UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
Département de chimie

Licence Sciences et Techniques (LST)

Tecnique d'analyse et controle qualité

PROJET DE FIN D'ETUDE

Suivi de l'efficacité de traitement d'eau de process

Présentée par :

- Melle. Fatima Zahra HALLAOUI

Encadré par :

- Mr. Fahmi EL KHAMMAR (CBGN)
- Pr. Ahmed EL GHAZOUALI (FST FES)

Soutenu Le 15 Juin 2012 devant le jury composé de :

Mr. Ahmed EL GHAZOUALI
Mr. Abdelatif BOUKIR
Mr. Hamou SOUHA

Stage effectué à :

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN)

Année Universitaire 2011 / 2012

Remerciements

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères à ceux qui m'ont aidé de prés ou de loin à réaliser ce travail.

-Je remercie:

- ***Le directeur d'exploitation** de la **CBGN** qui a accepté ma demande de stage au sein de son entreprise.*

- *Mon encadrant professionnel **Mr. Fahmi EL KHAMMAR**, pour son aide, sa confiance et ses conseils qui m'ont permis de progresser sans cesse durant mon stage.*
  Vous m'avez accordé le temps précieux, je souhaite être digne de cet honneur.

- *Mon professeur encadrant **Mr. Ahmed EL GHAZOUALI,** pour l'aide qu'il m'a apporté au cours de l'élaboration de ce travail, pour ses orientations et ses conseils tout au long de cette expérience professionnel avec beaucoup de patience et pédagogie.*

- *Tous les professeurs qui nous ont donné une formation solide pour ces trois années d'enseignement et de collaboration.*

- *Aux membres de jury, **Pr. Ahmed EL GHAZOUALI, Pr. Abdelatif BOUKIR** et **Pr. Hamou SOUHA,** d'avoir pris la responsabilité d'examiner mon travail. Veiller trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Je remercie également tout le personnel du laboratoire de la **C.B.G.N** pour leur aide, leur compréhension et leur sympathie.*

*Je tiens à la fin de ce travail à remercier **DIEU** le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à :

- ***Mes chers parents***

Pour leur affection, leur patience, leurs prières et leur sacrifice qu'ils n'ont pas cessé de me donner durant toutes mes études et ma formation. À qui m'adresse au ciel les vœux les plus ardents pour la conservation de leur santé et de leur vie.

- ***Mon frère et mes sœurs***

À qui je souhaite un avenir meilleur, plein de santé, de bonheur, de succès et de réussite. Qu'ils puissent accomplir tous leur rêve de bachelière.

- ***Toute ma famille maternelle et paternelle***

À qui j'exprime mon respect et mon amour.

- ***Mes meilleurs amis (es)***

Pour leur aide, leur temps, leur encouragements, leur assistance et soutien.

- *À toute la promotion de 3ème année* ***Technique D'analyse et Contrôle Qualité.***

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Abréviations

$Al(OH)_3$: Hydroxyde d'Aluminium.
$Al_2(SO_4)_3$: Sulfate d'Aluminium.
BRIX : Pourcentage en poids de saccharose.
Ca^{2+} : Ion Calcium.
$CaCO_3$: Carbonate de Calcium.
CaOCl : Hypochlorite de calcium.
CBGN : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord.
C: Carbone.
Cl_2: Chlore.
ClO^- : Ion hypochlorite.
CO_2 : Dioxyde de carbone.
CO_3^{2-} : Ion carbonate.
DPD : Diméthyle-para-Phényle Diamine.
ECCBC: Equatorial Coca-Cola Bolting Company.
EDTA: Ethylène Diamine Tétra Acétate.
HCl : Acide chlorhydrique.
HCO_3^- : Ion hydrogénocarbonate.
HClO : Acide hypochloreux.
H_2SO_4 : Acide Sulfurique.
Mg^{2+}: Ion magnésium.
Na^+: Ion Sodium.
NaCl : Chlorure de sodium.
NaOCl : Hypochlorite de Sodium.
NaOH : Hydroxyde de Sodium.
NH_2Cl : Monochloramine.
NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.
OH^- : Ion hydroxyde.
PET : Polyéthylène Téréphtalate.
ppm : Partie par million.
PO_4^{3-} : Ion phosphate.
SCBG : Société Centrale des Boissons Gazeuses.
SiO_3^{2-} : Ion silicate.
TA : Titre Alcalimétrique.
TAC : Titre Alcalimétrique complet.
TDS : Taux de Solides Dissous.

Liste des figures

Figure 1.1 : Organigramme de la direction de l'usine 7
Figure 1.2 : Schéma détaillé de principe de traitement des eaux 10
Figure 1.3 : Schéma de fonctionnement de l'adoucisseur 15
Figure 2.1 : Les variations du TA et du TAC au cours de la journée 24
Figure 2.2 : Les variations du pH au cours de la journée 26
Figure 2.3 : Les variations du total de solides dissous tout au long de la journée 27
Figure 2.4 : Les variations du chlore tout au long de la journée 29
Figure 2.5 : Les variations d'aluminium au cours de la journée 31
Figure 2.6 : Les variations de la turbidité au cours de la journée 32
Figure 2.7 : Les variations de la dureté totale et la dureté calcique tout au long de la journée 35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les paramètres contrôlés pour les différents types d'eaux analysées 21
Tableau 2 : Résultats d'analyses du TA et du TAC à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon 23
Tableau 3 : Résultats d'analyses du pH à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon 25
Tableau 4 : Résultats d'analyses du taux de solides dissous à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon 27
Tableau 5 : Résultats d'analyses du chlore au niveau du filtre à sable et du filtre à charbon 29
Tableau 6 : Résultats d'analyses de l'aluminium à la sortie du filtre à sable et du filtre à charbon 30
Tableau 7 : Résultats d'analyses de la turbidité au niveau du filtre à sable, du filtre à charbon et du filtre polisseur 32
Tableau 8 : Résultats des analyses effectuées sur l'eau adoucie 34

