

**LICENCE EN SCIENCES ET TECHNIQUES**  
**"Eau et Environnement"**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES :**

**DETECTION DE POTENTIEL ANOMALIE A LA  
STATION DE TRAITEMENT DES EAUX DE  
PROCESS ET OPTIMISATION DE L'AJOUT DE  
REACTIFS.**

***Elaborée par : Abdellah RACHAD***

***Encadré par : Pr. Khadija EL HARIRI (FSTG)  
Khadija AGOUASSIF (CBGS)***

***Soutenu le 27/06/2012 devant la commission d'examen composée de :***

***Pr. Abdellatif SAIDI. (FSTG)***

***Pr. Ahmid HAFID. (FSTG)***

***Pr. Khadija EL HARIRI. (FSTG)***

***Khadija AGOUASSIF. (CBGS)***

# *Dédicace*

## *A MES parents*

Tout d'abord, je tiens à remercier infiniment ma magnifique famille, qui m'a guidé et soutenu tout au long des étapes de ma vie.

## *A mes enseignants & professeurs*

Car sans leur enseignements de qualité leur patience, dévouement et sacrifice rien de cela ne serai possible.

# Remerciements

Je tiens à témoigner ma gratitude et ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce rapport et plus particulièrement je remercie les personnes suivantes :

**Pr. Khadija EL HARIRI** mon encadrante à la **faculté des Sciences et Techniques**, pour son soutien, ses conseils, ses corrections et sa patience à mon égard.

**Mme Khadija AGOUASSIFE** (responsable d'hygiène, santé, sécurité et environnement), mon encadrante au sein de la **compagnie de boisson gazeuse du sud**, pour le temps qu'elle m'a accordé durant mon stage. Je la remercie aussi pour sa patience, son grand professionnalisme ainsi que sa générosité.

**Pr. A. SAIDI. Et Pr. A. HAFID** pour avoir acceptés de juger notre travail.

**Mme Amina BIAD** (technicienne d'étalonnage) et **Mr. Rachid AIT BRAHIM** (technicien de laboratoire), je leur remercie pour l'aide qu'ils m'ont porté à fin d'effectuer les analyses nécessaires, tout en me fournissant le matériel et les explications dont j'avais besoin.

**Mr El Housaine HAMOULI, Mr Mestapha RHOUTATI et Mr Said FENNANE** (opérateurs), je tiens à vous témoigner ma gratitude pour les informations que vous m'aviez si bien transmises sur la station de traitements des eaux et vos conseils qui m'ont beaucoup aidé.

Je tiens spécialement à exprimer toute ma gratitude à **Mlle Noura LKEBIR** pour son aide et sacrifice.

Par ailleurs, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien moral et effectif de ma famille. Je remercie donc mes parents pour leur appui et leur soutien durant toutes mes années d'étude.

Sans oublier Mes amis et Mes camarade pour leur encouragement et leur soutien moral. Je leur exprime tous mes vifs remerciements.

Finalement, je remercie toute personne qui m'a aidé de manière directe ou indirecte à la réalisation de cette étude.

# Table des matières.

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>7</b>
<b><i>1<sup>ere</sup> partie :.....</i></b>	<b>8</b>
<b><i>Présentation de l'étude.....</i></b>	<b>8</b>
<b>chpitre 1: Problématiques et objectifs de l'étude.....</b>	<b>9</b>
<b>I. problématiques. ....</b>	<b>10</b>
1. problématique de l'entreprise.....	10
2. problèmes rencontrés lors de l'élaboration de l'étude.....	10
<b>II. objectif de l'étude. ....</b>	<b>10</b>
<b>chpitre 2: Présentation de l'Entreprise CBGS.....</b>	<b>11</b>
<b>I. Historique de Coca Cola .....</b>	<b>12</b>
<b>II. Les chiffres clés de Coca Cola.....</b>	<b>12</b>
<b>III. Répartition des volumes de vente dans le monde.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. Présentation de la CBGS et de NABC .....</b>	<b>13</b>
1. Les actionnaires.....	13
2. Produits de la CBGS : .....	14
3. Organigramme de l'entreprise : .....	14
<b>chpitre 3: La production des boissons Gazeuses.....</b>	<b>15</b>
<b>I. Service de Production.....</b>	<b>16</b>
1. Siroperie : .....	16
2. La station traitement d'eau : .....	16
3. La salle des machines : .....	17
4. La chaudière .....	17
5. Les lignes de production .....	17
<b>II. Fabrication des boissons gazeuses.....</b>	<b>17</b>
<b><i>2<sup>ème</sup> partie :.....</i></b>	<b>18</b>
<b><i>Traitements des eaux et description des installations de la station de traitement. des eaux. ....</i></b>	<b>18</b>
<b>chpitre 1: Généralités Sur le Traitement des Eaux.....</b>	<b>19</b>
<b>I. Définitions : .....</b>	<b>20</b>
1. Eau pure .....	20
2. Eaux industrielles : .....	20

II. Composition de l'eau : .....	20
III. Les Paramètres de la qualité de l'Eau : .....	20
IV. Les méthodes de traitements des eaux.....	21
1. Méthodes physiques : .....	21
1. Méthodes chimiques.....	22
<b>chpître 2: La station de traitement des eaux DE LA CBGS.....</b>	<b>23</b>
I. Introduction.....	24
II. Chaîne de Traitement de L'eau de Process.....	24
1. Description de l'installation.....	24
III. Eau de Rinçage : .....	28
1. Adoucissement : .....	28
2. La chloration :.....	29
IV. Eau recyclée : .....	29
1. Étapes de Traitement : .....	29
2. Description du traitement : .....	29
<b><i>3<sup>ème</sup> partie : .....</i></b>	<b><i>30</i></b>
<b><i>Présentation du travail réalisé.....</i></b>	<b><i>30</i></b>
<b>chpître 1: Méthodologies d'analyse.....</b>	<b>31</b>
I. Introduction : .....	32
II. diagramme d'Ishikawa : .....	32
1. Présentation du diagramme d'Ishikawa : .....	32
2. but de l'élaboration des diagrammes d'ishikawa : .....	32
3. processus de l'élaboration des diagrammes d'ishikawa :.....	32
II. La turbidité : .....	33
III. jar test : .....	33
1. Objectif :.....	33
IV. mesure d'aluminium par spectrophotomètre : .....	34
1. Objectif :.....	34
2. Mode opératoire :.....	34
V. Break point : .....	34
1. Objectif :.....	34
2. Procédure : .....	35

3. Mode opératoire : .....	35
<b>VI. mesure du chlore libre. ....</b>	<b>35</b>
1. Objectif : .....	35
2. Mode opératoire : .....	35
<b>chpître 2: Analyse et interprétations des Résultats.....</b>	<b>36</b>
<b>I. La détermination des causes potentielles de la détérioration de la qualité des Eaux de process. ....</b>	<b>37</b>
1. Diagramme d'ishikawa général de la station. ....	37
2. Identification des anomalies potentielles dans la 1ère chloration : .....	37
3. Identification des anomalies potentielles dans la coagulation : .....	38
4. Identification des anomalies potentielles dans la filtration du sable : .....	38
5. Identification des anomalies potentielles dans le décarbonateur : .....	39
6. Identification des anomalies potentielle dans le stockage : .....	40
7. Identification des anomalies potentielles dans les filtres à charbon : .....	41
8. Identification des anomalies potentielles dans le filtre UV : .....	41
<b>II. Détection de la dose optimale de coagulant.....</b>	<b>42</b>
1. Détection de la dose à ajouter en général (méthode de suivi). ....	42
2. Détection de la dose optimale de coagulant à ajouter au mois d'août (jar-test) : .....	45
<b>III. Détection de la dose optimale de chlore.....</b>	<b>46</b>
1. Détection de la dose générale de chlore à ajouter.....	46
2. Détection de la dose optimale de chlore à ajouter au mois d'août (méthode du breakpoint).....	47
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>49</b>
<b>Perspectives &amp; recommandation .....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE : .....</b>	<b>50</b>
Site web : .....	50
Référence : .....	50
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>50</b>
<b>Liste des photos.....</b>	<b>50</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>51</b>

# INTRODUCTION GENERALE

Coca Cola Compagnie est représentée par des sociétés d'embouteillage partout dans le monde. Ces entreprises sont approvisionnées en concentrés des boissons et elles s'occupent de la dilution de ces concentrés, de l'ajout de sucre et de CO<sub>2</sub>.

Puisque la qualité d'eau est d'une grande importance dans l'agroalimentaire, toutes les usines d'embouteillage disposent de stations de traitement d'eau (STE) à l'amont de leur chaîne de production.

Au Maroc, la Coca Cola Compagnie est représentée par le groupe NABC. Ce dernier s'est investi dans la recherche du célèbre trio de la satisfaction d'un client (Délai/qualité/Prix), ainsi que dans la politique de l'économie d'eau. Toutes les STE des usines du groupe ont un bon indice en économie d'eau. Pour la CBGS, malgré les efforts qui ont été fournis dans ce sens, il reste encore un point à améliorer, le traitement et à l'optimisation de la perte des réactifs.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le sujet du projet de fin d'étude, que j'ai effectué au sein de l'usine NABC de Marrakech, où notre objectif est de détecter les problèmes potentiels dans la chaîne de traitement des eaux et d'optimiser l'ajout de réactifs.

Ce travail sera structuré en trois parties en plus d'une conclusion générale.

- La première partie constituera une présentation de la CBGS et du groupe NABC et décrira le procédé de fabrication de la boisson gazeuse.
- La deuxième sera consacrée à l'étude bibliographique sur les traitements des eaux et décrira la station dans laquelle se déroulera le projet.
- La troisième partie comportera la présentation du projet (détection des sources de potentiel problème ainsi qu'aux résultats des études expérimentales réalisés et qui ont pour but, l'optimisation de l'ajout de réactifs à la chaîne de traitement des eaux de process).



***1<sup>ere</sup> partie :***

***Présentation de l'étude***

## **Chapitre 1:**

**Problématiques et objectifs de  
l'étude.**

## **I. problématiques.**

### ***1. problématique de l'entreprise.***

Dans l'industrie des boissons gazeuses, l'eau est la matière première la plus importante, raison pour laquelle son traitement est d'une importance cruciale, car une simple négligence ou mauvais fonctionnement du matériel peut affecter la qualité du produit fini.

### ***2. problèmes rencontrés lors de l'élaboration de l'étude.***

Les problèmes rencontrés au cours de l'élaboration de ce projet sont :

- Le mauvais fonctionnement du turbidimètre.
- L'absence du kit pour l'analyse du chlore a rendu impossible l'utilisation du spectrophotomètre, ce qui nous a forcé à utiliser la méthode PDP qui donne des résultats moins précis.
- La rareté de documentation sur les modes opératoires du jar-test et du breakpoint.
- Absence de micro pipette.

## **II. objectif de l'étude.**

Le travail effectué consiste tout d'abord à faire des diagrammes d'ishikawa, afin de détecter d'éventuels problèmes au sein de la station de traitement des eaux. A partir de là, cibler la concentration optimale de réactifs à ajouter pour un rendement maximal.

## **Chapitre 2:**

### **Présentation de l'Entreprise CBGS.**

## I. Historique de Coca Cola

- Invention de Coca Cola en 1886 à Atlanta par le pharmacien John Sith Pemberton qui cherchait un remède contre la fatigue.
- Son comptable, Franck M. Robinson baptisa la boisson Coca Cola et en dessina le 1er graphisme.
- Commercialisée à la Soda Fountain de la Jacob's Pharmacy ou un des serveurs eut l'idée de mélanger le sirop avec de l'eau gazeuse : Le Coca Cola était né.
- Asa Candler racheta les droits de la formule en 1890 à 2300 Dollars.
- Le nom et l'écriture de la marque furent brevetés en 1897.
- L'embouteillage à grand échelle commença en 1897.

## II. Les chiffres clés de Coca Cola

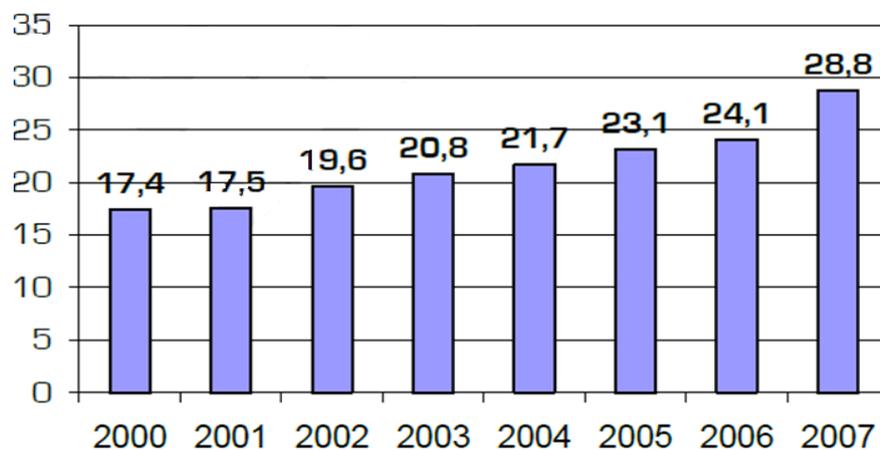


Figure 1 : Histogramme des chiffres d'affaires de coca en milliards de Dollars

## III. Répartition des volumes de vente dans le monde

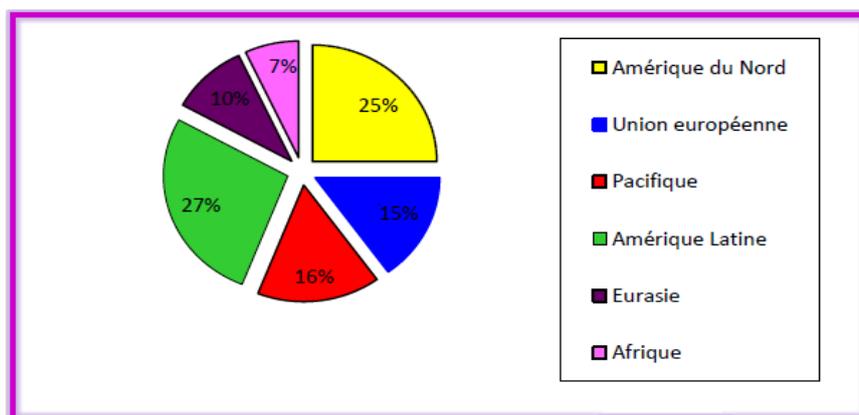


Figure 2 : Répartition des volumes de vente dans le monde.

