



## Mémoire De Projet De Fin D'études

*Pour l'Obtention du*

### Diplôme de Mater Sciences et Techniques Spécialité : Ingénierie Mécanique

*Optimisation de la consommation d'eau*

*Présenté par :*

**ABDESSAMAD ZAHIRI**  
**AZIZ SOUAQI**

*Encadré par :*

- **A. Touache, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès**
- **A. Halkhoms, Chef de production, COBOMI**

*Effectué à : Compagnie de boissons marocaines et internationales  
(COBOMI)*

*Soutenu le : 24/06/2015.*

**Le jury :**

- **Mr. A. Touache, FST Fès**
- **Mr. A. El Biyaali, FST Fès**
- **Mme. I. Moutaouakkil, FST Fès**
- **Mr. A. Halkhoms, COBOMI**

**Année Universitaire : 2014-2015**

## **CONTEXTE PEDAGOGIQUE DE PROJET**

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de projet de fin d'études indispensable pour l'obtention du diplôme Master ST – Ingénierie Mécanique délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FST).

## REMIRCIEMENTS

Avant tout, un grand merci à toute notre famille qui nous soutient de façon inconditionnelle non seulement le long de notre parcours scolaire, mais aussi dans notre vie quotidienne.

Nous remercions et nous exprimons notre reconnaissance à notre encadrant à la faculté **ABDELHAMID TOUACHE** pour ses conseils prestigieux, ses remarques, sa disponibilité et son soutien tout au long de la période du stage.

Nous remercions chaleureusement notre encadrant **ABDESLAM ALKHAMS**, chef de production au sien de la société COBOMI, pour sa disponibilité à nous faire partager ses connaissances, son expérience, et n'ayant ménagé aucun effort pour nous initier à la vie professionnelle, par les conseils précieux et les recommandations qu'il nous a prodigués durant toute la période du stage.

Nous sincères remerciements à notre ami BOUAAZZA OUALLAL.

Nos vifs remerciements vont également à l'ensemble des personnels de la station de traitement des eaux:

Mr. BAAZIZ

Mr. TOUTOU

Mr. AZKIRI

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury, qui ont accepté de juger notre travail. Qu'ils trouvent dans ce travail le modeste témoignage de notre haute considération et notre sincère reconnaissance.

Finalement, nous remercions tous les personnes qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

# RESUME

Ce rapport comporte les étapes de développement de notre travail dans le cadre du projet de fin d'études, effectué à l'entreprise COBOMI, dont l'objectif est d'optimiser la consommation d'eau.

La première partie contient une présentation générale du groupe NABC tel que des chiffres clés et son engagement de qualité, puis une présentation de COBOMI qui comporte l'organigramme hiérarchique et les différentes activités de la société ainsi que sa présence dans le marché des boissons et finalement la description du processus de production particulièrement la consommation et le traitement des eaux.

La deuxième partie se compose d'une définition de la méthode DMAIC qui est une méthode standard de résolution des problèmes et les différents outils utilisés dans la gestion du projet à savoir l'outil SIPOC, 5 pourquoi, l'analyse préliminaire des risques (APR) et le diagramme RACI.

La troisième partie est consacrée à la présentation du travail réalisé afin d'optimiser la consommation totale d'eau au sein de la société *COBOMI*. Notre étude est répartie en les cinq phases de la démarche *DMAIC* (*Définir, Mesurer, Analyser, Innover* et *Contrôler*). La première phase contient la charte du projet, la description du processus d'eau par l'outil SIPOC ainsi que la voix du client et le conteur du projet. La deuxième phase est dédiée à la définition du ratio d'eau ainsi que la mesure de sa valeur pour quantifier le rendement actuel d'eau. La troisième phase est consacrée dans le premier niveau à la recherche et la valorisation ainsi que la classification des pertes d'eau et dans le deuxième niveau cette phase sert à déterminée les causes racines des pertes identifiées précédemment. La quatrième phase présente les solutions proposées pour optimiser la consommation d'eau ainsi que l'analyse des risques par l'outil APR et l'élaboration d'un plan d'aide à la mise en place de ces solutions. La cinquième phase contient la mesure du ratio après la mise en place des actions proposées dans la phase «*Innover*».

# Table des matières

CONTEXTE PEDAGOGIQUE DE PROJET .....	i
REMIRCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
Table des matières .....	iv
Introduction générale .....	1
CHAPITRE 1: PRESENTATION L'ORGANISME D'ACCUEIL .....	3
I. Présentation du groupe NABC .....	4
1. Chiffre Clés .....	4
2. Engagement qualité du groupe.....	4
II. Présentation de la Compagnie des Boissons Marocaine et Internationale (COBOMI) .....	5
1. Généralité sur COBOMI.....	5
2. Identification de COBOMI.....	6
3. Organigramme.....	6
4. Implantation de l'usine .....	7
5. Domaine d'activités .....	8
III. Processus de production.....	9
1. Traitement des eaux .....	10
1.1 Procédures de traitement des eaux .....	10
2. Installations de traitement.....	12
2.1 Eau de ville.....	12
2.2 Eau de puits.....	14
3. Siroperie.....	15
4.1 Préparation du sirop simple.....	15
4.2 Préparation du sirop fini .....	16
4. Mise En bouteille .....	16
4.1 Machines utilisées dans le processus d'emballage .....	17
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES METHODES UTILISEES .....	18
1. Introduction .....	19

2. Méthode DMAIC .....	19
3. Supplier Input Process Output Customer (SIPOC).....	20
4. Voix du client (VOC) .....	20
5. 5 Pourquoi .....	20
6. Analyse préliminaire des risques (APR) .....	20
7. Diagramme RACI .....	24
8. CONCLUSION .....	25
Les différents outils et concepts a utilisées dans la résolution du problème de la surconsommation d'eau sont définis et bien déterminer il nous reste que le passage à l'application de ces méthodes. ....	
CHAPITRE 3 : TRAVAIL REALISE.....	26
I. Introduction.....	27
II. Phase définir .....	27
1. Préparation de la charte du projet .....	27
2. Organisation du processus.....	28
3. La voix du client (VOC).....	29
4. Border le projet (Diagramme serpent) .....	29
5. Conclusion.....	30
III. Phase Mesurer.....	30
1. Cartographie globale du réseau d'eau.....	31
2. Compteurs de la consommation totale d'eau .....	33
3. Fiabilité des suivis de la consommation d'eau.....	33
3.1 Compteur général COBOMI.....	33
3.2 Compteur AquaMatch.....	35
4. Ratio d'eau .....	36
4.1 Définition du ratio .....	36
4.2 Ratio par semaine .....	36
4.3 Ratio par mois.....	37
4.4 Calcul du ratio.....	37
4.5 Fiabilité du ratio.....	38
4.6 Ratio total du mois février .....	39
IV. Phase <i>analyser</i> (Recherche des causes) .....	39
1. Causes de la surconsommation d'eau .....	39

1.1	Méthode du bouclage .....	39
1.2	Recherche sur le terrain.....	40
2.	Pertes d'eau dans le processus de production .....	40
2.1	Pertes de la tour SDS.....	40
2.2	Pertes de démarrage DEISA .....	43
2.3	Pertes d'eau de sanitation.....	44
2.4	Pertes d'eau du PROCESS HOTFILL (Pasteurisateur) .....	49
2.5	Pertes d'eau au niveau des rinceuses.....	50
2.6	Pertes dû au lavage des filtres à sable AquaMatch.....	50
2.7	Débordement de la cuve AquaMatch .....	51
3.	Classement des pertes selon le manque à gagner engendré .....	52
4.	Analyse des problèmes .....	53
V.	Phase <i>Innover/Améliorer</i> .....	54
1.	Solutions proposées .....	54
2.	Actions supplémentaires.....	55
2.1	Réutilisation des rejets de l'eau de ville.....	55
2.2	Consommation d'eau lors du nettoyage .....	56
2.3	Mettre en place plus de compteurs .....	56
2.4	Sensibilisation .....	56
3.	Analyse préliminaire des risques (APR) .....	57
4.	Diagramme RACI .....	57
VI.	Phase <i>contrôler</i> .....	57
1.	Ratio d'eau calculé après la mise en place de la première tranche des solutions	57
	CONCLUSION GENERALE.....	59
	BIBLIOGRAPHIE.....	60
	ANNEXES .....	61

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Les différentes sites de NABC.....	5
Figure 2 : Organigramme hiérarchique de COBOMI.....	7
Figure 3 : Plan de l'usine COBOMI.....	8
Figure 4 : Produits fabriqués par la société.....	9
Figure 5 : Le processus de fabrication des boissons.....	10
Figure 6 : Filtre à polisseur.....	11
Figure 7: Osmoseur AquaMatch.....	11
Figure 8 : Membrane de l'osmoseur.....	11
Figure 9 : L'installation DEISA.....	13
Figure 10 : L'installation Osmoseur1.....	14
Figure 11 : L'installation AquaMatch.....	15
Figure 12 : Les constituants du sirop fini.....	16
Figure 13 : Diagramme serpent.....	30
Figure 14 : Cartographie globale du réseau d'eau de COBOMI.....	32
Figure 15 : Compteur général COBOMI.....	34
Figure 16 : Compteur AquaMatch.....	35
Figure 17 : L'emplacement de la tour SDS.....	40
Figure 18 : Schéma de fonctionnement du tour de refroidissement.....	41
Figure 19 : Circuit étude.....	42
Figure 20 : L'emplacement de la vanne du contrôle chimique.....	43
Figure 21 : Les cinq étapes de sanitation.....	45
Figure 22 : Les trois étapes de sanitation.....	45
Figure 23 : Classement des pertes selon le manque à gagner.....	53
Figure 24 : l'évolution du ratio.....	58

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Fiche technique de COBOMI .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 2 : Les abréviations utilisées dans les cartographies .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3 : Charte du projet.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 4 : SIPOC.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 5 : La voix du client du projet.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 6 : Suivi du comportement du ratio .....	38
Tableau 7 : Ratio total du mois février .....	39
Tableau 8 : Les valeurs affichent par les deux compteurs CG et CV .....	42
Tableau 9 : Les valeurs des quantités Q1, Q2 et QT .....	42
Tableau 10 : L'estimation de la perte SDS.....	43
Tableau 11 : Quantité perdue par chaque démarrage DEISA .....	44
Tableau 12 : Quantité perdue par jour et par mois .....	44
Tableau 13 : Quantité consommée par les cinq étapes de sanitation de BIB.....	46
Tableau 14 : Quantité consommée par les trois étapes de sanitation de BIB....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 15 : Quantité consommée par la sanitation Cinq étapes du PROCESS Ciel .....	48
Tableau 16: Suivi de la durée de débordement .....	49
Tableau 17 : L'évolution de la turbidité et la différence de pression des filtres à sable AquaMatch .....	51
Tableau 18 : Les causes racines des pertes d'eau.....	53
Tableau 19 : Matrice des solutions .....	55
Tableau 20 : Analyse des risques .....	57
Tableau 21 : diagramme RACI .....	57

## **LISTE DES ACRONYMES**

**NBAC:** Nord Africa Bottling Company.

**COBOMI :** Compagnie de boissons marocaines et internationales.

**HACCP:** Hazard Analysis Critical Control Points.

**TCCQS:** The Coca-Cola Quality System.

**PET:** Polyéthylène téréphtalate.

**DMAIC :** Définir, Mesurer, Analyser, Innover et Contrôler.

**SIPOC:** Supplier Input Process Output Customer.

**VOC:** Voice Of the Customer.

**APR:** Analyse Préliminaire des Risques.

**RACI:** Responsable, Accountable, Consulted, Informed.

**SDS:** Salle de Dissolution de Sucre.

**BIB:** BAG IN BOX.

**MP:** Matière Premier.

**PF:** Produit Fini.

**CIP:** Clean-In-Place.

**TDE:** Traitement Des Eaux.

**5P :** Cinq Pourquoi.

**KPI :** Key Performance Indicators.

**PH:** Potentiel Hydrogène.

**TDS:** Total Dissolve Solids.

**FI:** Flow Indicator.

**NTU :** Nephelometric Turbidity Unit

**LPF :** Litre de Produit Fini

## Introduction générale

Dans un environnement économique devenu aussi concurrentiel que proactif, les enjeux financiers sont cruciaux. Le prix de vente des produits, dépend de plus en plus de la demande du marché et de la concurrence. Afin de rester compétitives et surtout garantir une marge bénéficiaire convenable sur la vente de leurs produits. Les entreprises industrielles ont pour principal politique la réduction du coût de la production.

Les pertes et les gaspillages de la matière première le long des processus de fabrication est l'un des obstacles qui freinent tout mouvement de l'entreprise vers la performance, la rentabilité et la satisfaction des clients. Ces pertes sont toujours présentes dans l'industrie d'où l'obligation de développer en permanence ces performances de gestion pour les réduire.

Dans l'industrie des boissons, l'eau est une matière première vitale ce qui rend sa gestion stratégique pour l'entreprise. La fonction gestion de la production doit consacrer une bonne partie de ces efforts à l'optimisation de la consommation de l'eau pour réduire au maximum possible les surcoûts dues au gaspillages, ça d'une part et d'autre part, il doit s'assurer que la consommation d'eau ne dépasse pas les limites autorisées par les lois qui gèrent l'exploitation des eaux souterraines.

Dans cette optique d'optimisation de la consommation de l'eau et la conservation des eaux souterraines. La direction de COBOMI a lancé un projet de minimisation des pertes d'eau ayant comme objectif la réduction du ratio d'eau pour atteindre 2.2 litre consommé par litre produit.

Le présent rapport est réparti en trois chapitres:

- Le premier chapitre: sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil.
- Le deuxième chapitre: est dédié à la présentation des outils de gestion utilisés pour la résolution des problèmes.

- Le troisième chapitre : contient le développement de l'étude effectuée pour optimiser la consommation de l'eau au sein de la société COBOMI.
- Nous terminerons par une conclusion qui présentera le bilan du projet.

# **CHAPITRE 1: PRESENTATION L'ORGANISME D'ACCUEIL**

*« Ce chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise d'accueil  
COBOMI, ses différents services, ainsi que son processus de production »*

## **I. Présentation du groupe NABC**

Le Groupe NABC est le leader sur le marché des boissons gazeuses et premier Embouteilleur de Coca-Cola au Maroc, la Nord Africa Bottling Company (NABC) est un holding du groupe Equatorial Coca-Cola Bottling Company (ECCBC), présent sur 12 pays en Afrique dont le Maroc. Nord Africa Bottling Company fut créée le 22/12/2003 suite au regroupement de trois embouteilleurs marocains: Société Centrale des Boissons Gazeuses « SCBG », Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord « CBGN », Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud «CBGS » et de la Société des Boissons Mauritanienne « SOBOMA».

### **1. Chiffre Clés**

Chiffre d'affaires : 2,7 Milliards DH.

Part du marché : 86,4%.

Effectif : 3000 personnes.

Usines : 5 usines de production au Maroc, une usine en Mauritanie.

Centres de distribution : 24 centres

### **2. Engagement qualité du groupe**

NABC est formellement engagée dans un processus qualité. En effet, une politique globale de la qualité est mise en œuvre au sein du groupe. Toutes les ressources nécessaires sont mobilisées afin que ses produits et ses pratiques respectent la qualité, la santé, la sécurité et l'environnement. Son ambition en tant qu'entreprise avant-gardiste est de poursuivre son engagement pour atteindre l'efficacité et l'excellence.

Les réalisations de NABC sur le terrain attestent de sa volonté d'atteindre ce but :

- La CBGS a obtenu en avril 2004 le certificat de SMI (Système Management Intégré) et a réussi les audits de suivi. Elle est également reconnue conforme au référentiel HACCP.
- La CBGN est certifiée SMI et HACCP.
- La SCGB, avec les sites de Casablanca, est reconnue au référentiel HACCP.
- La certification HACCP de COBOMI est en cours de préparation.

La NABC s'engage à satisfaire ses clients, ses actionnaires, son personnel et ses partenaires à travers une démarche intégrée ISO 9001 VS 2000 pour la qualité (norme au système de management de la qualité), ISO 14001 pour l'environnement (norme relative au système de management de l'environnement), OHAS 18001 pour la sécurité et le système TCCQS évolution 3 (système Coca-Cola qui englobe le management de la qualité, de l'environnement, de la santé et de la sécurité au travail).

