBGN.

Dans la partie suivante, nous allons observer les résultats des actions que nous avons menées sur notre processus pour essayer d'éliminer les durées de pannes trouvées en phase de définir.



V. Contrôler les performances :

Une fois que l'entreprise a mis en place les solutions validées, nous avons démarré une nouvelle production en marche afin de constater les effets de notre amélioration.

Suite à la validation de notre plan d'expérience, nous avons pris comme référence la période du 12-05-2015 au 30-05-2015 pour mesurer les nouvelles durées de panne sur les différents éléments de la machine.

V.1 Le râteau d'entrée :

Avec l'aide de toute l'équipe du service de la maintenance de l'entreprise CBGN de Fès, nous avons mis en place notre premier plan d'action qui consiste à appliquer les différentes solutions acceptées :

- I. Le réglage du système du convoyeur en fonction de chaque changement de taille.
 - Un réglage manuel du râteau d'entrée par un opérateur.
 - Assurer l'emplacement des sabots devant chaque guide de chargement.
 - La réparation des buses et le suivi de leur fonctionnement.
 - Le réglage des buses à un débit goutte à goutte.

Le tableau suivant représente la durée de panne du râteau d'entrée lors du fonctionnement de la machine :

Les jours	Type des bouteilles	La durée de pannes en râteau d'entrée (s)	Le blocage (s)
12-05	BP	714	646
13-05	BR	196	321
14-05	BS	672	552
15-05	BT	130	108
18-05	BR	228	162
19-05	BT	161	86
20-05	BR	245	450
21-05	BS	745	475
22-05	BT	179	78
25-05	BP	670	443
26-05	BR	268	253
27-05	BS	755	381
28-05	BT	15	42
29-05	BP	841	468
t TOTAL	-	5819	4465
a	BT : Bouteilles 1L ; BR : Bouteille 35Cl ; BS : Bouteille 30Cl ; BP : bouteille 20Cl		

Tableau14 - la durée de panne du râteau d'entrée de la nouvelle situation.



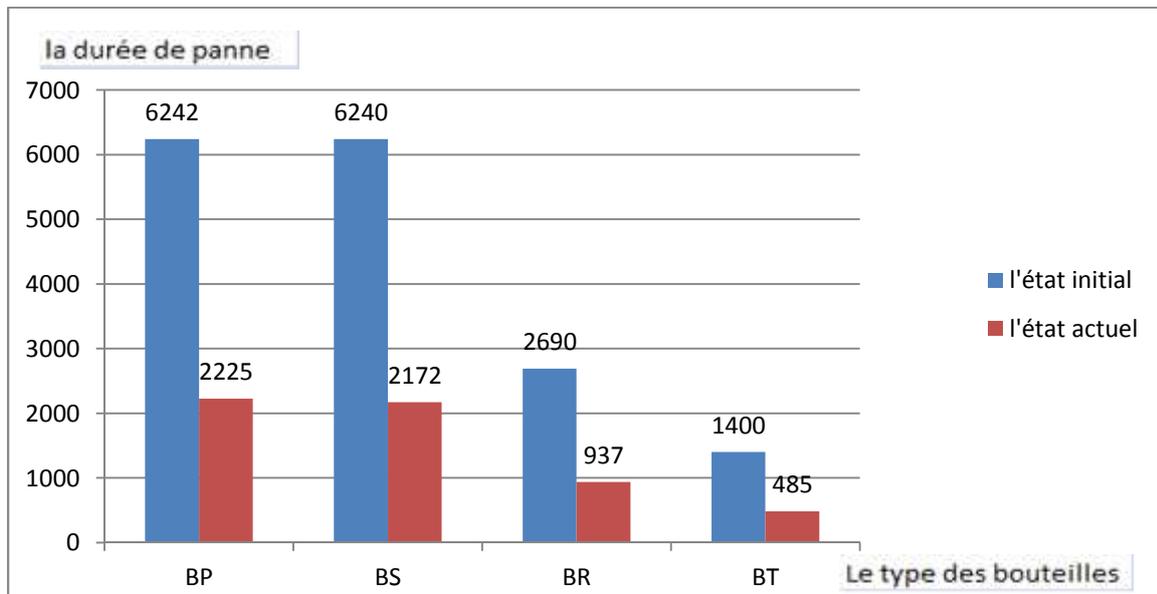
Nous avons veillé sur le bon fonctionnement des buses et leur type de jet goutte à goutte qui facilite le déplacement des bouteilles sur le convoyeur, ainsi que le réglage du système du convoyeur qui évite les vibrations et les frottements entre les bouteilles. Nous avons obtenu un résultat réduit de 63% par rapport à la situation du départ où nous avons un temps d'arrêt de : 11922 secondes et après la mise en place du plan d'action le temps d'arrêt est devenu 4465 secondes.

