

**Filière ingénieurs
Industries Agricoles et Alimentaires**



Rapport de stage de Fin d'études

**OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION DE
CO₂ au sein de la CBGN**

Réalisé par:

LAJMAL Fatima Ezzahrae

Encadré par:

- FAHMI El khamar, responsable contrôle qualité à la CBGN-FES.
- EL ASRI MOHHEMD professeur à la FST Fès

Présenté le 26 juin 2014 devant le jury composé de:

- P^r. J. ASSOUIK
- P^r. M. BENJELLOUN

Stage effectué à : La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
Chapitre I PPRESENTATION DE LA CBGN	4
I.	P
RESENTATION DE LA CBGN	4
II.	P
ROCEDE DE FABRICATION	7

III.	C
ONTROLE DE LA QUALITE	8
Chapitres II BASE DE LA DEMARCHE D'AMELIORATION DMAIC	9
I.	D
EMARCHE SIX SIGMA	9
1.	D
éfinition.....	9
2.	E
volution de la démarche Six sigma	9
3.	U
tilisation de la démarche DMAIC	10
II.	L
ES COMPOSANTES DE LA DEMARCHE D4AMELIORATION DMAIC	10
1.	E
tape 1 : DEFINIR	10
2.	E
tape 2 : Mesurer	11
3.	E
tape 3 : Analyser	13
4.	é
tape 4 : Innover.....	13
5.	E
tape 5 : Contrôler.....	13
Chapitre III APPLICATION DE DMAIC AU PROJET D'OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION DE CO₂	15
I.	D
EFINIR	15
1.	S
élection de projet.....	15
2.	I
dentification des CTQ.....	15
3.	C
artographie opérationnelle du processus CO ₂	15
4.	D
éclaration du problème et objectifs	16
5.	P
lanning du projet	16
II.	M
ESURER	17
1.	C
artographie fonctionnelle.....	17
2.	L
es cartes d'activités.....	17
3.	P
lan de collecte de données	22
4.	F
iches de suivi.....	24

5.	I
mpact des causes spéciales sur le rendement.....	24
6.	P
présentation des valeurs moyennes journalières des paramètres du 04-2014	26
7.	A
analyse des données à l'aide du diagramme de Pareto	29
8.	I
mpact du Ciblage Production 2013 (cible normal 2013)	32
9.	I
mpact des produits non conformes (PNC).....	33
10.	D
iagramme de Pareto	33
III.	A
NALYSER	34
1.	D
iagramme d'ISHIKAWA des causes	34
2.	E
stimation des gains si les causes profondes sont réglées.....	36
CONCLUSION GENERALE.....	39



INTRODUCTION

La CBGN filiale du groupe NABC est une compagnie d'embouteillage de boissons gazeuses. Les produits de bases utilisés pour la fabrication de ces boissons sont essentiellement le sucre, les concentrés, l'eau et le CO₂. Toutes ces matières font l'objet d'un bilan pour évaluer les pertes annuelles.

En ce qui concerne le CO₂ le rendement annuel est de l'ordre de 50 à 60% donc des pertes entre 40 et 50%. En 2013, les pertes de CO₂ sont de 40% ce qui représente 143816 kg sur un total de consommation de 359541 kg. Les coûts liés à ces pertes sont estimés à 719080Dh. Dans la perspective de réduire les pertes de CO₂ et d'améliorer le processus de distribution du CO₂, la NABC a initié le projet d'amélioration de la consommation de CO₂ au sein de ses filiales.

La démarche DMAIC employée avec succès dans les grandes institutions internationales comme Motorola, IBM, General Motors [1] est un outil qui pourra être adopté à notre projet. Un objectif initial de 70% de rendement de CO₂ est ciblé.

Durant ce travail nous avons :

Dans le chapitre I présenté brièvement un historique de Coca-Cola ensuite une présentation de la CBGN et présenté un schéma du processus de production des boissons gazeuses

Dans le chapitre II défini la démarche DMAIC et Six Sigma, montré quand la démarche DMAIC est employée et détaillé les composantes de chaque étape.

Dans le chapitre III traité les trois premières étapes de la Démarche. Dans l'étape DEFINIR on a fixé l'objectif et établie le planning du projet. Dans l'étape MESURER on a tracé les cartes d'activités, collecter puis traiter les données et identifier les causes. Dans l'étape ANALYSER on a étudié chaque cause pour en sortir les causes profondes potentielles.

En conclusion, après un résumé des travaux effectués dans les étapes DEFINIR, MESURER et ANALYSER on va énumérer les opportunités d'amélioration.



Chapitre I PRESENTATION DE LA CBGN

PRESENTATION DE LA CBGN

La CBGN est l'un des embouteilleurs franchisés de la Compagnie Coca-cola, elle a été créée en 1952, et fût implantée au début à la place d'hôtel Sofia actuellement, puis elle fût transférée au nouveau quartier industriel Sidi Brahim en 1972[2].

Durant ces années et jusqu'à 1987, la CBGN ne fabriquait que Coca-Cola et Fanta-Orange, mais après, pour augmenter sa part de marché, la compagnie a décidé la diversification du produit, et pour la même raison ; elle a acquis l'unité SIM (Société Industrielle Marocaine) principal concurrent en Mars 1997[2].

En 2002 : la CBGN devient filiale de L'Equatorial Coca-Cola Bottling Company (ECCBC) et par la suite de Coca-Cola Holding [2].

Aujourd'hui, la CBGN dispose deux lignes de production de verre ; sa superficie s'étend sur 64.260 Km² avec cinq centres de distribution : Fès, Meknès, Errachidia, Khénifra et Sidi Slimane [2].

La CBGN reste parmi les anciens embouteilleurs qui existent au Maroc.

➤ **Missions et activités de la CBGN :**

La CBGN Fès, est constituée de deux unités, l'une est chargée à la fois de la production et de l'administration, l'autre est considérée comme centre de distribution.

En bref, les activités de la compagnie sont suivantes :

- ↪ L'achat du concentré de la boisson.
- ↪ La production, la mise en bouteille et la commercialisation des différentes gammes des Boissons Gazeuses.
- ↪ Assurer la disponibilité des boissons gazeuses dans les cinq centres de distribution.
- ↪ Veiller au respect des prix au niveau des points de vente.
- ↪ L'exécution de commande, le stockage de la marchandise.

En plus la vente de ces produits fabriqués localement, la compagnie a comme activité auxiliaire, la distribution des canettes, Miami et Ciel, provenant des autres sites de production [2].



➤ **fiche technique :**

La fiche technique de la CBGN est décrite comme suite :

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

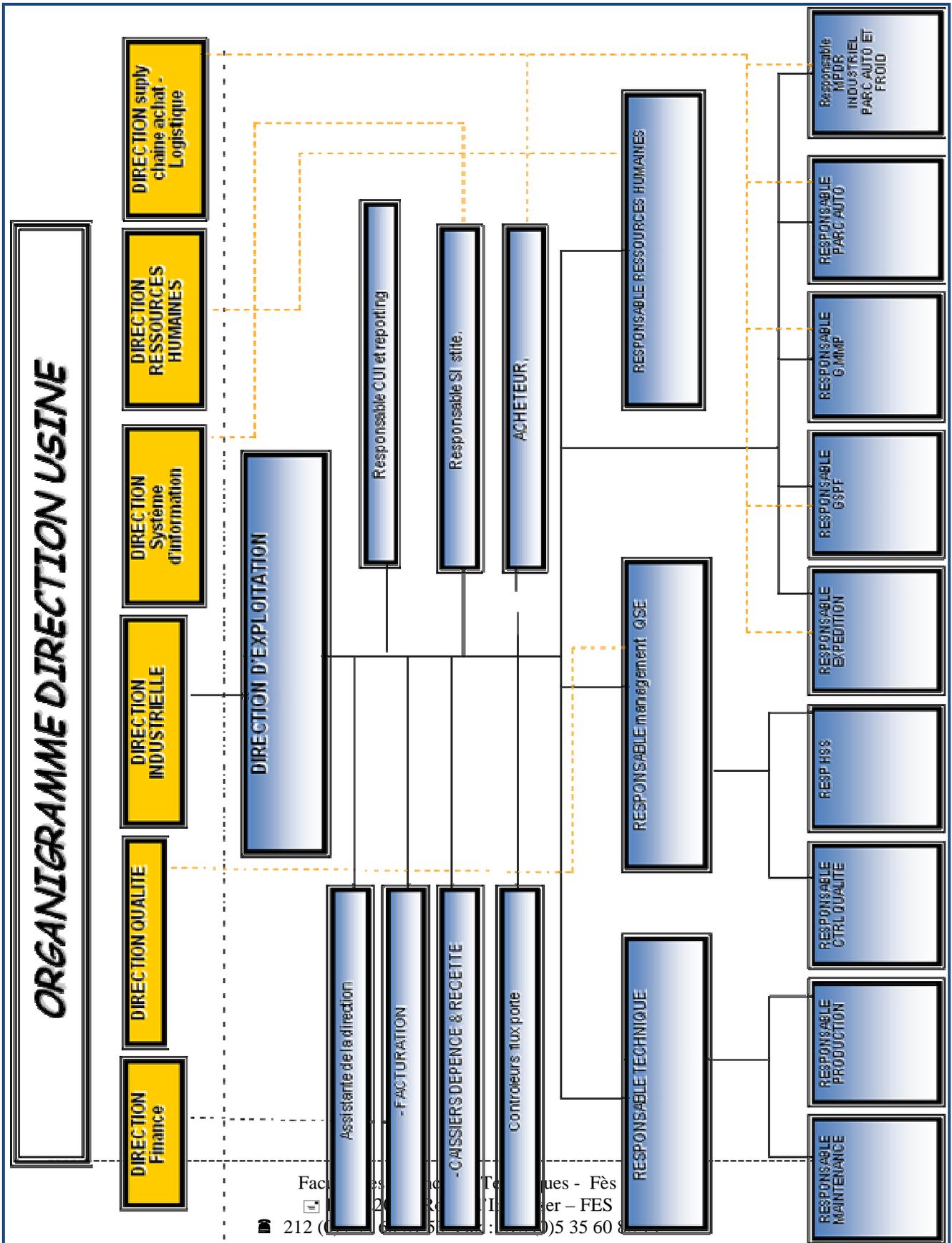
Superficie : environ 1 hectare

Figure 1 : Fiche technique de la CBGN [3].



Organigramme de

la CBN



PROCEDE DE FABRICATION

La fabrication des boissons gazeuses nécessite le passage par les trois étapes suivantes :

- un traitement d'eau (opération du traitement, conférant à l'eau les qualités physiques, chimiques et microbiologiques normées pour la préparation des boissons)
- une préparation du sirop fini (le sirop simple se prépare dans la siroperie à l'aide du sucre et de l'eau. Le sirop fini, est un mélange de sirop simple et de concentrés)
- un embouteillage (c'est l'ensemble constitué de la laveuse, du Mixeur, de la soutireuse etc.) c'est à ce niveau que s'effectue le remplissage des bouteilles.

La figure ci-dessous résume le procédé de fabrication.

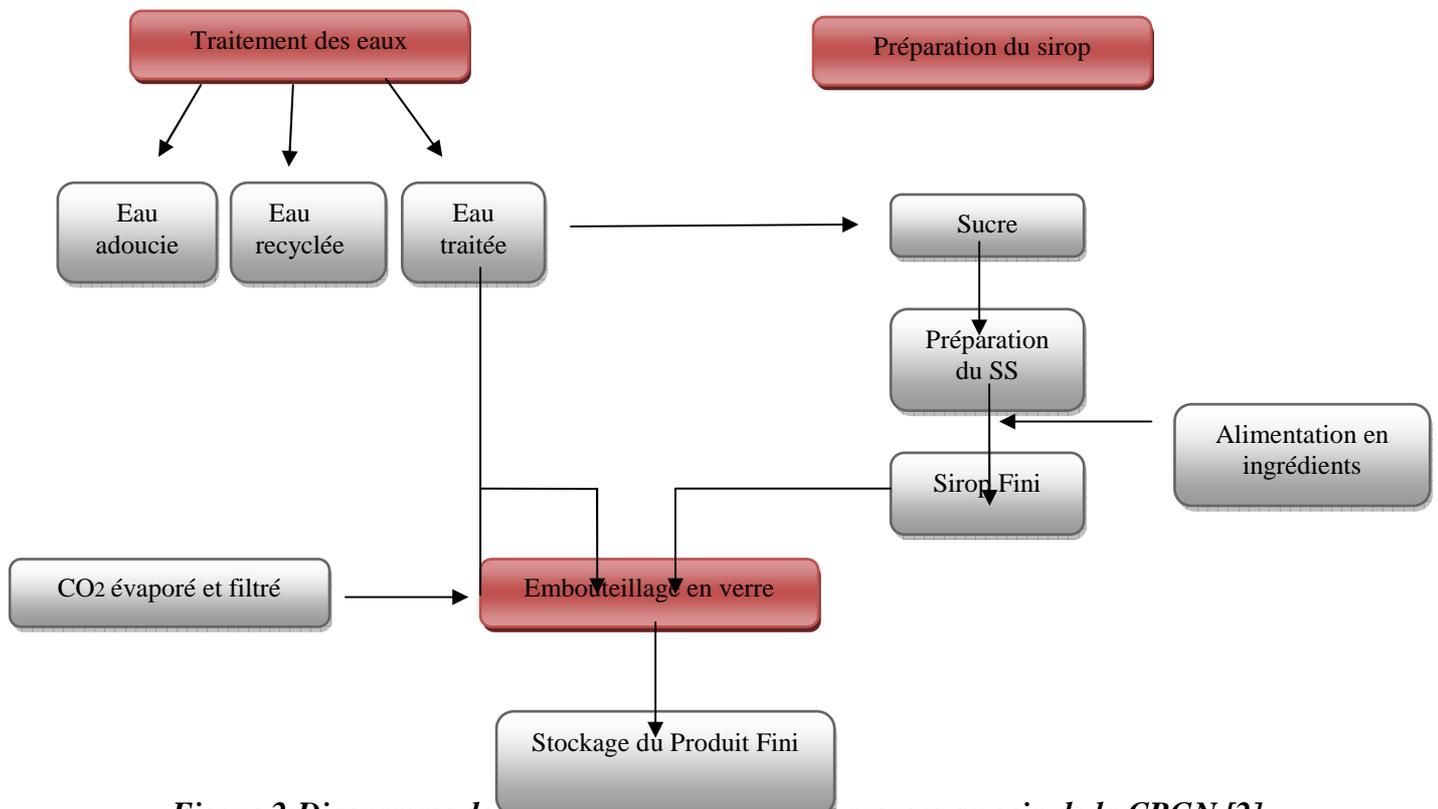


Figure 2: Diagramme de fabrication des boissons gazeuses au sein de la CBGN [2]



CONTROLE QUALITE

Le laboratoire contrôle qualité de la CBGN s'effectue toutes les analyses physiques, chimiques et microbiologiques sur l'eau traitée, les boissons et les matières premières.