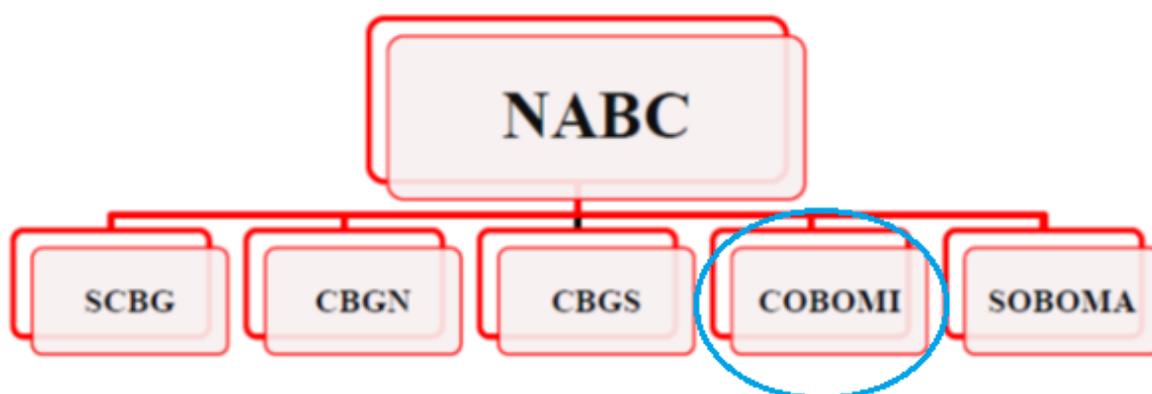


Figure 1 : Les différentes sites de NABC

## II. Présentation de la Compagnie des Boissons Marocaine et Internationale (COBOMI)

### 1. Généralité sur COBOMI

La Compagnie des Boissons Marocaine et Internationale est créée en Juin 1999 par le groupe Castel. En Septembre 2003, elle fut acquise par TCCEC (The Coca Cola Export Corporation), représentant la compagnie en Afrique, et en avril 2005 elle devient filiale du Groupe NABC.

COBOMI dispose actuellement de quatre activités de production, les boissons gazeuses, les jus, l'eau de table et les boissons énergétiques, assurées par huit lignes. L'activité commerciale de COBOMI est scindée en trois grands axes la production et la distribution directe sur le marché (produits Top's et Orangina), la production pour le compte des autres usines concessionnaires du groupe NABC (cannettes, produits CIEL et Miami). Ainsi qu'une partie destinée pour l'export sur quelques pays africains.

COBOMI est la seule entreprise qui produit les boissons gazeuses concentré (Bag In Box), boissons gazeuses en distributeurs utilisées chez Mac Donald's. COBOMI est parmi les plates-formes industrielles principales du groupe NABC au Maroc.

## 2. Identification de COBOMI

Tableau 1 : Fiche technique de COBOMI

<b>Sigle</b>	<b>COBOMI</b>
<b>Forme juridique</b>	Société anonyme
<b>Date de création</b>	JUIN 1999
<b>Secteur d'activité</b>	Agroalimentaire
<b>Superficie</b>	13.5 Hectares
<b>Effectif</b>	Environ 1000 salariés
<b>Capital</b>	521.889.000 Dirhams
<b>CNSS</b>	6282644
<b>Patente N°</b>	33007260
<b>Identification fiscale</b>	1660911
<b>Téléphone</b>	522538318
<b>Fax</b>	522538348
<b>Directeur du site</b>	JULIEN VINCENT
<b>Adresse</b>	Technopole Aéroport Mohamed V

## 3. Organigramme

L'organigramme est un schéma qui représente la structure de l'entreprise, c'est-à-dire son type d'organisation. Il permet de visualiser la répartition des tâches, les différents postes, le niveau hiérarchique et les responsabilités correspondantes.

La structure de l'organigramme peut se représenter de la façon suivante:

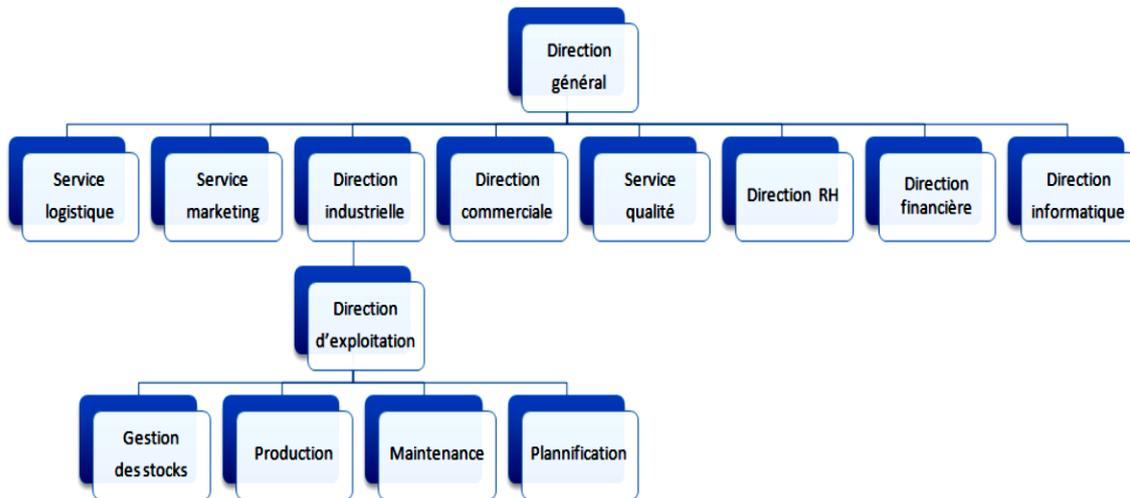


Figure 2 : Organigramme hiérarchique de COBOMI

#### 4. Implantation de l'usine

COBOMI dispose actuellement de 8 lignes de production.

- 2 lignes de mise en bouteille des jus.
- 2 lignes de mise en bouteille des boissons gazeuses PET.
- 1 ligne de mise en bouteille des boissons gazeuses cannette 33cl.
- 1 ligne de mise en bouteille des boissons gazeuses et boisson énergétique cannette 25cl
- 1 ligne de mise en bouteille des sirops concentrés (BAG IN BOX).
- 1 ligne de mise en bouteille de l'eau de table.

L'alimentation de chaque ligne de conditionnement en sirop fini est faite par un atelier de siroperie, également pour l'eau, l'usine dispose d'une station de traitement des eaux. Bien évidemment, l'usine dispose d'un atelier de maintenance pour effectuer les opérations correctives lors d'une panne ainsi pour les actions de révision.

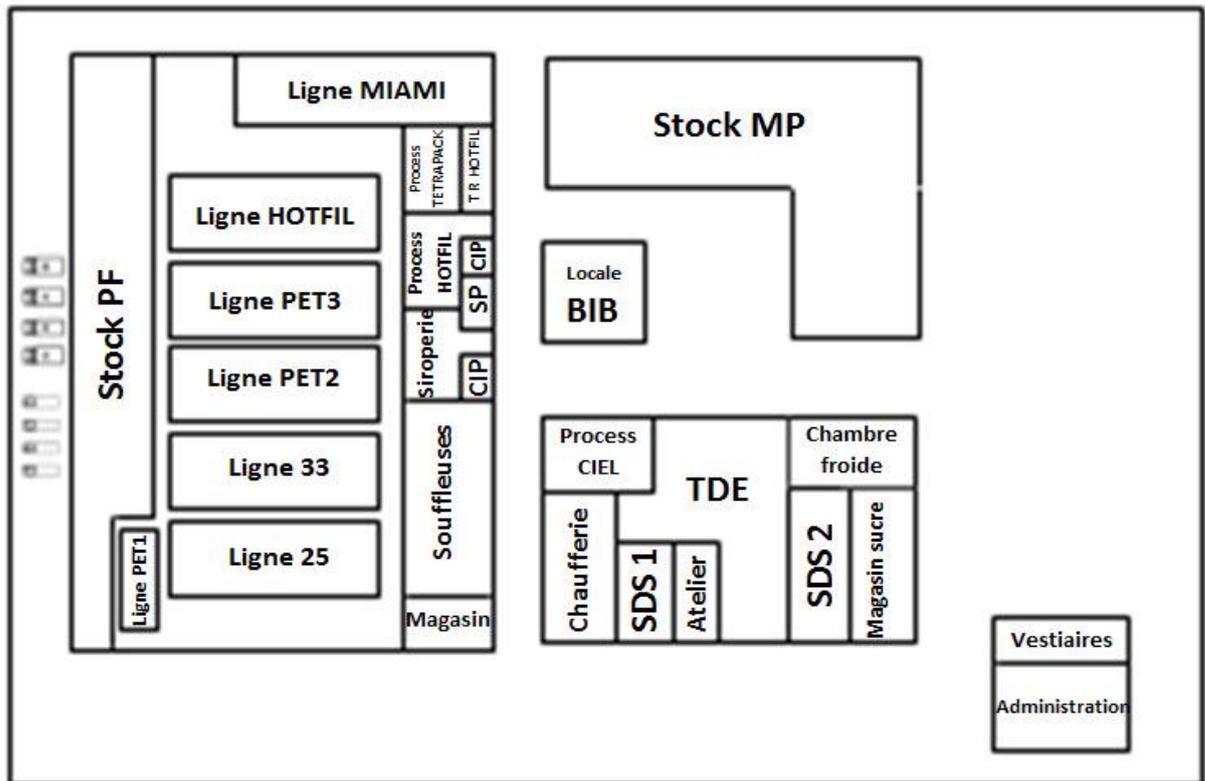


Figure 3 : Plan de l'usine COBOMI

## 5. Domaine d'activités

COBOMI opère sur 4 segments distincts :

- Les boissons gazeuses : Coca-Cola, Fanta, Sprite, Schweppes, Hawaiï, Pom's et Orangina.
- Les eaux de table : CIEL et Bonaqua Still.
- Les jus de fruit : Miami et Pulpy.
- Boissons énergétiques : Burn.



Figure 4 : Produits fabriqués par la société

### III. Processus de production

Afin de mieux comprendre le sujet du projet, il est nécessaire de se concentrer sur le processus de production et précisément le processus de traitement des eaux. Pour cela ce paragraphe comporte toutes les tâches principales et secondaires du processus de production, ainsi que les machines et les outils de production à chaque étape.

Le processus de production COBOMI se décompose en trois tâches principales :

- **Le traitement des eaux:** Dont le but est d'éliminer tous les constituants d'impureté susceptible d'affecter le goût et l'aspect du produit.
- **La siroperie:** Qui sert à la production du sirop en commençant par un sirop simple auquel on ajoute plusieurs ingrédients pour en fin donner un sirop fini.
- **Mise en bouteille (bouteilles plastique, cannettes, carton):** Comme son nom l'indique, cette opération consiste à mettre chaque produit fini dans son emballage.

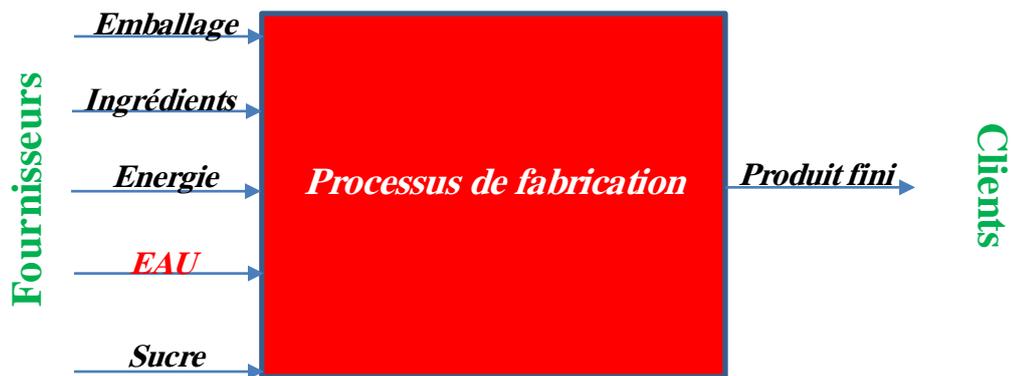


Figure 5 : Le processus de fabrication des boissons

## 1. Traitement des eaux

L'eau suit un parcours bien précis au cours duquel elle est utilisée plusieurs fois, et ceci dans le but d'en optimiser l'utilisation. Tout d'abord, pour répondre aux exigences de qualité, l'eau est traitée avant son utilisation. La station de traitement des eaux constitue le point de départ du processus de production. Il est chargé d'alimenter l'usine par l'eau traitée nécessaire à la fabrication des boissons (Dissolution de sucre, préparation de sirop fini...), au rinçage des emballages, à la sanitation des cuves de préparation et des circuits de canalisations des produits à chaque changement de parfum, ainsi que pour l'alimentation du service chaufferie (chaudières et les tours de refroidissement).

Le traitement des eaux consiste à éliminer les impuretés susceptibles d'affecter le goût et l'aspect des produits finis. Cette opération est assurée soit par l'injection des produits chimiques soit par l'utilisation des filtres.

### 1.1 Procédures de traitement des eaux

Le traitement des eaux est assuré par l'application de nombreuses technologies de filtration et de stérilisation des eaux qui sont présentées ci-dessous.

#### 1.1.1 Mécanismes de filtration

**Filtre à sable:** C'est une cuve remplie d'un sable typique, ce filtre est destiné au prétraitement qui consiste à purifier l'eau de toutes les matières en suspension qui ont une taille relativement grande.

**Filtre à polisseur** : c'est un mécanisme de filtration qui contient des tubes de polisseur conçu à réaliser une opération de filtration, l'eau à travers ces tubes, l'eau entre par la surface extérieure vers l'intérieur du tube pendant ce passage entre les deux milieux les matières non désirées seront attrapées par les couches du tube.



Figure 6 : Filtre à polisseur

**Osmoseur** : La filtration de l'eau par l'osmoseur est une procédure entraînée par la haute pression générée par les pompes. Dans cette technique, l'eau sous pression doit traverser une membrane poreuse qui sert à séparer l'eau de la majorité des matières en suspension.



Figure 7: Osmoseur AquaMatch.



Figure 8 : Membrane de l'osmoseur.

**Filtre à charbon** : Une cuve remplie du charbon sert à la décoloration de l'eau et l'élimination du chlore.

**Stérilisateur ultraviolet** : Un cylindre d'acier inoxydable qui contient un transformateur de l'énergie électrique en rayons ultraviolets qui servent à tuer ou à bloquer la croissance des bactéries survivantes après la stérilisation chimique.

### 1.1.2 Produits chimiques utilisés

L'utilisation des produits chimiques est indispensable dans le processus du traitement des eaux. Ils servent à stériliser les eaux stockées, à améliorer le PH et à agglomérer les petites particules non désirées pour faciliter leur filtration.

Les produits chimiques utilisés sont :

- Hypochlorite de sodium javel 46
- Acide chlorhydrique
- Meta bisulfite
- Caltech 255
- Osmotech 2101
- Osmotech 2202

## **2. Installations de traitement**

COBOMI est équipée de trois installations de traitement des eaux, une pour le traitement de l'eau de ville destiné à la fabrication des jus, une pour le traitement de l'eau de ville destiné à la préparation de l'eau de table et une troisième installation conçue pour le traitement de l'eau de puits utilisée dans le processus de fabrication des boissons gazeuses.

### **2.1 Eau de ville**

COBOMI s'approvisionne de l'eau de ville à partir du réseau Lydec à travers une conduite qui alimente la station de traitement des eaux (TDE) et les vestiaires (voir la cartographie globale du réseau d'eau figure 14). Après son arrivée à la station, l'eau de ville se traite sur deux installations, l'une connu sous le nom DESIA (relativement au constructeur) et l'autre sous le nom OSMOSEUR1.

#### **2.1.1 DEISA**

L'alimentation de DEISA par l'eau de ville ce fait de deux manières soit directement par la conduite principale qui vient de Lydec soit par le bassin de stockage de l'eau de ville. L'installation DEISA est constituée d'un ensemble des filtres enchaîné entre eux par des conduites et des cuves de stockage et bien évidemment des pompes d'entraînement (ordinaire, haute pression). Le processus de traitement commence par une préfiltration sur deux filtres à sable en parallèle. La quantité d'eau traitée passe dans une cuve de stockage chlorée. L'alimentation du filtre à polisseur se faite à l'aide de deux pompes haut débit placées en parallèle. Avant la filtration par les membranes de l'osmoseur, l'eau est soumise à une autre opération de filtration par un type des filtres nommé BIG ONE, à l'aide du pression exercée sur l'eau traitée, après son passage par l'osmoseur, elle est dirigée vers une autre cuve de stockage chlorée, en cas de

besoin une pompe s'occupe de la passer à travers une autre phase de filtration commençant par un filtre à charbon puis un filtre à polisseur calibre 1 $\mu$ .  
Dernièrement, on réalise la stérilisation par des rayons ultraviolets.