SOMMAIRE

Introduction 2
Chapitre I : Présentation de la CBGN 3
I.1 Historique de Coca-Cola 4
I.2 Coca-Cola au Maroc 5
I.2.1 Historique de la CBGN 5
I.2.2 Présentation de la CBGN 6
I.2.3 Activité de la CBGN 6
I.2.4 Organisation de l'entreprise CBGN 7
Chapitre II : Procédé de fabrication des boissons gazeuses 8
II.1 Traitement des eaux 9
II.1.1 Objectifs 9
II.1.2 Description de processus traitement de l'eau traitée 10
II.1.2.1 Stockage et chloration dans le bassin n°1 11
II.1.2.2 Coagulation-Floculation 11
II.1.2.3 Filtration au niveau du filtre à sable 12
II.1.2.4 Décarbonatation 12
II.1.2.5 Stockage et chloration dans le bassin n°2 13
II.1.2.6 Filtration au niveau du filtre à charbon 13
II.1.2.7 Filtration au niveau du filtre polisseur 14
II.1.3 Adoucisseur 14
II.1.3.1 Adoucissement de l'eau 14
II.1.3.2 Régénération des adoucisseurs 15
II.2 Siroperie 15
II.2.1 Préparation du sirop simple 16
II.2.2 Préparation du sirop fini 17
II.3 Mixage 17

II.4 Embouteillage **17**
II.4.1 Bouteilles en verre **18**
II.4.2 Bouteilles en plastique **19**
Chapitre III : Analyses effectuées de l'eau traitée **20**
III.1 Analyses physico-chimique de l'eau traitée **21**
III.1.1 Titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC) **22**
III.1.2 Résultats d'analyses **23**
III.1.3 Mesure du pH **25**
III.1.4 Résultats d'analyses **25**
III.1.5 Mesure de taux de solides dissous **26**
III.1.6 Résultats d'analyses **27**
III.1.7 Mesure de la teneur en chlore **28**
III.1.8 Résultats d'analyses **28**
III.1.9 Mesure de la teneur en aluminium **30**
III.1.10 Résultats d'analyses **30**
III.1.11 Mesure de la turbidité **31**
III.1.12 Résultats d'analyses **32**
III.1.13 Dureté totale **33**
III.1.14 Dureté calcique **33**
III.1.15 Résultats d'analyses **34**
Conclusion **36**

Introduction

Afin de s'incorporer dans la vie professionnelle, les stages constituent une chance idéale qui permet aux étudiants de relier leurs connaissances théoriques à la vie pratique.

Mon stage s'est déroulé du 16/04/2012 au 31/05/2012, soit une période de six semaines au sein de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord **C.B.G.N** située à Fès.

A la **C.B.G.N**, comme pour chaque industrie agroalimentaire, l'eau est d'un intérêt primordial dans la chaine de production, elle doit répondre à des normes très strictes de point de vue qualité pour ne pas nuire à la santé du consommateur et ne pas poser de problèmes techniques dans la chaine de production.

La qualité de l'eau a une grande influence sur la qualité du produit principal mis sur le marché. C'est pour cette raison que l'efficacité des procédures de traitement d'eau est tenue en considération au cours de la production. La qualité de l'eau est liée à certaines normes des paramètres physico-chimiques.

Le but fondamental de traitement des eaux est d'obtenir une eau ayant des caractéristiques physiques et bactériologiques requises pour la fabrication des boissons.

Les techniques utilisées dans ce traitement sont la chloration pour la désinfection, la filtration qui sert à la clarification, la décarbonatation dans le but de diminuer l'alcalinité d'eau et l'adoucissement pour réduire la dureté de l'eau.

La **C.B.G.N** a prévu une station de traitement des eaux, dans laquelle, j'ai été intégrée durant ma période de stage pour pouvoir faire le suivi de l'efficacité de traitement d'eau de process destinée à la siroperie, la sanitation et la chaine de production des boissons gazeuses.

Ce travail contient trois chapitres :
Dans le premier chapitre, on a procédé à une description de la société.
Le deuxième chapitre, décrit les différents procédés de fabrication des boissons gazeuses.
Dans le dernier chapitre, on présente les différentes analyses de l'eau effectuées au sein de la société ainsi que l'interprétation des résultats obtenus.

Chapitre I :

Présentation de la C.B.G.N

I.1 Historique de Coca-Cola :

Le Coca-Cola fut créé en 1886 à Atlanta, par un pharmacien, John Pemberton. Au départ, il s'agissait d'un sirop utile contre divers maux, tels que le mal de tête et les maux de ventre. Pemberton s'inspira de la recette d'un vin corse créé par le chimiste français Angelo Mariani.

Il s'agit d'un mélange de vin de Bordeaux et de feuilles de coca. N'étant pas un homme d'affaires, Pemberton est assisté de son comptable Franck Robinson, qui baptise la boisson Coca-Cola et conçoit le premier graphisme de la marque toujours utilisé actuellement. Les ventes décollent à partir du moment où l'on choisit de diluer le soda dans de l'eau gazeuse à la place d'eau plate. La boisson fut mise en vente à la "soda-fountain" de la Jacob's Pharmacy. Ayant flairé la bonne affaire, un homme d'affaire, Asa Griggs Candler rachète tous les droits à Pemberton sur sa boisson pour 2300$ en 1887 puis retravaille la composition qui deviendra une des recettes les mieux gardées au monde connue sous le nom : 7x.

La recette dort quelque part dans la chambre forte de la « Trust Company of Georgia » à Atlanta.

Asa Candler fait connaître Coca-Cola à toute l'Amérique à grands coups marketing par des affiches publicitaires, des bons de dégustations ainsi qu'une multitude de produits dérivés.

Il faudra attendre 1892, pour voir apparaître l'entreprise The Coca-Cola Company créé à Atlanta.

I.2 Coca-Cola au Maroc :

Dès 1947, La Coca Cola Compagnie a pénétré le marché marocain par l'intermédiaire des soldats américains en poste à Tanger, qui a alors importé les premières bouteilles sur le marché.
Les premières machines d'embouteillages sont ensuite arrivées sur le sol marocain par le biais des bateaux de la Navy américaine, alors présents dans la mer méditerranée.
Puis des usines se sont peu à peu établies au Maroc : Tanger, Casablanca, Fès, Oujda, Agadir, Marrakech et Rabat.
Le Maroc représente pour la Coca Cola Compagnie une plate-forme importante comme le confirme la présence du siège social régional pour l'Afrique du Nord.
Le groupe dispose également de cinq sociétés d'embouteillages :
- La Société centrale des boissons gazeuses (SCBG).
- La compagnie des Boissons gazeuses du nord (CBGN).
- La compagnie des Boissons gazeuses du sud (CBGS).
- L'Atlas bottling company.
- La société des boissons gazeuses du Sousse.

Enfin, 11 usines d'embouteillage sont présentes sur le sol marocain.
Leurs parts de marché respectives sont de l'ordre de 40 % SCBG, 28% pour la CBGN et CBGS, 22% pour Atlas Bottling Company et enfin 10% pour la société des boissons gazeuses du Sousse.