## IV. Présentation de la CBGS et de NABC

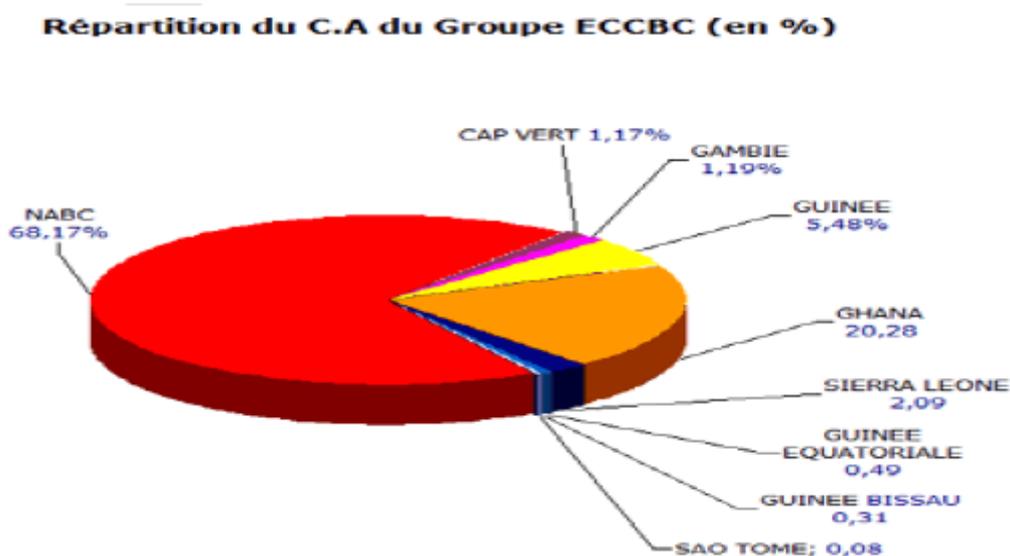
### 1. Les actionnaires

Equatorial Coca-cola Bottling Company 'ECCBC' est un holding créé en 1997 avec une participation majoritaire du groupe industriel espagnol COBEGA, partenaire de Coca-Cola depuis 1951, et de la multinationale The Coca-cola Company.

Spécialisé dans l'embouteillage et la commercialisation des boissons gazeuses, ECCBC est présente dans une dizaine de pays africains (Algérie, Cap Vert, Ghana, Guinée Bissau, Guinée Conakry, Guinée Equatoriale, Libéria, Maroc, Mauritanie, Sao Tome et Sierra Léone).

La présence d'ECCBC au Maroc remonte à novembre 2002, date d'acquisition des concessions de Fès (CBGN) ; Marrakech (CBGS) et Agadir (SCBG).

La répartition du chiffre d'affaire de l'ECCBC est donnée par la figure ci-dessous :



**Figure 3 : Répartition du chiffre d'affaire du groupe ECC.**

North Africa Bottling Company fut créée le 22 décembre 2003 suite au regroupement de 5 sociétés marocaines (Société Centrale des Boissons Gazeuses "SCBG", Compagnie Boissons Gazeuses du Nord "CBGN", Compagnie Boissons Gazeuses du Sud "CBGS", "COBOMI" et de la Société des Boissons Mauritanienne "SOBOMA").

Cette union place le groupe NABC comme filiale principale d'ECCBC et comme le plus important des concessionnaires de The Coca-Cola Company en Afrique avec un effectif de plus 3 500 salariés.

NABC disposait de 5 sites de production au Maroc situés à Casablanca, Fès, Marrakech et Salé, et un site en Mauritanie basé à Nouakchott, regroupant plusieurs lignes d'embouteillage en PET, verre et boîte. Mais actuellement elle ne dispose plus que de quatre vu que l'usine de Salé a été fermée il y'a plus d'un an. Ces unités desservent sur le sol marocain les régions de Casablanca, Fès et Marrakech, et ce à travers plusieurs centres de distribution.

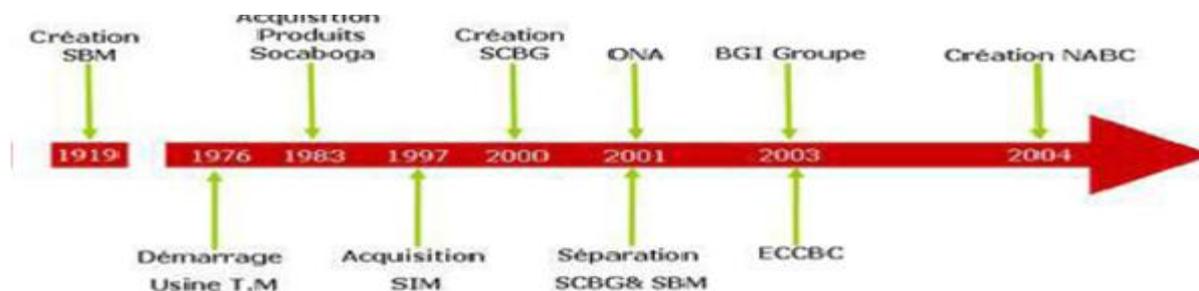


Figure 4 : Chronologie du développement de l'embouteillage au Maroc.

**2. Produits de la CBGS :**

Coca-cola	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl), standard (20 cl) ,1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2, 4/2 litre</li> </ul>
Fanta orange	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl), standard (20 cl) ,1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2 litre</li> </ul>
Hawaï Tropical	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl) 1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2 litre</li> </ul>
Pom's	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl) 1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2 litre</li> </ul>
Sprite	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl) 1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2 litre</li> </ul>
Schweppes Lemon	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre : royale (35 cl) 1 litre</li> <li>➤ PET : 1/2, 2/2, 3/2 litre</li> </ul>
Schweppes Tonic	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verre standard (20 cl)</li> <li>➤ PET : 1 litre</li> </ul>

Tableau 1 : Les différents produits de CBGS.

**3. Organigramme de l'entreprise :**

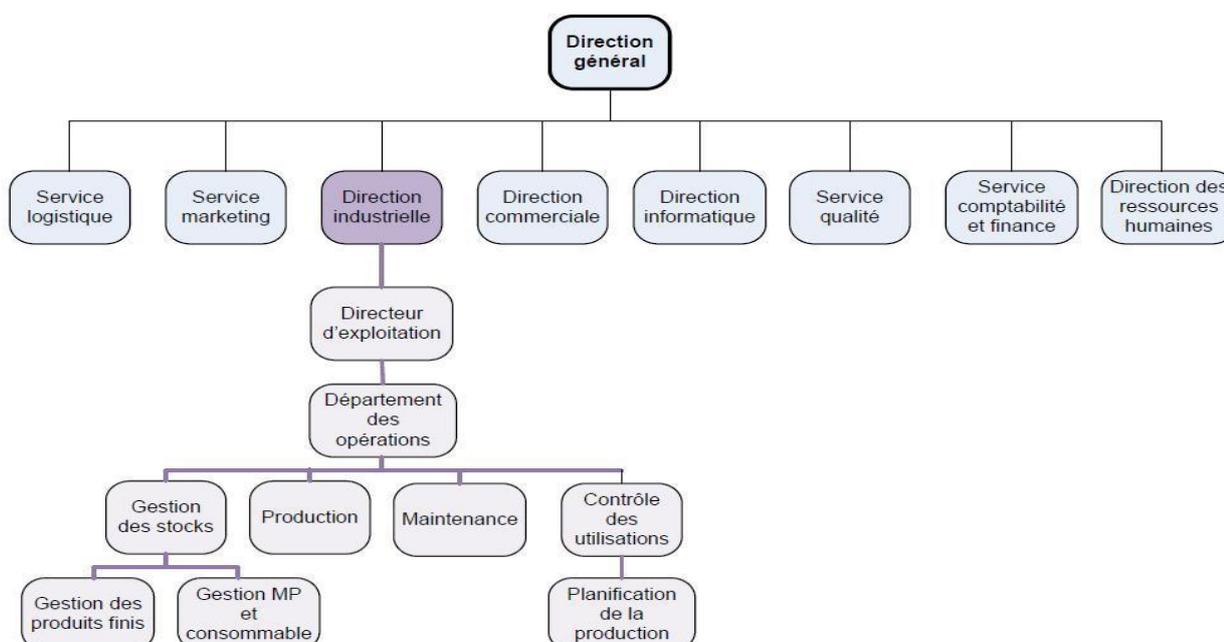


Figure 5 : Organigramme de CBGS (historique CBGS 2011).

## **Chapitre 3 :**

### **La production des boissons Gazeuses.**

Le processus de production chez Coca-Cola passe par plusieurs étapes qui sont représentées sur la figure ci-contre.

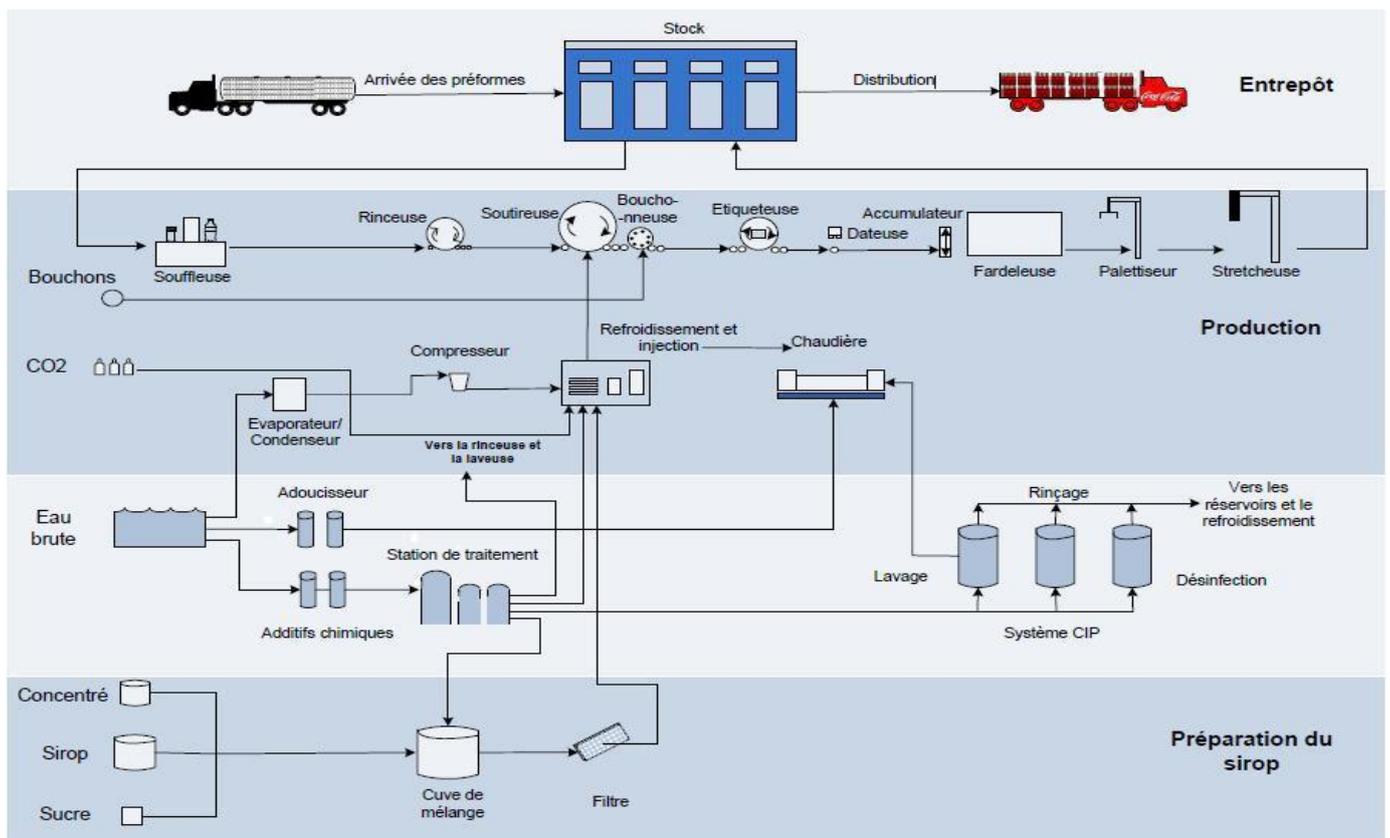


Figure 6 : Schéma de procédés de La Fabrication des boissons Gazeuse.