Le tableau ci-dessous contient la signification des abréviations utilisées dans les cartographies des installations de traitement d'eaux figures 9, 10 et 11.

Tableau 2 : Les abréviations utilisées dans les cartographies

Abréviations	Signification
F S	Filtre à sable
F P	Filtre à polisseur
F BG	Filtre à BIG ONE
F CH	Filtre à Charbon
UV	Stérilisateur ultraviolet
VT	Eau de ville traitée
P HP	Pompes à haute pression

L'installation DEISA est représentée dans le schéma suivant

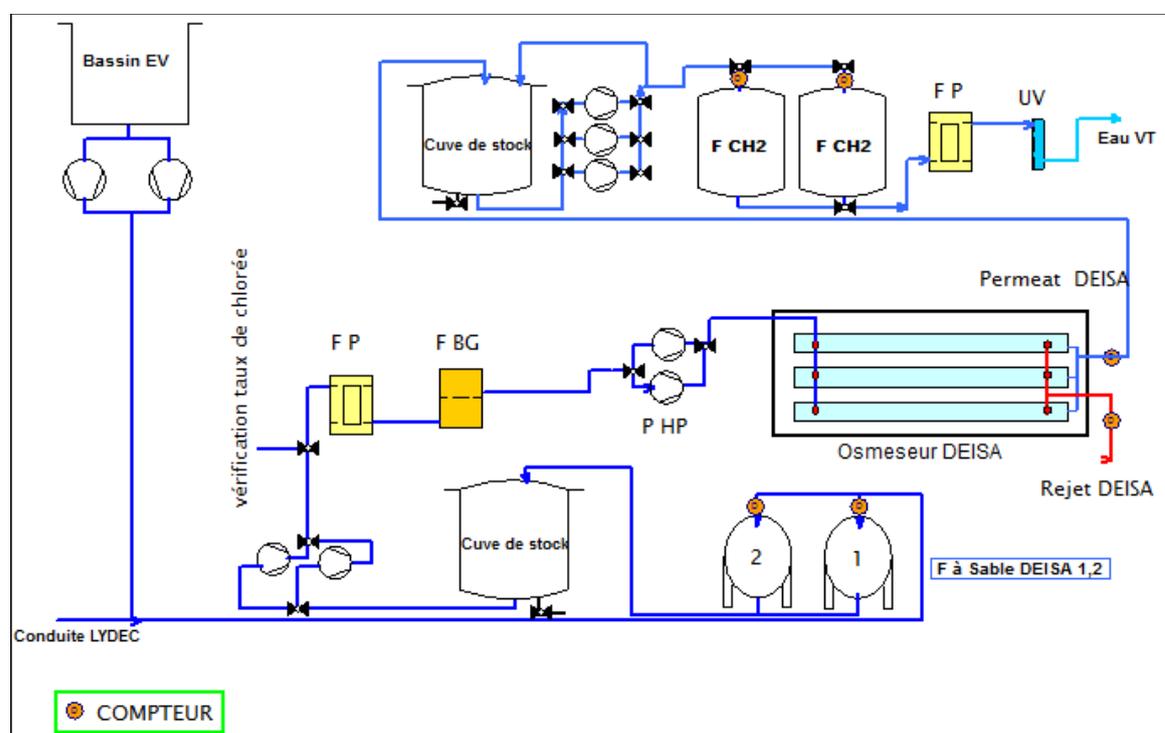


Figure 9 : L'installation DEISA

### 2.1.2 Osmoseur1

Cette installation est réservée au traitement d'eau de ville destiné à la production de l'eau de table, il s'alimente directement par le bassin de stockage. Son processus de traitement est semblable à celui de DEISA.

Le processus de traitement de l'osmoseur1 est présent dans la cartographie ci-dessus

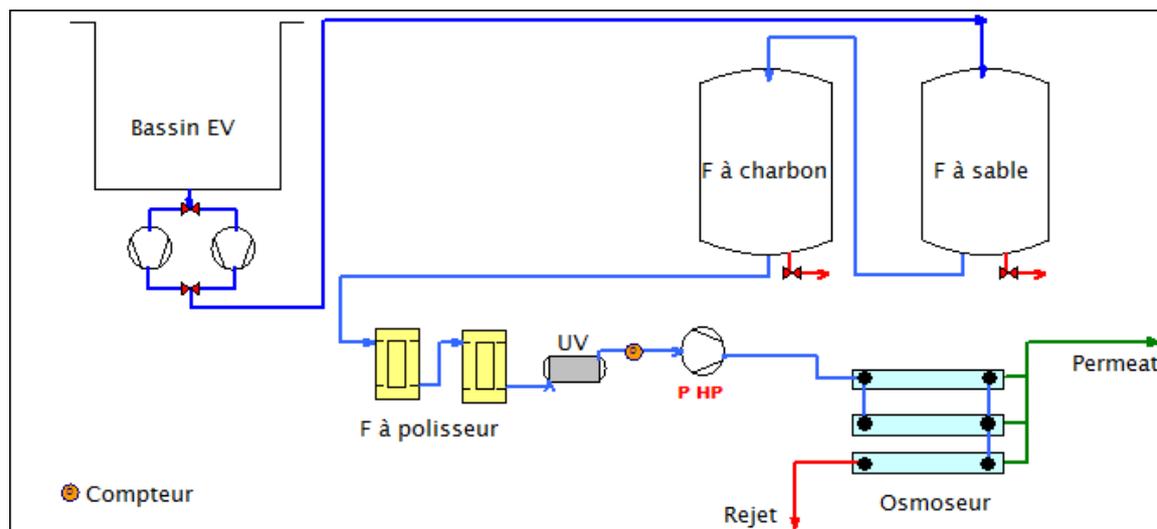


Figure 10 : L'installation Osmoseur1

## 2.2 Eau de puits

### 2.2.1 AquaMatch

AquaMatch est conçu de manière à s'adapter avec les caractéristiques de l'eau de puits. L'alimentation de cet équipement est assurée à l'aide d'une pompe haut débit installée sur le bassin de stockage.

Les mécanismes utilisés dans l'installation AquaMatch sont les mêmes que dans DEISA et osmoseur1 avec quelques différences au niveau des dimensions. Son processus de traitement se compose lui aussi d'une étape de pré filtration sur les filtres à sable puis une deuxième étape sur les filtres à polisseur et finalement la filtration par les membranes de l'osmoseur. Le processus de traitement AquaMatch est expliqué dans la cartographie figure 11.

L'osmoseur AquaMatch contient trois types de membrane chaque type à un degré de perméabilité pris. L'enchaînement des membranes suit un ordre décroissant du degré de perméabilité tel qu'à l'entrée, on trouve les membranes les plus perméables et à la sortie les moins perméables.

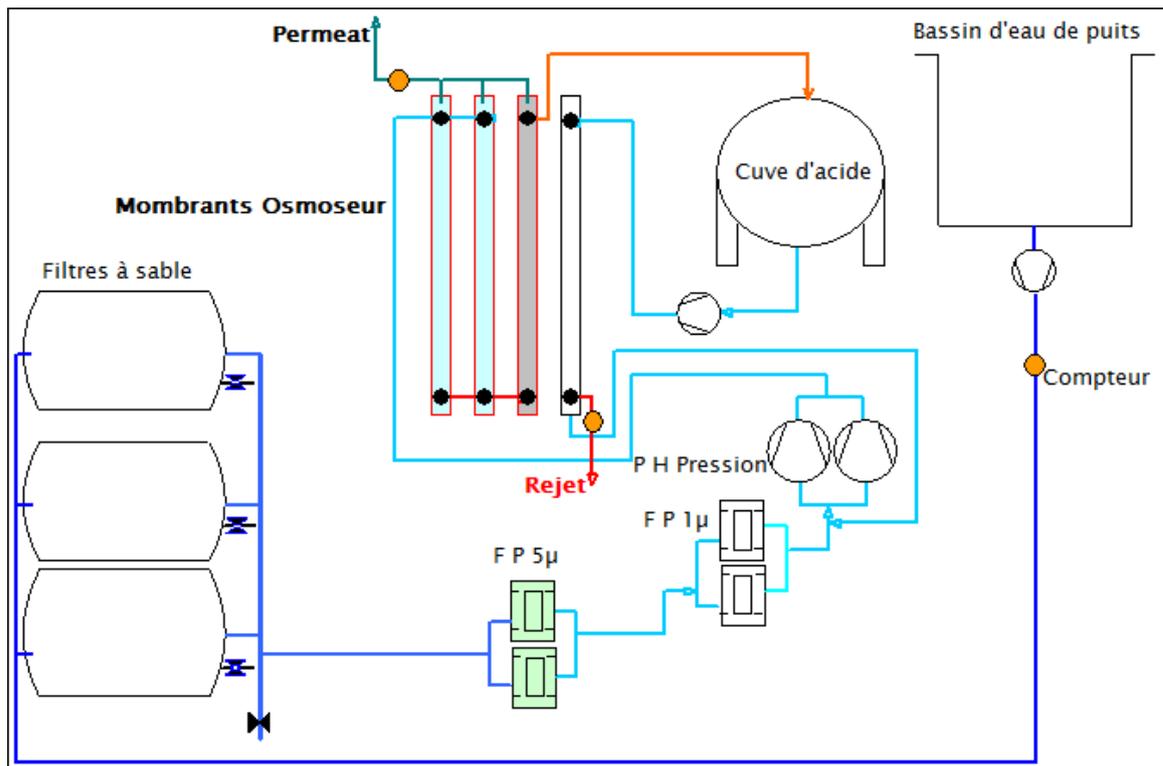


Figure 11 : L'installation AquaMatch

### 3. Siroperie

La préparation du sirop est une étape principale dans le processus global de production des boissons (boissons gazeuses, jus), cette étape peut se décomposer en deux sous étapes :

- Préparation du sirop simple
- Préparation du sirop fini

#### 4.1 Préparation du sirop simple

L'eau traitée et le sucre constituent la matière première de cette préparation, le mélange de ces deux constituants est soumis à une température entre 70 et 75°C pendant 40 min afin de favoriser la dissolution du sucre et la pasteurisation du mélange. On ajoute aussi des quantités bien définies du charbon actif en poudre qui permet de clarifier le mélange et d'éliminer également les mauvaises odeurs. Après plusieurs étapes de traitement, on obtient le mélange qui s'appelle sirop simple.

## 4.2 Préparation du sirop fini

La préparation du sirop fini est la dernière étape du processus de fabrication des produits. Elle consiste à mélanger les quatre produits arrivant à la salle de préparation du sirop fini. Les composants du sirop finis sont présentés dans le schéma ci-dessous

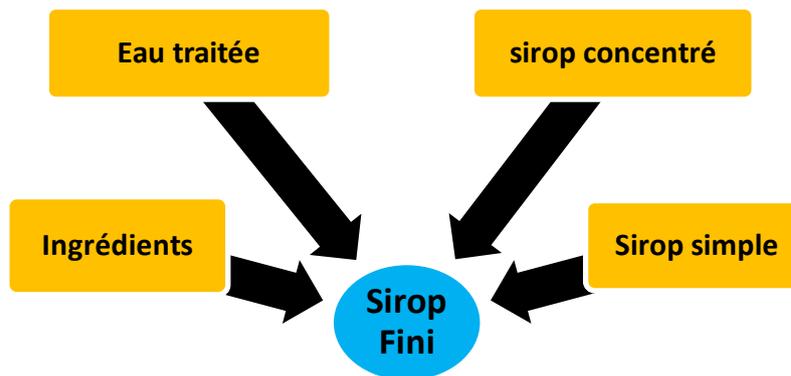


Figure 12 : Les constituants du sirop fini

A partir du schéma précédent le sirop fini est obtenu par le mélange des quatre éléments sirop concentré, Sirop simple, Ingrédients et Eau traitée. Le contrôle des dosages de ces éléments est réalisé à l'aide d'instruction de préparation de chaque sirop fini et à l'aide des examens de contrôle qualité après chaque étape.

## 4. Mise En bouteille

Le processus de remplissage des produits finis varie selon le type des emballages utilisé et selon les produits finis en question. En général, l'usine utilise quatre catégories d'emballage.

- Les bouteilles en plastique PET pour le remplissage de l'eau de table, les boissons gazeuses et le jus (Plupy).
- Les caisses en carton pour le remplissage des jus (Miami)
- Les caisses en plastique pour les boissons gazeuses concentré
- Les canettes métalliques pour les boissons gazeuses et énergétiques.

#### 4.1 Machines utilisées dans le processus d'emballage

Les machines les plus utilisées dans le processus d'emballage sont les suivantes:

- **La souffleuse** : Est destinée à fabriquer des bouteilles PET, Les préformes sont conduites vers la machine de fabrication par un élévateur en escalier, à l'entrée de la machine, les préformes subissent un chauffage dans un four qui contient des lampes à infrarouge, qui fixent les préformes et les fait tourner tout au long du four, pour qu'elles se ramollissent. A la sortie du four, une pince attrape la tête de la préforme et la conduit vers le moule muni d'une tige d'élongation qui entre dans la préforme pour lui donner la hauteur prévue. La préforme subit ensuite un pré-soufflage avec une pression de 7 bars, pour préparer la matière à subir une haute pression (40 bars) lors du soufflage. A la fin, les bouteilles sortent du moule et subissent un dégazage à l'air libre, et une fois soufflées, elles seront acheminées par un convoyeur vers la rinceuse
- **Rinceuse** : Dotée de pompes d'injection qui permettent de rincer les bouteilles.
- **Sou tireuse**: Elle sert au remplissage automatique et bouchage des emballages.
- **Etiqueteuse** : À l'aide d'un système mécanique, les colles sont injectées sur les étiquettes qui seront collées sur les récipients.
- **Dateuse** : La date de production, et la date d'expiration sont inscrites sur les bouchons des bouteilles.

## **CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES METHODES UTILISEES**

*«Ce chapitre sera consacré à la définition des outils et méthodes exploités pour atteindre les objectifs du projet »*

## 1. Introduction

Réussir à réaliser un projet est un travail qui nécessite premièrement une démarche ou une stratégie globale qui détermine les grandes lignes ou les étapes du projet. Deuxièmement, la gestion de chaque étape peut faire l'objectif de plusieurs méthodes d'organisation. Troisièmement, l'identification et l'élimination des causes potentielles de chaque situation ou de chaque problème demandent l'application de certains outils de recherche des causes.

Le choix de la méthodologie du travail et les outils à appliquer durant la réalisation du projet est fortement liée à la nature et le demain du problème traité et les objectifs recherchés.

Pour réussir à mettre en œuvre des actions d'amélioration pertinentes, nous avons fait appel à plusieurs outils que nous allons présenter dans ce chapitre.

## 2. Méthode DMAIC

DMAIC est une approche en cinq étapes qui composent la trousse d'outils Six Sigma qui a pour objectif améliorer, optimiser et stabiliser les processus de production et des conceptions. DMAIC offre des performances sans défaut soutenu et des coûts de qualité très compétitifs sur le long terme. Cette méthode n'est pas exclusive à Six Sigma et peut être utilisée comme cadre pour d'autres applications de la résolution des problèmes.

Les cinq étapes DMAIC sont, Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et contrôle.

- a. **Définir** : les clients, leurs besoins de produits et de services, et leurs attentes, leur critère de la qualité (VOC) et le processus en question. Définir les limites du projet, la cartographie processus et les flux.
- b. **Mesurer** : les indicateurs de la performance du processus
- c. **Analyser** : les données recueillies et cartographie des processus pour déterminer les causes racines des défauts.
- d. **Améliorer** : le processus cible en concevant des solutions créatives pour résoudre et prévenir les problèmes.

- Créer des solutions innovatrices qui en utilisant la technologie et de la discipline.
- Développer et déployer un plan de mise en œuvre.
- e. **Contrôler** : les améliorations à maintenir le processus sur le nouveau cours.
  - Empêcher revenir en arrière à la "ancienne».
  - Exiger le développement, la documentation et la mise en œuvre d'un plan de surveillance continue.
  - Institutionnaliser les améliorations grâce à la modification des systèmes et des structures (Personnel, formation, incitations...).