I.2.1 Historique de la C.B.G.N :

La **C.B.G.N** est l'une des huit embouteilleurs du Maroc, elle a été créée en 1952 et elle était implantée au début à la place de l'actuel Hôtel SOFIA. Ensuite elle fut transférée au nouveau quartier industriel à Sidi Brahim avec un capital de 2.000.000 Dhs.

En 1971, le capital est augmenté de 24.000.000 Dhs (1953) à 1.240.000.000 Dhs, durant des années et jusqu'à 1987, la **C.B.G.N** ne fabriquait que de coca cola et FANTA ORANGE, après et pour augmenter sa part du marché, la compagnie a décidée de diversifier le produit, de là, elle a commencée à produire Fanta lemon, Bonaqua, Sprite, Hawaï etc.
Pour la même raison, elle a lancée en 1991 les Bouteilles en plastiques PET Coca-Cola et multi produits.
En 1997 : le capital est passé à 3.720.000.000 Dhs.
En 1997 : la compagnie racheté l'unité SIM.
En 1999 : Acquisition de la CBGN par The COCA-COLA HOLDING.
En 2002 : Acquisition de la CBGN par Equatorial Coca-Cola Bottling Company (E.C.C.B.C), Groupe Cobega.

I.2.2 Présentation de la C.B.G.N :

L'usine de Fès est située au quartier industriel Sidi Brahim, elle couvre une superficie globale d'environ 1 hectare. L'unité de la production dispose de quatre lignes d'embouteillages ayant les capacités nominales suivantes:

-Lignes 1 de bouteilles de verres : 1500 Cs/h.

-Lignes 2 de bouteilles en verres : 1100 Cs /h.

-Lignes 3et 4 des bouteilles en plastique PET.

La **C.B.G.N** de Fès dispose d'un laboratoire de contrôles qualités, équipés des instruments et des appareils de mesures de contrôles et d'essaies modernes pour la préservation de conformité du produit au cours des opérations internes et lors de la livraison à la destination prévue.

I.2.3 Activité de la C.B.G.N :

L'activité de la société est d'autant industrielle que commerciale, elle se charge de la production des boissons gazeuses et leur distribution dans son territoire assigné.

Aujourd'hui, la **C.B.G.N** dispose d'un site de production avec quatre lignes (deux lignes des bouteilles en verres et deux lignes des bouteilles en plastique PET) et son territoire s'étend sur les centres de distribution: (Fès, Meknès, Sidi Slimane, Khenifra, Azrou, Midelt, Errachidia).

Son effectif moyen est actuellement 500 à1000 dont 20 cadres.

Et enfin, la compagnie a acquit de nouveaux camions puissants et rapides afin de répondre à tous les besoins de ses clients et ses dépôts et faciliter la distribution de ses produits.

Le processus de production utilisé dans la C.B.G.N se fait suivant des étapes présentées ci-dessous :

- Le contrôle des matières premières qui se fait à la réception.
- La production.
- La maintenance préventive.
- Le contrôle de qualité.
- La livraison du produit au département Gestion du stock.
- Distribution des produits aux centres ou dépôts selon les besoins du consommateur.

La **C.B.G.N** s'est engagée dans deux grandes certifications :

- ISO 9001/ 2000 (2005), 14001(1996), 18001(1999).
- HACCP (2003).

I.2.4 Organisation de l'entreprise C.B.G.N :

La direction de la **C.B.G.N** est composée de différents services qui assurent la coordination de toutes les activités de l'entreprise.

La Figure 1.1 : Représente l'organigramme de la direction de l'usine.

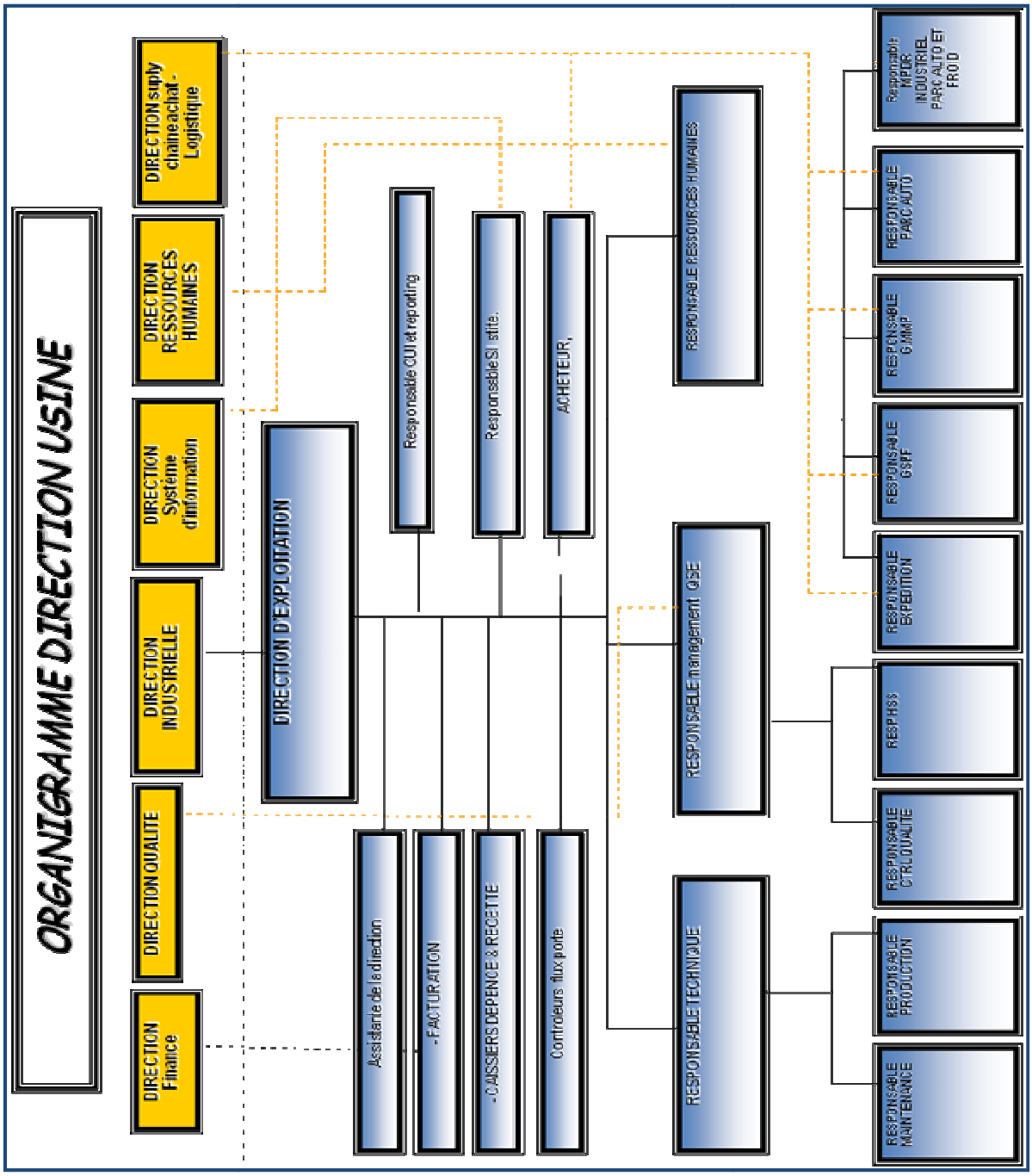

Figure 1.1 : Organigramme de la direction de l'usine.