Les analyses physico-chimiques réalisées :

➤ Sur l'eau :

- Titre alcalimétrique (TA) et Titre alcalimétrique complet (TAC)
- Dureté de l'eau
- Dureté totale
- Teneur en aluminium
- Teneur en chlore

➤ Sur les produits finis :

- Contrôle du volume de CO₂
- Contrôle du Brix (taux de sucre inverti)
- Contrôle du contenu net
- Contrôle du torque

Les analyses microbiologiques réalisées permettent de s'assurer de la salubrité des produits finis.

Ces analyses concernent la recherche de coliformes, des moisissures, de levures et de germes totaux



Chapitre II. BASE DE LA DEMARCHE D'AMELIORATION DMAIC

La démarche DMAIC est un déploiement de la démarche Six Sigma. Six Sigma est l'une des démarches récentes apparues en France à travers les filiales Américaines mais déjà largement développés aux Etats-Unis par ALLIEDSIGNAL, HONEYWELL, MOTOROLA [4].

La mise en place de la démarche Six sigma s'effectue généralement en cinq étapes principales qui sont regroupées sous les initiales DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer/Innover et Contrôler). La démarche DMAIC est une méthode de résolution de problème utilisée dans le cadre de projets Lean Six Sigma. Elle est utilisée dans tous les types de processus, administratifs, logistiques, commerciaux et d'économie d'énergie. Depuis le début des années 2000, elle connaît un grand essor en raison de la complexité des organisations et de l'internalisation des processus [4].

DEMARCHE SIX SIGMA

1. Définition

Six Sigma est un indicateur de performance qui décrit la capacité d'un processus, d'un produit ou d'un service à remplir, de façon constante, les besoins en attente définies par le client. Il indique le niveau de performance lié au respect des spécifications des clients. Il se focalise sur la mesure des défauts. Six Sigma est une métrique universelle qui facilite la comparaison de performances des produits, services ou processus [5].

2. Evolution de la démarche Six Sigma

Six Sigma a démarré chez MOTOROLA au milieu des années 1980. Ils ont découvert que les produits avec un rendement élevé (la quantité de produit fabrique sans défauts) avaient un faible taux de défaillance à l'usage. MOTOROLA s'est focalisé à la création de stratégie pour réduire les défauts de leurs propres produits [5].

3. Utilisation de la démarche DMAIC

Pour utiliser la démarche DMAIC dans une perspective d'amélioration, il faut suivre un arbre de décision ci-dessous.

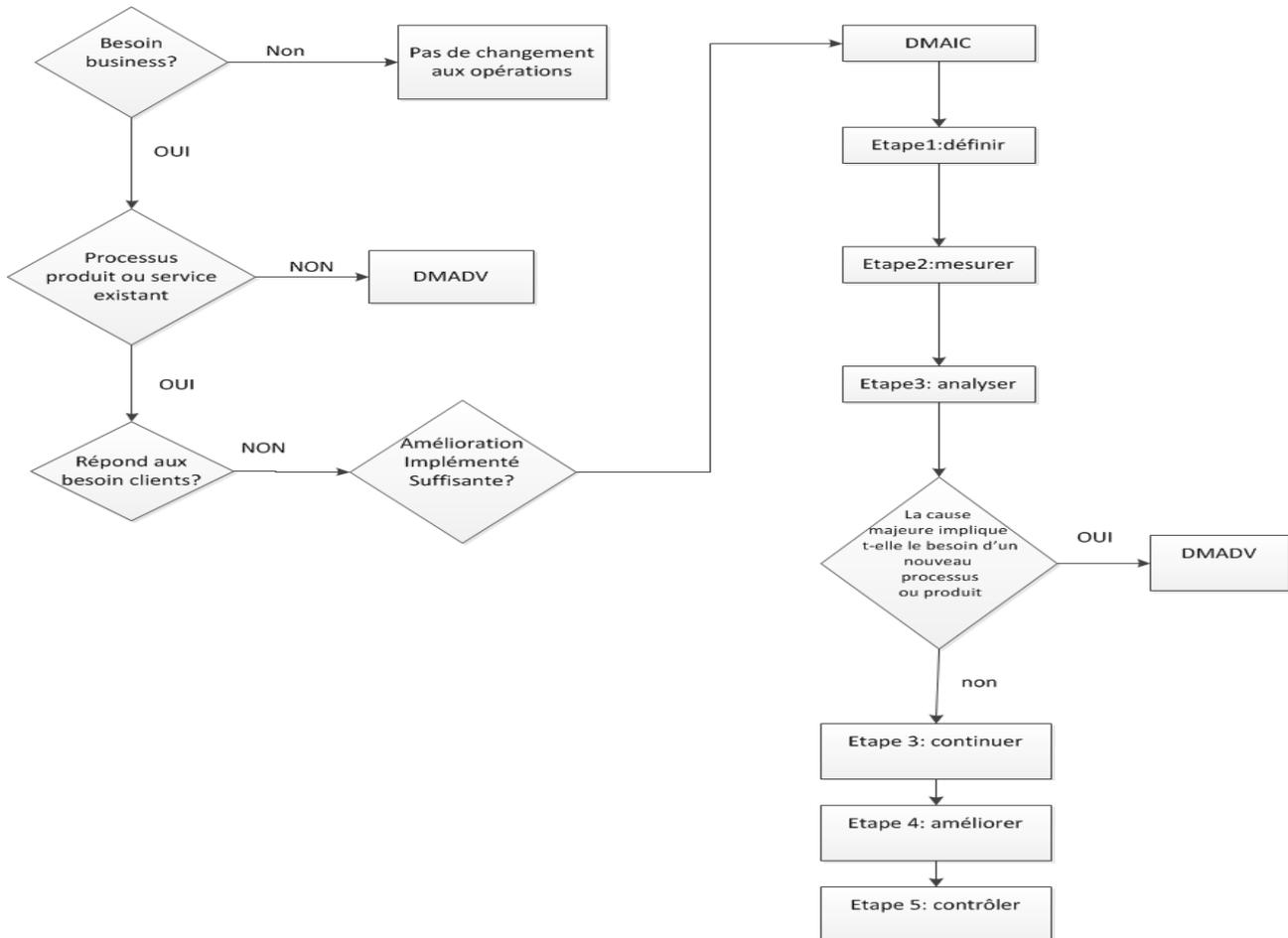


Figure 1:Arbre de décision pour l'utilisation de la démarche DMAIC [5].

La méthodologie d'amélioration continue DMAIC est utilisée lorsqu'on a un processus produit ou un service déjà existé et que les solutions trouvées sont suffisantes pour atteindre les objectifs clients.

LES COMPOSANTES DE DEMARCHE D'AMELIORATION DMAIC



1. Etape 1 : DEFINIR

DEFINIR est la première étape de la démarche DMAIC. A cette étape on définit l'objectif et l'amplitude du projet. Les outils utilisés incluent la feuille de planification, l'analyse des caractéristiques critiques à la qualité [5].

1.1 Sélection de projet

Pour définir la première étape on devrait répondre aux questions suivantes :

- Comment le projet a-t-il été sélectionné ?
- Pourquoi le projet a-t-il été sélectionné ?
- En quoi les clients seront-ils impactés par le projet ?

1.2 Cartographie du Processus Opérationnel

La cartographie du processus opérationnel se fait à partir du **Processus Opérationnel Majeur**. Le **Processus Opérationnel Majeur** est une séquence haute niveau d'activités. Ce n'est pas une cartographie détaillée d'un processus [5].

1.3 Planning projet

Un planning projet DMAIC documenté consiste en une feuille de planning projet représentant la charte d'équipe, le planning général du projet et les mises à jour tout au long de la progression du projet [5].

2. Etape 2 : MESURER

A cette étape, se focaliser sur la collecte d'information alternante à la situation actuelle. Les outils utilisés incluent les cartographies, les outils de collectes de données, l'échantillonnage, les cartes de

contrôles, les histogrammes de fréquence, la stratification et le diagramme de Pareto. La figure ci-dessous illustre les composantes de l'étape Mesurer [5].

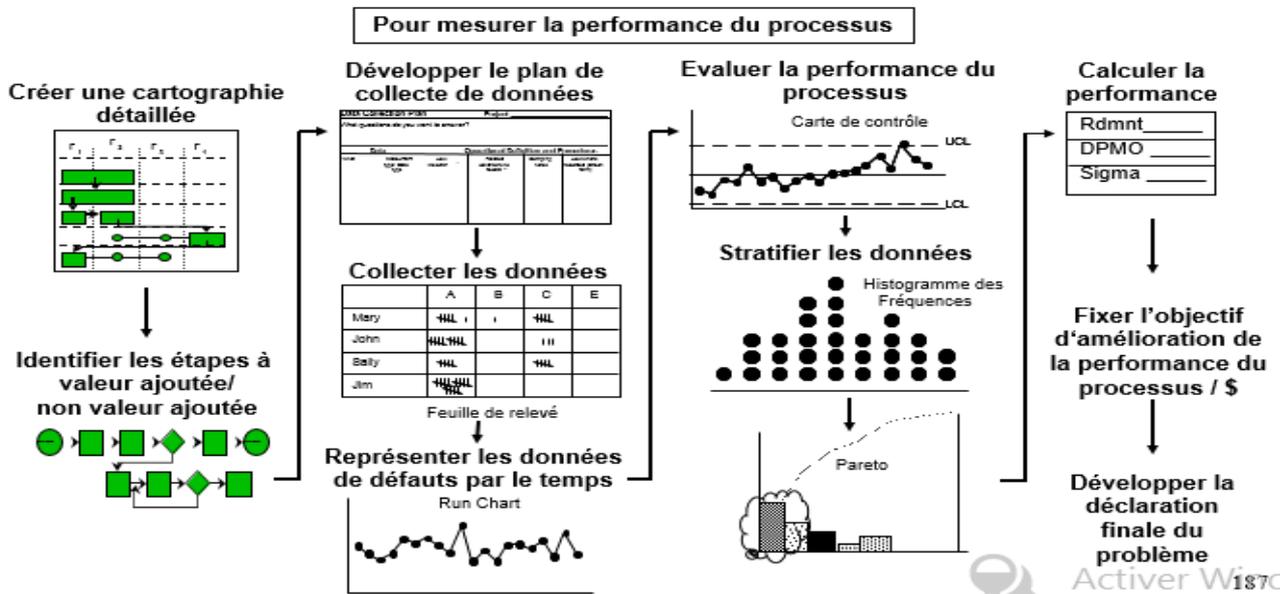


Figure 2: les composantes de l'étape Mesurer [5].

2.1 Collecte de données

La collecte des données se fait sur des fiches réalisées à partir des cartes d'activités. Les données seront traitées dans les étapes Mesurer et Analyser.

2.2 Analyse des données

Les mesures d'un processus varient au cours du temps. Quand on analyse les données à travers le temps, on doit regarder la **variation**, comment les données évoluent point par point. Certains comportements dans la variation peuvent donner des pistes sur la source des problèmes du processus. On peut utiliser le Pareto pour cibler les problèmes sur lesquels on doit agir [5].

2.3 Diagramme de Pareto

Le principe de Pareto est souvent décrit par la règle des "80/20". Cette règle dit que dans la plupart des situations 80% des problèmes sont dus par 20% des causes. Le principe du Pareto sous entend que nous pouvons fréquemment résoudre un problème en identifiant et se concentrant sur les "quelques" causes majeures [5].