### 3. Supplier Input Process Output Customer (SIPOC)

Le SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) est un outil utilisé dans l'étape Définir du DMAIC, il consiste à déterminer les fournisseurs, les entres, les sorties et les clients du processus qu'on veut améliorer.

SIPOC est présenté sous forme d'une carte ou d'un tableau qui décrit le processus en détails dû les fournisseurs jusqu'aux derniers clients.

### 4. Voix du client (VOC)

VOC (Voice of the Customer) ensemble de techniques visant à déterminer ce qui compte pour les clients (interne, externe) et comment traduire ces besoins et ces contraintes en paramètres mesurable pour les satisfaire.

### 5. 5 Pourquoi

Les 5 pourquoi se pratiquent dans le cadre d'un groupe de travail. C'est un outil de questionnement systématique qui permet de remonter aux causes premières d'un dysfonctionnement ou d'une situation observée. Cet outil facilite la recherche de solutions efficaces de manière à traiter une situation insatisfaisante (Qualité, sécurité, délais, coût...).

### 6. Analyse préliminaire des risques (APR)

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode d'identification et d'évaluation des risques au stade initial de la conception d'un système. À partir de l'ensemble des dangers auxquels le système est susceptible d'être exposé tout au long de sa mission, l'APR a pour objectif : l'identification, l'évaluation, la

hiérarchisation et la maîtrise des risques qui en résultent. Elle peut être aussi utilisée avec profit pendant toute la durée de vie de ce système.

L'APR d'un système couvre l'identification :

- des incertitudes sur sa mission.
- des dangers auxquels il peut être confronté.
- des situations dangereuses dans lesquelles il peut se retrouver volontairement ou à son insu.
- des scénarios conduisant à des événements redoutés.
- des conséquences sur le système et son environnement.
- des traitements de maîtrise des risques.

Les domaines d'applications sont nombreux, et l'APR peut être réalisée sur toute activité industrielle, militaire, financière, sanitaire, environnementale, à quelque niveau que ce soit (mission, système, composants, etc.).

#### *a La criticité de l'analyse des risques*

**Criticité C :** La criticité est calculée par le produit des trois indices la gravité, la fréquence d'apparition et non détection, elle est donnée par la relation  $C=G \times F \times D$  qui permettra de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur au seuil prédéfini. Dans le cas le plus souvent, le seuil de criticité varie en fonction des objectifs de fiabilité ou des technologies traitées.

**Gravité G :** C'est la gravité des effets de risque en terme de : pertes de productivité (arrêt de production, défaut de qualité), Coût de la maintenance, Sécurité et environnement. Le tableau présente les indices de G selon le niveau de la gravité.

Niveau de gravité	indice	Définition
<b>Gravité très faible</b>	<b>1</b>	Défaillance mineure aucune dégradation notable du matériel. N'engendre pas d'arrêt de production. Temps d'intervention inférieur à <b>1h</b> .
<b>Gravité faible</b>	<b>2</b>	Défaillance moyenne qui n'engendre pas un arrêt de la production. Mais qui a une incidence sur la cadence. Temps d'intervention compris entre <b>1h et 4h</b> .
<b>Gravité moyenne</b>	<b>3</b>	Défaillance majeure qui n'engendre pas un arrêt de la production mais qui a une incidence significative sur l'état de la machine ou sur la cadence de la production. Temps d'intervention compris entre <b>4h et 8h</b> .
<b>Gravité forte</b>	<b>4</b>	Défaillance grave nécessitant une grande intervention. Temps d'intervention compris entre <b>8h et 12h</b> .
<b>Gravité catastrophique</b>	<b>5</b>	Défaillance pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes. Temps d'intervention supérieur à <b>12h</b> .

**Fréquence d'apparition F :** relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance. Cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. Le tableau suivant présente les indices de F selon le niveau de fréquence.

Niveau de fréquence	indice	Définition
<b>Défaillance très rare</b>	<b>1</b>	Le défaut n'est jamais survenu
<b>Défaillance rare</b>	<b>2</b>	La fréquence du défaut est apparue <b>une fois par ans</b> .
<b>Défaillance possible</b>	<b>3</b>	La fréquence du défaut est apparue <b>une fois par mois</b> .
<b>Défaillance fréquente</b>	<b>4</b>	La fréquence du défaut est apparue <b>deux fois par mois</b> .
<b>Défaillance très</b>	<b>5</b>	La fréquence du défaut est apparue <b>plus de deux</b>

<b>fréquente</b>		<b>fois par mois.</b>
------------------	--	-----------------------

**Non détection D :** Probabilité de non détection d'une défaillance avant qu'elle ne produise l'effet. Le tableau suivant présente les indices de D selon le niveau de probabilité de non détection.

Niveau de probabilité de non détection	indice	Définition
Détection évidente	1	Les dispositions prises assurent une <b>détection totale</b> de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
Détection possible	2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La <b>détection est exploitable</b> .
Détection improbable	3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. La <b>détection est faible</b> .
Détection impossible	4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas <b>sans détection</b> .

## 7. Diagramme RACI

Donne une vision simple et claire de qui fait quoi dans le projet, en permettant d'éviter une redondance de rôles ou une dilution des responsabilités. Par exemple.

- la responsabilité d'approbation «A» doit être attribuée à une seule personne au sein d'une activité,
- tandis que plusieurs personnes peuvent être responsables «R» de son exécution; Il devrait y avoir au moins un «R» par activité.

La plupart du temps la personne qui approuve l'activité, «A», est le supérieur hiérarchique de celle qui la réalise, «R».

### Démarche d'utilisation:

Les lignes de la matrice référencent les activités identifiées, et les colonnes les rôles (personnels impliqués par métier). Dans chaque cellule [activité ; rôle] figure la lettre «R», «A», «C» ou «I», où l'acronyme anglais RACI signifie

1. R : responsable.

2. **A** : accountable (On utilise aussi parfois le terme approver).
3. **C** : consulted.
4. **I** : informed.

La traduction française peut être:

1. **R** : responsable.
2. **A** : acteur.
3. **C** : consulté.
4. **I** : informé.

## **8. CONCLUSION**

Les différents outils et concepts à utilisées dans la résolution du problème de la surconsommation d'eau sont définis et bien déterminer il nous reste que le passage à l'application de ces méthodes pour atteindre le résultat souhaité.

## CHAPITRE 3 : TRAVAIL REALISE

*« Ce chapitre est dédié à la présentation des étapes et le contenu du travail effectué pour traiter la problématique de la surconsommation d'eau »*

## **I. Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons voir les différentes étapes effectuées lors de ce projet. En effet, nous avons fait appel à la démarche DMAIC. C'est une méthode de résolution de problème en cinq étapes comme nous l'avons présenté au chapitre précédent.

## **II. Phase définir**

La surconsommation d'eau dans le processus de production affecte l'environnement socioéconomique de l'entreprise et les bassins-versants (eau de puits) la cause pour laquelle, le site de production COBOMI a lancé un projet d'optimisation de la consommation d'eau tout en maintenant la capacité de production et la satisfaction des clients.

Après avoir entériné la décision de réaliser ce projet, il faut à présent déterminer les contours, les objectifs et les contraintes du projet.

La première étape de la démarche DMAIC se décompose essentiellement en quatre parties.

- La préparation de la charte du projet
- L'organisation du processus
- La synthèse de la voix du client
- Les limites du projet

### **1. Préparation de la charte du projet**

La charte du projet (tableau 3) est un formulaire résumant tout ce qui doit être réalisé lors du projet, par qui cela doit être fait, les jalons et délais d'exécution des tâches, les objectifs du projet et les gains.

Tableau 3 : Charte du projet

Charte du Projet		
Nom du projet	Code du Projet	Début & Fin du Projet
Optimisation de la Consommation de l'Eau	/	11/02/2015 à 31/05/2015
Leader du Projet	ABDESLAM HALKHAMS	Sponsor du Projet JULIEN VINCENT
Membres du Projet	KPI	Manque à gagner
ABD ESSAMAD ZAHIRI AZIZ SOUAQI	Ratio d'eau : 3,04	1600 KDH
Vue Globale du Projet	Objectif	
Réduire le ratio d'eau	Atteindre un ratio de 2,2	
Champs du Projet	Hors champ du Projet	
Processus de production	Gestion de stock	
Jalons du Projet	Dépendances	
Définir: 11/02/2015 à 02/03/2015 Mesure: 02/03/2015 à 28/03/2015 Analyse: 09/03/2015 à 11/04/2015 Innover: 13/04/2015 à 15/05/2015 Contrôler: 15/05/2015 à 31/05/2015	/	
	Autres parties prenantes et zones affectés par le projet	
	Vestiaires	

**Remarque :**

La valeur du ratio utilisé dans la charte du projet est la moyenne des ratios des trois mois janvier, février et mars.

## 2. Organisation du processus

Pour se donner toutes les chances de localiser les problèmes, il faut pouvoir décrire le processus en partant du fournisseur (entrées) jusqu'aux clients (Sorties).

Tableau 4 : SIPOC

Fournisseurs	Entrées	Processus	Sorties	Clients
Lydec	EV brute	Traitement Stockage Distribution	Eau de ville traitée par OSMESEUR1	PROCESS CIEL, Tour de refroidissement HOT FILL
			Eau de ville traitée par DEISA	PROCESS JUS, SDS et Cuve de rinçage
Puits	EP brute		Eau de puits traitée	Siroperie, Lignes (PET1, PET3, 25 ,33), Tours, Chaudière et Cuves de sanitation

### 3. La voix du client (VOC)

La voix du client est obtenue par plusieurs manières dans les entreprises, mais dans notre projet, c'est sous forme de brainstorming que cela est effectué.

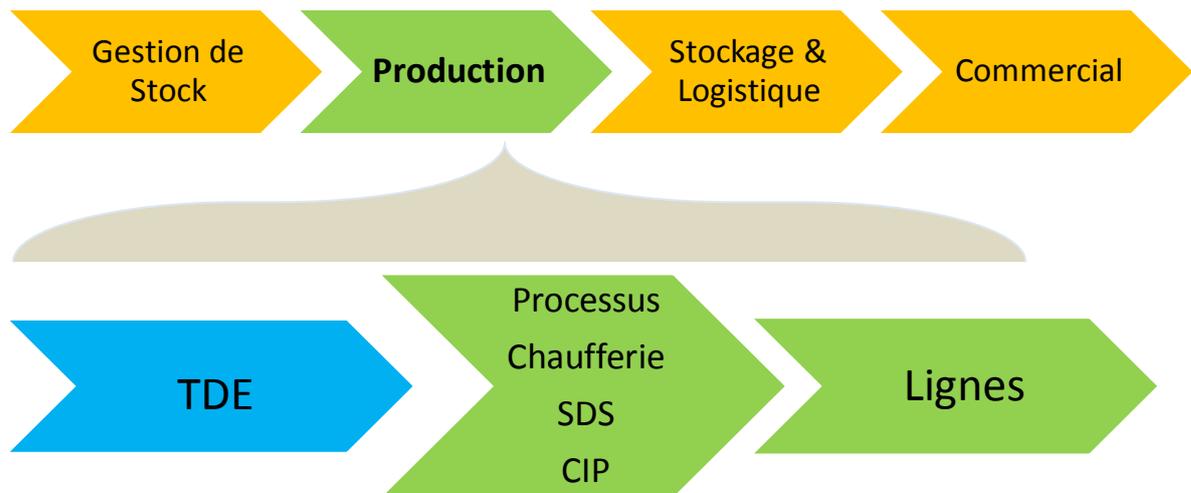
La voix du client est formulée sous forme d'un tableau qui regroupe les clients de notre projet ainsi que ces besoins (B) ou ces contraintes (C) et les caractéristiques ou les indicateurs sur lesquels il faut agir pour les satisfaire.

Tableau 5 : La voix du client du projet

Clients	Besoins	Exigences	Caractéristiques	Spécification
Service production	Réduction des coûts de production (B)	Eliminer les gaspillages	Ratio total	$\leq 2,2L/LPF$
Service production	Produire la quantité programmée (C)	La quantité d'eau traitée	Quantité	Varie selon la production
Service qualité	Respecter les normes de la qualité (C)	La qualité de l'eau	TDS, PH	PH = 7 TDS $\leq 500$ mg/l

### 4. Border le projet (Diagramme serpent)

Le Diagramme serpent (figure 13) permet de border le projet et de situer les zones de notre étude de l'optimisation de la consommation d'eau le long du processus de fabrication de des boissons.



**Figure 13 : Diagramme serpent**

À partir du diagramme ci-dessus notre étude sera faite sur le poste du traitement des eaux et tous ces clients comme indique dans le diagramme.

## **5. Conclusion**

À la fin de la phase définir, les différents axes du projet sont identifiés, l'aspect économie et les besoins des clients ainsi que les limites du projet et la cartographie du processus d'exploitation de l'eau qui déterminer le chemin à suivre dans la recherche des causes de la surconsommation d'eau.

## **III. Phase Mesurer**

Cette étape est très importante dans la logique DMAIC parce qu'elle se focalise sur la mesure des paramètres qui reflètent la problématique du projet (ratio). Son objectif est de collecter les données nécessaires pour construire une base de comparaison entre l'état de la consommation actuelle et l'état finale. Cette étape sera commencée par l'identification des points de mesure sur la cartographie du réseau d'eau, puis une vérification de la fiabilité des appareils de mesure de la consommation d'eau. En fin la définition du ratio et les étapes du calcul.

## **1. Cartographie globale du réseau d'eau**

Avant d'entamer la partie mesure du ratio d'eau, il était nécessaire de construire une cartographie du réseau pour identifier les points de mesure et les différentes zones de la consommation. La réalisation de la cartographie est un travail essentiel dans notre projet parce qu'une grande part de la problématique vient du fait que la société n'a aucun plan du réseau de distribution d'eau. Après des recherches sur le terrain, et à l'aide des opérateurs de TDE, nous avons réalisé une cartographie des circuits d'eau de l'usine comme illustré par la figure 14.

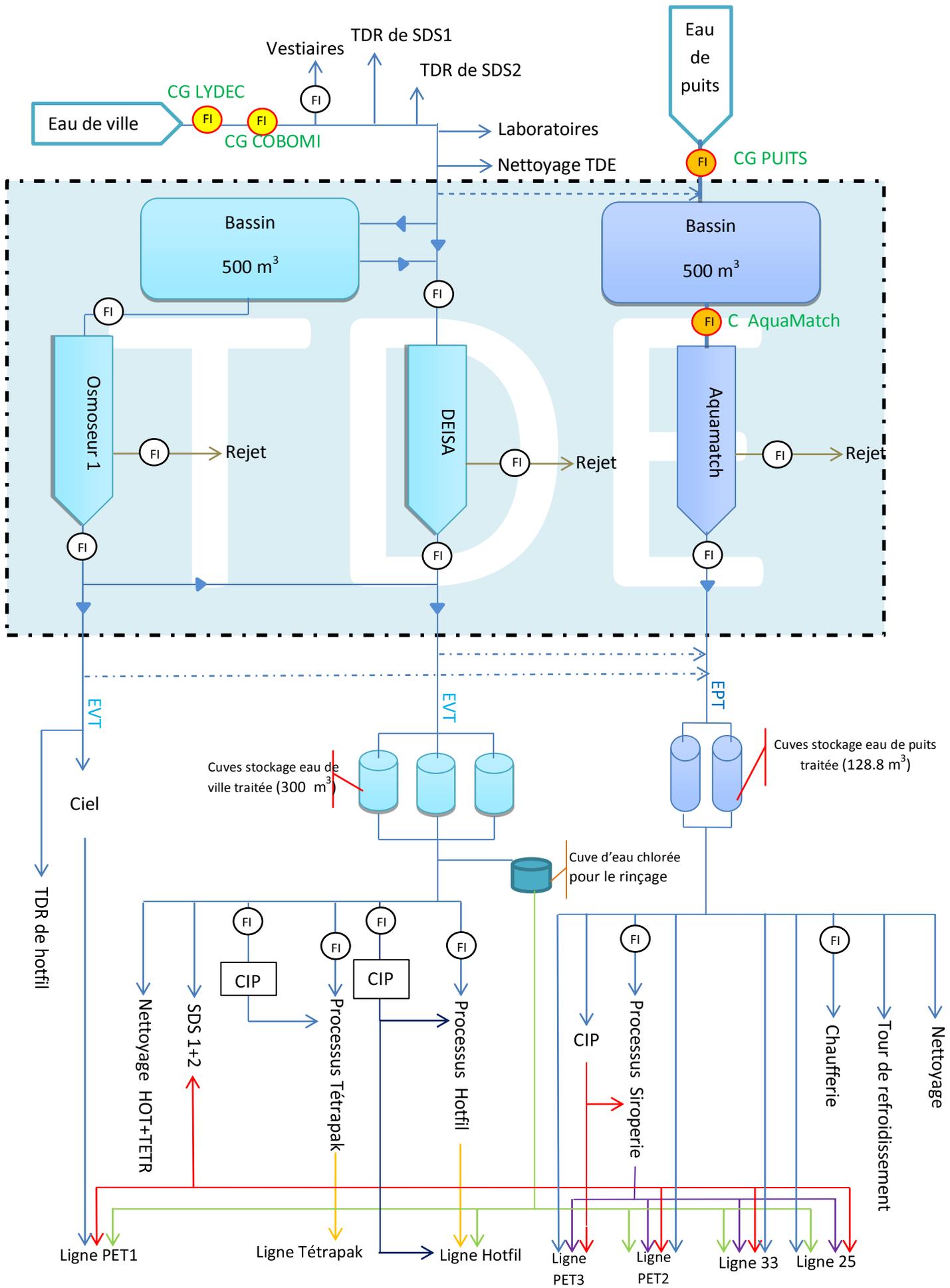


Figure 14 : Cartographie globale du réseau d'eau de COBOMI

## 2. Compteurs de la consommation totale d'eau

La quantité consommée pendant une période est mesurée par les deux compteurs (CG COBOMI et CG AquaMatch) indiqués sur la cartographie figure 14.