Chapitre II: Procédé de fabrication des boissons gazeuses

II.1 Traitement des eaux :

L'eau constitue l'élément majoritaire dans la boisson gazeuse, donc il peut influencer son goût, son odeur ainsi que son apparence, c'est pour cela qu'il faut traiter l'eau de ville avant son utilisation pendant la production du sirop.

II.1.1 Objectifs :

Le traitement de l'eau a pour objectif :

- La désinfection de l'eau.
- L'exclusion des substances colloïdales et les matières légères en suspension.
- L'exclusion de toute coloration, odeur et goût indésirable.
- La diminution de l'alcalinité.
- Avoir une eau de bonne qualité.

L'intérêt de ce traitement est d'éliminer tous les constituants de l'eau qui jouent un rôle nocif.
Parmi ces constituants on trouve :

- **Les particules colloïdales :**

Les colloïdes présentent un diamètre compris entre 1 nm à 1 µm.
Leur rapport surface/volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène permet d'expliquer la présence de charge électronique à leur surface, ces dernières engendrant des forces de répulsions inter colloïdales. C'est pourquoi les colloïdes sont si stables lors de leur mise en solution.

- **Les matières en suspension :**

Elles sont définies comme étant les matières décantables en un temps court, soit comme étant les matières retenues par un filtre de porosité de l'ordre 1 µm.
Les M.E.S sont composées de : - Substances minérales.
- Substances vivantes.

- **L'alcalinité :**

Est due aux bicarbonates, aux carbonates ou aux hydroxydes, peuvent donner un goût anormal au produit fini.

- **Les substances sapides et odorantes :**

Les substances sapides et odorantes telles que le chlore, les chloramines et le fer peuvent réagir avec les arômes délicats des boissons et en affecter le goût. En outre, l'eau ne doit pas contenir trop de composants minéraux sous peine de donner un goût saumâtre ou salé à la boisson.

II.1.2 Description de processus traitement de l'eau traitée :

Afin de transformé l'eau de ville en une eau convenable à la production de la boisson, il faut la faire passée par plusieurs étapes de traitement, c'est pour cela que la **C.B.G.N** s'est disposée d'une installation importante qui est destinée au traitement de l'eau.

La **figure 1.2 :** Représente le principe de traitement des eaux.

On peut schématiser la totalité du principe des opérations de traitement des eaux par le schéma suivant :

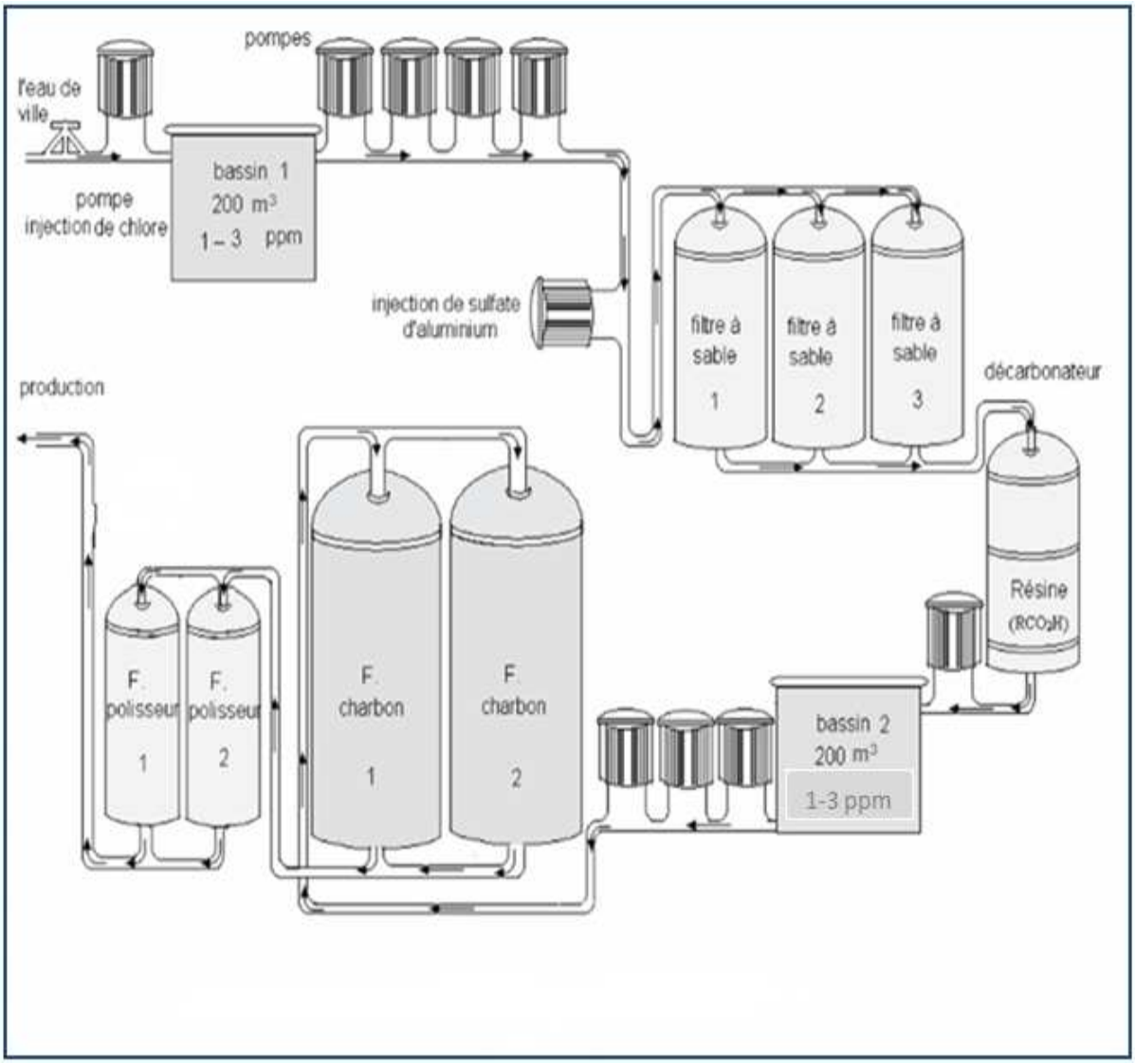

Figure 1.2 : Schéma détaillé de principe de traitement des eaux.