Pour la durée de panne des différents types de bouteille au niveau du râteau d'entrée, nous l'avons représenté dans le tableau 15 :

Type des bouteilles	Durée de pannes (s)	Fréquence relative(%)	Fréquence relative cumulée croissante
BP	2225	38.24	38.24
BS	2172	37.33	75.57
BR	937	16.1	91.67
BT	485	8.33	100
Total	5819	100	

Tableau 15 - La fréquence relative cumulée croissante des différents types de bouteille.

Nous remarquons que le problème de durée de panne du râteau d'entrée est toujours présent, surtout aux niveaux des bouteilles de petites et moyennes tailles. Pour vérifier l'efficacité des solutions appliquées nous avons remédié à un histogramme qui compare les durées de panne du râteau d'entrée de la situation de départ avec la situation actuelle :



Histogramme 2 – La comparaison des durées de pannes entre la situation de départ et la situation actuelle du problème.

Suite à la validation de notre premier plan d'action concernant le râteau d'entrée, le problème a diminué d'un taux important d'environ 65%.



V.2 Le râteau de sortie :

Pour vérifier la fiabilité de notre deuxième plan d'action qui consiste à améliorer la situation des chutes de bouteilles et de l'arrêt de la chaîne du convoyeur du râteau de sortie, nous avons effectué de nouvelles mesures sur le processus.

Le deuxième plan d'action consiste à appliquer les solutions suivantes :

- Le réglage de la vitesse du bras de déchargement en chaque changement de taille des bouteilles.
- La vérification du réglage du râteau de sortie à l'aide d'un opérateur.
- Le réglage du système du convoyeur.
- Assurer le réglage du râteau de sortie lors du déchargement des bouteilles.

Le tableau suivant représente le résultat de la nouvelle situation :

Les jours	Type des bouteilles	Le nombre de chute par jour	L'arrêt de la chaîne du convoyeur (s)
12-05	BP	19460	1180
13-05	BR	3480	386
14-05	BS	14580	1025
15-05	BT	100	112
18-05	BR	4424	427
19-05	BT	192	208
20-05	BR	7440	503
21-05	BS	12520	996
22-05	BT	272	140
25-05	BP	24092	986
26-05	BR	8244	431
27-05	BS	1496	1048
28-05	BT	208	126
29-05	BP	18080	1344
TOTAL	-	114588	8912

BT : Bouteilles 1L ; BR : Bouteille 35Cl ; BS : Bouteille 30Cl ; BP : bouteille 20Cl

Tableau 16 – le nombre de chute des bouteilles de la nouvelle situation.