**Compteur général d'eau de ville (compteur COBOMI):** cet appareil est installé sur la conduite principale d'approvisionnement d'eau de ville, ce qui permet à ce compteur de mesurer le volume total consommé par l'usine.

**Compteur AquaMatch:** la consommation de l'eau de puits peut être mesurée par deux compteurs, l'un est installé sur la conduite d'alimentation du bassin, l'autre sur la conduite qui alimente l'installation à partir du bassin de stockage. Le compteur qui donne la mesure la plus correcte est le compteur AquaMatch du moment que celui installé avant le bassin est hors service.

## 3. Fiabilité des suivis de la consommation d'eau

Les opérateurs de la station du traitement des eaux sont chargés de prélever quotidiennement le matin à 7h les indications des différents compteurs pour avoir un suivi de la consommation d'eau des différentes installations. Ces suivis servent à calculer les indicateurs de la consommation d'eau et d'en déduire le ratio d'eau.

Pour s'assurer que les suivis représentent les consommations réelles, nous avons procédé à une vérification de la fiabilité des prélèvements aussi bien que la lecture effectuée par les opérateurs.

### 3.1 Compteur général COBOMI

#### 3.1.1 Mesures

La quantité de l'eau de ville consommé est donnée par deux compteurs; compteur général COBOMI et compteur Lydec. Ces deux compteurs sont installés sur la même conduite principale (voir cartographie globale). On peut donc facilement vérifier la fiabilité des mesures réalisées. Après plusieurs comparaisons, nous avons trouvé que les quantités mesurées pendant les durées des essais de comparaison sont identiques ce qui confirme le bon fonctionnement du compteur COBOMI.

### 3.1.2 Lectures

Le suivi de la consommation globale de l'eau de ville contient deux cases l'une pour les quantités mesurées par le compteur Lydec et une pour les quantités mesurées par le compteur général COBOMI. La comparaison entre ces deux valeurs nous a permis de découvrir que la lecture ne s'effectue pas correctement, parce qu'elle ne tient pas compte des deux valeurs affichées par les aiguilles des mètres cube comme l'image ci-dessous nous indique.

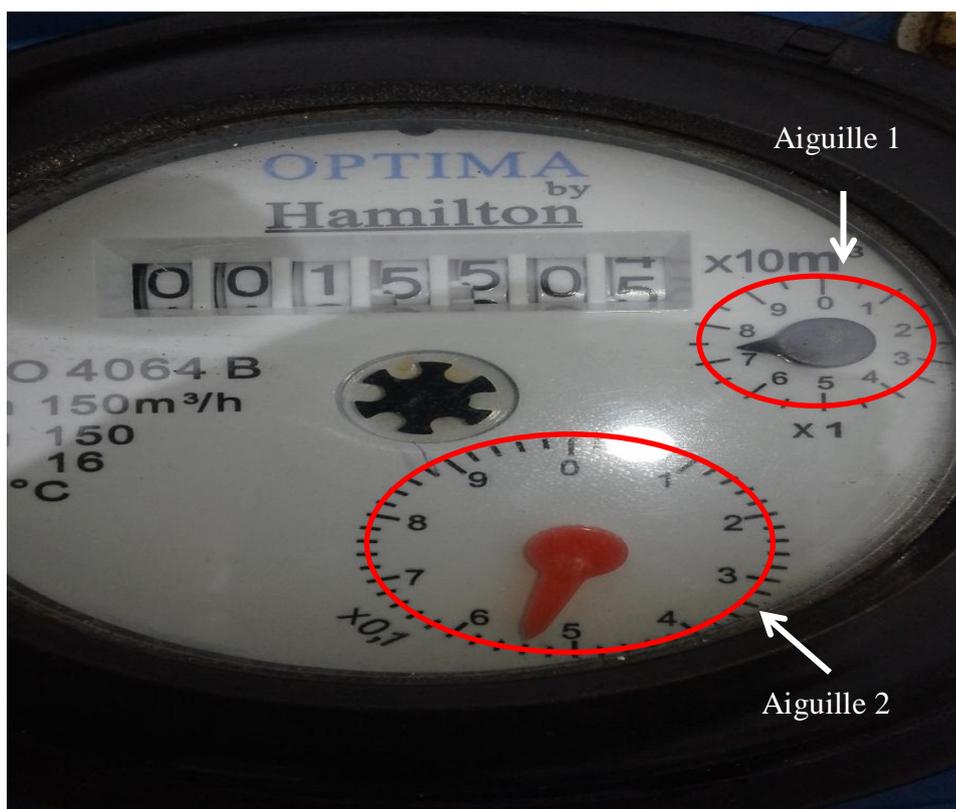


Figure 15 : Compteur général COBOMI

La valeur exacte affichée par ce compteur est obtenue par la formule suivante:

$$\text{Volume consommé} = \text{Quantité P} * 10 + \text{Quantité A1} + \text{Quantité A2} * 0.1$$

Avec

Quantité P : volume compté par l'affichage principal du compteur

Quantité A1 : volume compté par l'aiguille 1.

Quantité A2 : volume compté par l'aiguille 2.

## 3.2 Compteur AquaMatch

### 3.2.1 Mesures

L'entrée de l'installation AquaMatch est équipée d'un compteur (C AquaMatch). A la sortie on trouve deux conduites sur chacune est installé un compteur. Pour vérifier la fiabilité de la mesure du compteur d'entrée, il suffit de comparer son indication aux valeurs données par les compteurs de sortie (compteur rejet et compteur permeal). À chaque fois qu'on fait la comparaison, la quantité d'eau à l'entrée et celle à la sortie ne sont pas parfaitement identiques, mais cela n'empêche pas de dire que le compteur AquaMatch fonctionne correctement. Cette différence est expliquée par de faibles fuites d'eau dans l'installation AquaMatch.

### 3.2.2 Lectures

La lecture correcte de ce compteur est obtenue par l'application de la même formule présentée dans le cas du compteur d'eau de ville. Cette formule construite à partir de l'affichage du compteur ci-dessous.



Figure 16 : Compteur AquaMatch

La valeur réelle enregistrée par les opérateurs au début de chaque jour ne considère que la quantité principale affichée sans la multiplier par 10. Suite à cette erreur, le suivi réalisé est erroné. Il faut donc multiplier les valeurs enregistrées par 10.

#### **4. Ratio d'eau**

Les indicateurs du rendement représentent des outils indispensables d'aide à la décision, pour toutes les personnes qui ont en charge le management d'un processus, que ce soit de l'eau ou une autre matière première. La gestion de ces indicateurs est stratégique pour toute entreprise ayant pour vocation de moderniser et optimiser le service production. L'entreprise COBOMI a définie parmi ces indicateurs de productivité le ratio d'eau consommé.

##### **4.1 Définition du ratio**

Le pilotage du rendement d'eau se fait par un ratio qui est défini comme un rapport entre le volume de l'eau consommé et la quantité de production en litre, cet indicateur mesure combien de litre d'eau consommer pour produire un litre de boisson.

Le ratio traduit la relation entre la consommation d'eau et la production pendant une période (jour, semaine, mois, année). La durée de la période de calcul a un impact considérable sur la valeur du ratio. Le ratio journalier est incapable d'exprimer de manière robuste cette relation parce qu'une quantité d'eau brute ou traitée passe dans le stock, donc on peut avoir des cas où la consommation est là, mais, rien n'est produit et inversement. Pour limiter l'effet de cette non-linéarité entre la consommation et la production, le ratio est calculé chaque mois. Pour raffiner ce suivi nous proposons de calculer le ratio par semaine.

##### **4.2 Ratio par semaine**

Avant de passer à la mesure du rendement actuel d'eau, il faut comprendre le comportement de cet indicateur, comment varie-t-il avec les évolutions des quantités de production ? Est-ce qu'il varie peu autour d'une moyenne ou présente des fortes variations ?

### 4.3 Ratio par mois

Le calcul du ratio par mois nous permet de mieux connaître la situation actuelle de la consommation.

### 4.4 Calcul du ratio

#### 4.4.1 *Consommation d'eau en litre*

Les suivis des compteurs de l'eau de ville et de l'eau de puits sont utilisés après la correction des erreurs de lecture pour avoir la quantité globale d'eau consommée par l'usine par mois. La quantité d'eau consommée pendant une semaine est obtenue après une soustraction entre la valeur relevée au début de la semaine et la valeur relevée à la fin de la même semaine.

#### 4.4.2 *Production en litre*

Le service production utilise le nombre des packs comme unité de fabrication. Cette unité ne peut pas exprimer le volume fabriqué pendant une période, alors pour calcul le ratio, il faut convertir le nombre des packs de chaque produit fini en litre. Le passage du nombre pack à un nombre de litres est obtenu par l'application de la formule suivante

production en litre = production en pack \* nombre des bouteilles par pack \* volume d'une bouteille

#### **Exemple :**

On a 1820 packs de COCA LIGHT 33\*24 donc pour convertir cette quantité en litre :

$$\text{Quantité en litre} = 1820 * 0.33 * 24$$

Avec

0.33: le volume de la canette

24 : le nombre de canettes par pack

## 4.5 Fiabilité du ratio

### 4.5.1 Ratio par semaine

L'objectif de calculer le ratio par semaine est de s'assurer que cet indicateur est capable de mesurer le rendement réel d'eau

A partir de la définition précédente, si les mesures de la consommation d'eau et de la production sont les identiques à la consommation et la production réelle, la valeur du ratio mesuré est fiable. Puisque la quantité de production ne varie pas beaucoup entre deux semaines successives et puisque aussi l'augmentation de la production engendre la diminution des pertes, le ratio par semaine doit vérifier les deux conditions suivantes.

- Variation faible entre deux semaines successives.
- Diminution avec l'augmentation la production.

Le tableau suivant regroupe la consommation, la production ainsi que le ratio par semaine au mois de février.

**Tableau 6 : Suivi du comportement du ratio**

Semaines	Consommation en l	Production en l	Ratio en l/IPF
1	5130000	2311596,12	2,22
2	5940000	1963067,76	3,03
3	8150000	3283254,4	2,48
4	3780000	1136559	3,33

A partir du tableau ci-dessus on remarque que le ratio varier un peu entre deux semaines successives, mais, cette variation est due à l'existence d'un décalage entre la consommation d'eau et la production. Concernent la deuxième condition on constate que le ratio diminue quand la production est importante.

Le ratio utilisé dans le suivi de la consommation d'eau est calculé par mois ce qui peut éliminer l'impact du décalage qui existe entre la consommation et la production. Donc on déduit que notre ratio est significatif.

#### **Remarque:**

A partir du tableau précédent il vient à l'esprit que si on agit sur la quantité de production on peut réduire le ratio d'eau d'où la réduction de la consommation, mais le problème ici est que la quantité à produire est fixe on ne peut pas la changer.

#### 4.6 Ratio total du mois février

L'objectif de calculer le ratio total du mois février est de valoriser la situation de la consommation actuelle. Ce ratio est un outil de mesure de la réussite de notre projet tel qu'à la fin, on va le comparer avec le ratio mesure après la réalisation du projet.

Le tableau suivant rassemble la consommation d'eau en litre et la production ainsi que la valeur du ratio.

**Tableau 7 : Ratio total du mois février**

Production (l)	Consommation d'eau (l)	Ratio en l /IPF
8227360.28	23000000	2.8

Donc pour produire un litre de boisson, il nous faut consommer 2.8 Litres d'eau pendant le mois de février.

Les suivis de la consommation et la production du mois de février sont dans l'annexe 5:et 6

## IV. Phase *analyser* (Recherche des causes)

En générale, le but de la phase analyse est de traiter les données collectées dans la phase mesure pour tirer les causes génératrices de la problématique étudié, mais, dans notre cas les données collecter ne sont pas suffisantes pour nous permettre une analyse fiable des résultats. En plus, le nombre de compteurs installé est insuffisant. Pour ces raisons, l'étape analyse est remplacer par une étape de recherche et d'étude des causes racines des problèmes. Au premier niveau la détermination, la valorisation et la hiérarchisation des pertes d'eau selon le coût et dans le deuxième niveau la recherche des causes racines de ces pertes.

### 1. Causes de la surconsommation d'eau

La recherche des causes de la surconsommation d'eau dans l'usine peut se faire par deux manières:

#### 1.1 Méthode du bouclage

Cette méthode consiste à décomposer le réseau d'eau en circuits élémentaire, puis l'application des relations qui relie les entrées aux sorties de

ces circuits pour déterminer les circuits où il y a le gaspillage d'eau. Cette méthode nécessite l'existence des compteurs à l'entrée et à la sortie de chaque circuit, ce qui n'est pas le cas ici, d'où son application sera limitée dans quelque zone où on dispose de nombre suffisant de compteurs.

## 1.2 Recherche sur le terrain

La recherche des points de gaspillage est effectuée selon un ordre et un enchaînement déterminé grâce aux cartographies du processus réalisées précédemment (SIPOC, digramme serpent, cartographie globale)

L'eau subit de nombreuses pertes le long du processus de production. On va décomposer ces pertes en deux parties, les pertes mesurables et les pertes non-mesurables.

## 2. Pertes d'eau dans le processus de production

### 2.1 Pertes de la tour SDS

#### 2.1.1 L'emplacement de la tour de refroidissement SDS

La tour de refroidissement est installée au-dessus de la salle de dissolution de sucre (SDS), son alimentation par l'eau de ville se fait à l'aide d'une petite conduite branchée sur la conduite d'alimentation de TDE comme dans le schéma suivant.