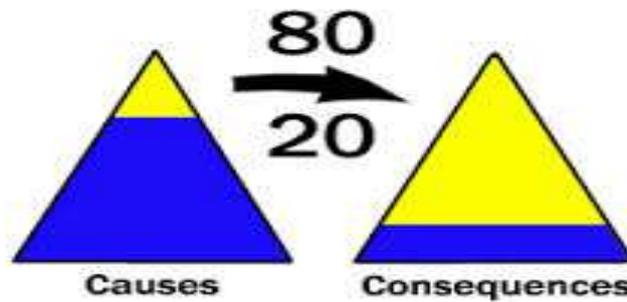


Figure 3: Principe de Pareto [6].

2.4 Déclaration Finale du Problème

Une bonne déclaration finale du problème contient:

- Une déclaration plus précise (**focalisée**) sur ce qui ne va pas en termes de défauts, ou besoins clients non remplis par rapport à la déclaration préliminaire
- Les données actuelles du problème (ou défauts) **qui, lequel, quoi, comment, quand, de combien, ou.**

3. Etape 3 : ANALYSER

Dans l'étape Analyse on identifiera les causes profondes potentielles, ensuite on les organisera puis on collectera les données pour vérifier les causes profondes. Enfin on quantifiera les relations de causes à effets et confirmer les causes profondes [5].

3.1 Identification des causes profondes potentielles (brainstorming)

Pour identifier les causes profondes potentielles on fait recours au brainstorming. Le brainstorming est une méthode pour générer beaucoup d'idées rapidement. Il encourage la créativité, implique tout le monde, génère la stimulation et de l'énergie [5].

3.2 Organisation des causes profondes potentielles



Le diagramme de cause à effet appelé aussi Ishikawa, est l'outil de prédilection pour organiser les causes. Le diagramme d'Ishikawa est une représentation graphique de ligne et des mots qui représentent un lien logique entre l'effet et ses causes. Le diagramme d'Ishikawa structure les causes potentielles pour que les causes profondes réelles soient identifiées et que les actions correctives soient prises [5].

3.3 Collecte des données pour vérifier les causes profondes

On collectera des données jumelées pour « Y » (effet) et les « X » (causes profondes potentielles) puis comparer l'occurrence des Xs avec les changements de Y pour vérifier si la relation de cause à effet existe [5].

4. étape 4 : AMELIORER/INNOVER

Le but de cette étape est d'améliorer le processus en développant et mettant en place des solutions qui traitent les causes racines. Elle commence par le brainstorming des solutions possibles, l'équipe de projet conduit alors l'analyse coût/avantage/risque sur les solutions choisies. Des plans d'exécution sont établis et le personnel est alors formé. L'étape INNOVER est accomplie quand le pilote est en place et que des résultats sont évalués [5].

5. Etape 5 : CONTROLER

Le but de cette étape est de Contrôler le processus afin de maintenir les gains et la transition jusqu'à la mise en œuvre complète. Elle commence par la documentation des pratiques standardisées et le Système de Maitrise du Management du Processus. Puis l'équipe projet met en place la formation, implémente complètement les solutions. La phase CONTROLER est terminée lorsque le projet est

clôturé, les résultats de l'équipe ont été célébrés et des opportunités de répliation dans d'autres unités ont été identifiées [5].



Chapitre III. APPLICATION DE LA DEMARCHE A L'AMELIORATION DE LA CONSOMMATION DE CO₂

Dans ce chapitre nous avons appliqué la Démarche DMAIC au projet d'optimisation de la consommation du CO₂ au sein de la CBGN. La réalisation du présent projet a été accompagnée de formations et de validation des résultats par un Master Black Belt. Un Master Black Belt est un mentor, formateur et garant du respect de la démarche DMAIC. A ce jour nous avons traité les trois premières étapes de la démarche à savoir : DEFINIR, MESURER et ANALYSER conformément à la feuille de planning du projet. Les étapes INNOVER et CONTROLER seront abordé plus tard suivant le calendrier.

I. DEFINIR



1. Sélection de projet

Toute grande société est constamment dans une volonté de réduire leurs pertes pour maximiser leurs profits. Le groupe NABC dans cette volonté, a identifié les opportunités d'améliorations et adopté la démarche DMAIC pour les mener avec succès. L'une des opportunités à améliorer au sein du groupe est le rendement de consommation du CO₂ (réduire les pertes de CO₂).

2. Identification des CTQ

Tout processus possède des caractéristiques critiques de la qualité. A la CBGN les caractéristiques critiques de la qualité du processus du CO₂ sont : la pureté (>99.9%), les pressions et le rendement. Pour mieux comprendre les CTQ dans un processus, il est primordial de définir le(s) fournisseur(s) et le(s) client(s). A partir du processus CO₂ de la CBGN nous avons défini la production comme étant le client et le stockage comme étant le fournisseur. Nous considérons dans ce travail que la production (client) fait la commande d'une quantité X de CO₂ au stockage (fournisseurs). Cependant elle reçoit une quantité X-y avec $X \geq y$. Ce qui veut dire que l'une des caractéristiques critiques de la qualité qui est le rendement $((X-y)/X \leq 60\%)$ n'est pas respectée. Afin de mieux comprendre le processus on a établi une cartographie opérationnelle du processus.

3. Cartographie opérationnelle du processus CO₂

La réalisation de la cartographie opérationnelle du processus CO₂ nous a permis d'identifier les différentes activités au sein de la société concernées par le projet CO₂. Celles-ci concernent les activités du niveau majeur au niveau trois. Le schéma ci-après illustre la cartographie opérationnelle du processus du CO₂.

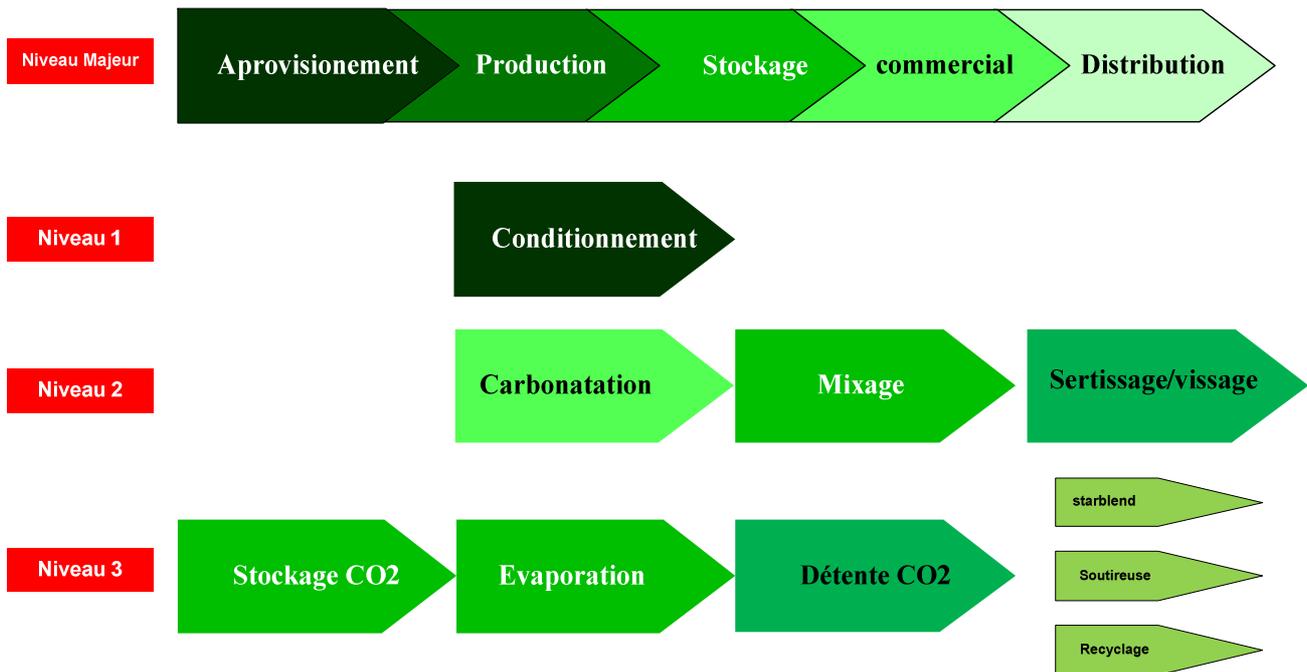


Figure 4. Cartographie opérationnelle du processus CO₂

4. Déclaration du problème et objectif

Le rendement annuel moyen de consommation de CO₂ étant compris entre 50 et 60% un problème sur les pertes de CO₂ est une évidence. Nous avons donc ciblé un objectif de 70% à atteindre dans un premier temps de la réalisation du projet. Un planning du projet a été conçu pour atteindre nos objectifs.

5. Planning du projet

L'objectif principal de cette feuille de planning est de déterminer le temps nécessaire pour la réalisation de chaque étape et la durée précise de l'élaboration du projet. La figure 7 donne le détail du planning de notre projet CO₂ avec les mises à jour.



Calendrier Projet	Mois Semaine	Mars				Avril				Mai				Juin				Juillet				Aout				Spte				Outils utilisés
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Définir	Prévu																													
	Fait																													
Mesurer	Prévu																												Pareto, Minitab, Microsoft Visio	
	Fait																													
Analyser	Prévu																												Brainstorming, Ishikawa	
	Actuel																													
Améliorer	Prévu																												AMDEC	
	Actuel																													
Contrôler	Prévu																												Carte de contrôle	
	Actuel																													

■ Prévu ■ Actuel ■ Fait

Figure 5: Feuille de planning projet CO₂

II. Mesurer

Mesurer est la deuxième étape de la démarche d'amélioration DMAIC.

1. Cartographie fonctionnelle.

La cartographie fonctionnelle nous montre un aperçu global du processus d'acheminement du CO₂ du fournisseur (Maghreb Oxygène et Air Liquide) jusqu'au niveau du starblend, de la soutireuse et du recyclage. A partir de cette cartographie fonctionnelle nous avons dégagé les zones de réalisations de cartes d'activités. La figure ci-dessous illustre la cartographie fonctionnelle du processus de CO₂ de la CBGN.

Cartographie Fonctionnelle

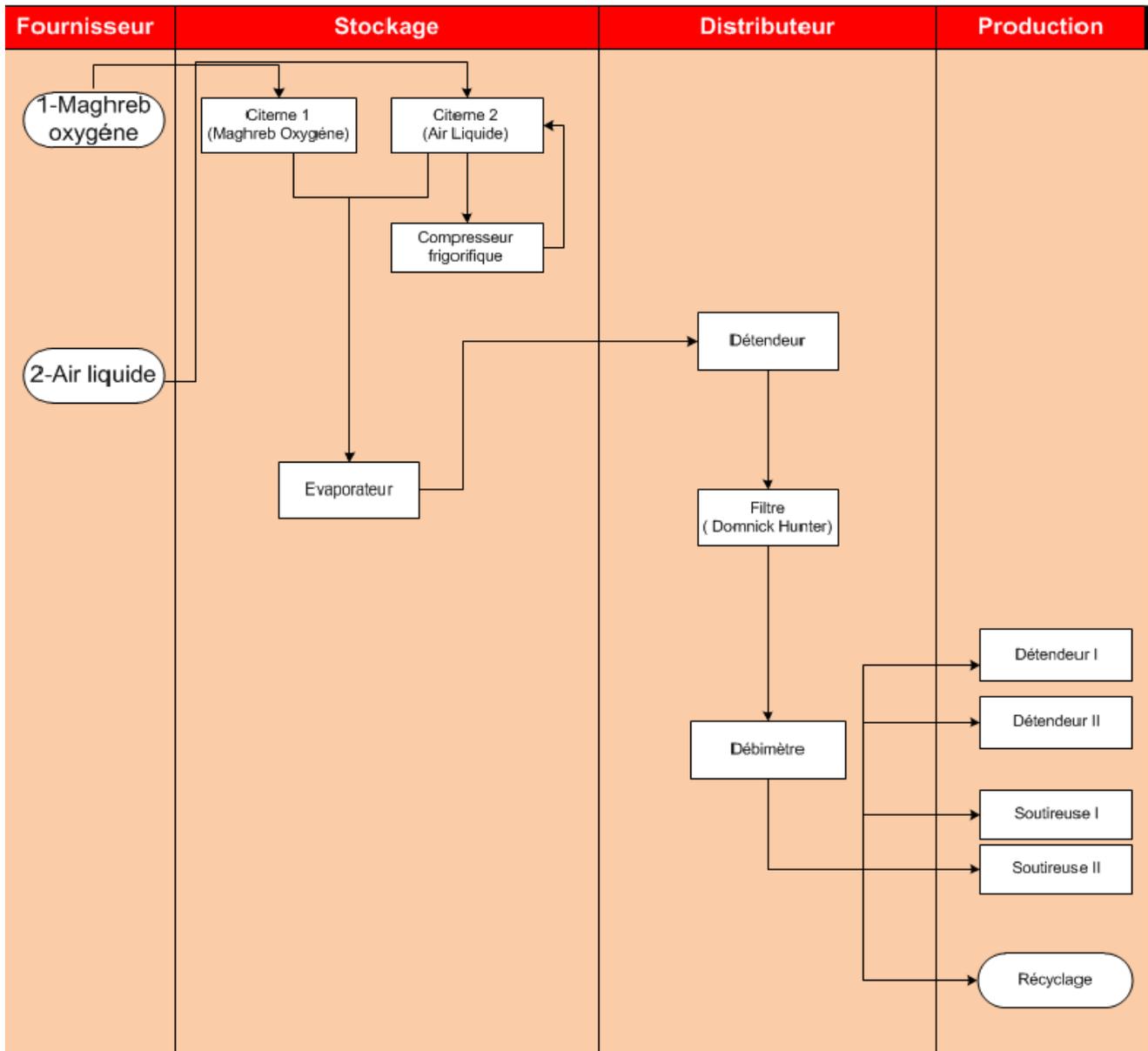


Figure 6: Cartographie fonctionnelle du CO₂

2. Les cartes d'activités

Une carte d'activité est une illustration détaillée d'une partie du processus avec les différents paramètres à étudier. Les cartes d'activités réalisées sont ceux du starblend, de la soutireuse, du stockage et du recyclage.