## I. Service de Production

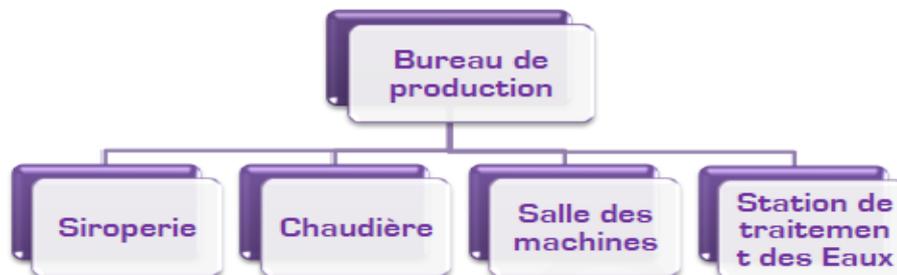


Figure 7 : Service de Production.

### 1. Siroperie :

Son rôle comme l'indique son nom est la préparation des sirops par le mélange des concentrés avec l'eau traitée et les colorants.

### 2. La station traitement d'eau :

Bien qu'on dise que l'eau n'a pas de couleur ni de goût, sa qualité varie d'un lieu à l'autre. Cette étape vise donc, à travers des traitements chimiques et physiques, à traiter l'eau de sorte à ce qu'elle corresponde à un seul standard et que le goût de la boisson soit le même.

### 3. La salle des machines :

- Deux grands réacteurs.
- Un bac tampon
- les filtres à sable.
- les filtres à charbon.
- le bac de chaud.

### 4. La chaudière

Le rôle principal de cette machine est d'alimenter les laveuses par la pression et l'eau chaude.

### 5. Les lignes de production

L'usine comporte quatre lignes de production ,2 lignes de verres et 2 lignes PET :

- La ligne verre N° 1 : une capacité nominale de 1500 C/h, donne tous les produits de 1 l ,35 cl et 20 cl.
- La ligne verre N° 2 : une capacité nominale de 1000 C/h, donne tous les produits de 1 L, 35 cl et 20 cl.
- Les deux premières lignes contiennent presque les mêmes éléments, avec l'existence de quelques exceptions.
- La ligne PET N° 3 & N° 4 : dans cette ligne les bouteilles sont en plastique (polyéthylène tétraphalat). La capacité nominale est de 6000 bouteilles par heure, et donne tous les produits en plastique dont les volumes ½, 2/2,3/2,4/2.

## II. Fabrication des boissons gazeuses

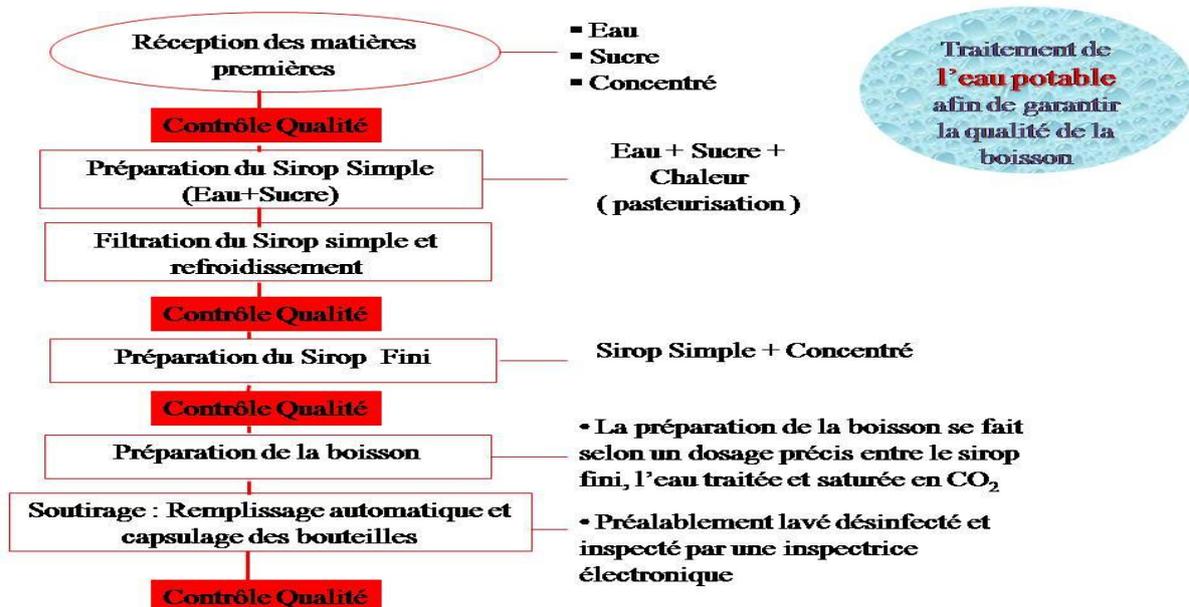


Figure 8 : schéma de fabrication des boissons gazeuse.

***2<sup>ème</sup> partie :***

***Traitements des eaux et  
description des  
installations de la  
station de traitement.  
des eaux.***

## **Chapitre 1:**

# **Généralités Sur le Traitement des Eaux**

Depuis la nuit des temps, l'eau est associée à la vie, et il a été depuis toujours étroitement liée à son développement et son rôle a été d'autant plus important lors de la révolution industrielle ou jusqu'à nos jours, elle est indispensable pour le bon fonctionnement des usines.

## I. Définitions :

### 1. Eau pure

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. La formule chimique de l'eau pure est H<sub>2</sub>O.

### 2. Eaux industrielles :

La qualité et la quantité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables, elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille.

Une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique.

## II. Composition de l'eau :

L'eau en général est une solution complexe contenant plusieurs éléments de compositions différentes, qu'on peut classer en 3 catégories :

- Les éléments minéraux : les cations (Calcium(Ca<sup>2+</sup>) , Magnésium(Mg<sup>2+</sup>) , Potassium(K<sup>+</sup>) , Sodium(Na<sup>+</sup>) et le fer(Fe<sup>2+</sup>) ...) .les anions(OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub> ...)
- Les gaz : CO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.
- Les oligo-éléments : Le cuivre, zinc, étain, vanadium, titane, molybdène, zirconium, germanium....

## III. Les Paramètres de la qualité de l'Eau :

La limpidité et la couleur de l'eau sont des paramètres essentiels. Toute eau alimentaire doit être limpide et incolore. On évalue ces critères au moyen des paramètres suivant :

<b>Les Matières En Suspension</b>	(MES) correspondent aux particules véhiculées par l'eau. Elles peuvent être minérales ou organiques.
<b>La turbidité</b>	C'est le paramètre qui définit la transparence de l'eau, elle est d'autant plus élevée que la densité des particules contenue dans l'eau est forte. L'unité utilisée est le NTU.
<b>La couleur</b>	Peut être due à la présence de métaux. Elle s'exprime par comparaison avec une échelle de couleur étalon, obtenue à partir d'une solution de sel double de cobalt D'où son unité en mg/l de platine.
<b>Les matières organiques</b>	La matière organique est présente dans l'eau sous forme particulaire et dissoute. Sous forme particulaire, elle constitue une partie des MES.

<p><b>Les éléments métalliques</b></p>	<p>L'aluminium est peu présent dans les eaux, car très peu soluble. Dans les eaux traitées, sa présence est principalement due aux coagulants (sulfate d'alumine par exemple) utilisés pour la clarification des eaux de surface. En effet, des dépôts de coagulants dans le réseau de distribution peuvent se produire, Si le pH de la coagulation ou le dosage des sels d'aluminium sont mal ajustés, ou encore si la filtration sur sable présente un dysfonctionnement.</p>
<p><b>La dureté</b></p>	<p>La dureté de l'eau ou Titre Hydrotimétrique (TH) est un indicateur global de la minéralisation de l'eau. Elle correspond à la somme des cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins. Dans les eaux naturelles, elle est essentiellement due aux ions calcium et magnésium.</p>
<p><b>L'alcalinité</b></p>	<p>L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates. Elle se caractérise par deux paramètres :  (TA) : correspond à la première neutralisation des ions carbonates.  (TAC) : correspond à la neutralisation de la totalité des espèces carboniques dissociées.</p>

**Tableau 2 : Les Paramètres de la qualité de l'Eau.**

#### IV. Les méthodes de traitements des eaux

Le but de ces différents traitements est de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux brutes afin de les rendre potables.

##### 1. Méthodes physiques :

###### a. Coagulation-floculation :

Les pratiques de coagulation–floculation–sédimentation conventionnelles sont des prétraitements essentiels de plusieurs dispositifs de purification de l'eau, particulièrement la filtration. Ces processus produisent des agglomérats des corps solides en suspension, qui peuvent ensuite être retirés physiquement plus aisément. L'élimination des particules en suspension par ces méthodes améliore beaucoup l'efficacité de la filtration qui suit. Ce processus est souvent suivi par une séparation physique par gravité (sédimentation ou flottation) et toujours par une filtration.

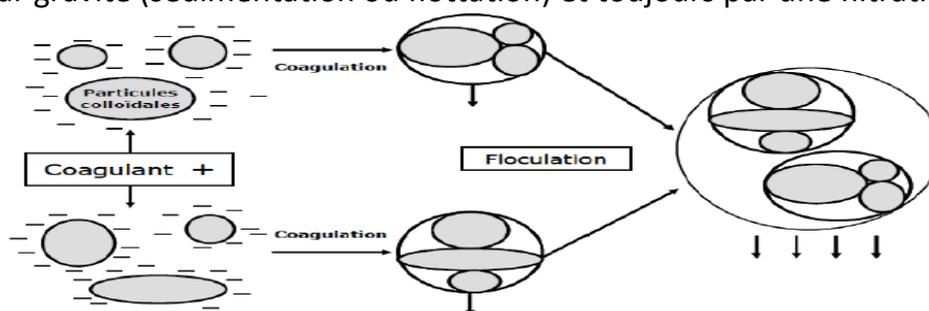


Figure 9 : principe de coagulation-floculation.

###### b. Séparation par membrane :

La filtration sur membrane est une technique de séparation physique se déroulant en phase liquide. Le but est de purifier, fractionner ou concentrer des espèces dissoutes ou en suspension dans un solvant au travers d'une membrane.

Les membranes sont de fines pellicules d'un matériau capable de séparer les contaminants selon leur taille et leur charge. L'eau traverse une membrane et les particules volumineuses, micro-organismes et autres contaminants y sont arrêtés.

### c. Adsorption :

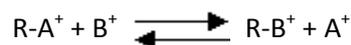
L'adsorption est le processus au cours duquel des molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé un adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé un adsorbant. Par la surface du solide, on sous-entend les surfaces externes et internes engendrées par le réseau de pores et cavités à l'intérieur de l'adsorbant.

## 1. Méthodes chimiques

### a. Echange d'ions

L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (ex : cations) sont éliminés de cette solution par adsorption sur un matériau solide (l'échangeur d'ions), pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide. Les ions de charge opposée ne sont pas affectés.

Les réactions d'échange d'ions sont réversibles et sélectives : avec R le squelette de la résine



Les réactions d'échange d'ions sont régies par la loi des équilibres chimiques c'est à dire qu'elles se déroulent jusqu'à ce que les concentrations des divers ions atteignent certaines proportions précises.

### b. Désinfection chimique/oxydants

Les dispositifs de désinfection servent à combattre les maladies portées par l'eau causées par les bactéries ou les virus. Ces processus neutralisent les pathogènes en traitant l'eau de source avec des additifs ou par exposition aux UV. Ces dispositifs ne sont pas chers et peuvent aisément être adaptés au traitement de faibles volumes d'eau.

Le chlore libre, les chloramines et le bioxyde de chlore sont des désinfectants communément employés. La chloration est le type le plus populaire (et le plus ancien) des traitements chimiques. Le chlore est aussi un oxydant et il aide à éliminer le fer, le sulfure d'hydrogène et d'autres minéraux.

## **Chapitre 2 :**

### **La station de traitement des eaux DE LA CBGS**

## I. Introduction

L'eau est une matière première essentielle dans l'industrie agroalimentaire en particulier dans l'industrie des boissons gazeuses. L'eau doit donc présenter les critères de qualité chimique et biologique en vigueur, celle-ci représentant environ 90% de volume total de la boisson.

C'est pour cela que la société CBGS a mis en place une station bien équipée pour le traitement des eaux, afin de garantir une eau de qualité n'ayant aucun risque sur la santé des consommateurs.

Type d'eau	Utilisations
Eau traitée ( de Process )	-préparation du sirop -préparation du produit fini -Stérilisation et sanitation des équipes (Siroperie-Intermix).
Eau de rinçage	-lavage des bouteilles (verre et PET). -alimentation compresseur du froid.
Eau recyclée	-bain de soude -nettoyage de l'usine.