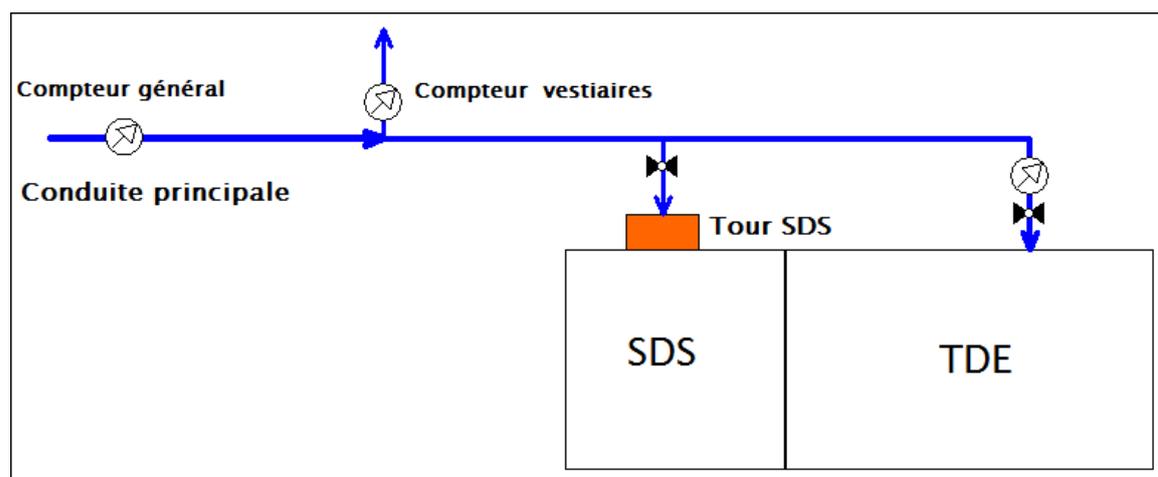


Figure 17 : L'emplacement de la tour SDS

#### 2.1.2 Fonctionnement de la tour à circuit fermé

La tour à circuit fermé est un dispositif de refroidissement utilisé dans de nombreuses applications industrielles. Selon le mode de fonctionnement interne

de la tour, on trouve deux types: la tour à circuit fermé et à circuit ouvert. Dans notre cas, la tour fonctionne à circuit fermé comme montré par le schéma ci-dessous.

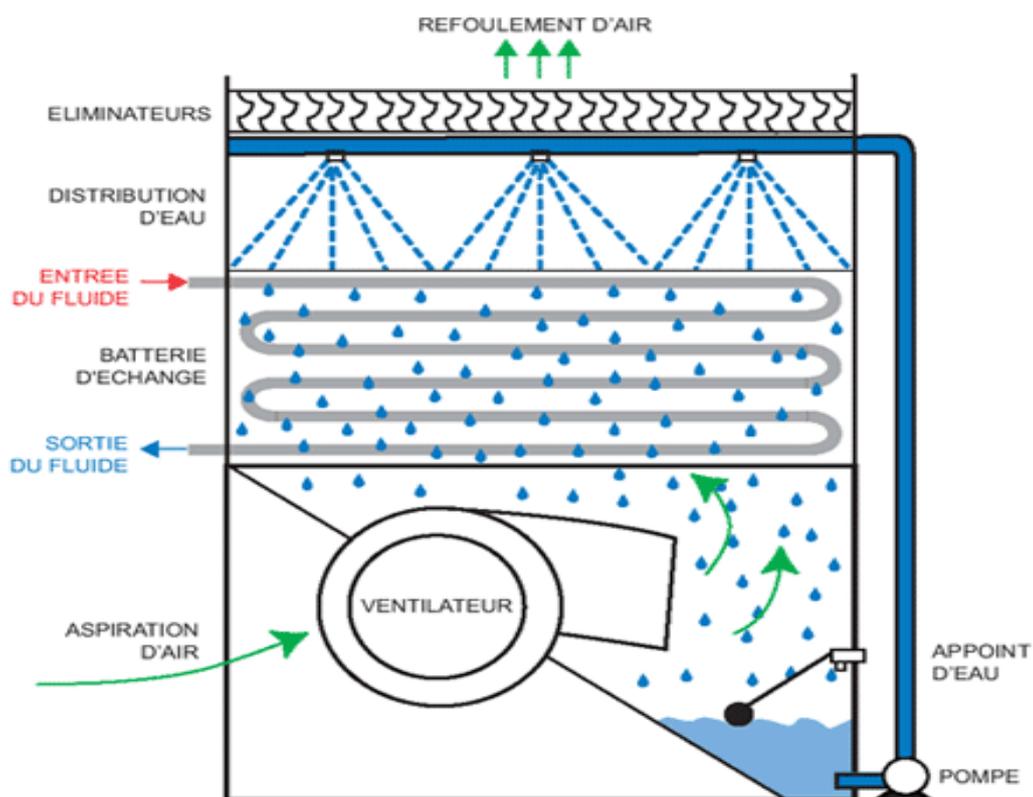


Figure 18 : Schéma de fonctionnement du tour de refroidissement

Dans un tour à circuit fermé, le fluide à refroidir circule dans un échangeur tubulaire étanche, lui-même directement arrosé. Le refroidissement est assuré par évaporation d'une quantité de l'eau de pulvérisation. (Voir figure 18)

### 2.1.3 Estimation des pertes

Les pompes du réseau de distribution Lydec maintiennent la pression d'eau dans la conduite principale constante, à l'ouverture de la vanne manuelle installée sur la conduite de la tour, cette dernière sera alimenter par un débit d'eau qu'on peut mesurer à l'aide des compteurs indiqués dans la figure 17.

Le calcul du débit dans la conduite de la tour SDS est fait dans le cas où toutes les vannes de TDE sont fermées.

Le schéma suivant représente le circuit étude et les données nécessaires pour faire le calcul de la quantité recherché.

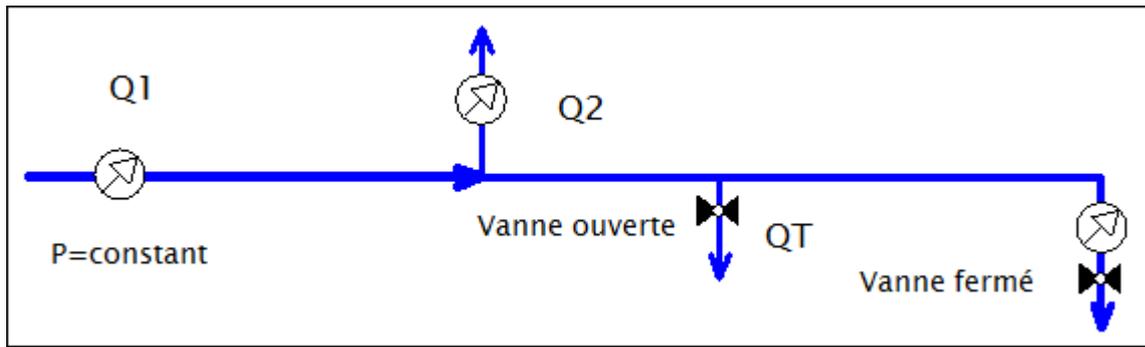


Figure 19 : Circuit étude

A partir du schéma simplifier ci-dessus, la quantité consommée par la tour pendant un temps mesuré est obtenue par l'équation suivante :

$$QT = Q1 - Q2$$

Avec

QT : la quantité consommée par la tour.

Q1 : la quantité mesurée par le compteur général d'eau de ville.

Q2 : la quantité mesurée par le compteur des vestiaires.

Les valeurs cumulées affichées par les deux compteurs à 9h:13 min et à 9h:34 min sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Tableau 8 : Les valeurs affichent par les deux compteurs CG et CV

	Compteur général (m <sup>3</sup> )	Compteur vestiaire (m <sup>3</sup> )
à 9:13	158493.5	10370
à 9:34	158495.3	10370.75

Les valeurs de Q1, Q2 et QT sont représenté dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Les valeurs des quantités Q1, Q2 et QT

Durée en minute	Q1 (m <sup>3</sup> )	Q2 (m <sup>3</sup> )	QT (m <sup>3</sup> )
21	1.8	0.75	1.05

On constate qu'il y a une perte de 1.05 m<sup>3</sup> après seulement 21 min. Afin de déterminer l'impact de cette perte sur la consommation globale, il faut faire des estimations sur des durées significatives. Cette estimation est obtenue suite à l'exploitation des données suivantes.

-La pression dans les conduites du circuit mise en question est constante (débit dans la conduite de la tour reste constant).

-L'ouverture de la vanne n'est pas liée au fonctionnement de la tour c.-à-d. l'eau continue à débordée 24/24.

Le tableau suivant donne les quantités consommées par la tour pendant une heure, un jour et pendant un mois.

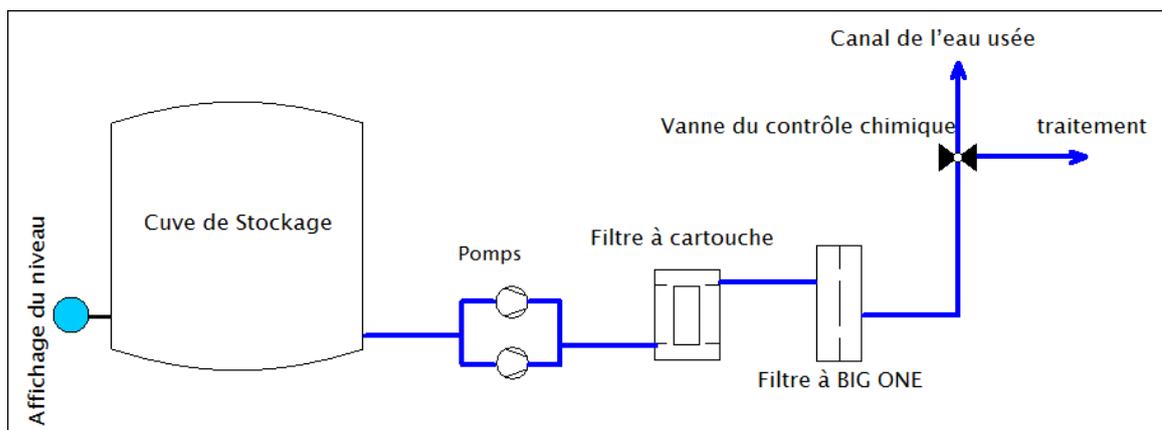
**Tableau 10 : L'estimation de la perte SDS**

	Heure	Jour	Mois
Perte en m <sup>3</sup>	3	72	2160

## 2.2 Pertes de démarrage DEISA

La comparaison entre la quantité mesurée par les compteurs à l'entrée et celle mesurée par les compteurs de sortie nous a amené à remarquer que le démarrage de l'installation DEISA commence toujours par une opération de contrôle chimique de l'eau, tel que le taux du chlore, TDS et la conductivité électrique. Pendant cette action, une vanne avant l'osmoseur s'ouvre automatiquement durant une minute si les paramètres chimiques sont validés, sinon la vanne reste ouverte jusqu'à l'intervention d'opérateur. L'objectif de cette opération est de s'assurer que la présence du chlore dans l'eau ne dépasse pas la valeur autorisée afin de protéger les membranes de l'osmoseur.

Le schéma ci-dessous présente l'emplacement de la vanne du contrôle et l'affichage du niveau de la cuve qu'on va utiliser dans l'estimation de cette perte.



**Figure 20 : L'emplacement de la vanne du contrôle chimique**

À l'aide de l'affichage du niveau présenté dans le schéma précédent, on peut calculer la quantité d'eau rejetée pendant le contrôle chimique par la formule suivante:

$$\text{Quantité rejetée par démarrage (m}^3\text{)} = \frac{(\text{niveau initial en \%} - \text{niveau final en \%})}{100} * 50$$

Avec:

50: capacité de la cuve en m<sup>3</sup>

**Tableau 11 : Quantité perdue par chaque démarrage DEISA**

	1ere mesure	2 <sup>ème</sup> mesure
Niveau avant démarrage (en %)	90,26	90,358
Niveau après démarrage (en %)	85,6	86,36
Pertes de démarrage (m <sup>3</sup> )	2,33	1,999
Quantité moyenne rejeté (m <sup>3</sup> )	2,1645	

Trois équipes assurent le fonctionnement en continu de l'installation TDE, donc si chaque équipe faite au moins un seul démarrage, nous aurons trois démarrages tous les 24 h. Alors pour obtenir la quantité d'eau en moyenne perdue chaque jour, on va multiplier la perte d'un démarrage par trois.

Le tableau suivant contient l'estimation de la quantité d'eau perdue par jour et par mois.

**Tableau 12 : Quantité perdue par jour et par mois**

Quantité perdue par jour (m <sup>3</sup> )	Quantité perdue par mois (m <sup>3</sup> )
6.5	195

## 2.3 Pertes d'eau de sanitation

Après chaque préparation du sirop, il est nécessaire d'éliminer toutes traces de ce dernier par le nettoyage et la stérilisation des cuves et des canalisations. Ces fonctions sont assurées par une opération qui s'appelle sanitation.

### 2.3.1 Définition de la Sanitation

La sanitation est une opération de nettoyage portant sur toute machine et tout circuit par lequel passe le produit de la première étape jusqu'à l'emballage. L'usine dispose de trois installations de sanitation; deux pour les PROCESS et

les lignes des jus et une seule pour la sanitation du reste de l'usine (siroperie des boissons gazeuses, lignes, PROCESS et la ligne CIEL et SDS). Cette dernière installation contient trois cuves l'une pour l'eau en mélange avec la soude (la quantité de la soude est négligeable devant la quantité de l'eau), la deuxième cuve contient l'eau chaude et la troisième cuve contient l'eau récupéré à chaque étape utilisée dans la première étape de la sanitation suivant. Il y a deux types de sanitation:

➤ Sanitation cinq étapes

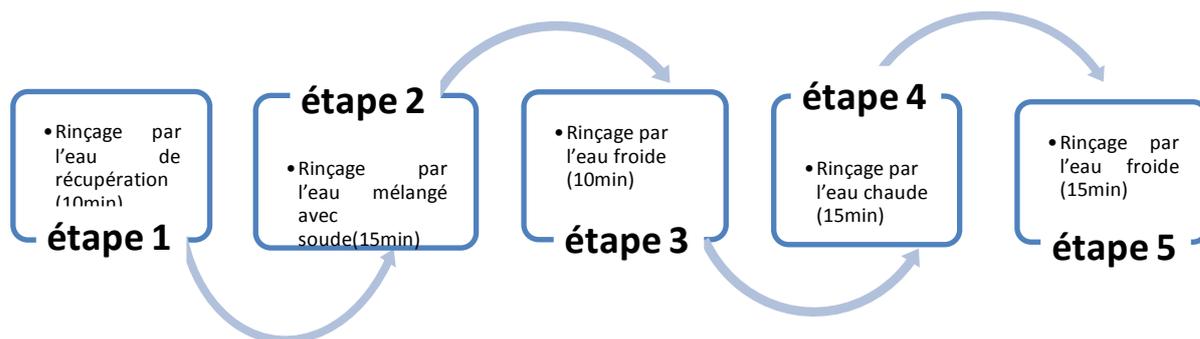


Figure 21 : Les cinq étapes de sanitation

➤ Sanitation trois étapes

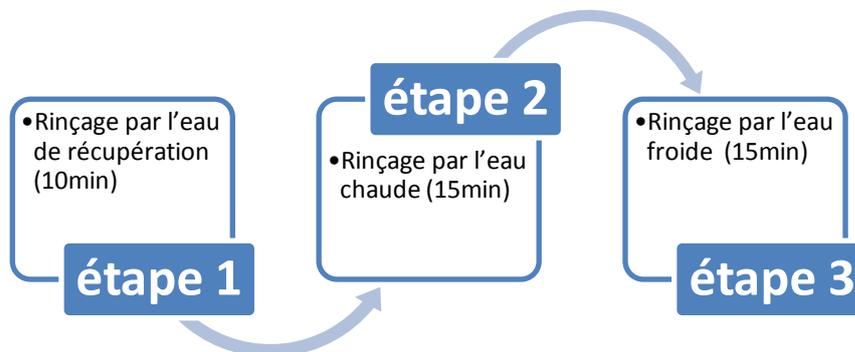


Figure 22 : Les trois étapes de sanitation

### 2.3.2 Pertes liées à l'opération de sanitation

Comme on a vu précédemment, la sanitation consistée à nettoyer et désinfecter les canalisations et tout les équipements de la ligne de production (Dissolution de sucre, préparation du sirop fini, préparation d'eau de table...). La sanitation consiste à faire circuler les produits de nettoyage et de désinfection (eau mélangée avec la soude, eau froide, eau chaude) dans le circuit en question, à chaque étape le produit se récupère sauf le produit de la première étape, mais le manque des circuits de retour oblige les opérateurs à faire la sanitation à circuit ouvert (pas de récupération) ce qui génère la perte d'eau.

Après le démarrage manuel, le poste de commande de CIP choisie les paramètres de chaque étape selon la zone sélectionnée. Les trois cuves de CIP sont alimentées par l'eau de puits traitée.

#### a. Sanitation de BAG IN BOX

La sanitation de la ligne de l'emballage des sirops concentrés BAG IN BOX se fait deux fois par jour ouvrable. Au début de la journée avant de commencer l'emballage une sanitation à cinq étapes et à la fin de soutirage en trois étapes.