II.1.2.1 Stockage et chloration dans le bassin n°1 :

L'eau brute de ville est stockée au niveau de bassin n°1, elle subit ensuite la réaction de chloration qui consiste à tuer les microbes pathogènes par l'ajout du chlore sous forme d'eau de javel de concentration comprises entre 1 à 3 ppm.
La capacité de ce bassin est d'environ 200 m^3, le niveau d'eau à l'intérieur est contrôlé au moyen des sondes de niveau.
La chloration est l'une des méthodes de désinfection physico-chimique qu'on emploi

pour stériliser l'eau.
Ce procédé utilise de différents types de substances chlorées (le chlore gazeux Cl_2, les hypochlorites de sodium NaOCl, les hypochlorites de calcium CaOCl, monochloramine NH_2Cl).
L'installation du traitement d'eau de la **C.B.G.N** utilise l'hypochlorite de sodium NaOCl commercialisé sous le nom de l'eau de javel comme moyen de stérilisation de l'eau.

Réaction de chloration :

Le Chlore gazeux et l'hypochlorite réagissent directement avec l'eau pour former l'acide hypochloreux HOCl qui est un produit actif pendant la désinfection.
Chlore dissous : $\mathbf{Cl_2+H_2O \rightarrow HClO+H^+ +Cl^-}$
Hypochlorite : $\mathbf{NaOCl+H_2O \rightleftharpoons HClO+ Na^++OH^-}$
Chloramines : $\mathbf{NH_2Cl+2H_2O \rightleftharpoons HClO+NH_4^++OH^-}$

L'acide hypochloreux s'ionise dans l'eau suivant le pH et la température :

$$\mathbf{HOCl \rightleftharpoons ClO^-+H^+}$$

L'acide hypochloreux possède l'action biocide la plus efficace. En effet il ne porte pas de charge électrique et sa forme ressemble à celle de l'eau.
La membrane cytoplasmique le laisse donc passer en même temps que l'eau, contrairement à l'hypochlorite ClO^- qui ne pénètre pas du fait de sa charge négative. A l'intérieur de la cellule, l'acide hypochloreux HOCl bloque toute activité enzymatique, entrainant ainsi la mort de la cellule.

II.1.2.2 La coagulation-floculation :

Le processus de coagulation implique l'ajout du fer ou de l'aluminium à l'eau comme le sulfate d'aluminium ou le sulfate ferrique. Ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau.
Le coagulant utilisé pour déstabiliser les particules et produire des flocs est à base d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ connu sous le nom de sulfate d'aluminium.

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes :

$$Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{\text{étape 1}} Al_x(OH)_y(SO_4)_z \xrightarrow{\text{étape 2}} Al(OH)_3$$

L'étape 1 : est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires poly chargés positifs se forment. Ils sont très efficaces pour neutraliser la charge des colloïdes. Il s'agit de la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.

L'étape 2 : permet la formation du précipité $Al(OH)_3$. Cette réaction dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure la coalescence des colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.
La dose à employer est variable et en fonction des caractéristiques de l'eau à traiter.
Toutes fois, la dose pourra changer si l'on observe une amélioration des résultats sur le plan opérationnel ou si l'on effectue des essais préliminaires au laboratoire.
A titre orientatif, les doses peuvent osciller entre 5 et 15 ppm.
Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité de rencontre entre les particules grâce à l'agitation du fluide.

II.1.2.3 Filtration au niveau du filtre à sable :

Après la coagulation-floculation, l'eau passe à travers des filtres à sable pour interdire le passage des matières en suspension et avoir de l'eau purifiée à la sortie.
Après un certain temps de travail du filtre à sable, les dépôts de matières en suspension sur le sable augmentent et perturbent l'activité du filtre, ce qui provoque une augmentation de la turbidité de l'eau à la sortie de ce filtre.
On procède alors à un lavage à contre courant (2 fois par semaine) pour éliminer toutes particules retenues et remuer les couches de saletés et les évacuer à l'extérieur du filtre.

II.1.2.4 Décarbonatation :

Il s'agit d'une grande cuve remplie par un lit de résines cationiques, un solide organique insoluble qui au contact de l'eau échange les cations qui contient avec les cations provenant de la solution.
Dans notre cas, la résine utilisée est de type RCO_2H, le but étant de réduire l'alcalinité de l'eau, le mécanisme consiste à échanger les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} provenant du bicarbonate de calcium et de magnésium avec la formation du gaz carbonique suivants les réactions :

$$2RCO_2H + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Ca(RCO_2)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

$$2RCO_2H + Mg(HCO_3)_2 \rightarrow Mg(RCO_2)_2 + 2CO_2 + 2H_2O$$

Il faut mesurer périodiquement l'efficacité de la résine qui est caractérisée par la teneur de l'effluent en carbonates et hydrogénocarbonates, lorsque cette quantité dépasse les 85 mg/l, il faut régénérer la résine par de l'acide chlorhydrique concentré qui va substituer les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par des protons.
Les réactions de régénération de la résine sont les suivantes :

$$Ca(RCOO)_2 + 2HCl \rightarrow 2RCOOH + CaCl_2$$

$$Mg(RCOO)_2 + 2HCl \rightarrow 2RCOOH + MgCl_2$$

Après une certaine durée, la régénération ne peut rénover les résines, dans ce cas il faut changer carrément le remplissage.

II.1.2.5 Stockage et Chloration dans le bassin n°2 :

Le bassin n°2 est un bassin qui reçoit l'eau sortante du décarbonateur, avec une capacité de 200 m^3, une quantité d'eau de javel est ajoutée de telle manière à obtenir une concentration de 1 à 3 ppm afin d'inactiver toutes les germes pathogènes.
Le niveau dans ce bassin doit être contrôlé toutes les 4 heures, ainsi que la teneur du chlore dans l'eau sortante qui doit rester dans l'intervalle de 1 à 3 ppm.