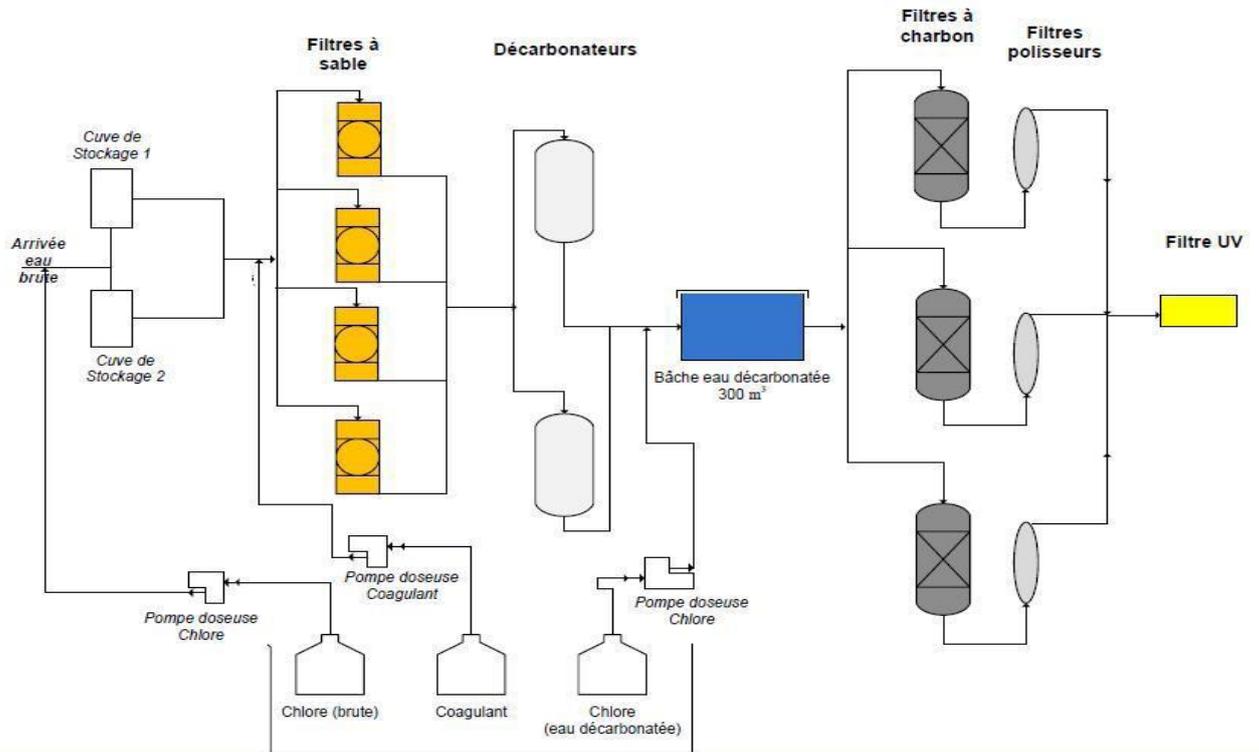
Tableau 3 : les différents types d'eau à la CBGS.

## II. Chaine de Traitement de L'eau de Process

### 1. Description de l'installation

L'installation est constituée de :

- 2 cuves de stockage.
- 4 filtres à sables fonctionnant en parallèle.
- 2 décarbonateurs.
- 1 bache de stockage.
- 3 filtres à charbon.
- 3 filtres polisseurs.
- filtre UV.



**Figure 10 : Schéma de l'installation de traitement d'eau de process.**

**a. La préchloration :**

L'eau de ville est stockée dans deux réservoirs cylindriques en acier inoxydable. Au cours du remplissage, une injection d'eau de javel ( $\text{NaClO}$  à 6,9°) se fait par l'intermédiaire d'une pompe doseuse d'injecte le chlore juste avant le transfert d'eau vers le filtre à sable.

**b. La floculation en ligne :**



**Photo 1 : Les filtres à sable.**

L'eau brute pré-chlorée et stockée dans les cuves est prise par un groupe de pompes centrifuges qui refoulent dans un collecteur et la distribue par la suite sur les quatre filtres à sable.

Dans l'eau brute, les colloïdes sont généralement chargés négativement et se repoussent mutuellement.

Afin de neutraliser cette charge superficielle négative, on ajoute le coagulant qui contient des cations  $Al^{3+}$  formant ainsi une couche autour du colloïde et favorisant le rapprochement des particules qui deviennent filtrables. C'est la coagulation.

C'est un procédé de clarification et d'élimination de particules spécifiques. Il est très utilisé parce qu'il est peu coûteux.

Le coagulant est injecté à l'aide d'une pompe doseuse réglée à 95 % de sa course et cette pompe aspire à partir d'un bac de 200 litres de solution sulfate d'alumine à 62,5 g/l. La solution est injectée dans le collecteur qui véhicule un débit moyen d'eau de 58 m<sup>3</sup>/heure.

#### c. La décarbonatation :



**Photo 2 : Les décarbonateurs.**

L'installation est munie de deux décarbonateurs pour réduire l'alcalinité de l'eau. Ces deux colonnes fonctionnent en alternance. Quand l'une est en marche l'autre est en régénération. Le décarbonateur est un filtre contenant des résines échangeuses d'ions de type cationique faible qui se présentent sous forme de sphères de 1 mm de diamètre environ, et qui possèdent la propriété de retenir les cations calcium  $Ca^{2+}$  et magnésium  $Mg^{2+}$  liés aux bicarbonates.

Pour décarbonater l'eau, la résine est d'abord mise sous forme  $H^+$  : étape dite de régénération effectuée par passage d'une solution d'acide chlorhydrique HCl sur la résine. La résine se charge alors en ions  $H^+$ . Après rinçage, pour éliminer toute trace d'acide, les sels de calcium et de magnésium de l'eau dure, mais uniquement ceux liés aux bicarbonates ( $HCO_3^-$ ) seront échangés contre des ions  $H^+$  par passage sur la résine. Le bicarbonate se lie aux ions  $H^+$  pour former de l'acide carbonique qui se décompose en eau et gaz carbonique :



Ces décarbonateurs sont munis d'un système de dégazage permettant d'évacuer le  $CO_2$  produit par la réaction de décarbonatation.

#### d. La chloration :

Le traitement ne se poursuit qu'en fonction de la demande des lignes de production.

C'est la raison pour laquelle, la station est dotée d'une bache de stockage à l'aval du.

**e. Décarbonateur :**

Ainsi, à la sortie du décarbonateur, l'eau semi traitée est chlorée puis stockée dans un bassin sous-sol en béton peint en époxy. Au cours du stockage, l'eau est analysée en ligne par l'opérateur qui mesurant le chlore libre et la teneur en chlore est régulée à l'aide d'une injection d'une solution d'eau de javel qui se fait par l'intermédiaire d'une pompe doseuse, réglée à 25%. La conduite du remplissage du bassin est également munie d'un pH-mètre et d'un conductivimètre



**Photo 3 : Le stockage d'eau de process.**

**f. La déchloration sur filtres à charbon :**

L'eau semi traitée, chlorée et stockée dans le bassin est aspirée par un jeu de pompes immergées et envoyée à travers un collecteur de refoulement qui distribue à la suite l'eau pompée sur les filtres à charbon actif.



**Photo 4 : Les filtres à charbon.**

Les contaminations microbiologiques qui sont constatées à la sortie des filtres à Charbon actif obligent un traitement préventif.

**j. Le Filtre polissage :**

L'eau à la sortie de chaque filtre à charbon actif passe à travers un filtre de polissage équipé de bougies dont la porosité est de 5  $\mu\text{m}$ .

#### h. La désinfection par UV :



Photo 5 : Le filtre UV.

L'eau traitée passe à travers une colonne contenant des lampes à irradiations UV qui servent à désinfecter l'eau. L'appareil a des lampes à vapeur de mercure à basse pression qui émettent une lumière UV-C monochromatique.

Cette étape a été ajoutée pour limiter le transfert des bactéries vers les lignes de production.

### III. Eau de Rinçage :

L'eau de ville subit plusieurs traitement afin d'être utilisable comme une eau adoucie de rinçage.

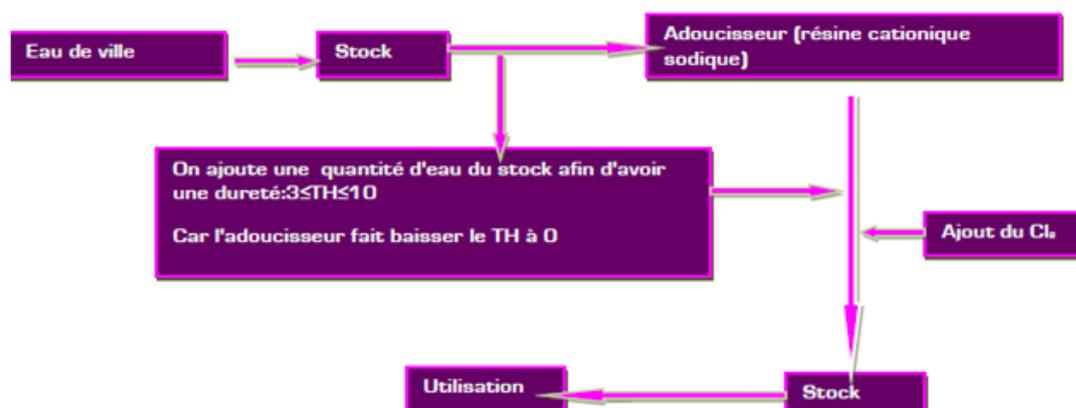


Figure 11: Schéma des étapes de traitement de l'eau de rinçage.

#### 1. Adoucissement :

L'installation est munie de deux adoucisseurs pour réduire l'alcalinité de l'eau. Ces deux colonnes fonctionnent en alternance. Quand l'une est en marche l'autre est en régénération.

L'adoucisseur est un filtre contenant des résines échangeuses d'ions de type cationique qui se présentent sous forme de sphères de **1 mm** de diamètre environ, et qui possèdent la propriété de retenir les cations dans l'ordre préférentiel suivant :  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ .

Pour adoucir l'eau, la résine se d'abord mise sous forme  $\text{Na}^+$  : étape dite de régénération effectuée avec du chlore de sodium par passage d'une saumure, les sels de calcium et magnésium de l'eau dure seront échangés contre les ions sodium par

passage sur la résine (cycle dit d'épuisement). L'eau obtenue ne contient plus d'ions de calcium et magnésium, mais se charge d'autant en ions sodium.

Notant qu'en fin de cycle, le TH évolue rapidement pour atteindre le TH de l'eau brute, la résine est saturée.

Il faut éviter de saturer la résine à chaque cycle de régénération, car celle-ci devient alors de plus en plus difficile à régénérer, ce qui nuit au bon fonctionnement de l'adoucisseur.

## 2. La chloration :

Le traitement ne se poursuit qu'en fonction de la demande. C'est la raison pour laquelle, la station est dotée d'une bache de stockage à l'aval de l'adoucisseur. Ainsi, l'eau adoucie est chlorée pour avoir l'eau de Rinçage. Au cours du stockage, l'eau est régulée à l'aide d'une injection d'une solution d'eau de javel qui se fait par l'intermédiaire d'une pompe doseuse.

## IV. Eau recyclée :

### 1. Étapes de Traitement :

Dans la politique de la protection de l'environnement et l'optimisation de l'eau, la station de traitement des Eaux de SCBG recycle leurs eaux usées afin de les réutilisées pour le nettoyage de l'usine ainsi que dans autre utilisation. Les étapes de ce traitement sont détaillées dans le schéma ci-dessous :

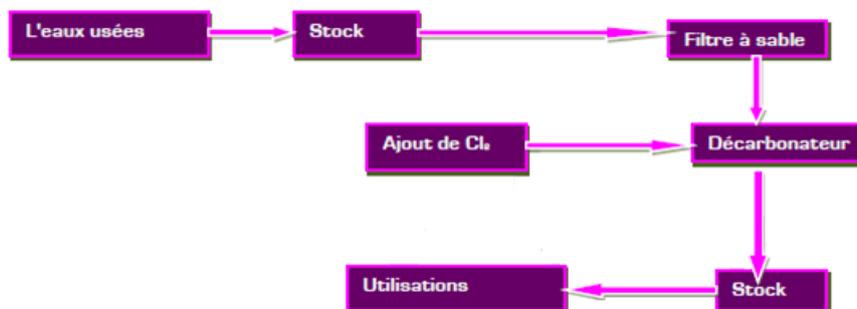


Figure 12: schéma des étapes de traitement de l'eau recyclée.

### 2. Description du traitement :

L'eau de récupération est muni du stock vers un filtre à sable afin d'éliminer tous les matières qui nuisent à la propreté, il vise essentiellement à diminuer la turbidité qui est souvent élevée.

Ensuite L'eau filtrée passe par un décarbonateur afin de minimiser la charge d'eau des ions qui risquent de poser des problèmes de santé pour le personnel, et des problèmes de détérioration pour le matériel.

Ainsi, à la sortie du décarbonateur, l'eau semi traitée est chlorée puis stockée dans un bassin sous-sol en béton peint en époxy. Au cours du stockage, l'eau est analysée en ligne par l'opérateur qui mesurant le chlore libre et la teneur en chlore est régulée à l'aide d'une injection d'une solution d'eau de javel qui se fait par l'intermédiaire d'une pompe doseuse, réglée à 25%. La conduite du remplissage du bassin est également munie d'un pH-mètre et d'un conductivimètre.



***3<sup>ème</sup> partie :***

***Présentation du travail  
réalisé***

## **Chapitre 1 :**

# **Méthodologie d'analyse**

## **I. Introduction :**

La présente étude a un double objectif : d'abord la détection de problèmes potentiels dans la station de traitement des eaux, susceptibles de détériorer la qualité des eaux de la CBGS. Le second objectif est l'optimisation de l'ajout-des réactifs.

## **II. diagramme d'Ishikawa :**

### **1. Présentation du diagramme d'Ishikawa :**

Le diagramme d'Ishikawa ou diagramme de causes et effets, ou diagramme en arêtes de poissons est un outil graphique issu d'un brainstorming. Il recense les causes aboutissant à un effet. Son analyse permet une aide à la décision pour corriger un fait existant, ou mettre en place un projet.

Le point fort de cette méthode est le fait que la recherche des causes suit une logique pour n'en oublier aucune.

Les causes sont réparties dans les cinq catégories appelées 5 M :

- Matière : les matières premières, et plus généralement les inputs du processus.
- Matériel : concerne l'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels, et les technologies.
- Méthode : le mode opératoire et la recherche et développement.
- Main d'œuvre : tout ce qui concerne les ressources humaines.
- Milieu : l'environnement, le positionnement et le contexte.

Chaque branche reçoit d'autres causes ou catégories hiérarchisées selon leur niveau d'importance ou de détail. Le classement doit mettre en évidence les causes les plus directes.