2.1 Carte d'activité du stockage

Le stockage est le lieu de manutention du CO₂ à une température de -80°C. La CBGN dispose deux citernes d'une contenance de 30000 kg de CO₂ chacune.

Des contrôles sur la pureté (> 99.9 %), l'odeur et le goût sont effectués avant dépotage du CO₂ au niveau du stockage.

Afin de pouvoir acheminer le CO₂ à la zone de production, il est rendu sous forme gazeux à l'aide d'un évaporateur (chauffe le CO₂ jusqu'à -56°C [7]), en suite un détendeur détend le CO₂ jusqu'à une pression entre 14 et 15 bars. Juste après le détendeur, un compteur a été installé pour mesurer la quantité de CO₂ en Kg/h sortie des citernes.

Carte d'activité stockage

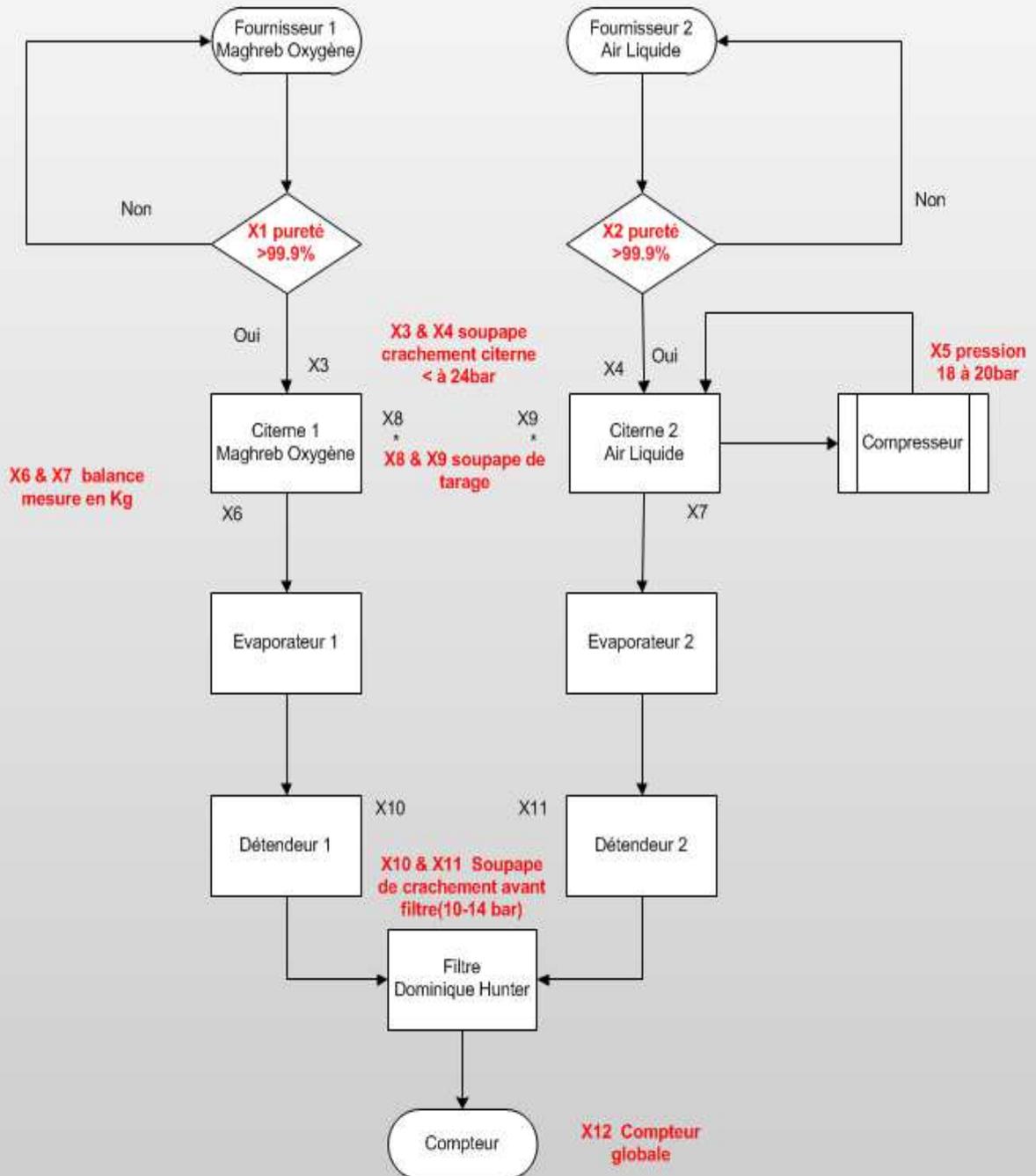




Figure 7: Carte d'activité du stockage

2.2 Cartes d'activité du starblend ligne verre 1

Le starblend encore appelé mixeur est le dispositif de mixage (mélange) du sirop fini, de l'eau désaérée et d'un volume de CO₂ selon le type de produit. Le CO₂ utilisé au niveau du starblend provient du stockage avec une pression de 14 à 15 bars. A l'entrée du starblend, un détendeur diminue la pression pour qu'elle soit comprise entre 10 et 12 bars. Ce CO₂ est alors dispatché pour la désaération de l'eau, la saturation selon la recette du produit et la cuve de contenance de boissons.

Carte d'activité starblend 1

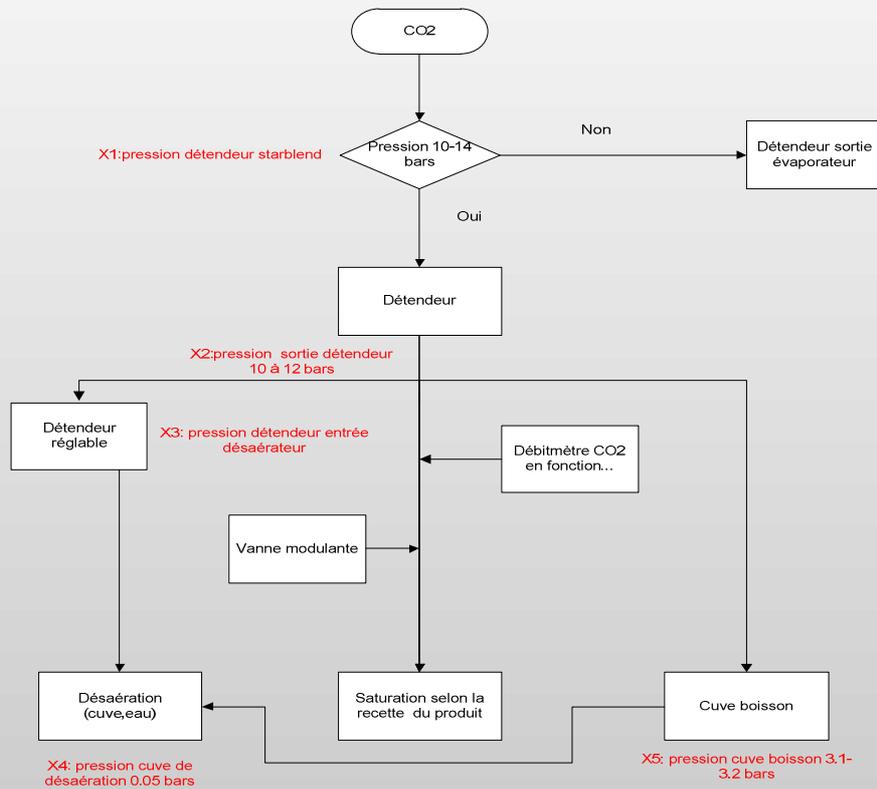


Figure 8: Carte d'activité du starblend ligne verre 1



2.3 Cartes d'activité de starblend ligne verre 2

Le même commentaire est valable que celui du starblend ligne verre 1 sauf qu'il y a un rejet de CO₂ lors de la saturation.

Carte d'activité starblend 2

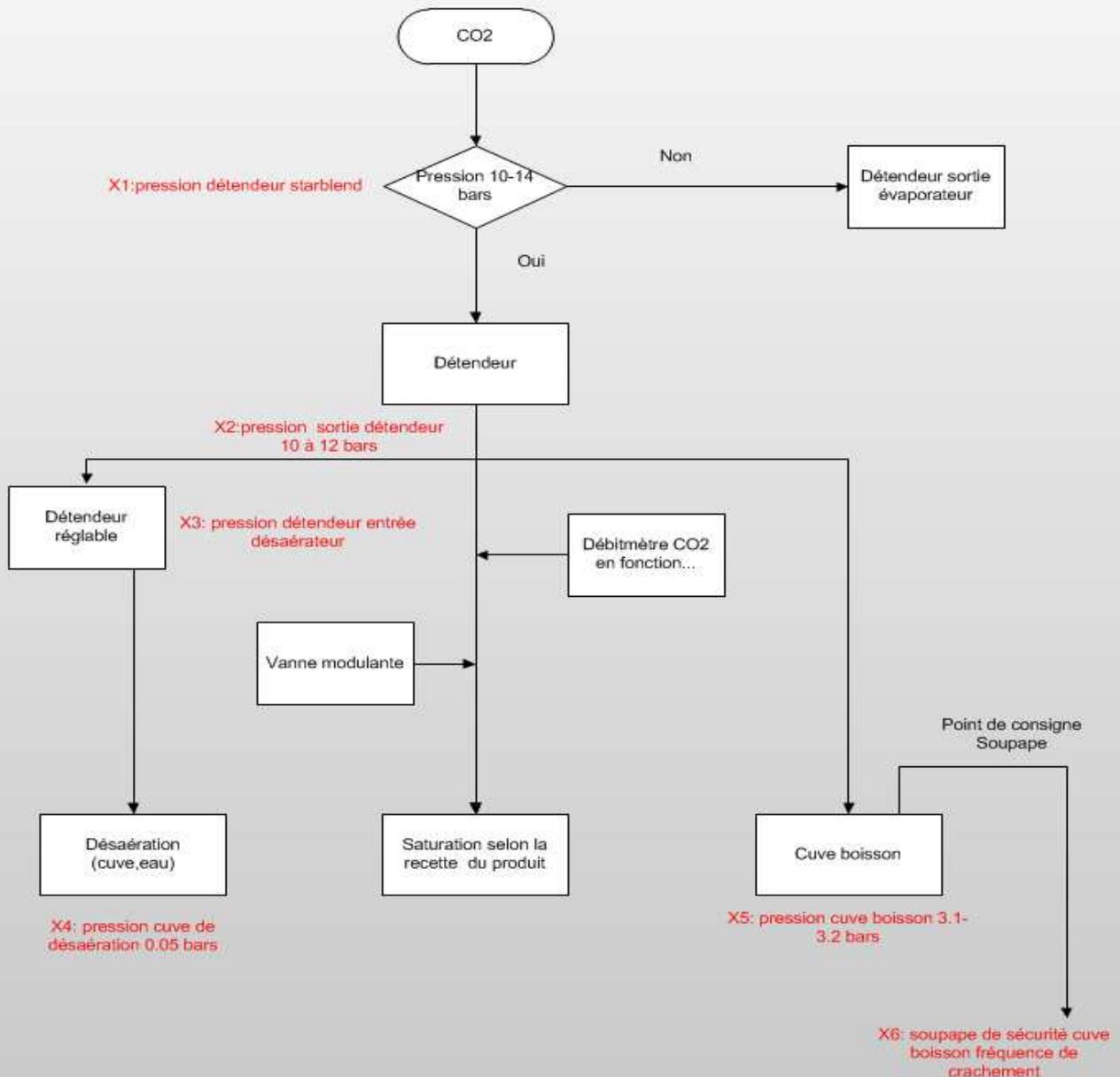


Figure 9:Cartes d'activité du starblend ligne verre 2



2.4 Carte d'activité soutireuse ligne verre 1et 2

La soutireuse est le dispositif de remplissage de bouteilles. Le CO₂ utilisé à ce niveau (4-5bars) permet de chasser l'air des bouteilles.