II.1.2.6 Filtration au niveau du filtre à charbon :

Les filtres à charbon sont des cuves remplies par du charbon actif qui représente un agent adsorbant visant à éliminer le chlore et tous les substances pouvant donner un goût ou une odeur anormal à la boisson, ainsi que les substances organiques et les micro polluants.
On utilise le charbon actif pour éliminer le chlore résiduel et le chlore combiné.
Les réactions de déchloration sont les suivantes :

$$C + 2\,Cl_2 + 2\,H_2O \rightarrow 4\,HCl + CO_2$$

$$C + 2\,NH_2Cl + 2\,H_2O \rightarrow CO_2 + 2\,NH_4^+ + Cl^-$$

Par adsorption et par réduction catalytique, un processus impliquant l'attraction des ions négatifs des contaminants par les ions chargés positivement de charbon actif. Des composés organiques sont enlevés par adsorption. Les désinfectants résiduels tels que le chlore et les Chloramines sont enlevés par réduction catalytique.

II.1.2.7 Filtration au niveau du filtre polisseur :

La station renferme deux filtres polisseur (appelé aussi filtre de sécurité), chaque filtre se compose d'un support pour filtre en papier ou cartouche en fibre ayant une porosité très faible chargée d'éliminer les particules de charbon actif éventuellement présentes dans l'eau à la s ortie du filtre à charbon. L'eau qui sort du filtre polisseur est

l’eau traitée, elle est utilisée pour préparer les boissons gazeuses et les sirops finis.
Les filtres polisseurs doivent être nettoyés avec une solution chlorée à chaque changement de papier ou de cartouche.
La stérilisation du filtre polisseur s'effectue deux fois par semaine ou selon les résultats des analyses microbiologiques.

II.1.3 Adoucisseur :

Les laveuses des bouteilles et bien d'autres machines consomment des quantités importantes d'eau sous des températures relativement élevées, donc si on utilise l'eau de ville, ça va provoquer du tartre qui va empêcher le bon fonctionnement de ces équipements, pour cela il faut traiter l’eau afin d'éviter la formation du tarte.

II.1.3.1 Adoucissement de l’eau :

Les adoucisseurs d'eau, également appelés échangeurs d'ions, éliminent de l'eau les ions calcium et magnésium et les remplacent par les ions sodium par une résine cationique de type RNa_2.
Ce type de traitement s’effectue à l’aide **des filtres à résines échangeuses d’ions**.
Le principe est simple: des résines synthétiques sont chargées de capter les ions calcium et magnésium responsables de la dureté de l’eau, tout en libérant en proportion équivalente des ions sodium stockés au préalable dans les résines selon les réactions suivantes :

$$2R\text{-}Na + Ca^{2+} \rightarrow R_2Ca + 2Na^+$$

$$2R\text{-}Na + Mg^{2+} \rightarrow R_2Mg + 2Na^+$$

Figure 1.3 : Montre le schéma de l’adoucisseur.

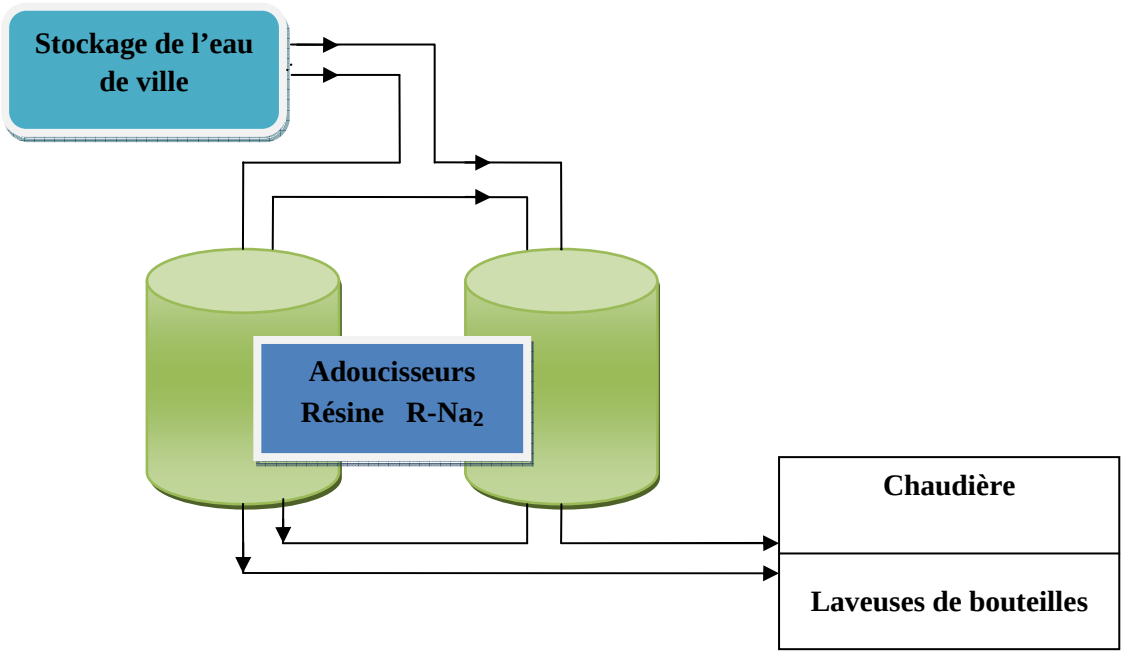

Figure 1.3 : schéma de l'adoucisseur**.**

II.1.3.2 La régénération des adoucisseurs :

Après une certaine durée d'utilisation, la résine se retrouve saturée, et nécessite par conséquent une régénération par une solution concentré de NaCl, ceci se voit lorsque la mesure de taux de la dureté révèle des valeurs hors norme.
La régénération se fait à l'aide du chlorure de sodium NaCl selon les réactions suivantes :

$$2NaCl + Ca\text{-}R \longrightarrow Na_2R + CaCl_2$$

$$2NaCl + Mg\text{-}R \longrightarrow Na_2R + MgCl_2$$

II.2 La siroperie :

Lorsque l'eau est traitée, il reste une deuxième phase qui est la production de la boisson gazeuse, c'est la siroperie, cette opération peut être subdivisée en deux grandes parties : la préparation de sirop simple puis de sirop fini.