### + Quantité d'eau perdue par sanitation

#### ❖ Cinq étapes

Le calcul des quantités perdurées par chaque étape est obtenu à l'aide les données affichées sur l'écran du poste de commande et les débits mesurés par les compteurs installés sur les conduites de CIP.

Les donnes utilisées et les quantités calculées sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 13 : Quantité consommée par les cinq étapes de sanitation de BIB**

Sanitation en cinq étapes	Durée de l'étape (min)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Quantité d'eau consommée (m <sup>3</sup> )
Rinçage par l'eau de récupération	10	14	2,33
Eau intermittente	2	16	0,53
Rinçage par la soude	15	14	3,50
Eau intermittente	2	16	0,53
Rinçage par l'eau froide	10	16	2,67
Rinçage par l'eau chaude	15	14	3,50
Rinçage par l'eau froide	15	16	4,00
Quantité totale rejetée			14,20

La quantité totale perdue est calculée dans le tableau ci-dessus.

#### ❖ Trois étapes.

De la même manière que la sanitation à cinq étapes, on calcul de la quantité d'eau non récupéré par chaque sanitation à trois étapes. Le résultat de la mesure ainsi que les donnes utilisent sont présenté dans le tableau suivant.

Tableau 14: Quantité consommée par les trois étapes de sanitation de BIB

Sanitation en trois étapes	Durée de l'étape (min)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Quantité d'eau consommée (m <sup>3</sup> )
Rinçage par l'eau de récupération	10	14	2,33
Rinçage par l'eau chaude	15	14	3,5
Eau intermittente	2	16	0,53
Rinçage par l'eau froide	15	16	4
Quantité totale rejetée par chaque sanitation			8,03

De même pour la sanitation à trois étapes quantité totale perdue est la somme des deux quantités de l'étape 2 et 3.

#### ✚ Quantité totale perdue par jour ouvrable

La quantité totale perdue par jour ouvrable égale est la somme des deux quantités perdues par chaque type de sanitation (trois étapes, cinq étapes).

$$QTj = QP5 + QP3$$

Avec

**QTj**: quantité perdue par jour ouvrable en m<sup>3</sup>.

**QP5**: quantité perdue pendant la sanitation à cinq étapes.

**QP3**: quantité perdue pendant la sanitation à trois étapes.

$$QTj = 22.23 \text{ m}^3$$

Donc la sanitation de la ligne BAG IN BOX génère la perte de 22.23 m<sup>3</sup> de l'eau traitée par jour.

#### ✚ Quantité totale perdue par mois

L'estimation de cette quantité par mois est nécessaire pour valoriser son impact sur la consommation globale d'eau et aussi pour estimer le coût des pertes. À partir du calendrier de production du mois février, le nombre des jours ouvrables est 17 jours, le nombre des jours où il y a un changement de produits (deux sanitations en cinq étapes) est 3 jours.

$$QTm = 17 * QTj + 3 * QP5$$

Avec

**QTm**: la quantité totale perdue en m<sup>3</sup> pendant le mois février.

Application numérique:

$$QTm = 420.57 m^3$$

*b. Pertes d'eau de sanitation de PROCESS Ciel*

La sanitation de la salle de préparation de l'eau de table se fait toujours en cinq étapes tous les 48h de préparation.

**Tableau 15 : Quantité consommée par la sanitation Cinq étapes du PROCESS Ciel**

Cinq étapes	Durée de l'étape (min)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Quantité d'eau consommée (m <sup>3</sup> )
Rinçage par l'eau de récupération	10	12	2
Rinçage par la soude	15	12	3
Eau intermittente	2	30	1
Rinçage par l'eau froide	10	30	5
Rinçage par l'eau chaude	15	12	3
Eau intermittente	2	30	1
Rinçage par l'eau froide	15	30	7,5
Quantité totale rejetée par chaque sanitation en m <sup>3</sup>	20,5		

Afin d'estimer la quantité de l'eau perdue par mois, on va exploiter le calendrier de production du mois février pour déterminer le nombre des jours ouvrables. La quantité totale est obtenue par la multiplication des nombres des jours par la quantité perdue par jour ouvrable.

Les jours ouvrables des mois février: 20 jours

La façon avec laquelle la salle de préparation CIEL est conçu obliger les opérateurs à effectuer deux tranches de sanitations ce qui signifie deux sanitations par jour. Donc la consommation totale est

$$QT = N \text{ jours ouvrables} * 0.5 * N \text{ sanitations par jour} * \text{Quantité perdue}$$

Avec

0.5: facteur pour obtenir le nombre des sanitations par mois

Application numérique:

$$QT = 20 * 0.5 * 2 * 20,5 = 410 m^3$$

## Remarque:

Les quantités d'eau de la sanitation estimées ci-dessous sont des minimums des quantités perdues parce que la cadence de production du mois février est parmi les cadences les plus petites, donc l'estimation de la perte d'eau sur le mois février est suffisante pour avoir une idée sur la quantité perdue d'eau et le coût à cause de la sanitation.

### 2.4 Pertes d'eau du PROCESS HOTFILL (Pasteurisateur)

Pendant le temps du blocage ou l'arrêt de la soutireuse HOT FILL, le jus qui circule dans le pasteurisateur subit un risque de perdre sa qualité à cause de la durée de l'échauffement. Pour éviter ce problème, une pompe démarre automatiquement pour diriger le jus vers la cuve de stockage jusqu'au démarrage de la ligne. Pendant ce temps, le pasteurisateur est alimenté à l'aide d'une cuve liée directement à une conduite de l'eau traitée, lorsque le niveau de l'eau dans le pasteurisateur démunie une vanne régulatrice installer sur la cuve s'ouvre automatiquement pour compenser la quantité de l'eau perdue dans le pasteurisateur. Suite à un problème au niveau de ce circuit, l'eau dépasse le niveau autorisé dans la cuve ce qui générer un débordement de ce dernière vers les canaux des eaux usées.

#### a Estimation

L'estimation de la quantité de l'eau perdue à cause de ce problème dans le circuit du pasteurisateur est calculée par l'exploitation de débit affiché par un débitmètre installé sur le circuit et une estimation de la durée de débordement. Cette estimation est obtenue à l'aide d'un suivi effectuée pendant les deux premières semaines du mois de mars.

Tableau 16: Suivi de la durée de débordement

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Durée de débordement (h) Semaine 1	2			1,5		
Durée de débordement (h) Semaine 2		1,45	0,30		2.30	

A partir du tableau précédent, la moyenne de durées de débordement est:

$$\text{moyenne} = 3.77 \text{ h/semaine}$$

Le débit de l'eau affiché par le débitmètre est:

$$\text{débit} = 11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc la quantité totale d'eau perdue par mois est:

$$\text{quantité totale} = 3.77 * 4 * 11 = \mathbf{166} \text{ m}^3/\text{mois}$$

## 2.5 Pertes d'eau au niveau des rinceuses

Le rinçage des emballages sert à éliminer tout ce qui peut affecter la qualité du goût ou l'odeur du produit. Cette opération se fait aux moyens d'injections de l'eau chlorée à l'intérieur des bouteilles et sur ces têtes. L'usine dispose d'une cuve de stockage de l'eau de ville traitée et chlorée réservée à l'alimentation des rinceuses. Le mécanisme de rinçage se compose d'un système de lavage avec des têtes de jet d'eau. Cette machine est conçue de façon à récupérer l'eau de rinçage après son utilisation. Le mécanisme contient un réservoir de récupération et une pompe qui doit pomper l'eau récupérée vers la cuve de stockage de l'eau de rinçage. Le problème majeur qui génère la perte de l'eau de rinçage vient du fait que le circuit de récupération subit un dysfonctionnement.

## 2.6 Pertes dues au lavage des filtres à sable AquaMatch

Le lavage contre-courant (régénération) des filtres à sable AquaMatch se fait automatiquement tous les 24h de fonctionnement. L'opération de lavage est nécessaire pour que les filtres retrouvent leurs qualités de filtration. L'état de fonctionnement des filtres est représenté par deux paramètres : la turbidité et la différence de pression entre l'entrée et la sortie des filtres. Après des observations quotidiennes de ces trois filtres, on a constaté que pendant tous les 4 jours chaque filtre effectue un lavage c.-à-d. Trois lavages, tous les quatre jours. Cette fréquence semble être très élevée, mais avant de prendre n'importe quelle décision il faut faire un suivi de l'évolution des indicateurs de l'état de fonctionnement des filtres.

### 2.6.1 Définition de turbidité

La turbidité de l'eau vient de la présence de diverses matières en suspension telles qu'argiles, limon, matières organiques et minérales en fines particules, plancton. Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minérale ou organique). La turbidité correspond à la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est diffusée ou absorbée. Il s'agit d'un paramètre dont la signification dépend de la technique de mesure utilisée. Plusieurs mesures optiques rendent compte de la turbidité.

### 2.6.2 Suivi de l'état des filtres

À l'aide des manomètres et un appareil de la mesure de turbidité, nous avons effectué un suivi de l'évolution de ces deux paramètres dans temps.

**Tableau 17 : L'évolution de la turbidité et la différence de pression des filtres à sable AquaMatch**

Temps de fonctionnement F1 (h)	Temps de fonctionnement F2 (h)	Temps de fonctionnement F3 (h)	Turbidité en NTU	$\Delta P$ F2 bar
21,22	06,52	07,18	0.100	0
04,10	13,55	14,21	0.104	0
12,03	21,45	22,11	0.116	0
20,30	05,55	06,19	0.106	0

À partir du tableau ci-dessous ont remarqué que la régénération des filtres a lieu sachant que les paramètres de l'état sont encore loin des seuils fixés (0.3 NTU, 0.5 bar) par le constructeur, ce qui signifie que cette fréquence génère une consommation de plus qu'il faut éliminer pour optimiser la consommation globale.

## 2.7 Débordement de la cuve AquaMatch

Après la première étape de filtration sur l'osmoseur *AquaMatch* l'eau subit une augmentation excessive du PH ce qui le rend hors des exigences de qualité. Donc afin de remettre son PH dans l'intervalle autorisé, l'osmoseur est relié directement à une cuve dans laquelle on injecte de l'acide chlorhydrique pour démunir le PH de l'eau.

Après la réduction de son PH, l'eau de la cuve se pompe vers l'osmoseur pour continuer le traitement. Le niveau de la cuve ne doit pas dépasser une valeur déterminée sinon il aura débordement. Afin d'éviter ce problème un système de commande automatique liée entre le niveau de la cuve et le

démarrage de la pompe, ce lien est assuré à l'aide d'un capteur du niveau installé au fond de la cuve.

### **Problème**

Un dysfonctionnement de la boucle régulatrice génère le débordement de l'eau au niveau de la cuve d'acide *AquaMatch*. Les causes de ce non-fonctionnement seront déterminées dans la partie de l'analyse des problèmes.

### **Estimation**

L'estimation de la quantité perdue à cause du problème de débordement est obtenue à l'aide des données suivantes:

- Le débit d'eau débordé est:  $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- La moyenne des heures de fonctionnement est:  $6 \text{ h/jour}$

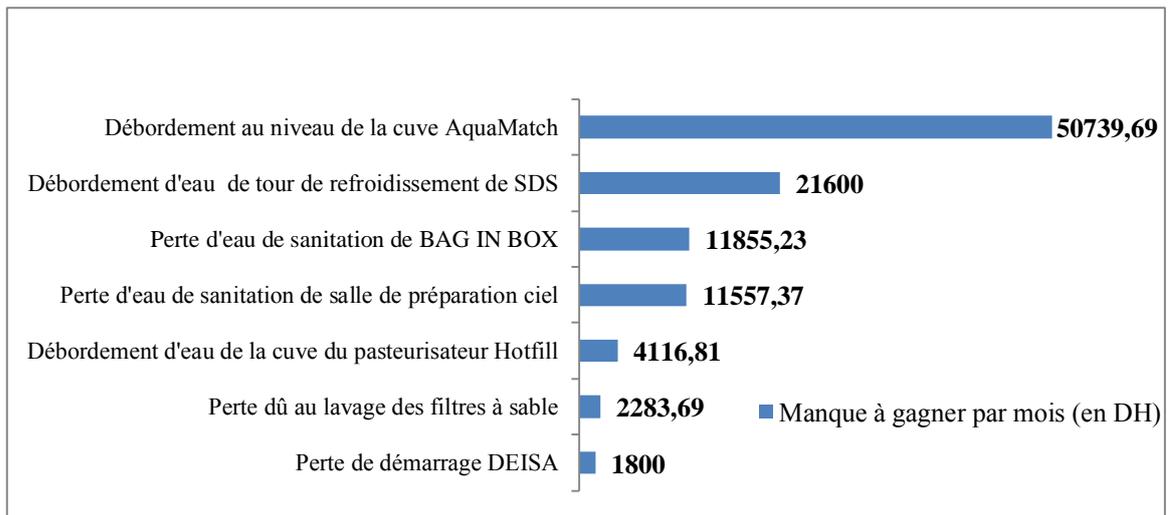
D'où la quantité perdue est:  $60\text{m}^3/\text{jour}$

$$\text{quantité perdue} = \mathbf{1800} \text{ m}^3/\text{mois}$$

### **3. Classement des pertes selon le manque à gagner engendré**

Lorsque les pertes n'ont pas le même impact sur le coût de production, on ne peut pas les traiter de la même manière, il faut toujours se focaliser sur les plus critiques, d'où la nécessité de les ordonner selon le manque à gagner engendré. Ce critère est obtenu en multipliant chaque quantité estimée précédemment et le coût d'un mètre cube de cette quantité. Le coût d'un mètre cube varie selon la nature de l'eau (eau de ville, eau de puits) et sa qualité (traité ou brute), il englobe les coûts de traitement (produit chimique, énergie) et le coût d'achat dans le cas de l'eau de ville. (Voir annexe 1, 2 et 3).

Les pertes non estimées n'apparaîtront pas dans le diagramme de la figure 23, mais, à partir de notre observation les quantités non estimées sont négligeable devant celle chiffrées, donc on peut les considérer comme les plus faibles.



**Figure 23 : Classement des pertes selon le manque à gagner**

À partir du diagramme précédent, on remarque que le manque à gagner générer par débordement de la cuve AquaMatch est le plus grand. Ce qui signifie que la résolution de ce problème doit être prioritaire.

#### 4. Analyse des problèmes

L'objectif de cette analyse est de déterminer les causes racines des gaspillages d'eau. Dans le but d'atteindre cette objectif, on a appliqué l'outil 5 pourquoi, qui nous permis de descendre à chaque fois vers le fond du problème, on se posant la question, pourquoi.

Le tableau suivant contient les causes racines obtenu après l'application de la méthode.

**Tableau 18 : Les causes racines des pertes d'eau**

Problèmes	P	P
Débordement au niveau de la cuve AquaMatch	Le niveau affiché ne varier pas, toujours égale à 0 %	Disfonctionnement de la sonde du niveau
		Manque des câbles de connexion entre la sonde et le système de commande
Débordement d'eau de la tour SDS	Alimentation de la tour en permanence	Disfonctionnement du flotteur
Pertes d'eau de sanitation de BAG IN BOX	Manque de circuit de retour	

Pertes d'eau de sanitation de PROCESS Ciel	Manque de circuit de retour	
Pertes d'eau au niveau des rinceuses	Absence récupération	
Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur Hotfill	L'eau dépasse le niveau autorisé	Disfonctionnement de la vanne régulatrice
Consommation élevée dû au lavage des filtres à sable AquaMatch	Fréquence de lavage élevée	
Pertes de démarrage DEISA	Manque de circuit de récupération	

La phase analyse nous a permis de mettre la main sur les causes profondes qui sont derrière chaque perte d'eau le long du processus d'utilisation d'eau COBOMI. Ces causes sont des ports de départ pour trouver les actions correctives.

## V. Phase *Innover/Améliorer*

À la suite de la phase d'analyse, les principaux paramètres sont identifiés et on connaît bien à présent les causes majeures des pertes d'eau. Mais s'il suffisait de connaître les paramètres importants pour atteindre les objectifs fixés, cela serait facile. En effet, même lorsque l'on connaît les causes de dysfonctionnement, un processus n'est pas maîtrisé pour autant. Cette étape permet donc de passer de la théorie à l'application et de mettre en place des solutions aux améliorations détectées dans la phase d'analyse. C'est à ce stade également que les acteurs du processus vont s'impliquer davantage. Ils sont en effet les mieux placés pour connaître les problèmes, les interventions adaptées à réaliser sur le terrain.