Carte d'activité Soutireuse 1et 2

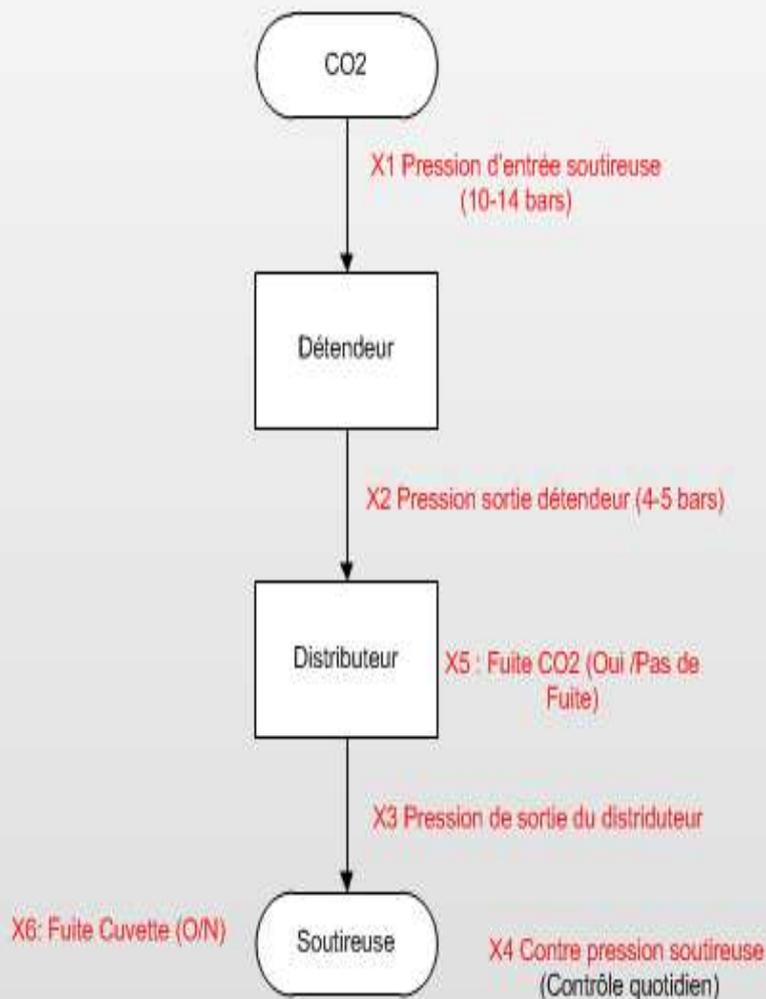


Figure 10: Carte d'activité soutireuse ligne verre 1et 2



2.5 Carte d'activité recyclage

A la CBGN l'eau de rinçage de la laveuse est recyclée pour sa réutilisation. Cette eau contient de la soude. L'opération de recyclage consiste à neutraliser la soude à l'aide du CO₂. Le CO₂ utilisé pour la neutralisation provient du stockage (14-15 bars). Il passe respectivement dans un compteur de débit et un détendeur qui le rend à une pression de 4-5 bars.

Carte d'activité recyclage

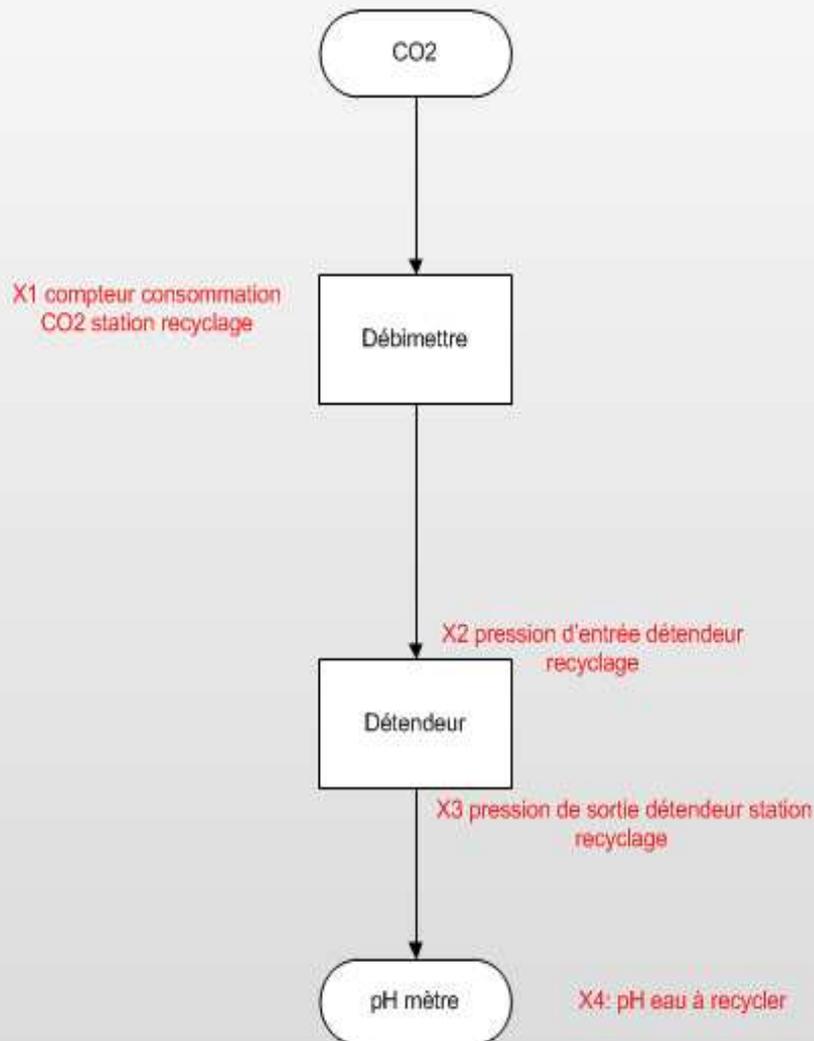


Figure 11: Carte d'activité recyclage

3. plan de collecte de données



Le plan de collecte est une feuille sur laquelle on a mentionné toutes les variables, données ou paramètres mesurables (X) de tout le processus ainsi que leurs désignations, le responsable de mesure et la fréquence de prise de mesure. Le plan de collecte du processus du CO₂ est représenté ci-après.

Tableau 1: Plan de collecte de données



Plan de collecte de données

Emplacements	X	Quoi (Désignation)	Qui	Fréquence	Comment
Stockage	X1	Pureté > 99,9 %	Technicien contrôle à la réception	Chaque livraison	Analyses selon mode opératoire contrôle CO2
	X2	Pureté > 99,9 %	Technicien contrôle à la réception	Chaque livraison	Analyses selon mode opératoire contrôle CO2
	X3	Pression Soupape crachement citerne < 24 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X4	Pression Soupape crachement citerne < 24 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X5	Pression 18- 20 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X6	Balance mesure en Kg	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X7	Balance mesure en Kg	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X8	Fréquence de tarage	Fourisseur	3 ans	selon fournisseur
	X9	Fréquence de tarage	Fourisseur	3 ans	selon fournisseur
	X10	Soupape de crachement avant filtre 10-14 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X11	Soupape de crachement avant filtre 10-14 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X12	Presion de 10-14 bars sortie filtre Dominique hander	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X13	Compteur globale	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
Starblend	X1	Pression détendeur starblend (10-14 bars)	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X2	Pression sortie détendeur 10 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X3	Pression détendeur entrée désaérateur	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X4	Pression cuve de désaération 0,05 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X5	Pression cuve boisson 3,1-3,2 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X6	Soupape de sécurité cuve boisson fréquence de crachement	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
Soutireuse	X1	Pression d'entrée Détendeur soutireuse 10-14 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X2	Pression de sortie Détendeur 4-5 bars	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Lecture sur manomètre et enregistrement
	X3	Pression de sortie du distributeur	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X4	Contre pression soutireuse	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
Recyclage	X1	Compteur consommation CO2 station recyclage	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X2	Pression d'entrée détendeur recyclage	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement
	X3	X3 pression de sortie détendeur station recyclage	Membre de l'équipe nommer un resp de la mesure	Chaque heure	Contrôle visuel et enregistrement



4. Les fiches de suivis

Nous avons réalisé plusieurs à l'aide du tableur Excel pour suivre l'évolution du rendement de CO₂ en fonction des différents paramètres du circuit du CO₂. Les fiches ont été réalisées pour :

- Le stockage. (Annexe1)
- Le starblend. (Annexe2)
- La soutireuse. (Annexe3)
- Le recyclage.(Annexe4)

5. Impact des causes spéciales sur le rendement de CO₂

Pour analyser les données des fiches de suivis, il faut différencier les causes spéciales (essai de lignes, fuites au niveau des flexibles de la soutireuse qui font chuter le rendement) des causes dues aux différents paramètres étudiés (causes communes). On a récolté toutes les causes spéciales survenues pendant le mois d'Avril 2014 et établie un tableau. Dans ce tableau nous avons introduit également les rendements journaliers, les lignes en activités, et l'objectif.



Tableau 2: impact des causes spéciales sur le rendement de CO₂: impacte des causes spéciales sur le rendement de CO₂

Date	Rendements	causes Spéciales	objectif %
01/04/2014 II	32,78	Fuite Flexible CO2	70
02/04/2014 II	72,81	Cause non spécifiée	70
03/04/2014 II	52,98	Cause non spécifiée	70
04/04/2014 II	84,59	Cause non spécifiée	70
05/04/2014 II	69,34	Cause non spécifiée	70
07/04/2014 II	64,95	Cause non spécifiée	70
08/04/2014 II	75,84	Cause non spécifiée	70
09/04/2014 II	59,49	Cause non spécifiée	70
10/04/2014 II	75,02	Cause non spécifiée	70
11/04/2014 II	44,03	Cause non spécifiée	70
12/04/2014 II	62,73	Cause non spécifiée	70
14/04/2014 II	75,7	Cause non spécifiée	70
15/04/2014 II	65,89	Cause non spécifiée	70
16/04/2014 II	58,33	Cause non spécifiée	70
17/04/2014 II	73,63	Cause non spécifiée	70
18/04/2014 II	83,5	Cause non spécifiée	70
19/04/2014 I&II	27,88	Fuite CO2 cuvette ligne 1 (essaie)	70
20/04/2014 I&II	48,74	Fuite CO2 cuvette ligne 1 (essaie)	70
21/04/2014 I&II	32,07	Fuite CO2 cuvette ligne 1 (essaie)	70
22/04/2014 I&II	68,06	Cause non spécifiée	70
23/04/2014 I	52,4	Cause non spécifiée	70
24/04/2014 I	71,5	Cause non spécifiée	70
25/04/2014 I	57,6	Cause non spécifiée	70
26/04/2014 I	70,7	Cause non spécifiée	70
27/04/2014 I	57,63	Cause non spécifiée	70
28/04/2014 I	72,26	Cause non spécifiée	70
29/04/2014 I	46,77	Cause non spécifiée	70
30/04/2014 I	53,16	Cause non spécifiée	70



Date	Rendement (%)	Cause	Objectif (%)
02/05/2014 I	71,41	Cause non spécifiée	70
03/05/2014 I	60,75	Cause non spécifiée	70
04/05/2014 I	47,55	Fuit détenteur CO2 soutireuse	70
05/05/2014 I	82,34	Cause non spécifiée	70

A partir du tableau 2 on a tracé la courbe de variation du rendement de mois d'Avril 2014 et on a mentionné les causes spéciales existantes.