II.2.1 La préparation de sirop simple :

L’eau traitée et le sucre composent la matière première de la phase de préparation de sirop simple qui s’effectue en plusieurs étapes.
On commence par l’injection du sucre granulé, approvisionné par COSUMAR, il provient en sac de 50 Kg, contrôlé dans le laboratoire de la CBGN qui veille sur sa qualité et sur le respect des normes prescrites.
L’opération a lieu au niveau d’un tamis permettant d’arrêter les grains et de laisser passer les particules ayant la granulométrie désirée à l’aide d’une vis, le sucre est ensuite transporter vers un silos de stockage qui assure l’alimentation de circuit et évite toute rupture probable pendant la fabrication.
Le sucre est ensuite amené vers une cuve de dissolution qui contient de l’eau traitée à une température de 80°C.

a. La dissolution du sucre :

La préparation du sirop simple commence par la dissolution du sucre avec de l’eau traitée dans une cuve appelée CONTIMOL « c’est un poste de dissolution continue du sucre».
Le mélange de ces deux constituants se fait en continue, soumis à une température de 80°C dans le CONTIMOL à circuit fermé afin de faciliter la dissolution complète du sucre, ensuite le mélange est pasteurisé à une température de 85°C.

b. L’ajout de charbon actif :

Le charbon actif est additionné sous forme de poudre dans une cuve de réaction au sirop simple au bout de 30 min environ afin d’enlever les cendres, les impuretés, la mauvaise odeur ainsi que pour son éclaircissement (virer son apparence du jaune au blanc) et d’assurer son goût.

c. la filtration :

Pour éliminer les matières en suspension et les impuretés qui restent dans le mélange, il subit une autre étape de traitement qui commence par l’injection de la célite sous forme de poudre au niveau d’une cuve, qui va être déposée sur des plaques métalliques horizontales.

Une deuxième filtration du sirop simple se fait dans un filtre à poche pour éliminer les résidus de charbon qui pourrait subsister.
Le passage du sirop à une température de 85°C par ce filtre, permet sa purification.

d. Le refroidissement du sirop simple :

Le mélange doit subir une succession d'étape de refroidissement pour arriver à un sirop simple avec une température convenable.
La première étape utilise l'eau traitée à la température ambiante et permet de ramener la température du sirop aux environs de 60°C.
La deuxième exploite l'eau adoucie en provenance de la tour de refroidissement à une température de 15°C afin de ramener le sirop de l'étape précédente à une température de 50°C.
La troisième se contente de l'eau glycolée « eau à une température moins de 0°C mélangée avec une substance (glycol) pour éviter sa congélation à cette température » ce qui permet d'abaisser la température du sirop simple obtenu au niveau de la deuxième étape aux environs de 22°C.
Le sirop obtenu est envoyé à la cuve de sirop simple où il se repose pendant une heure pour qu'il soit désaéré. À la fin de cette étape on obtient un mélange appelé **sirop simple**.

II.2.2 La préparation de sirop fini :

Le sirop fini est un mélange de sirop simple et de sirop concentré appelé extrait de base qui est à son tour un mélange complexe d'arômes, d'acidifiants et de colorants, ce dernier est reçu sous licence dans de grands flacons.
La préparation de sirop fini commence par le contrôle des ingrédients des produits par un opérateur qui les introduit dans un récipient où se fait le mixage avec l'eau traitée, le mélange est ensuite envoyé à la cuve de sirop fini dans lequel s'effectue le mixage avec le sirop simple à l'aide d'une pompe qui maintient l'agitation pendant 30 min. Le produit obtenu repose environ15 min afin d'assurer sa désaération puis contrôler par l'opérateur qui veille sur sa conformité en réglant tous les paramètres en question à savoir la température, le degré brix et d'autres paramètres.

II.3 Le mixage :

Le mixage constitue la dernière étape de production de la boisson, cette étape consiste à mélanger le sirop fini avec l'eau traitée refroidie par l'eau glycolée et du gaz carbonique dans des proportions bien définies.

II.4 L'embouteillage :

La **C.B.G.N** contient quatre lignes de production dont deux sont consacrés à la production des boissons dans des bouteilles en verre et deux lignes « PET » spécialisés à la fabrication des boissons dans des bouteilles en plastiques.

II.4.1 Bouteilles en verre :

- **Lavage des bouteilles :**

Les bouteilles rendues du marché doivent subir un lavage avec de l'eau et un détergent (NaOH) pour assurer une propreté et une stérilisation avant le soutirage.
Le lavage s'effectue en plusieurs étapes :
-La pré-inspection : c'est l'opération qui consiste à la sélection des bouteilles conformes effectuée par un opérateur.
-Le prélavage : est assuré par une eau adoucie tiède récupérée de l'étape du rinçage finale, cette eau réchauffe légèrement la bouteille et elle permet sa préparation à la haute température des bains de soude mais aussi l'élimination des matières adhérentes aux parois.
-Le lavage à la soude caustique : s'effectue à une température de 70°C combiné à un additif « le triphosphate de sodium » dont le rôle est de donner à la bouteille une brillance et d'empêcher la formation de la mousse provenant de NaOH.
-Le pré-rinçage : est une opération de rinçage des bouteilles afin d'éliminer les traces de détergent, elle se fait dans trois bains contenant une eau adoucie chaude, tiède et froide pour éviter le choc thermique qui entraine la casse des bouteilles.
- Le rinçage final : est réalisé par l'eau froide chlorée de 1 à 3 ppm pour éliminer les résidus caustiques et refroidir les bouteilles jusqu'à la température ambiante.

- **L'inspection visuelle par les mireurs :**

Cette étape consiste à éliminer les bouteilles mal lavées et ébréchées.

- **L'inspection électronique :**

Cette étape s'effectue avec le soutirage, elle a pour but de retirer les bouteilles contenant des matières étrangères.

- **La préparation de la boisson :**

Une machine qui prépare la boisson finale souhaitée, mélange le sirop fini avec de l'eau traitée et du gaz carbonique.
Selon la boisson demandée on mélange des volumes spécifiques d'eau traitée et de sirop fini pour avoir le brix demandé.

- **Le soutirage et le bouchage :**

C'est le remplissage des bouteilles lavées par la boisson à l'aide d'une soutireuse qui seront par la suite fermées hermétiquement au niveau de la visseuse.
Les bouteilles ainsi remplies et fermées sont contrôlées visuellement par un appareil électronique, afin de retirer les bouteilles mal remplies ou mal bouchées.

- **L'étiquetage et le codage :**

Après l'inspection visuelle, les bouteilles remplies portent un code sur le bouchon ou la capsule « date, heure et lieu de production, date de péremption, ligne concernée » passent ensuite pour l'étiquetage.

- **L'encaissage et le stockage :**

C'est la dernière étape de production, les bouteilles remplies passent à travers des convoyeurs vers l'encaisseuse pour les mettre en caisse et enfin leur stockage.