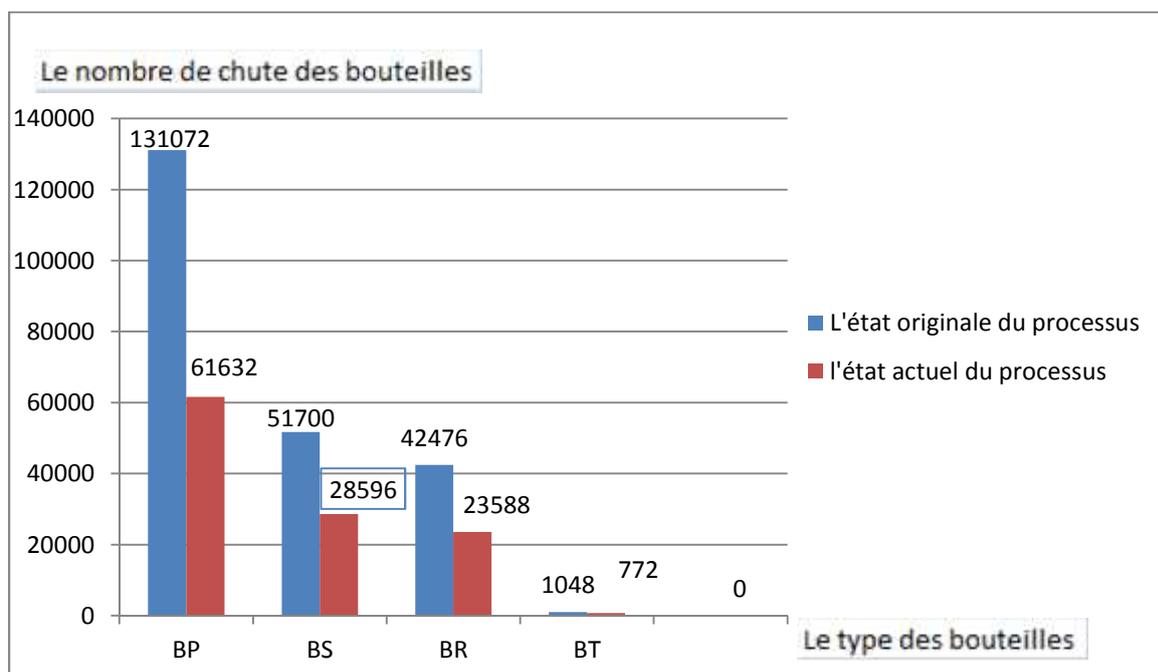
Nous avons représenté la somme du nombre des chutes de chaque type de bouteilles :

Type de bouteilles	Nombre de chutes	fréquence relative
BP	61632	53,79%
BS	28596	24,96%
BR	23588	20,59%
BT	772	0,67%
-	114588	100,00%

Tableau 18- le total des chutes des bouteilles selon leur type.

D'après l'application des différentes solutions, nous obtenons un pourcentage remarquable des durées de pannes pour les bouteilles de petites et moyennes tailles.

Nous avons réalisé un autre histogramme qui nous présente la différence entre la situation initiale du processus et la situation actuelle après la mise en place des solutions :



Histogramme 3 – La différence entre les deux situations du processus.

La chute des bouteilles a subi une diminution de plus de 50% pour l'ensemble des types de bouteille.

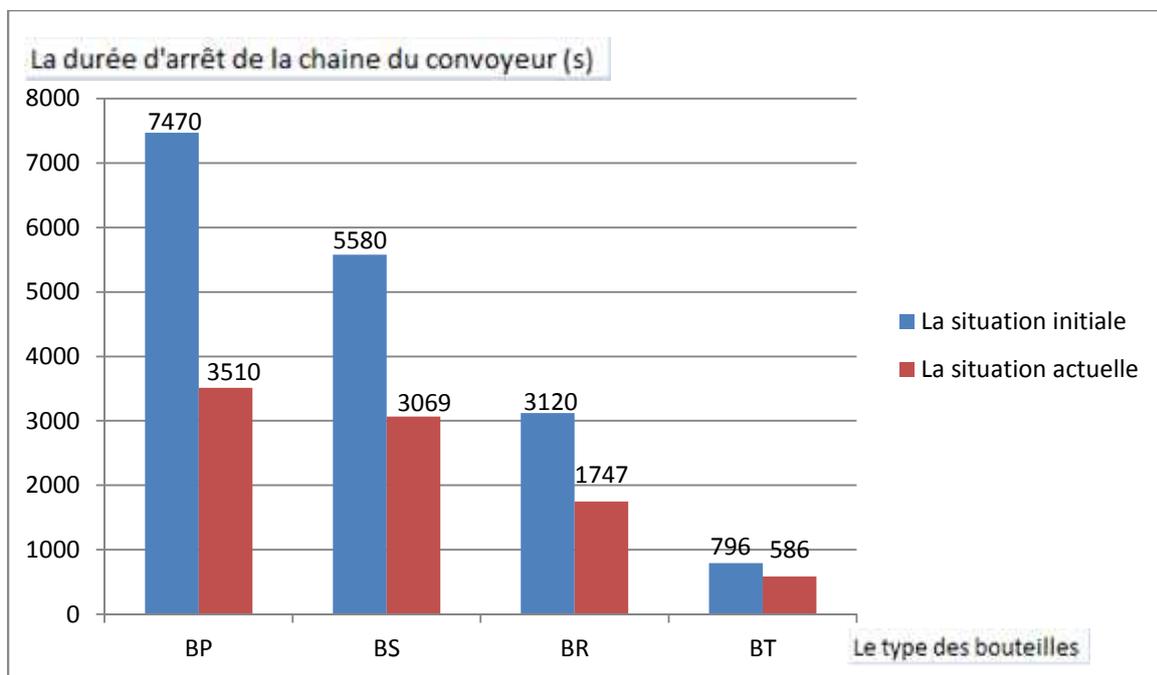
Pour accomplir notre deuxième plan d'action, nous avons représenté le total des durées de panne de la chaîne du convoyeur à la sortie de la machine selon les différents types de bouteilles :