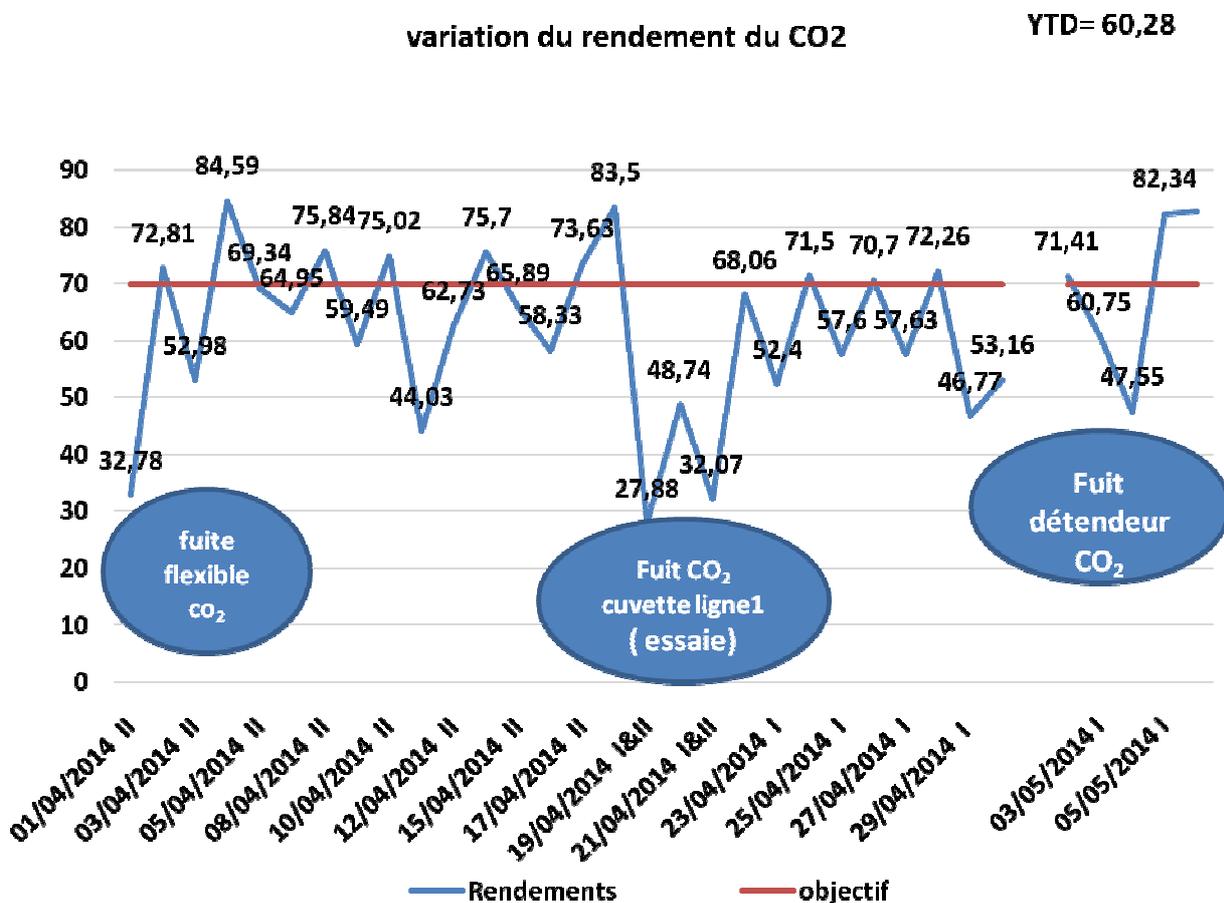


Figure 12: Courbe de Suivi de Variation du rendement du CO₂ en fonction des causes spéciales

Sur la figure 14 on remarque qu'à chaque fois qu'une cause spéciale survient, le rendement du CO₂ décroît fortement et se situe aux alentours de 30%. Ces causes sont des sources de pertes



importantes en CO₂. Dans le traitement des données recueillies pendant le mois d'Avril, on veillera à considérer les rendements dus aux causes spéciales comme des points aberrants.

6. Présentation des données d'Avril 2014

Le tableau ci-après comprend les valeurs moyennes journalières des différents paramètres étudiés pendant le mois d'Avril. En plus des paramètres contenus sur les fiches de suivies nous avons incorporé certaines paramètres pour mieux étudier les causes de variation du rendement. Les paramètres incorporés sont : la quantité de bouteilles produites par jour, quantité de bouteilles ratés par jour, l'écart volume CO₂ par rapport à la cible du laboratoire, le taux de pannes et les taux d'arrêts techniques. Ces données seront ensuite traitées par le logiciel Mini Tab.



Tableau 2: Représentation des valeurs moyenne journalières des différents paramètres étudiés en d'Avril 2014



Date	Stackage													
	X1	X2	X3	X4	X5		X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
	Pureté > 99,9 %	Pureté > 99,9 %	Pres Soupape citerne < 24 bars	Presion Soupape crachement citerne < 24 bars	Presion MO 18-20 bars	Presion AL 18-20 bars	Balance MO mesure en Kg	Balance AL mesure en Kg	Fréquence de tarage	Fréquence de tarage	Soupape de crachement avant filtre 10-14 bars	Soupape de crachement avant filtre 10-14 bars	Presion de 10-14 bars sortie filtre Dominique hander	consommati on globale
01/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,5	18,2	5300,0	0,0	0,0	0,0	14,1	13,7	14,0	525,0
02/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	22,0	18,4	7700,0	0,0	0,0	0,0	13,5	14,6	14,0	728,0
03/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,7	18,5	8200,0	0,0	0,0	0,0	14,2	13,9	14,0	824,0
04/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,9	18,5	5800,0	0,0	0,0	0,0	14,4	14,2	14,0	574,0
05/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,8	18,2	9100,0	0,0	0,0	0,0	14,0	14,4	14,0	850,0
07/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,4	18,4	5400,0	0,0	0,0	0,0	13,5	13,8	14,0	495,0
08/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	21,9	18,5	6400,0	0,0	0,0	0,0	13,3	14,2	14,0	627,0
09/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,1	18,5	3000,0	0,0	0,0	0,0	14,3	14,1	14,0	430,0
10/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	11800,0	0,0	0,0	0,0	14,0	14,0	14,0	1167,0
11/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,4	9400,0	0,0	0,0	0,0	14,3	14,2	14,0	880,0
12/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	6900,0	0,0	0,0	0,0	13,7	13,5	14,0	723,0
14/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,3	8500,0	0,0	0,0	0,0	14,6	14,3	14,0	776,0
15/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	6400,0	0,0	0,0	0,0	14,8	15,0	14,0	608,0
16/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	6700,0	0,0	0,0	0,0	14,9	14,7	14,0	637,0
17/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	8600,0	0,0	0,0	0,0	14,8	14,7	14,0	849,0
18/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	16,0	18,5	7800,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,1	14,0	745,0
19/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,1	18,5	7500,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,1	14,0	712,0
20/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	9100,0	0,0	0,0	0,0	15,1	15,2	14,0	894,0
21/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,1	18,5	9900,0	0,0	0,0	0,0	14,6	14,7	14,0	928,0
22/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	13100,0	0,0	0,0	0,0	14,8	14,7	14,0	1273,0
23/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	11500,0	0,0	0,0	0,0	14,7	14,6	14,0	1134,0
24/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	10500,0	0,0	0,0	0,0	14,8	14,7	14,0	1011,0
25/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	10500,0	0,0	0,0	0,0	15,1	15,0	14,0	913,0
26/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	12000,0	0,0	0,0	0,0	15,0	14,8	14,0	1075,0
27/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	6900,0	0,0	0,0	0,0	15,0	15,0	14,0	875,0
28/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	10300,0	0,0	0,0	0,0	14,9	15,0	14,0	998,0
29/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	8100,0	0,0	0,0	0,0	14,8	14,8	14,0	776,0
30/04/2014	99,9	99,9	0,0	0,0	15,0	18,5	7600,0	0,0	0,0	0,0	14,6	15,0	14,0	753,0



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques
www.fst-usmba.ac.ma





Starblend						Soutireuse			Récyclage			Quantité de billes produites	Quantité des billes ratés	Ecart CO2/leble libro	Produits	taux de panne	taux arrêt technique	Rendement	
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X1	X2	X3	X1	X2	X3								
Pression détenteur starblend (10-14 bars)	Pression sortie détenteur 10 bars	Pression détenteur entrée désaérateur	Pression cuve de désaération 0,05 bars	Pression cuve boisson 3,1-3,2 bars	Souape de sécurité cuve boisson fréquence de crochement	Pression d'entrée détenteur soutireuse 10-14 bars	Pression de sortie détenteur 5 bars	Pression de sortie du distributeur	Contre pression soutireuse	Compteur consommation CO2 station recyclage	Pression d'entrée détenteur recyclage	X3 pression de sortie détenteur station recyclage							
14,2	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,2	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	16376,0	2036,0	0,0	Coca cola	41,4	20,7	32,8
14,5	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,5	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	15188,0	1224,0	0,0	Coca cola	25,2	27,1	72,8
14,1	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,1	4,6	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	113544,0	16398,0	-0,1	spilte	38,0	17,7	53,0
14,3	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,3	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	181284,0	2740,0	0,0	F.orange	28,3	17,2	84,6
14,1	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,1	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	84540,0	396,0	0,0	Coca cola	37,7	8,4	69,3
14,7	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,7	4,7	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	173328,0	2230,0	0,0	Coca cola	27,0	28,5	66,0
13,5	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	13,5	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	132168,0	810,0	0,0	Coca cola	26,1	20,5	75,8
14,2	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,2	4,7	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	128760,0	1770,0	0,0	H Tropical	24,8	28,8	59,5
14,0	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	197592,0	803,0	0,0	H Tropical	11,8	29,5	75,0
14,2	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,2	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	171000,0	1220,0	0,0	Pom's	20,0	28,5	44,0
13,7	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	13,7	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	192396,0	828,0	0,0	Coca cola	29,0	20,4	62,7
15,0	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	15,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	156300,0	1450,0	0,0	spilte	38,3	17,8	75,7
15,0	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	15,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	126120,0	546,0	0,0	Coca cola	28,0	27,2	65,9
14,3	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	14,3	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	130570,0	716,0	0,0	F.orange	26,8	16,9	58,3
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	201175,0	1787,0	0,4	H Tropical	19,0	21,3	73,6
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	183168,0	1430,0	0,0	Coca cola	12,1	27,4	83,5
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,7	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	128928,0	1126,0	-0,2	Coca cola	15,6	30,1	27,9
14,9	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,9	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	9912,0	860,0	0,0	F.orange	5,3	33,3	48,7
14,7	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,7	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	126072,0	640,0	0,0	schweppes	40,3	18,1	32,1
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	139480,0	343,0	0,0	Coca cola	44,9	9,7	68,1
14,3	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,3	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	230608,0	1910,0	0,0	Coca cola	28,0	19,0	52,4
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	128688,0	508,0	0,0	spilte	23,9	20,0	71,5
15,0	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	15,0	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	234420,0	948,0	0,0	Coca cola	30,0	23,8	57,6
15,1	9,8	9,8	9,8	3,2	0,0	15,1	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	175440,0	1350,0	0,0	Coca cola	11,3	23,1	70,7
14,7	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,7	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	110400,0	842,0	0,0	H Tropical	52,4	11,8	57,6
14,7	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,7	4,9	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	174080,0	885,0	0,0	H Tropical	21,6	26,8	72,3
14,6	9,9	9,9	99,0	3,2	0,0	14,6	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	199056,0	1000,0	0,0	Pom's	31,1	22,9	46,8
14,6	9,9	9,9	9,9	3,2	0,0	14,6	4,8	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	126228,0	716,0	-0,2	Coca cola	24,3	21,3	53,2

7. Analyse des données à l'aide du diagramme de Pareto

Avant d'employer Pareto pour cibler les causes ayant le plus d'effets, nous devons d'abord identifier les différents facteurs influençant sur le rendement. Cette identification se fait par une analyse des différents paramètres. Pour chaque paramètre, on trace une courbe de variation en fonction du rendement avec le logiciel Mini Tab. L'évolution de la courbe nous indiquera si le paramètre influence ou non le rendement. La figure 15 est la courbe de variation du rendement en fonction de la quantité de bouteilles produites par jour.

Nous représentons à titre d'exemple dans la figure ci-dessus le rendement en fonction de la quantité des bouteilles produites.

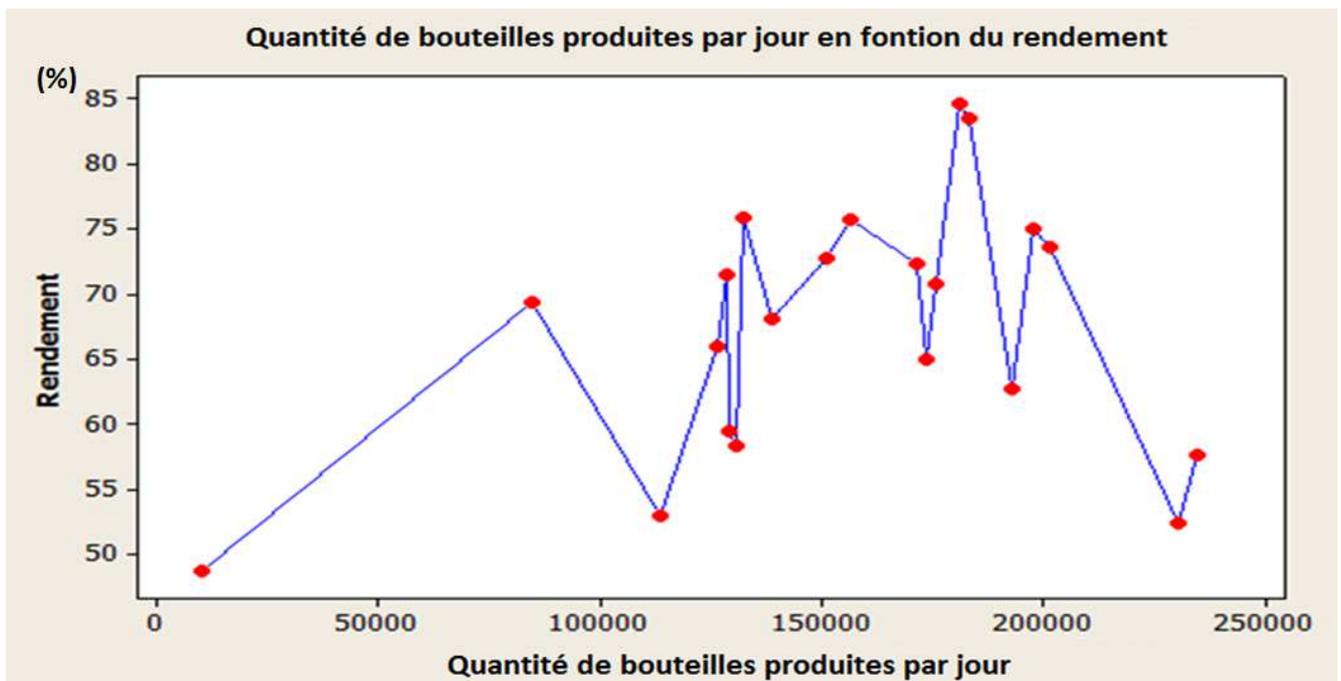


Figure 13: Courbe de variation du rendement CO₂ en fonction de la quantité de bouteilles produites.