### 1. Solutions proposées

A partir des causes racines trouvées dans la partie précédente, on a déterminé les actions correctives qu'il faut apporter sur les mécanismes qui sont en état de dysfonctionnement ou mal conçu.

Les solutions trouvées sont regroupés dans le tableau ci-dessous (les problèmes sont toujours classe en ordre décroissant selon manque à gagner engendré).

**Tableau 19 : Matrice des solutions**

<b>Problèmes</b>	<b>Causes racines</b>	<b>Solutions</b>
Débordement au niveau de la cuve AquaMatch	Disfonctionnement de la sonde du niveau	Réparer la sonde
	Manque des câbles de connexion entre la sonde et le système de commande	Installer les câbles et fermer la boucle régulatrice
Débordement d'eau de la tour SDS	Disfonctionnement du flotteur	changer du flotteur
Pertes d'eau de sanitation de BAG IN BOX	Manque de circuit de retour	Installer le circuit de retour
Pertes d'eau de sanitation de PROCESS Ciel	Manque de circuit de retour	Installer le circuit de retour
Pertes d'eau au niveau des rinceuses	Absence récupération	récupérer l'eau de rinçage vers le bassin d'eau de ville
Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur Hotfill	Disfonctionnement de la vanne régulatrice	Réparer la vanne
Consommation élevée dû au lavage des filtres à sable AquaMatch	Fréquence de lavage élevée	Réduire la fréquence de lavage
Pertes de démarrage DEISA	Manque de circuit de récupération	Installer le circuit de récupération

## **2. Actions supplémentaires**

Une meilleure politique de l'optimisation de l'eau ne peut pas se baser seulement sur l'élimination des pertes mesurées sans prendre en considération les problèmes non estimés comme les petites fuites et les pertes de l'eau de nettoyage. Et afin de maximiser l'exploitation de l'eau il faut prendre en compte la réutilisation de l'eau et la sensibilisation des travailleurs.

### **2.1 Réutilisation des rejets de l'eau de ville**

Cette solution consiste à récupérer les rejets de l'eau de ville pour les réutiliser dans l'alimentation du bassin de l'eau de puits. La réalisation de cette amélioration doit passer par une étape de vérification de l'adaptabilité entre les paramètres chimiques (TDS, Conductivité) des rejets et le dimensionnement de l'installation AquaMatch. Dans cette optique, plusieurs tests de contrôle chimique sont effectués.

Les résultats obtenir sont les suivant:

La TDS d'eau de puits varie entre 1500 et 3000 mg/l, et celle des rejets d'eau de ville varie entre 1500 et 2500 mg/l. Donc à partir de ces mesures on remarque que les paramètres chimiques des rejets de l'eau de ville ne représentent pas aucun risque sur l'installation AquaMatch comparés à l'eau de puits. Donc cette action est adaptée avec les dimensions chimiques de AquaMatch il ne reste que faire une analyse des risques qui peuvent se produire si on remplace une partie d'eau de puits par les rejets d'eau de ville.

Les avantages apportés par cette amélioration sont :

- Réduction de la consommation des produits chimiques
- Réduction de la consommation de l'eau de puits
- Réduction de la quantité de l'énergie consommée par la pompe de puits

## **2.2 Consommation d'eau lors du nettoyage**

L'opération de nettoyage est nécessaire dans tous les postes, à savoir le nettoyage du sol, des machines, des convoyeurs et tous les lieux où il y a des traces des produits qui peuvent causer des problèmes de corrosion, aussi les zones d'infection et de mauvaise odeur. L'utilisation des tuyaux ordinaires sans pistolet engendre un gaspillage de l'eau non négligeable. Nous proposons d'utiliser des tuyaux avec des pistolets ce qui permet aux opérateurs de contrôler l'utilisation de l'eau.

## **2.3 Mettre en place plus de compteurs**

Le manque des compteurs empêche la mise en place de la politique d'optimisation de la consommation d'eau. Ce manque rend la détermination des zones de gaspillage difficile. D'où la nécessité d'installer les compteurs qui manquent dans les zones de la consommation d'eau.

## **2.4 Sensibilisation**

La politique de l'optimisation de la consommation de l'eau ne peut pas être appliquée efficacement si les agents ne sont pas sensibilisés de l'importance économique et environnementale de cette stratégie d'économiser l'eau. D'où la nécessité de faire des séances de sensibilisation des tous les opérateurs qui sont en contact direct avec l'eau.

### 3. Analyse préliminaire des risques (APR)

Avant de passer à la réalisation des solutions proposées, il faut déterminer les risques probables associés à l'application de ces actions correctives afin de prendre les mesures préventives nécessaires.

L'analyse des risques effectuée est organisée dans le tableau suivant.

**Tableau 20 : Analyse des risques**

Solutions	Risques	G	F	D	C	Action préventive	Responsable
Réparer la sonde					0		
Installer les câbles et fermer la boucle régulatrice					0		
Changer le flotteur					0		
Installer le circuit de retour					0		
Installer le circuit de retour					0		
Réparer la vanne					0		
Récupérer l'eau de rinçage vers le bassin d'eau de ville	Débordement d'eau au niveau du bassin en cas de son remplissage	1	2	1	2	Reprogrammer le niveau de remplissage du bassin	R.Auto
Réduire la fréquence de lavage	Non-respect des exigences de qualité	3	1	1	3	Validation des essais de qualité	R.Q
Installer le circuit de récupération					0		
récupérer l'eau de rejets eau de ville vers le bassin d'eau de puits	Débordement d'eau au niveau du bassin en cas de son remplissage	1	2	1	2	Reprogrammer le niveau de remplissage du bassin	R.Auto

R.Auto: responsable d'automatisme R.Q: responsable de qualité

On remarque que la majorité des solutions n'engendrent pas des risques ce qui facilite leur application.

### 4. Diagramme RACI

L'objectif de cette méthode est de déterminer les responsables qui vont intervenir dans la réalisation des actions correctives proposées ci-dessus afin de faciliter le déroulement du projet d'amélioration.

Le diagramme RACI regroupe tout les tâches réalisées précédemment tel que les problèmes identifiés dans la phase analysée et les solutions proposées dans la phase innovation, mais sa propre valeur ajoutée est de déterminer le groupe des responsables qui va gérer le projet d'installer les améliorations proposées. Ce groupe contient le directeur d'exploitation DEX, responsable technique R.Tech, responsable production R.Prod, responsable qualité R.Q, responsable maintenance R.Maint, responsable automatisme R.Auto, responsable méthode R.Meth. Chacun de ces responsables peut être responsable d'une tâche ou un acteur ou un consultant dans la réalisation des tâches.

Tableau 21 : diagramme RACI

	Cause racine confirmée	Solutions	DEX	R.Tech	R.Prod	R.Q	R.Maint	R.Auto	R.Meth
Débordement au niveau de la cuve AquaMatch	Disfonctionnement de la sonde du niveau	Changer la sonde							
		Achat et changement de sonde	I	C	I		A	R	
	Pas de liaison entre la sonde et le système de commande	Installer les câbles et ferme la boucle							
		Mise en place d'une boucle de régulation	I	C	I		A	R	
Débordement d'eau de la tour de refroidissement de SDS	Disfonctionnement du flotteur	Changer le flotteur							
		Achat et changement du flotteur	I	R	I		A		
Pertes d'eau de sanitation de BAG IN BOX	Manque de circuit de retour	Installer le circuit de retour							
		Achat et installation des équipements de circuit de retour	I	R	I		A		
		Mise en place d'une boucle de régulation	I	C	I		A	R	
Pertes d'eau de sanitation de PROCESS CIEL	Manque de circuit de retour	Installer le circuit de retour							
		Achat et installation des équipements de circuit de retour	I	R	I		A		
		Mise en place d'une boucle de régulation	I	C	I		A	R	
Pertes d'eau au niveau des rinceuses	Absence récupération	Récupérer l'eau de rinçage vers le bassin eau de ville							
		Achat et installation des équipements de circuit de récupération	I	C	C	R	A		
Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur Hotfill	Disfonctionnement de la vanne régulatrice	Réparer la vanne							
		Réparation de la vanne	I		C		A	R	
Consommation élevée dû au lavage des filtres à sable AquaMatch	Fréquence de lavage élevée	Réduire la fréquence de lavage							
		Changer la fréquence de régénération	I	C	C	R		A	
perte de démarrage DEISA	Manque de circuit de récupération	Installer le circuit de récupération							
		Achat et installation de la conduite de récupération	I	C	I		A	R	
Les rejets de traitement d'eau de ville sont élevés	Manque de circuit de récupération	Récupérer l'eau des rejets d'eau de ville vers le bassin d'eau de puits							
		Achat et installation des équipements de circuit de récupération	I	C	C	R	A		

## VI. Phase *contrôler*

Généralement la phase «*contrôler*» est consacrée au suivi de l'évolution et la stabilité des indicateurs qui mesurent la performance du processus mise en question. Mais dans notre cas cette phase sera réduite à la présentation du ratio mesuré après la mise en place de la première tranche des solutions proposées dans la phase «*innover*». À savoir

- Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur HOT FILL
- Débordement d'eau de la tour de refroidissement de SDS
- Débordement au niveau de la cuve AquaMatch

### 1. Ratio d'eau calculé après la mise en place de la première tranche des solutions

La première tranche des solutions est réalisée au début du mois de mai, à la fin le ratio mesuré est:

$$\text{Ratio obtenu}=2,04 \text{ l/IPF}$$

On remarque que le résultat obtenu après l'installation de la première tranche des solutions dépasser l'objectif du projet, mais il faut noter qu'une part de cette réduction est due à l'augmentation de la production. Ce qui rend l'impact des solutions réalisées non évidant. Alors afin d'éliminer l'impact de l'augmentation de la production sur le ratio on va comparer ce dernier mesuré après l'amélioration avec celui mesuré durant le même période de l'année dernière. Le ratio du mois mai 2014 est: 2.46 l/IPF. Donc après la mise en place de la première tranche des solutions nous avons obtenu une réduction de 0,42 l/IPF.

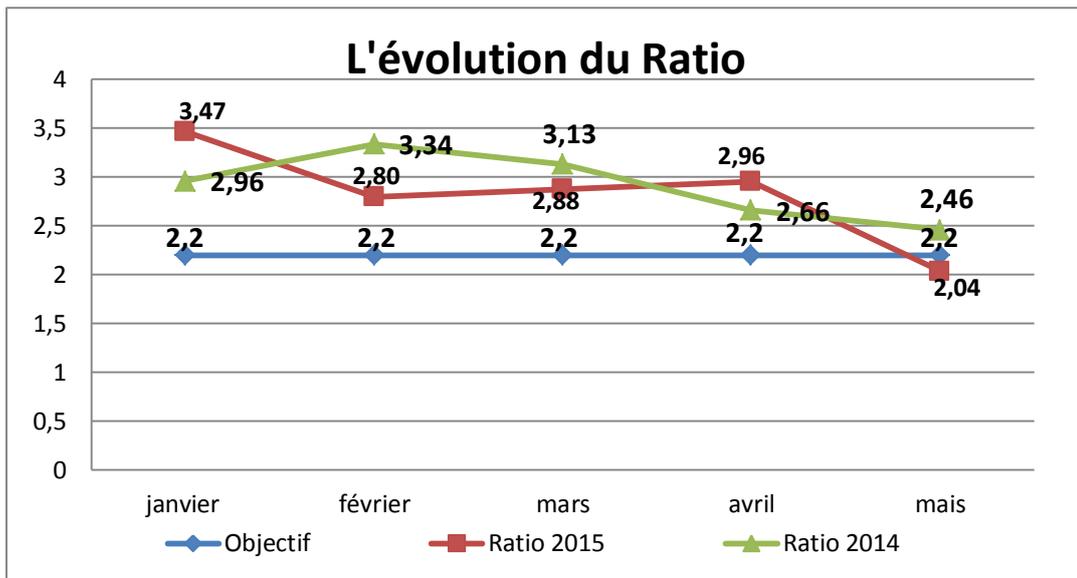


Figure 24 : l'évolution du ratio

## CONCLUSION GENERALE

Arrivant à la fin de notre projet de fin d'étude effectué au sein de la société COBOMI, concernant l'optimisation de la consommation d'eau, nous présentons le bilan du travail effectué.

D'abord, on a commencé par une l'identification des objectifs et les limites du projet ainsi que l'estimation des gains et la préparation des différentes cartographies du processus d'utilisation de l'eau.

Ensuite, on a défini l'indicateur du rendement d'eau ainsi que les étapes nécessaires pour mesurer la consommation d'eau et le calcul de la quantité de production en litre. En plus, la quantification du rendement actuel d'eau.

L'analyse de la situation actuelle de la consommation nous a conduits vers l'identification, le chiffrage et la hiérarchisation des problèmes qui génèrent le gaspillage de l'eau le long du processus de production. Et afin de déterminer les causes racines des problèmes identifiés précédemment, on a appliqué la méthode des cinq pourquoi.

Enfin, nous avons proposé des actions correctives pour résoudre les problèmes de gaspillage de l'eau. Les risques de ces actions sur le fonctionnement du processus de production ont été examinés par la méthode Analyse préliminaire des risques. Et après, on a élaboré un plan de travail contenant les responsables des tâches a réalisé par la méthode RACI. Les résultats préliminaires montrent une nette réduction du ratio d'eau durant le mois de mai.

Ce stage nous a permis d'entrer en contact direct avec le monde de travail et de mettre à l'épreuve nos compétences. C'était une occasion pour s'adapter avec les exigences et les contraintes du secteur industriel. La réalisation de ce projet nous a fourni la possibilité de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre formation.

## **BIBLIOGRAPHIE**

### ***Ouvrage :***

- [1]. Maurice PILLET - Six Sigma Comment l'appliquer, Editions d'Organisation
- [2]. CAROLINE FRÉCHET - Mettre en œuvre le Six Sigma, Editions d'Organisation

### ***Webographie :***

- [3]. <http://gestiondeprojet.pm/planification-projet/>
- [4]. <http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/oceanographie/la-turbidite-oceanique/techniques-de-mesure/>
- [5]. <https://www.hashdoc.com/topics/472/six-sigma>
- [6]. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse\\_pr%C3%A9liminaire\\_des\\_risques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_pr%C3%A9liminaire_des_risques)

## ANNEXES

### Annexe 1 : le coût de la consommation de l'électricité par chaque m<sup>3</sup>

	Les pompes	Puissance en kw	Kwh	Consommation journalière en DH	Coût par mois	Coût par chaque m <sup>3</sup> en DH
DEISA	Pompe d'alimentation installation	15	75	750	109125	12,70
	Pompe HP osmoseur	18,5	92,5	925		
	pompe filtre à charbon	30	150	1500		
	Pompe d'alimentation bassin	18,5	46,25	462,5		
AquaMatch	Pompe d'alimentation le bassin	30	180	1800	281091,5	25,08
	Pompe d'alimentation installation	30	180	1800		
	Deux pompes HP osmoseur	74	444	4440		
	Pompe HP Nano filtration	22	132	1320		
	Pompe contre lavage	11	0,73	7,33		
	Pompe air de lavage	11	0,24	2,38		
OS1	Pompe HP d'alimentation bassin	11	27,5	275	16500	7,40
	Pompe HP osmoseur	15	27,5	275		

### Annexe 2 : Le coût de la consommation des produits chimiques par chaque m<sup>3</sup>

	Montant des 4 mois en (DH)	Consommation d'eau des 4 mois en m <sup>3</sup>	Coût par m <sup>3</sup> en DH
AquaMatch	127310,67	41013,40	3,10
DEISA	60020,67	28719,60	2,09
OS1	28365,67	8786,25	3,23

### Annexe 3 : classement des pertes selon leur coût

Pertes d'eau	Quantité par mois (m <sup>3</sup> )	Manque à gagner par mois (en DH)
Débordement au niveau de la cuve AquaMatch	1800	50739,69
Débordement d'eau de tour de refroidissement de SDS	2160	21600
Perte d'eau de sanitation de BAG IN BOX	420,57	11855,23
Perte d'eau de sanitation de salle de préparation ciel	410	11557,37
Débordement d'eau de la cuve du pasteurisateur Hotfill	166,1	4116,81
Perte dû au lavage des filtres à sable	234	2283,69
Perte de démarrage DEISA	180	1800