Le type des bouteilles	l'arrêt de la chaîne du convoyeur (s)	la fréquence relative
BP	3510	39,39%
BS	3069	34,44%
BR	1747	19,60%
BT	586	6,58%
	8912	100,00%

Tableau 18 – La durée d'arrêt de la chaîne du convoyeur selon les différents types des bouteilles.

Nous avons conçu un histogramme qui représente la variation du processus :



Histogramme 4 – Le temps d'arrêt de la chaîne du convoyeur dans les deux situations.

La mise en place des solutions était capable de réduire de presque 53% des durées d'arrêt de la chaîne du convoyeur.



V. 3 L'extracteur :

L'entreprise CBGN a accepté le changement des brosses de l'extracteur dont elle a commandé deux nouvelles brosses de son fournisseur allemand au prix de 500 euros chacune.

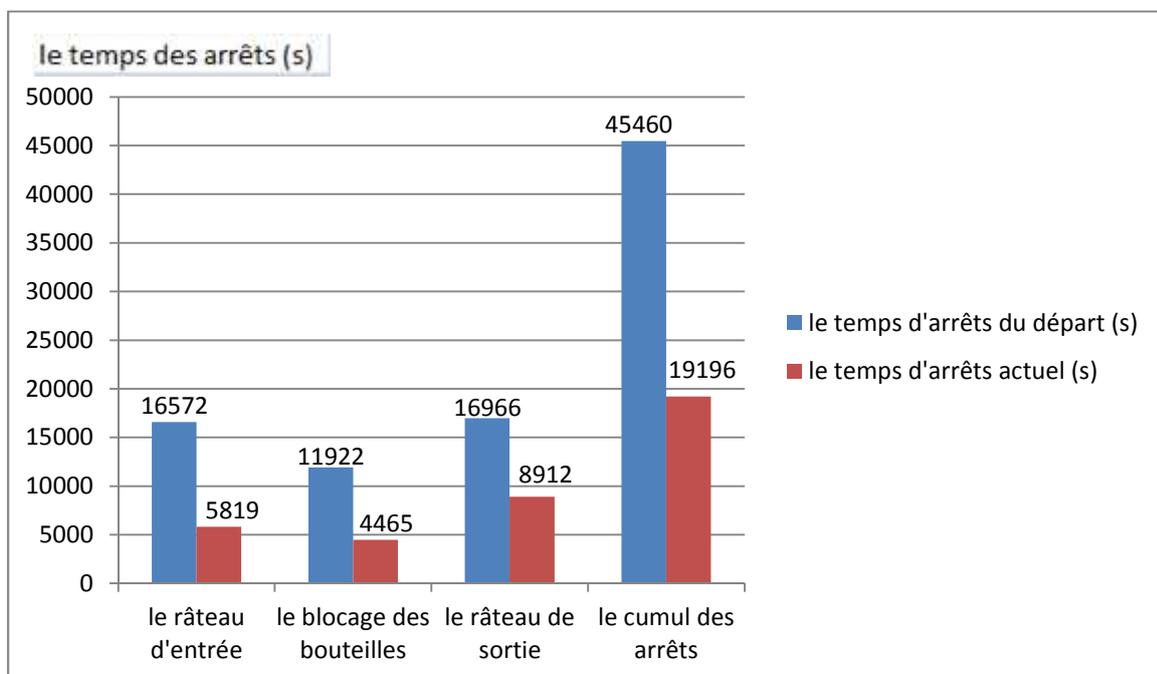
L'installation des nouvelles brosses a empêché l'apparition de la majorité des étiquettes à la sortie de la laveuse des bouteilles.