L'analyse visuelle suggère une variation aléatoire du rendement de CO₂ en fonction de la quantité de bouteilles produites. Cette variation aléatoire est observée pour tous les paramètres en fonction du rendement. Une étude de la corrélation entre les paramètres et le rendement permettra d'évaluer statistiquement l'influence des paramètres sur le rendement.



Test de corrélation :

Une étude de corrélation entre les différents paramètres et le rendement a été réalisée. Les résultats sont donnés dans le tableau 3.

Le tableau ci-après donne les valeurs de corrélation des mesures par rapport au rendement



Tableau 3: Valeurs de corrélation des données par rapport rendement



stockage	correlation (rdt;X)													
	X1	X2	X3	X4	X5	X5'	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
valeur de corrélation	Pureté > 99,9 %													
	Pureté > 99,9 %													
valeur de corrélation	Soupape crachement citerne < 24 bars													
	Soupape crachement citerne < 24 bars													
valeur de corrélation	0													
	0													
valeur de corrélation	0,17105567													
	0,01715132													
valeur de corrélation	0,159608													
	-0,06948													
valeur de corrélation	0													
	0													
valeur de corrélation	-0,1802911													
	-0,0542515													
valeur de corrélation	0													
	0,0768909													
starblend	correlation (rdt;X)													
	X1	X2	X3	X4	X5	X6								
valeur de corrélation	Pression détenteur starblend (10-14 bars)													
	Pression sortie détenteur 10 bars													
valeur de corrélation	Pression détenteur entrée désaérateur													
	Pression cuve de désaération 0,05 bars													
valeur de corrélation	Pression cuve boisson 3,1-3,2 bars													
	Soupape de sécurité cuve boisson fréquence de crachement													
valeur de corrélation	0,00575151													
	-0,31404535													
valeur de corrélation	-0,31405													
	-0,1875887													
valeur de corrélation	9,9222E-16													
	9,9222E-16													
soutireuse	correlation (rdt;X)													
	X1	X2	X3	X4										
valeur de corrélation	Pression d'entrée Détendeur 10-14 bars													
	Pression de sortie Détendeur 4-5 bars													
valeur de corrélation	Pression de sortie du distributeur													
	Contre pression soutireuse													
valeur de corrélation	0,00575151													
	0,22602826													
valeur de corrélation	0													
	0													
correlation (rdt;parametre)	Quantité de billes produite													
	Quantité des billes ratés			Ecart CO2/cible labo			taux de panne			taux arrêt technique				
valeur de corrélation	0,07274789													
	0,30473168													
valeur de corrélation	-0,17256													
	-0,1241385													
recyclage	correlation (rdt;X)													
	X1	X2	X3											
valeur de corrélation	Compteur consommatio n CO2 station recyclage													
	Pression d'entrée détenteur recyclage													
valeur de corrélation	pression de sortie détenteur station recyclage													
	0													



Interprétation :

Pour étudier l'influence de chaque paramètre sur le rendement de CO₂ il faut comparer la valeur de corrélation de ce paramètre avec la valeur du coefficient p du test de Pearson calculée à partir de la table (annexe5) en se basant sur :

- Le risque α : 5%
- Le degré de liberté $ddl = N_e - 2$
 $N_e =$ Nombre d'essai

Si la valeur de corrélation du paramètre est inférieure à la valeur du coefficient de corrélation calculé à $\alpha = 5\%$ et $ddl = N_e - 2$, le paramètre en question n'a pas d'impact sur le rendement de CO₂. Dans le cas contraire il y'a corrélation et donc une influence du paramètre sur le rendement.

Au risque $\alpha = 5\%$ et au nombre d'essai réalisé pendant le projet 28 c'est-à-dire $ddl = 26$ (28 essais - 2) la table de Pearson nous donne la valeur critique du Coefficient de corrélation calculé qui est $p = 0.374$. Toutes les valeurs de corrélations entre les paramètres et le rendement du tableau 3 sont inférieure à $p = 0.374$.

On conclut qu'il n'y a pas de corrélation, donc aucune influence des paramètres sur le rendement.

Les paramètres étudiés n'ayant pas d'influence sur le rendement, on s'est intéressé à d'autres paramètres à savoir :

- Le ciblage par rapport au standard (ciblage : valeur ciblée de volume de CO₂ par la CBGN diffère de celle recommandée par Coca-Cola International)
- Produits non conformes
- Fuites et Recyclage (pertes dues aux fuites et au recyclage)
- Perte positives (pertes dues au contrôle de la pureté, pertes dues au contrôle du volume de CO₂ dans les boissons)

Vu qu'il n'y a pas de données récentes (2014) en ce qui concerne ces paramètres on a eu recours à ceux de 2013. En 2013 le rendement du CO₂ était de 60% et les pertes de 40%. La masse de CO₂ consommé est de 359541 kg. Les pertes sont de 143816 en kg l'équivalent en dirhams est 719080 Dhs.



8. Diagramme de Pareto.

Pour tracer le diagramme de Pareto nous avons recensé toutes les sources de gaspillages et de pertes. Les pertes dues aux produits non conformes et aux ciblage étant déjà quantifiées, nous avons calculé les pertes dues aux fuites et au recyclage (25%) par la formule suivante :

Perte due aux fuites et au recyclage : 40% - (% perte ciblage + % perte PNC + % perte positive)

- 40% : Pourcentage de pertes annuelles
- Perte positive : CO₂ utilisé pour la désaération. (Estimé à 5 %)

Toutes les causes identifiées nous pouvons tracer le diagramme de Pareto. Ce diagramme permet de se focaliser sur les causes ayant 80% d'effets. Le diagramme ci-dessous illustre le diagramme de Pareto.

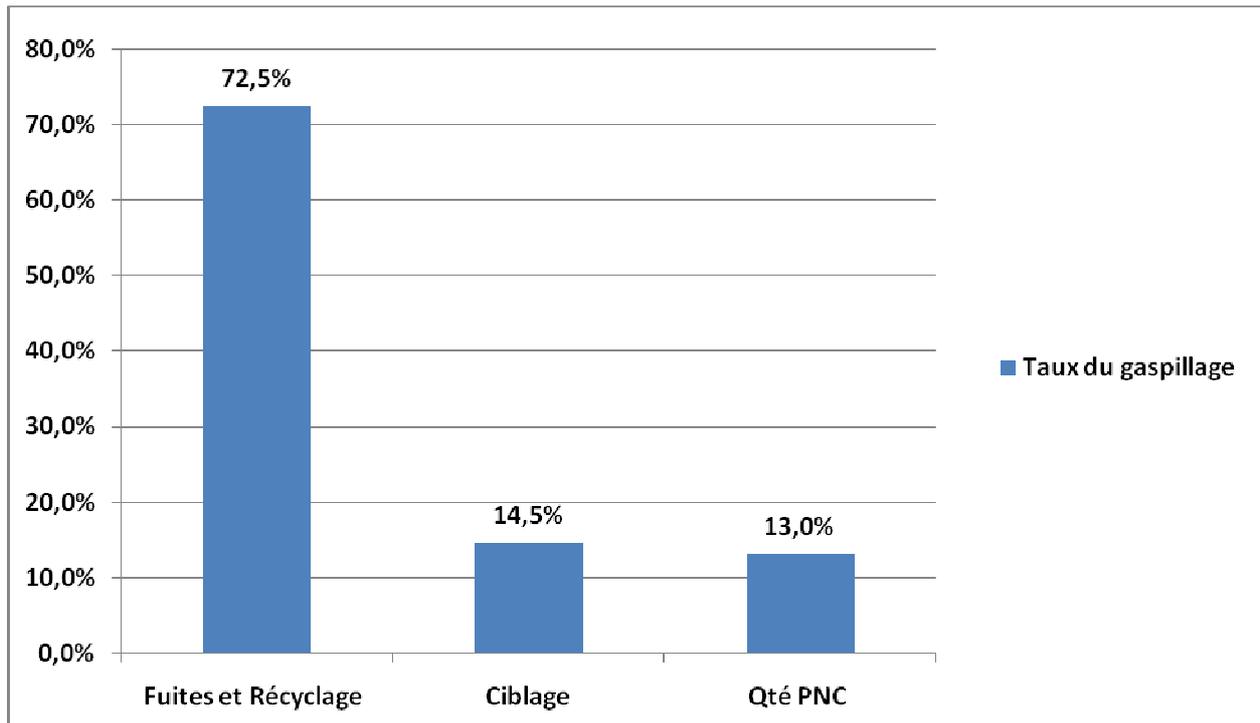


Figure 14: Diagramme de Pareto des causes identifiées

Interprétation

Sur le diagramme de Pareto on peut remarquer que les pertes dues aux fuites/recyclage et aux ciblage représentent 87% d'effet. Le principe de Pareto stipule que 20% des causes donnent 80% d'effet. On a alors décidé de se focaliser sur les pertes dues au fuites/recyclage et au ciblage pour diminuer les

pertes. Dans l'étape 3 de la démarche nous analyserons les fuites et le ciblage afin d'identifier les causes profondes.

III. ANALYSER

Après avoir identifiées les causes ayant le plus d'effet sur le diagramme de Pareto, on a traité chaque cause au cours d'un brainstorming avec tous les membres de l'équipe pour trouver les causes profondes potentielles associées au processus. Ensuite on les a organisées sur le diagramme d'Ishikawa.

1. Diagramme d'Ishikawa des causes

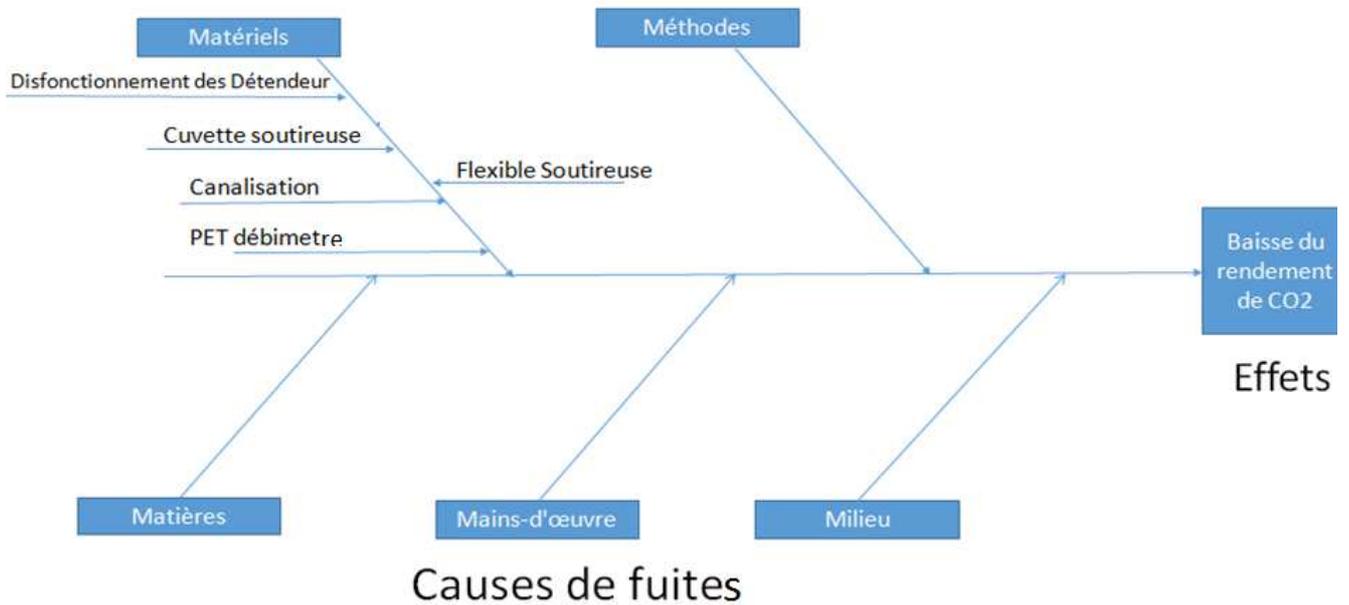
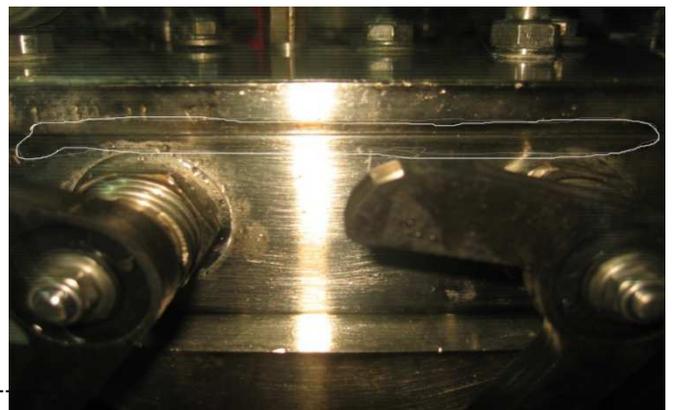