### **2. but de l'élaboration des diagrammes d'ishikawa :**

Afin d'améliorer le rendement de la station de traitement des eaux de process, nous avons opté pour l'application de cet outil analytique et ce par le bail de diagrammes regroupant l'ensemble des composantes de la station. Cela nous a permis de détecter les anomalies potentielles qui peuvent causer la détérioration de l'eau de process qui est la base fondamentale de la fabrication des boissons.

### **3. processus de l'élaboration des diagrammes d'ishikawa :**

Les procédures que nous avons suivies pour mettre au point ces diagrammes sont :

- répertorier l'ensemble des matières premières (l'eau brute provenant de la RADEEMA, l'eau de javel à 46° chloro, les sulfates d'alumines en poudre) ;
- faire l'inventaire de tous les matériaux (pompes doseuse, filtre à sable, décarbonateur, filtre à charbon, filtre de polissage, filtre UV) ainsi que leurs usage ;
- suivre le trajet de l'eau dans la station de traitement des eaux de process ;
- répertorier toute action faite par l'opérateur :

- les modes opératoires pour la préparation des réactifs.
  - La maintenance de la station.
- faire une analyse logique de chaque étape de traitement des eaux et de l'action des différents éléments de la station et cela dans le but de connaître leur importance afin de permettre leur classement dans le diagramme d'ishikawa.

## **II. La turbidité :**

La turbidité désigne la teneur d'un liquide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues. La technique de mesure de ce paramètre est décrite ci-dessous :

- On commence tout d'abord par l'étalonnage de l'appareil avec de l'eau distillée qui prend la valeur 0 NTU, et ensuite par l'eau standardisée qui prend la valeur 40 NTU par exemple.
- On remplit les flacons par les échantillons, on le place dans le turbidimètre et on lit la valeur affichée dans l'écran.

## **III. jar test :**

### **1. Objectif :**

Cette procédure est mise en œuvre pour déterminer la concentration optimale de coagulant à ajouter à l'eau.

### **2. Procédure :**

Pour la Détermination de la concentration optimale du coagulant, on varie la concentration du coagulant dans une série de béchers toute en gardant le même pH (pH optimal) et on analyse de la turbidité. La concentration du coagulant qui donne la turbidité la plus faible est la concentration optimale du coagulant à ajouter.

### **3. Mode opératoire :**

- Dans une série de béchers de 500 ml, on ajoute des volumes de coagulant différents provenant d'une solution mère d'une—concentration selon les concentrations sous mentionnées :
  - Pour préparer la solution mère dans l'usine : on ajoute une quantité de 12,5 kg de sulfate d'alumine à un volume de 200 l d'eau brute. Donc pour préparer la même préparation dans le laboratoire : on ajoute 62,25 g de sulfate d'alumine à un volume d'un litre.
  - Pour le volume de coagulant ajoute à l'usine : on ajoute par pompe doseuse un débit de 100 ml/min a un débit d'eau de 966666 ml/min ce qui nous donne un volume de coagulant de 100 ml pour chaque 966666 ml d'eau. Donc pour connaître le volume de coagulant a ajouté à 500 ml d'eau brute on a :

$$\begin{array}{l} 100 \text{ ml} \longrightarrow 966666 \text{ ml} \\ X \text{ ml} \longrightarrow 500 \text{ ml} \end{array}$$

Et ça nous donne un volume de 0,051 ml pour chaque 500 ml d'eau.

- On met les béchers en agitation de 150 tr/min durant un période de 3 min et puis on baisse à 40 tr/min durant 15 min.
- On laisse décanter pour une durée de 30 min.
- A la fin de la procédure, on analyse la turbidité.

#### IV. mesure d'aluminium par spectrophotomètre :

##### 1. Objectif :

Cette analyse a pour but la détection de l'aluminium dans l'eau brute échantillonnée.

##### 2. Mode opératoire :

Dans un tube à essai, on prend 2 ml de la solution A et on ajoute 3 ml d'échantillons. Ensuite on ajoute quelque grains de du produit B puis on agite pour homogénéiser la solution qu'on laisse reposer pendant 25 minutes. Pour finir on met les tubes dans le spectrophotomètre et on lit la valeur donnée.



Photo 6: Produit utilisé pour l'analyse de l'aluminium.

#### V. Break point :

##### 1. Objectif :

Le break point est une méthode qui donne la dose de chlore qu'on ajoute à l'eau pour avoir une désinfection, oxydation de  $\text{Fe}^{2+}$  ;  $\text{Mg}^{2+}$  et ammoniacque libre totale de manière à ce que le chlore en excès soit du chlore libre actif plutôt que du chlore combine ou des chloramines qui sont moins efficace.

Après le point de rupture de la courbe (break point), tout le chlore qu'on ajoute reste du chlore libre. Pour ça on considère qu'à partir de ce point la consommation de  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ainsi que la désinfection a déjà été opérée.

## RÉACTIONS DU CHLORE DANS L'EAU

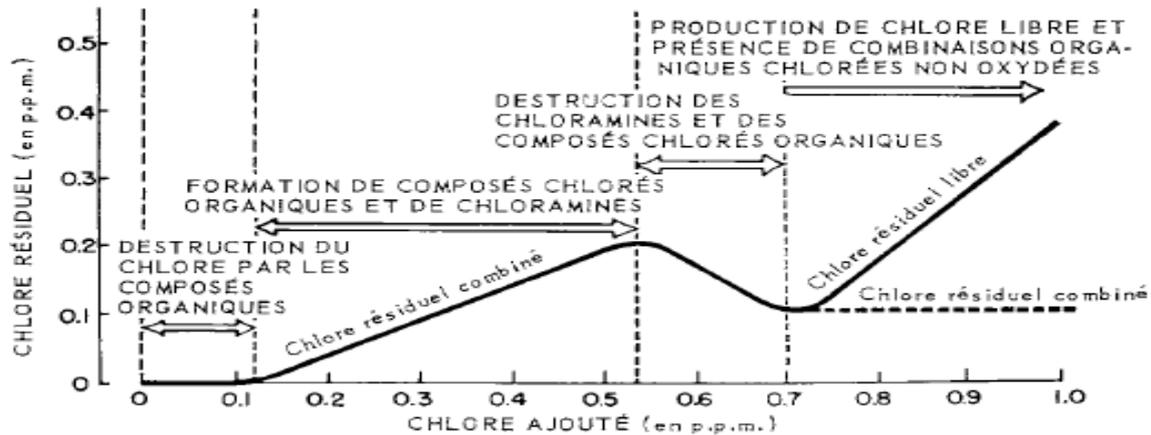


Figure 13 : Réactions du chlore dans l'eau.

### 2. Procédure :

Pour la Détermination du la concentration optimale de chlore, il faut préparer 10 solutions de concentration différentes (de 1 à 10 ppm dans notre cas) puis agiter jusqu'à ce que la solution soit homogène. Il faut laisser reposer pendant 2 heures à l'abri de la lumière. Ensuite, on mesure le chlore libre et on trace la courbe de la concentration de chlore initiale en fonction du chlore libre trouvé dans les solutions après 2 heures.

### 3. Mode opératoire :

- Prendre 10 bouteilles d'eau.
- Rincer abondamment avec l'eau du robinet puis l'eau distillée.
- Remplir chaque bouteille 1 l d'eau brute.
- Préparer une solution fille à 6,9° chloro d'eau de Javel.
- Injecter différentes concentrations d'eau de Javel.
- Laisser pendant 2 h. à l'abri de la lumière.

## VI. mesure du chlore libre.

### 1. Objectif :

Cette analyse a pour but la détection du chlore libre contenu dans l'eau brute échantillonnée.

### 2. Mode opératoire :

- Prélever un échantillon d'eau.
- Rincer la cellule du comparateur lovibond avec une petite quantité de l'échantillon.
- Briser le DPD N° 4 puis l'ajouter dans la cellule.
- Compléter le remplissage de la cellule avec l'échantillon.
- Placer la cellule dans la partie droite du comparateur lovibond.
- Déplacer le cercle jusqu'à l'obtention de couleur identique dans les deux vitres.
- Lire la valeur correspondante et l'enregistrer.

## **Chapitre 2 :**

# **Analyse et interprétations des Résultats.**

# I. La détermination des causes potentielles de la détérioration de la qualité des Eaux de process.

## 1. Diagramme d'ishikawa général de la station.

Le diagnostic de ce projet conduit à tracer un diagramme d'Ishikawa général, tel que représenté ci-dessous, sur lequel sont portés tous les éléments pouvant contribuer à la contamination de l'eau.

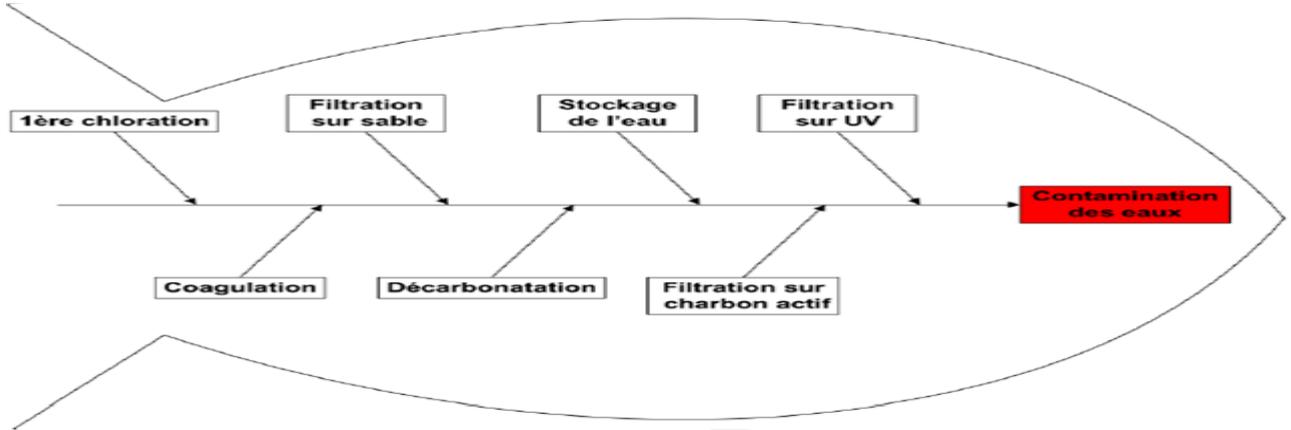


Figure 14 : Diagramme d'Ishikawa général.

Ce diagramme permet de classer les différents éléments susceptibles de causer la contamination décelée dans l'eau. Ainsi, pour chercher les défaillances, il faut analyser les différentes étapes du traitement de l'eau.

Ces différents points seront également étudiés dans des diagrammes d'Ishikawa dans ce qui va suivre.

## 2. Identification des anomalies potentielles dans la 1ère chloration :

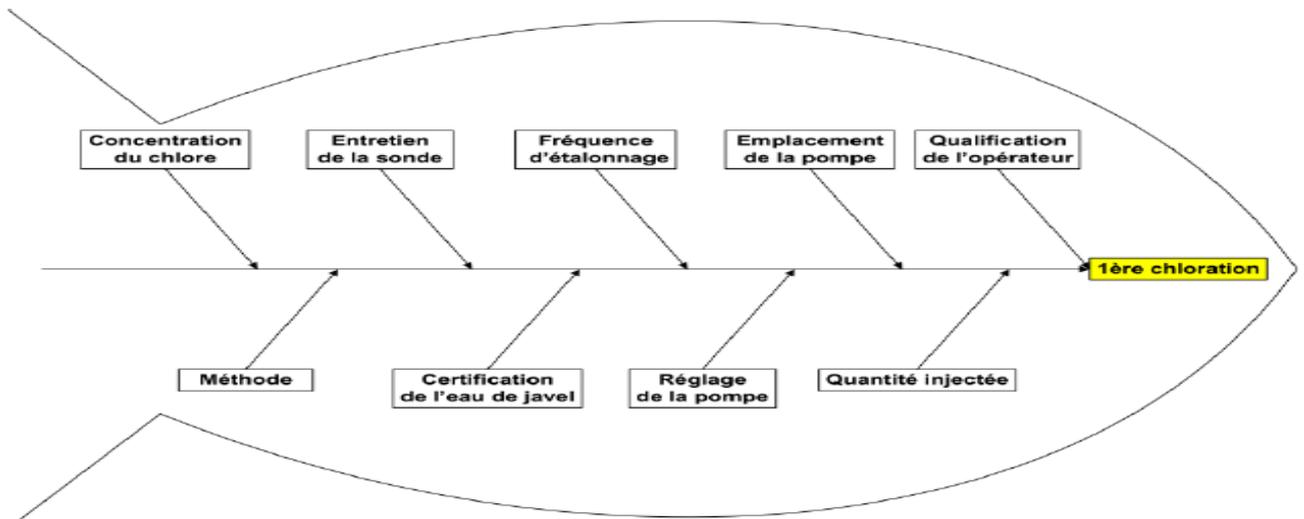


Figure 15 : Diagramme d'Ishikawa de la 1ère chloration.

La première chloration dépend de neuf éléments, les plus importants sont :

- La préparation de la solution d'eau de javel à injecter se fait suivant un mode opératoire que l'opérateur doit respecter.
- La teneur en chlore est lue sur un chlorimètre qui doit être étalonné avec une fréquence bien définie pour qu'il n'y ait pas de dérèglement.

- L'analyse du chlore se fait avec une sonde par laquelle passe l'eau chlorée. Cette sonde doit être bien entretenue pour ne pas fausser l'analyse.
- L'emplacement de la pompe doseuse qui est directement liée a sont réglage.

### 3. Identification des anomalies potentielles dans la coagulation :

La coagulation est un élément clé dans ce procédé de floculation en ligne. Donc, il faut s'assurer qu'elle se fasse correctement.