Le contrôleur de pression « la pressostat » a été installé dans le tube de la pompe de l'extracteur pour interdire l'endommagement du moteur de la pompe en empêchant le retour de pression au cas du blocage des résidus dans le tube d'injection de la soude.

L'application des deux plans d'action des solutions validées, nous a permis d'obtenir une diminution importante du problème :

L'élément	le temps d'arrêt initial (s)	le temps d'arrêts actuel
le râteau d'entrée	16572	5819
le blocage des bouteilles	11922	4465
le râteau de sortie	16966	8912
Total	45460	19196

Tableau 20 – le temps d'arrêt des deux situations : initiale et actuelle.



Histogramme 5 – La diminution des durées de pannes après l'application des solutions validées.



Malgré toutes les améliorations effectuées, nous avons constaté que le problème des durées d'arrêt de la laveuse des bouteilles a subi une réduction d'un pourcentage de 57.77%.

La démarche DMAIC a pour objectif d'éliminer les défauts, les redondances et les problèmes de contrôle qualité de la laveuse des bouteilles de la chaîne de production de l'entreprise.

Si toutes les améliorations précédentes ne peuvent pas être effectuées, l'entreprise CBGN doit penser à renforcer les contrôles de sa production et investir dans les actions préventives afin d'éviter les pannes et assurer la qualité durable de son service.



Conclusion :

Nous avons effectué notre stage de fin d'étude de licence en génie industriel au sein de l'entreprise CBGN de Fès. Ce stage a été une expérience professionnelle très enrichissante par l'approfondissement de nos connaissances en maintenance ainsi que par la découverte de nouvelles techniques d'analyse comme la méthode DMAIC.

L'application de la méthode DMAIC nous a permis de définir le dysfonctionnement de la laveuse des bouteilles, et d'analyser ses différents éléments afin de proposer des actions de maintenance préventives et correctives dans le but de réduire son taux de panne et d'augmenter sa fiabilité et sa disponibilité.

Notre travail s'est basé sur :

- La description détaillée de la machine laveuse des bouteilles afin de savoir les faiblesses de cette dernière. La recherche des défaillances les plus répétitives par l'application de PARETO.
- L'analyse des éléments défectueux de la machine et la recherche des causes racines de leurs dysfonctionnements.
- La proposition des actions d'optimisation correctives et préventives pour diminuer la criticité des défaillances critiques de la machine.

Enfin, la démarche DMAIC nous a permis de réduire les arrêts coûteux de 57%, d'augmenter la durée de vie de la machine et d'assurer la qualité du service.



Bibliographie

<http://www.piloter.org/six-sigma/methode-six-sigma.htm>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Brainstorming#Principe g.C3.A9n.C3.A9ral du brainstorming original](http://fr.wikipedia.org/wiki/Brainstorming#Principe_g.C3.A9n.C3.A9ral_du_brainstorming_original)

<http://www.manager-go.com/management-de-la-qualite/methode-dmaic.htm>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Histogramme>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe de Pareto](http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_de_Pareto)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Histogramme>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe de Pareto](http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_de_Pareto)

<http://pixshark.com/plan-do-check-act-powerpoint.htm>