Figure 15: Diagramme d'Ishikawa des fuites

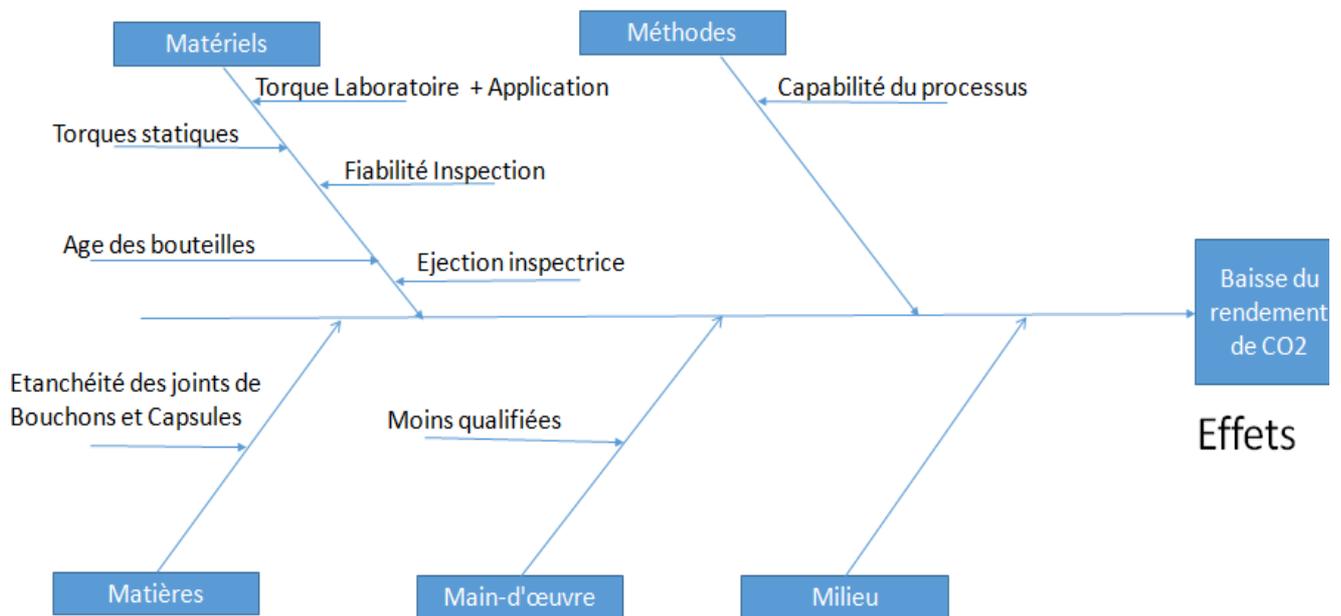
Les causes dues aux fuites sont essentiellement rattaché aux matériels. Les causes profondes potentielles identifiées sont :

- Cuvette soutireuse : pertes de CO₂ au niveau des cuvettes
- Canalisation : les pertes sont possibles au niveau des joints de raccordement des tuyaux.
- PET débitmètre : les lignes de PET sont en arrêt mais les débitmètres enregistrent un passage de flux de CO₂
- Flexible de la soutireuse : le flexible sensé crée l'étanchéité au niveau du couvercle de la soutireuse ne joue pas parfaitement son rôle.

Voici quelques photos décrivant les fuites détecté au niveau de la soutireuse



Faculté des Sciences et Techniques - Fes
Figure 16: Fuite au niveau du joint de la soutireuse



Causes de ciblage

Figure 17: Diagramme d'Ishikawa du ciblage

Causes relatives aux fuites :

- Augmentation de la pression citerne MO : quand la pression dans la citerne dépasse 22 bars il y a un crachâge pour revenir à la normal (<22bars).
- Disfonctionnement des détendeurs : le disfonctionnement des détendeurs peut poser un problème sur la pression de sortie du CO₂



- Cuvette soutireuse : fuite au niveau des parois(les joins).
- Flexible soutireuse : ne crée pas les conditions d'étanchéités
- Canalisation : fuite au niveau des raccordements.
- PET débitmètre : passage de CO₂ vers les lignes de PET en arrêt.

Causes relatives aux ciblage :

- Torque statique : c'est le réglage de l'embaucheuse.
- Fiabilité inspectrice.
- Etanchéité des joins des bouchons et capsules pour couvrir entièrement les bords des bouteilles et empêcher les fuites
- Pré-inspection :
- Age des bouteilles : plus les bouteilles sont vieilles plus le goulot est usé donc il y a fuite.
- Ejection inspectrice : retour à l'entrée de la laveuse.
- Formation des mireurs.
- Torque au laboratoire : contrôle du torque

2. Estimation des gains si les causes profondes sont réglées

Après l'élaboration du diagramme, on à estimer qu'en agissant sur les causes profondes énumérées on pourra diminuer le taux de gaspillage de 50 %. Dans le cas du ciblage nous avons décidé de diminuer la cible de 0.10. Pour Coca-Cola par exemple nous aurions 3.8 au lieu de 3.9. Le tableau ci-dessus illustre le gain obtenu après diminution de 0.10 par apport à la cible pour chaque produit.



Tableau 4: Gain avec une diminution de 0.1 de la cible

Produit	stendard	cible	c STDC G/L	Réel g/L	Q du produit (L)	consommation réel co2	consommation théorique co2	Gaspillage Ciblage (Kg)
Coca-cola	3,75	3,80	7,42	7,52	14540263	109400939	107961453	1439486
Fanta Orang	3,00	3,10	5,94	6,13	3463981	21261918	20576049	685868
Sprite	3,50	3,60	6,93	7,12	2903428	20695640	20120761	574878
Pom's	3,50	3,60	6,93	7,12	1951386	13909483	13523109	386374
Schwipse T	4,00	4,10	7,92	8,11	515352	4183627	4081587	102039
Fanta L	3,00	3,10	5,94	6,13	746442	4581660	4433865	147795
Hawai	2,00	2,10	3,96	4,15	7601763	31608133	30102983	1505149
SchwipsC	3,00	3,10	5,94	6,13	591864	3632861	3515672	117189
						209274264	Total	4 958

Avec une diminution de 0.10 par apport à la cible, le pourcentage de perte du ciblage diminuera de 60%.

Pour les fuites il est difficile de quantifier les pertes. Une commande de détecteur de fuite a été déjà faite et nous estimons qu'avec ce détecteur on pourra réduire les pertes de 50%. L'histogramme ci-dessous illustre les pertes actuelles et les objectifs prévisionnels.

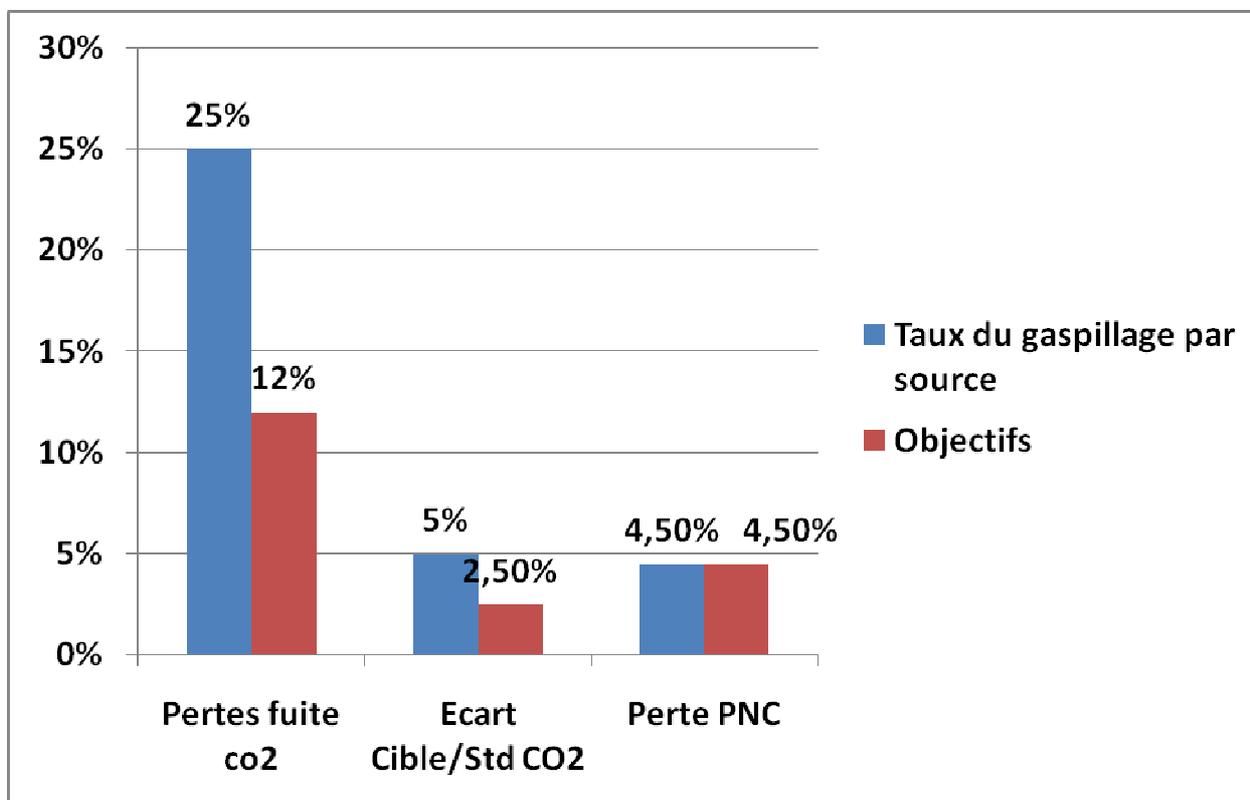


Figure 18: Histogramme illustrant le taux du gaspillage par source et les objectifs

Sur la Figure 20 on a fixé des objectifs de diminution du pourcentage des pertes des fuites et du recyclage.

Si ces objectifs sont atteints, on réduira les pertes de 15.5% et on passera à un rendement annuel de 75%. Le tableau ci-dessous illustre les gains en kg et en MAD de nos objectifs.

Tableau 5: Gain en masse et Dirhams selon nos objectifs

	Taux du gaspillage par source	Pertes actuelles Kg	Objectifs	Gains (Kg)	DH
Pertes fuite co2	25%	89863	12%	44931,5	
Ecart Cible/Std CO2	5%	17972	2,50%	8986	
Perte PNC	4,50%	16175	4,50%		
				53917,5	269587,5



CONCLUSION GENERALE

Le projet CO₂ avait pour but d'améliorer le rendement de consommation du CO₂ des lignes de production de la CBGN Fès. La DMAIC est la démarche Six Sigma employée pour notre projet d'amélioration. Jusqu'à présent nous avons réalisé que les trois premières étapes de la démarche à savoir DEFINIR, MESURER et ANALYSER.

Dans l'étape DEFINIR nous avons établi la déclaration du problème, fixé à 70% l'objectif de consommation à atteindre, élaboré la cartographie du processus opérationnel du CO₂ et mis en place le planning du projet.

Dans l'étape MESURER nous avons :

- tracé la cartographie fonctionnelle du processus CO₂
- tracé la carte d'activité du stockage, du starblend, de la soutireuse et recyclage avec les différents points de prise des données.
- établi le plan de collecte de donnée relatif au processus, réalisé les fiches de collectes de données

Toujours dans la même étape une étude de la corrélation entre les différents paramètres et le rendement du CO₂ avec le logiciel Mini Tab nous a indiqué une absence d'influence des paramètres sur le rendement du CO₂.

Ceci nous a poussés à chercher d'autres causes de pertes en plus des fuites (25%). C'est ainsi que les pertes dues au ciblage (5%), les pertes aux produits non conformes (4.5%) ont été identifiées sur la base des données de 2013. On note dès lors trois causes impactant sur le rendement. Le diagramme de Pareto tracé et a permis de nous focaliser sur le ciblage et les fuites/recyclage.

Dans l'étape ANALYSER nous avons réalisé le diagramme d'Ishikawa de chaque cause, et estimer les gains si les causes identifier sont résolues. Ces gains potentiels sont estimés à 270000 Dh.



Les actions mises en place à partir des trois étapes au sein de la compagnie des boissons gazeuses du nord « CBGN » peuvent être formalisées comme suit :

- ✓ Maitrise des différents surcuits de CO₂.
- ✓ Suivi journalier des paramètres trouvés.
- ✓ Identification des zones de perte.
- ✓ Quantification des pertes.

Les deux dernières étapes de la démarche si elles sont réalisées permettront de mettre en place un plan Lean Manufacturing pour pérenniser et envisager d'éventuelles améliorations. Les causes identifiées dans l'étape analysée permettront de proposer des solutions et des améliorations dans l'étape 4 qui est l'amélioration.

Cependant on a pu identifier des opportunités d'amélioration bénéfiques à l'optimisation de la consommation de CO₂ à savoir :

- le revu de canalisation pour la recherche des fuites
- le réglage des visseuses
- l'élimination des canalisations des lignes de PET.