La première étape est le recensement des paramètres qui influencent la coagulation. Ils sont représentés sur le diagramme d'Ishikawa suivant :

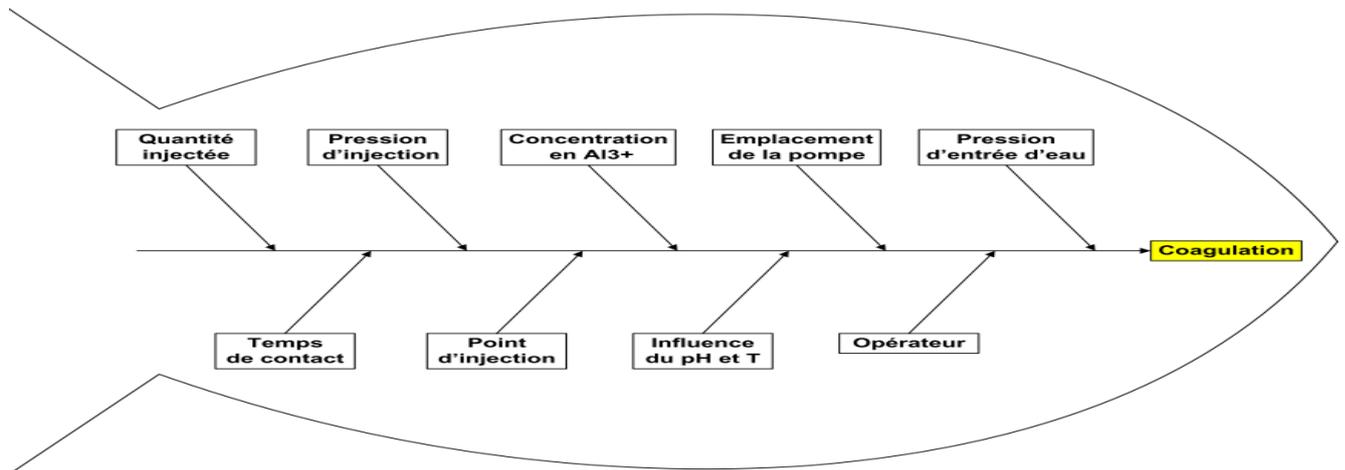


Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa de la coagulation.

Ainsi, la coagulation dépend de neuf paramètres. Les plus importants sont énumérés ci-dessous :

- D'abord, la quantité injectée est très significative. Il faut donc déterminer la quantité de coagulant nécessaire pour neutraliser les charges négatives présentes dans l'eau, sans oublier l'effet du pH et de la température.
- Enfin, le rôle de l'opérateur reste fondamental. En effet, c'est lui qui :
  - s'occupe de la préparation de la solution de coagulant, du nettoyage du matériel, et de la bonne marche de la station.
  - s'assure que la pompe doseuse soit bien étalonnée pour quelle injecte le volume optimale de coagulant avec la minimum course.
  - S'assure de l'emplacement de la pompe doseuse.

### 4. Identification des anomalies potentielles dans la filtration du sable :

Le procédé de floculation en ligne est constitué de deux éléments : la coagulation et la filtration sur sable. Cette dernière est l'étape qui permet de retirer les particules regroupées à l'aide de la coagulation.

Ceci dit, elle a une importance particulière dans le traitement de l'eau. Les éléments qui influencent la filtration sur sable sont présentés sur la figure :

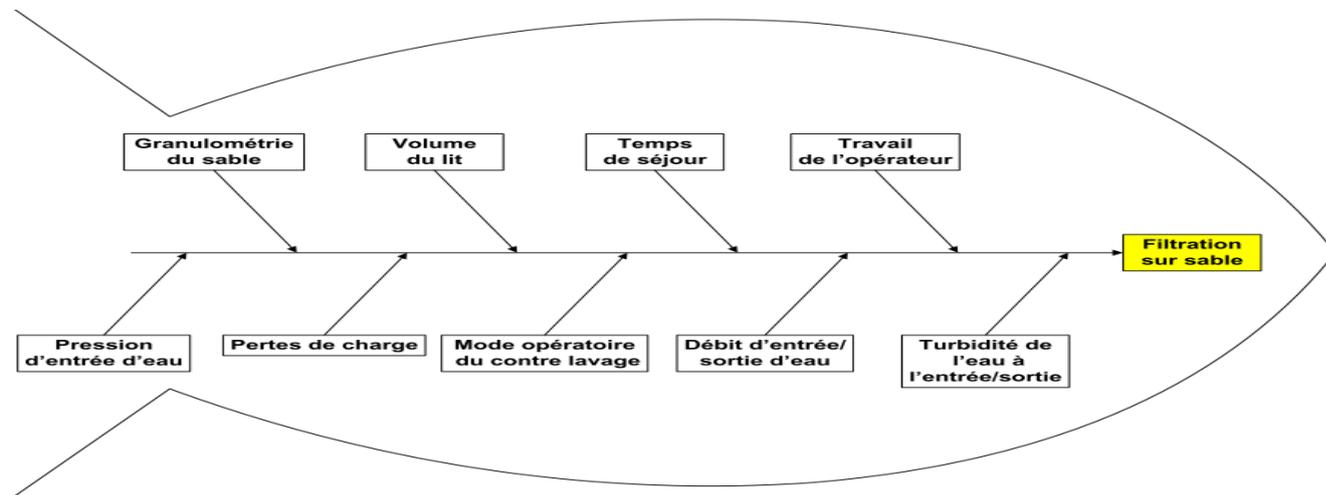


Figure 17 : Diagramme d'Ishikawa de la filtration sur sable.

Sur ce diagramme en arête de poisson, la filtration sur sable dépend de neuf éléments principaux, mais seuls deux peuvent être suivis et améliorés.

- Le contre lavage des filtres à sable consomme une grande quantité d'eau. Un suivi de consommation d'eau lors du contre lavage permettra de perfectionner cette étape.
- L'opérateur est responsable du choix de la phase de marche des filtres. Il peut démarrer la filtration, peut l'arrêter et également démarrer le contre lavage.

### 5. Identification des anomalies potentielles dans le décarbonateur :

Le décarbonateur est un échangeur d'ions utilisé pour éliminer les ions de calcium et de magnésium liés aux bicarbonates de l'eau. Cette étape est importante dans la mesure où elle garantit une protection des installations et des équipements mais également une qualité et une fiabilité de l'eau de production, parce que la présence d'ions  $Ca_{2+}$  neutralise le  $CO_2$  ajouté à la boisson.

La décarbonatation dépend d'une multitude de paramètres comme présenté ci-dessus sur la figure :

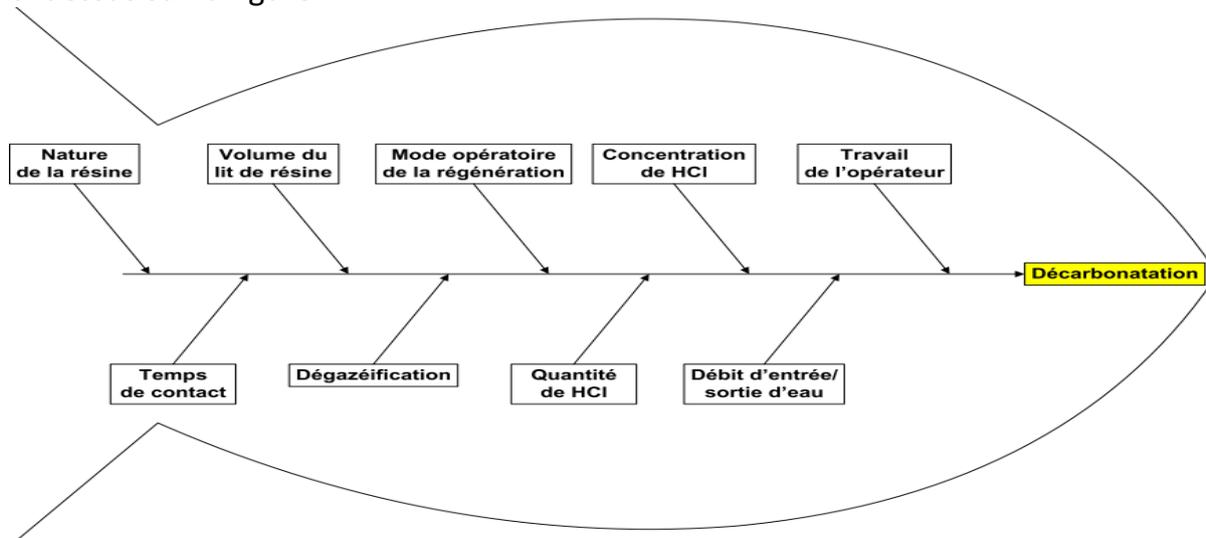


Figure 18 : Diagramme d'Ishikawa de la décarbonatation.

- Le temps de contact est déterminé par la vitesse de passage de l'eau dans la colonne de décarbonatation.
- Lors de la décarbonatation, il y a un dégagement de CO<sub>2</sub>, donc un bon système de dégazéification est nécessaire.
- La régénération du décarbonateur se fait avec de l'acide chlorhydrique dilué. Cette dilution est assurée par l'opérateur, donc ce dernier doit prêter une grande attention à cette étape pour réussir la régénération.
- Le mode opératoire de la régénération du décarbonateur doit être vérifié et bien respecté parce que toute défaillance peut conduire à une mauvaise décarbonatation.

### 6. Identification des anomalies potentielle dans le stockage :

La décarbonatation constitue la dernière opération de la première étape du traitement.

Après la décarbonatation, l'eau est stockée dans une bache en attendant qu'il y ait demande des lignes. Pour préserver sa qualité, une deuxième chloration est effectuée à la sortie décarbonateur.

Un système d'asservissement à l'aide d'un analyseur de chlore est lié à une pompe doseuse qui règle le taux au cours du stockage.

De ce fait, les éléments qui influencent le stockage de l'eau décarbonatée sont recensés sur le diagramme d'Ishikawa ci-dessous :

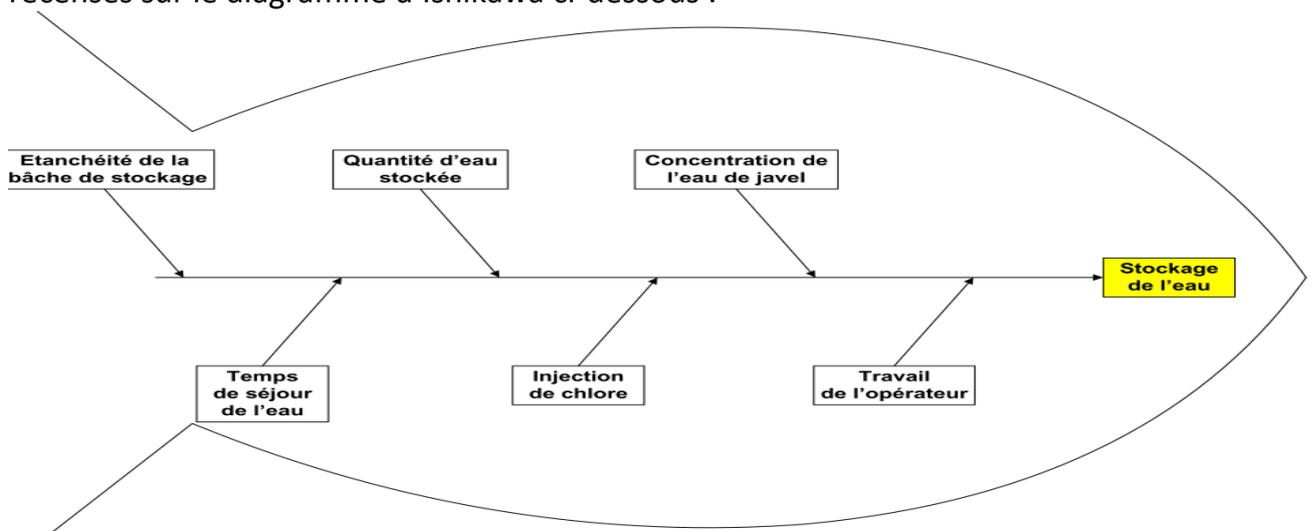


Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa de la décarbonatation.

Ainsi pour assurer un stockage d'eau dans de bonnes conditions, il faut vérifier les éléments suivant :

- L'étanchéité de la bache de stockage. En effet, l'eau est un agent qui détériore l'étanchéité.
- Le stockage de l'eau peut favoriser le développement de micro-organismes pathogènes à la santé du consommateur, c'est la raison pour laquelle l'eau doit être suffisamment chlorée en prenant en considération la durée du stockage et la quantité stockée (le traitement en aval ne s'arrête que lorsque la bache est pleine). Ainsi toutes les infections sont éliminées.
- L'opérateur est responsable de la vérification de l'étanchéité de la bache, mais également du taux de chloration de l'eau. Il doit donc rester vigilant.

### 7. Identification des anomalies potentielles dans les filtres à charbon :

Les filtres à charbon actif sont utilisés comme adsorbants pour éliminer le chlore de l'eau.

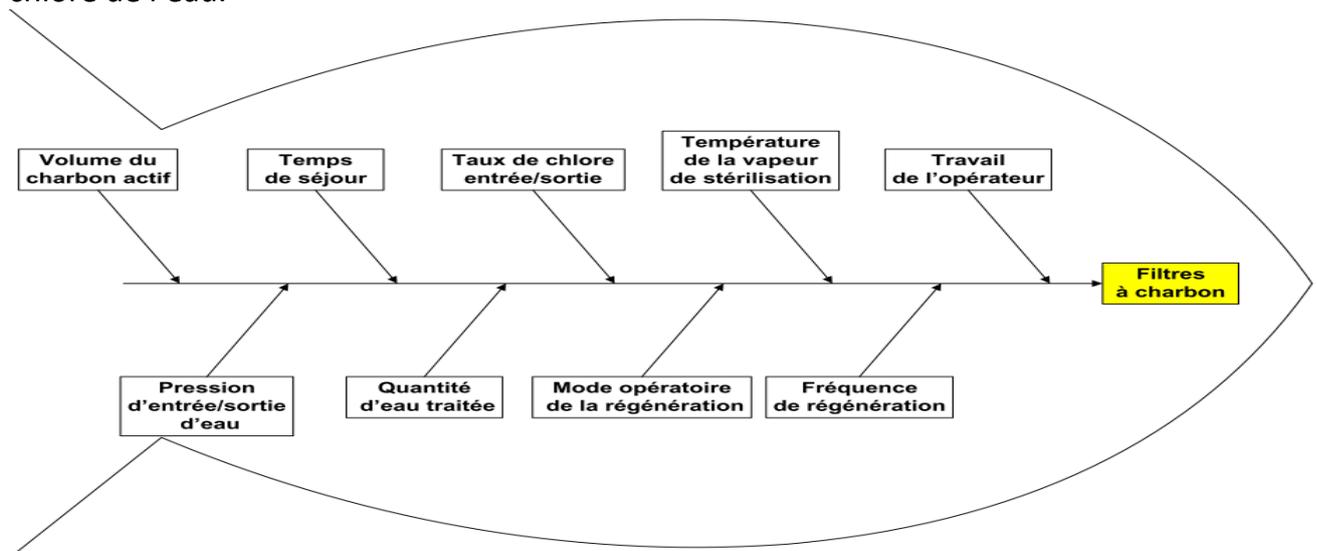


Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa des filtres à charbon.

D'après la figure précédente, la performance des filtres à charbon actif dépend de plusieurs éléments, dont :

- Le volume du lit de charbon utilisé par rapport au volume d'eau à traiter.
- Le temps de séjour de l'eau dépend de la vitesse fixée par le concepteur de l'installation.
- La régénération du charbon actif est un élément assez délicat. En effet, la régénération commence par une stérilisation à la vapeur d'eau, ensuite on procède à un lavage à contre-courant à l'eau déchlorée et enfin un rinçage à l'eau déchlorée également. La régénération, et surtout la stérilisation à la vapeur d'eau, est une étape qui use le charbon actif. Donc il faut trouver un compromis pour la fréquence de régénération de ces adsorbants.

### 8. Identification des anomalies potentielles dans le filtre UV :

Le filtre UV a été installé pour des mesures de sécurité, c'est-à-dire pour désactiver les germes qui persistent au traitement de l'eau de process. Les paramètres dont dépend cette filtration sont présentés sur le diagramme d'Ishikawa suivant :

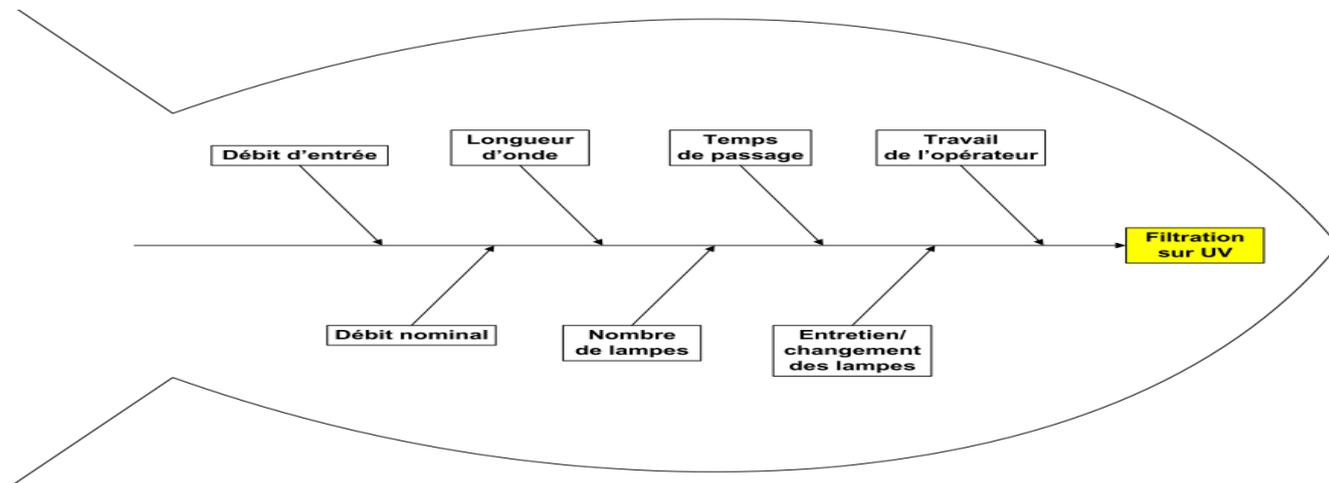


Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa du filtre UV.

Le rendement du filtre UV dépend du débit d'eau qui passe par ce dernier, du nombre de lampes et de leur longueur d'onde

## II. Détection de la dose optimale de coagulant.

### 1. Détection de la dose à ajouter en général (méthode de suivi).

Concernant cette méthode, nous avons procédé par un suivi du taux d'aluminium à la sortie du filtre de sable tout on injectant par pompe doseuse, des volumes variés de la solution mère de coagulant.

#### NB :

- la norme de l'aluminium dans l'eau est de 0,2 ppm.
- On a isolé le passage de l'eau vers le décarbonateur pour tester le taux d'aluminium juste à la sortie des filtres à sable.
- le suivi a été fait alors que la chaîne de production a été arrêtée.

#### a. Débit de la pompe doseuse de coagulant.

L'observation de la pompe a été faite sur une étendue de 0 à 100 % avec des pas de 5%.

points des m points des points des mesures %	mesure 1 (lm/mn)	mesure 2 (lm/mn)	mesure 3 (lm/mn)	moyenne (lm/mn)
10	11	11	11	11
15	16	16	16	16
20	22	22	22	22
25	27	27	27	27
30	33	33	33	33
35	37	37	37	37
40	43	43	43	43
45	49	49	49	49
50	54	54	54	54
55	59	59	59	59

60	64	64	64	64
65	70	70	70	70
70	76	76	76	76
75	80	80	80	80
80	86	86	86	86
85	92	92	92	92
90	97	97	97	97
95	102	102	102	102
100	107	107	107	107

**Tableau 4: Volume en lm/mn donné par la pompe par course.**

**b. Suivi du taux d'aluminium à la sortie du filtre de sable.**

Heures	taux d'aluminium (ppm)	volume injecte de S.AL (ml)	course de la pompe(%)
8H50	0,2		
9H00	0,15		
9H10	0,2		
9H20	0,2	107	100
9H30	0,2		
9H40	0,2		
9H50	0,1		
10H00	0,05		
10H10	0,05		
10H20	0,05	102	95
10H30	0,05		
10H40	0,05		
10H50	0		
11H00	0		
11H10	0		
11H20	0		
11H30	0		
11H40	0		
11H50	0	97	90
12H00	0		
12H10	0		
12H20	0		
12H30	0		
12H40	0		
12H50	0		
13H00	0		

**Tableau 5 : Suivi du taux d'aluminium à la sortie du filtre de sable avec la course de la pompe correspondent à chacun des volumes injectés.**

c. Description ; interprétation et conclusion sur l'évolution du taux d'aluminium dans l'eau.

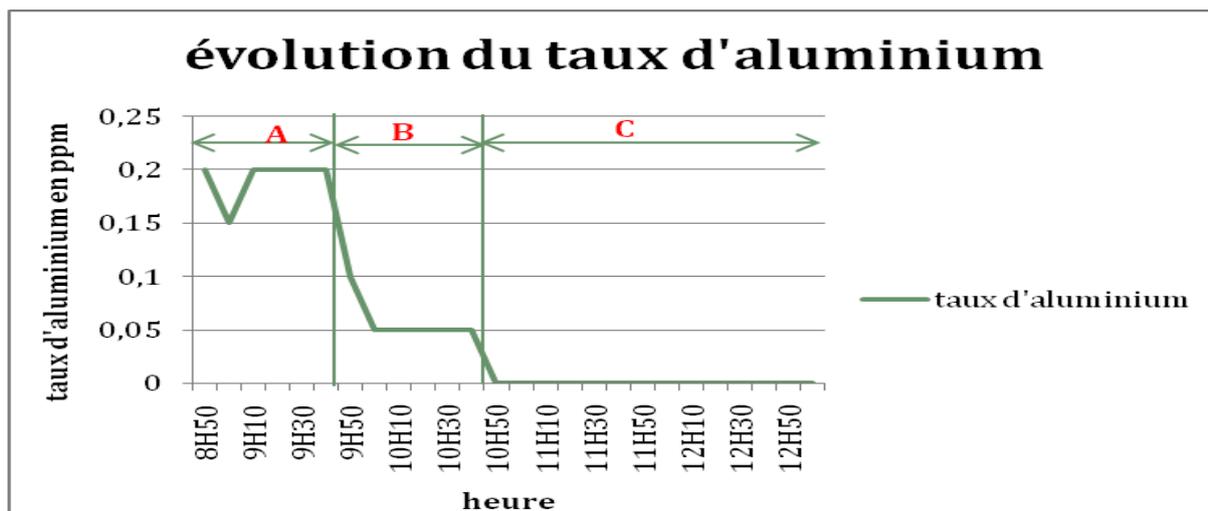


Figure 22 : Evolution du taux d'aluminium durant 4 h.

➤ **Description :**

En remarque 3 zones distinctes : A, B et C :

- Dans la zone A, on constate que la courbe reste constante dans une valeur de 0,2 ppm jusqu'à ce qu'elle entame une chute aux environs de 9 H 30.
- Dans la zone B la courbe continue sa régression a une valeur de 0,05 ppm atteinte à 10H00 où elle reste constante jusqu'à 10H30 et où elle décroît encore.
- Dans la zone C, le taux de aluminium continue à baisser jusqu'à atteindre ce qu'il atteigne 0 ppm à 10 H 50.

➤ **Interprétation :**

En ayant recours au même type de coagulant «sulfate d'alumine» avec la même concentration de la solution mère utilisée en usine avec les mêmes installations « les mêmes filtres à sable, mêmes pompes... », Nous déduisons que les variations obtenues dans la courbe sont dues au changement de volume de coagulant injecté par la pompe doseuse. Donc à partir d'un volume de sulfate d'alumine de 102 ml, le taux d'aluminium est nettement au-dessous de la norme qui est de 0,2 ppm.

➤ **Conclusion :**

Cette méthode nous permet de conclure que tous les volumes compris entre une valeur de 102 ml et 97 ml sont acceptables comme volume de coagulant ajouté à l'eau mais pour avoir la valeur exacte, par contre, il est important de prendre en compte la turbidité de l'eau brute qui change par rapport aux saisons.

La turbidité est plus importante en hiver, donc le volume de coagulant ajouté est plus proche de 102 ml ; alors qu'en été, elle est moins importante ainsi le volume de coagulant à injecter à l'eau est proche de 97 ml.

## 2. Détection de la dose optimale de coagulant à ajouter au mois d'août (jar-test) :

Description ; interprétation et conclusion :

volume ajouté (ml)	0,02	0,03	0,05	0,1
turbidité (NTU)	1,12	1,20	0,80	1,39

Tableau 6 : Turbidité trouvée en fonction du volume de coagulant ajouté.

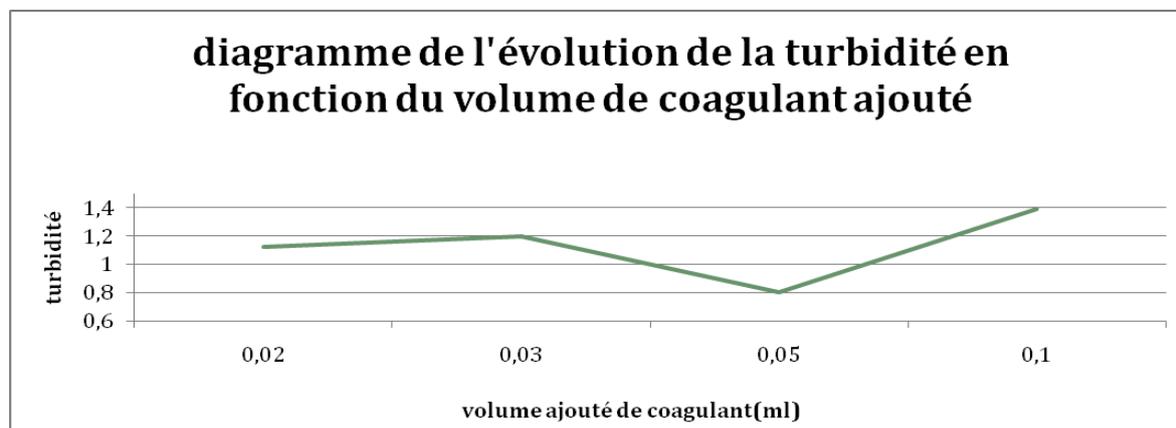


Figure 23 : Diagramme de l'évolution de la turbidité en fonction du volume de coagulant ajouté.

### ➤ Description :

A partir du volume 0,02 ml jusqu'à 0,03 ml, la courbe subit une évolution de l'ordre de 0,1 NTU, elle entame une régression jusqu'à une turbidité de 0,8 NTU pour un volume de 0,05 ml où elle subit une augmentation encore plus importante (de l'ordre de 0,6 NTU) jusqu'à un volume de 0,1 ml.

### ➤ Interprétation :

Les variations obtenues dans la courbe sont dues aux changements de volumes de l'eau de javel ajoutés par la pompe doseuse.

### ➤ Conclusion :

A l'issue de ces résultats, nous constatons que le volume de coagulant qui donne la turbidité la moins importante est 0,05 ml. Par conséquent, il s'agit du volume adéquat à ajouter durant le mois d'août ce qui correspond au volume injecté par la pompe doseuse dans la station.

### III. Détection de la dose optimale de chlore.

#### 1. Détection de la dose générale de chlore à ajouter.

##### a. Débit de la pompe doseuse de chlore.

L'observation de la pompe a été faite sur une étendue de 0 à 100% avec des pas de 25%

Point de mesures(%)	Mesure 1 (ml/mn)	Mesure 2 (ml/mn)	Mesure 3 (ml/mn)	Moyenne (ml/mn)
25	137	137	137	137
50	274	274	274	274
75	411	411	411	411
100	584	584	584	584

Tableau 7 : Volume en l/mn donné par la pompe par course.

##### b. Calcul du volume de chlore à ajouter :

Pour la préparation de la solution fille de chlore, on ajoute 30 l de solution de javel à 46° chloro à 170 L d'eau brute.

**NB** : La norme de chlore pour l'usine est de C2= (1 ppm à 3 ppm).

➤ Concentration de la solution fille :

On a :

$$C_f = (C_i \cdot V_i) / V_f = 6,9^\circ \text{ chloro}$$

Avec :

- Cf : Concentration de la solution fille.
- Ci : 46° chloro.
- Vi : 30 L d'eau de javel ajoutée.
- Vf : 30+170=200 L eau de javel+ eau de dilution (eau brute).

➤ Le calcul du volume V1 de la solution fille à injecter pour avoir C2 :

Soit :

$$V_1 = C_2 \cdot V_2 / C_1$$

Avec :

- V1 : le volume de l'eau de javel à ajouter.
- C2 : la norme de 1 à 3ppm.
- V2 : le débit d'eau 60m<sup>3</sup>/h.
- C1 : la solution fille de 6,9°chloro.

Ce qui nous donne :

$$V_1 = (C_2 \text{ (ppm)} / 3,17 \text{ (g/l)}) \cdot ((60 \cdot 1000 \text{ (l)}) / 60 \text{ (min)}) / 6,9^\circ \text{ (chloro)}$$

Après le calcul du volume de javel à ajouter en 1, 2,3 ppm on obtient le tableau suivant :

concentration de l'eau de javel (ppm)	volume d'eau de javel injecté par la pompe (ml/mn)	point de réglage (%)
1	46	
2	91	25

**Tableau 8: Réglage de la pompe pour différentes concentrations de l'eau de javel.**

**2. Détection de la dose optimale de chlore à ajouter au mois d'août (méthode du breakpoint).**

**a. Calcul du volume ajouté pour une concentration souhaitée :**

Le tableau suivant représente les volumes de l'eau de javel qu'on doit ajouter à 1 l d'eau brute pour avoir une concentration donnée :

Concentrations (ppm)	volume de solution à 6.9° chloro (ml)
1	0,045666667
2	0,091333333
3	0,137
4	0,182666667
5	0,228333333
6	0,274
7	0,319666667
8	0,365333333
9	0,411
10	0,456666667

**Tableau 9 : Volume de la solution fille qu'il faut ajouter à 1l d'eau brute en fonction de la concentration désirée.**

**b. Résultat d'analyse.**

Ce tableau représente l'évolution de la concentration de chlore de la même eau brute à l'état initial et après 2 h.

Concentration initiale	concentration après 2 h
1	0,75
2	1,75
3	2,5
4	3
5	4
6	5,75
7	6,75
8	8
9	9
10	10

**Tableau 10 : Tableau représentant l'évolution de la concentration de chlore dans l'eau.**

**c. Description, interprétation et conclusion des résultats donnés par le breakpoint.**

Le diagramme suivant représente l'évolution de la concentration de chlore de la même eau de l'état initial et après 2 h.

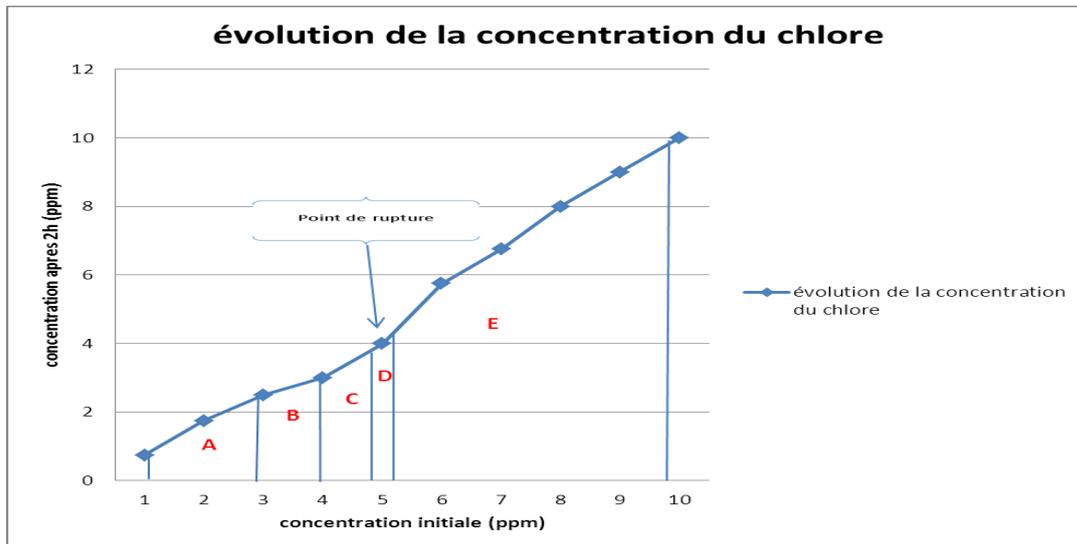


Figure 23 : Evolution de la concentration du chlore.

➤ **Description :**

Au cours de l'évolution du diagramme on distingue 4 zones.

- Zone A : (de 1 à 3 ppm) on remarque une évolution relativement importante du diagramme de l'ordre de 1,5 ppm.
- Zone B : (de 3 à 4 ppm) l'évolution de la courbe est moins importante et est de l'ordre de 0,5 ppm.
- Zone C : (de 4 à 4,90 ppm) l'évolution de la courbe est de l'ordre de 1 ppm.
- Zone D et E : (de 4,90 à 10 ppm) l'évolution de la courbe est beaucoup plus importante et est de l'ordre de 6 ppm.

➤ **Interprétation :**

- Zone A : destruction du chlore par les composés organiques et formation de composés chlorés organiques et des chloramines.
- Zone B et C : destruction des composés chlorés organiques et des chloramines.
- Zone D et E : production de chlore libre et présence de combinaison organiques chlorées non oxydées.

➤ **Conclusion :**

D'après les résultats obtenus sur le diagramme ci-dessus, nous constatons que le point de rupture (breakpoint) se situe aux environs de 5ppm. Cependant, la norme de l'usine est comprise entre 1 et 3ppm. Cela représente une importante différence qui sera corrigée par la deuxième chloration et l'ajout d'un traitement UV à la fin de la chaîne de traitement pour finaliser la désinfection de l'eau de process

# CONCLUSION GENERALE

The Coca Cola compagny est le leader mondial dans la fabrication des différents types de boisson gazeuse. Donc un traitement des eaux est obligatoire afin d'améliorer sa qualité pour ne pas nuire au gout.

Dans le but de détecter les différentes anomalies dans le procédé de traitement des eaux de process de la (CBGS), un ensemble de diagramme d'ishikawa furent réalisé.

Ces diagrammes d'ishikawa, nous on permit de remarque une multitude d'anomalies potentielles pouvant causer la détérioration de l'eau de process, nous avons pris comme exemple de ces problèmes l'optimisation d'ajout de réactif qui nous a parue comme étant le problème le plus important constaté lors de l'étude de ses diagramme et cela en raison de l'importance de cette étape dans la coagulation et la désinfection de l'eau.

De ce fait nous avons constaté que le volume de sulfates d'alumine à ajouter correspond parfaitement à celui injecté dans la station, même si le volume de chlore ne correspond pas à la dose optimale (en raison de la norme) la deuxième chloration et le filtre UV comblent parfaitement cette lacune. Ce résultat obtenue montre le parfait entretien de cette station et sa par le personelle plus que compétant qui travaille en son sein.

Le Projet de Fin d'Etudes, effectué au sein de la CBGS, avait pour moi un double bénéfice. Il m'a tout d'abord permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises dans mon cursus de Licence en Sciences et Techniques « Eau et Environnement » et, de vivre une expérience professionnelle très enrichissante sur le plan pratique des compétences acquises.

## Perspectives & recommandation

On vue d'améliorer davantage la qualité de l'eau de process nous recommandons

- L'usage du jartest et le breakpoint à la place des méthodes de suivi.
- L'usage de traitements physiques pour éviter toutes éventuelles contaminations.
- Les eaux fournies par la RADEMA, sont des eaux de surface souvent turbides. Il faut donc rechercher d'autres ressources en eaux qui soient conforme à la norme de la production.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

### **Site web :**

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Filtration\\_sur\\_membrane](http://fr.wikipedia.org/wiki/Filtration_sur_membrane)
- [http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich8\\_3.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich8_3.htm)
- <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/procedes-de-traitement-des-eaux-potables-industrielles-et-urbaines-42318210/adsorption-j2730/adsorption-et-adsorbants-j2730niv10001.html#permissions>
- <http://www.drinking-water.org/html/fr/Treatment/Coagulation-Flocculation-technologies.html>
- <http://www.drinking-water.org/html/fr/Treatment/Chemical-Disinfection-Oxidants.html>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Turbidit%C3%A9>
- <http://nutriqualgabon.e-monsite.com/pages/outil-normes-qualite/diagramme-d-ishikawa-ou-en-aretes-de-poisson>.

### **Référence :**

- TP Lycée – Filière Eau et Environnement – Faculté de Sciences et Techniques Limoges (jar-test).
- Rapport de suivi d'ajout de réactifs 2010.
- Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable Par HECTOR RICARDO HERNANDEZ De León 2006.
- Présentation des boissons gazeuse du sud 2007.
- Document d'analyse de la CBGS 2012.
- Mode d'emplois du kit d'analyse de l'aluminium.
- Cour traitement des eaux brute 2011 par Pr. N ELKHAMLI.
- TP sur l'analyse des eaux 2011 par Pr. A BEN KADOUR.

## **Liste des tableaux.**

Tableau 1 : Les différents produits de CBGS .....	14
Tableau 2 : les différents types d'eau à la CBGS. ....	24
Tableau 3: Volume en lm/mn donne par la pompe par cours. ....	43
Tableau 4 : Suivi du taux d'aluminium à la sortie du filtre de sable avec la course de la pompe correspondent à chacun des volumes injectés. ....	43
Tableau 5 : Turbidité trouvée en fonction du volume de coagulant ajouté. ....	45
Tableau 6 : Volume en lm/mn donné par la pompe par course. ....	46
Tableau 7: Réglage de la pompe pour différentes concentrations de l'eau de javel. ....	47
Tableau 8 : Volume de la solution mère qu'il faut ajouter en fonction de la concentration. .	47
Tableau 9 : Tableau représentant l'évolution de la concentration de chlore dans l'eau. ....	47

## **Liste des photos.**

Photo 1 : Les filtres à sable.....	25
------------------------------------	----

Photo 2 : Les décarbonateurs. ....	26
Photo 3 : Le stockage d'eau de process. ....	27
Photo 4 : Les filtres à charbon. ....	27
Photo 5 : Le filtre UV. ....	28
Photo 6: Produit utilisé pour l'analyse de l'aluminium. ....	34

## **Liste des figures.**

Figure 1 : Histogramme des chiffres d'affaires de coca en milliards de Dollars .....	12
Figure 2 : Répartition des volumes de vente dans le monde.....	12
Figure 3 : Répartition du chiffre d'affaire du groupe ECC. ....	13
Figure 4 : Chronologie du développement de l'embouteillage au Maroc. ....	14
Figure 5 : Organigramme de CBGS (historique CBGS 2011).....	14
Figure 6 : Schéma de procédés de La Fabrication des boissons Gazeuse.....	16
Figure 7 : Service de Production.....	16
Figure 8 : schéma de fabrication des boissons gazeuses .....	17
Figure 9 : principe de coagulation-floculation. ....	21
Figure 10 : Schéma de l'installation de traitement d'eau de process.....	25
Figure 11: Schéma des étapes de traitement de l'eau de rinçage.....	28
Figure 12: schéma des étapes de traitement de l'eau recyclée. ....	29
Figure 13 : Réactions du chlore dans l'eau. ....	35
Figure 14 : Diagramme d'Ishikawa général.....	37
Figure 15 : Diagramme d'Ishikawa de la 1ère chloration.....	37
Figure 16 : Diagramme d'Ishikawa de la coagulation. ....	38
Figure 17 : Diagramme d'Ishikawa de la filtration sur sable.....	39
Figure 18 : Diagramme d'Ishikawa de la décarbonatation. ....	39
Figure 19 : Diagramme d'Ishikawa de la décarbonatation. ....	40
Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa des filtres à charbon. ....	41
Figure 21 : Diagramme d'Ishikawa du filtre UV. ....	42
Figure 22 : Evolution du taux d'aluminium durant 4h. ....	44
Figure 23 : Diagramme de l'évolution de la turbidité en fonction du volume de coagulant ajouté. ....	45