III.4.2 Bouteilles en plastique (PET) :

Le PET est la matière avec laquelle on fabrique ces bouteilles.

- **Le soufflage des préformes :**

Au cours de cette étape, les préformes subissent un chauffage dans un four à lampe infrarouge qui fixent les préformes et les fait tournées tout au long du four pour qu'elles se ramollissent, suivi d'un étirage par une tige d'élongation qui entre dans la préforme pour lui donner la hauteur prévue, puis d'un soufflage à l'air stérile dans un moule pour donner la forme finale à la bouteille.

- **Le rinçage :**

Une fois les bouteilles soufflées PET « Polyéthylène téréphtalate » sont obtenues, elles sont acheminées par des convoyeurs à l'air comprimé vers la rinceuse où elles subissent un rinçage par l'air traitée chlorée de 1 à 3 ppm.

Les étapes suivantes : **La carbonatation et le refroidissement**, **le soutirage et le bouchage**, **l'étiquetage et le codage** se font de la même manière que sur les bouteilles en verre.

- **La mise en packs et le stockage :**

Les bouteilles en PET étiquetées et codées passent dans une fardeleuse qui les enveloppe d'un film rétractable pour être stockées et distribuées sous forme de packs vers les dépôts et les centres régionaux rattachés à la **C.B.G.N**.

Chapitre III : Analyses effectuées de l'eau traitée

III.1 Analyses physico-chimiques de l'eau traitée :

Ces opérations analytiques permettent d'examiner constamment, le bon fonctionnement des différents éléments de l'installation et de s'assurer qu'on peut accéder à une eau traitée qui répond aux normes spécifiées de la compagnie.
Les paramètres contrôlés pour les différents types d'eaux analysées sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Paramètres contrôlés pour les différents types d'eaux analysées.

Eau contrôlée	**Paramètres**	**Normes**
Eau brute	-Gout. Odeur. Apparence. –pH. -Cl_2 (ppm, mg/litre). - TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - Turbidité (NTU).	-pH =7. - Cl_2 = 0 mg/litre. -TA = 0 mg/litre. -TAC = 312 mg/litre. -TDS< 500 mg/litre. - Turbidité ≤ 0,5 NTU.
Eau de filtre à sable	-Goût. Odeur. Apparence. - Cl_2 (ppm ; mg/litre). -pH. - Aluminium	- Cl_2 (1 à 3mg/litre). – pH=7. - Aluminium (0-0,1mg/litre).

	(ppm ; mg/litre). - Turbidité (NTU).	- Turbidité (≤0,5 NTU).
Eau de décarbonateur	- TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - pH.	- TA (< 2mg/litre) et TAC (< 85 mg/litre). - TDS (< 500 mg/litre). – pH >4,9.
Eau de filtre à charbon	- Cl_2 (ppm; mg/litre). - Aluminium (ppm ; mg/litre). - TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - Turbidité (NTU). - G.O.A. - pH.	- Cl_2 (1 à 3 mg/litre). - Aluminium (0-0,1 mg/litre). – TA (<2 mg/litre) et TAC (<85 mg/litre). - TDS (<500 mg/litre). - Turbidité (≤0,5 NTU). – 4,9<p

		H <7.
Eau de filtre polisseur	- Turbidité(NTU).	- Turbidité (≤0,5 NTU).
Eau adoucie	- Dureté calcique (Ca^{2+} ppm). - Dureté Totale (Ca^{2+} et Mg^{2+}en ppm).	TH_{Ca} (<40 mg/ litre). TH (<100 mg/ litre).

III.1.1 Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC):

Définition :

L'alcalinité d'une eau correspond à la mesure d'espèces basiques telles que les ions hydroxydes (**OH^-**), les ions carbonates (**CO_3^{2-}**), les ions hydrogénocarbonates (**HCO_3^-**) et dans la moindre mesure, les ions phosphates (**PO_4^{3-}**), silicates (**SiO_3^{2-}**).
Le **TA** correspond à la mesure d'une eau en hydroxyde (**OH^-**) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux.

$$TA = [OH^-] + \frac{1}{2}[CO_3^{2-}]$$

Bilan des réactions prédominantes:

$$OH^- + H_3O^+ \longrightarrow 2H_2O$$
$$CO_3^{2-} + H_3O^+ \longrightarrow HCO_3^- + H_2O$$

Le virage de la **phénolphtaléine** a lieu dans le domaine de prédominance de l'ion hydrogénocarbonate.
Le **TAC** correspond à la mesure d'une eau en hydroxyde (**OH^-**), en carbonates (**CO_3^{2-}**) et en hydrogénocarbonates (**HCO_3^-**) alcalins et alcalino-terreux.

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

Bilan des réactions prédominantes:

$$OH^- + H_3O^+ \longrightarrow 2H_2O$$
$$CO_3^{2-} + 2H_3O^+ \longrightarrow CO_{2\,(aq)} + 3H_2O$$
$$HCO_3^- + H_3O^+ \longrightarrow CO_{2\,(aq)} + 2H_2O$$

Le virage du **Méthylorange** se fait dans le domaine de prédominance de l'espèce **CO_2 (aq)**.

Mode opératoire:

Dans un Erlenmeyer :

On prélève 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 3 gouttes de la solution de **thiosulfate de sodium** (**$Na_2S_2O_3$**) 0,1N, ensuite on verse 3 à 4 gouttes de **phénolphtaléine.**

Si la solution reste incolore (ne se colore pas en rose) le **TA=0.**

Si la solution reste rose le **TA** est déterminé par addition de **l'acide sulfurique (H_2SO_4)** 0,02N nécessaire au virage de la **phénolphtaléine.**

$$TA\ (mg/l\ de\ CaCO_3) = 10 * volume\ de\ l'acide\ versé\ en\ ml.$$

On ajoute à la même solution 3 à 4 gouttes de l'indicateur -**Méthylorange**- et on retitre avec **l'acide sulfurique H_2SO_4**, sans remplir de nouveau la burette, jusqu'au virage du jaune à l'orange.

$$TAC\ (mg/l\ de\ CaCO_3) = 10 * volume\ de\ l'acide\ versé\ en\ ml.$$

III.1.2 Résultats d'analyses :

L'analyse du TA et du TAC est effectuée au niveau du décarbonateur et du filtre à charbon. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : <u>Résultats d'analyses du TA et du TAC à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon.</u>

2 mg/l)	**TAC (< 85 mg/l)**

u ur	Au niveau du filtre à charbon	Au niveau du décarbonateur	Au niveau du filtre à charbon
	00	72	78
	00	20	78
	00	22	70
	00	25	68

La représentation graphique :

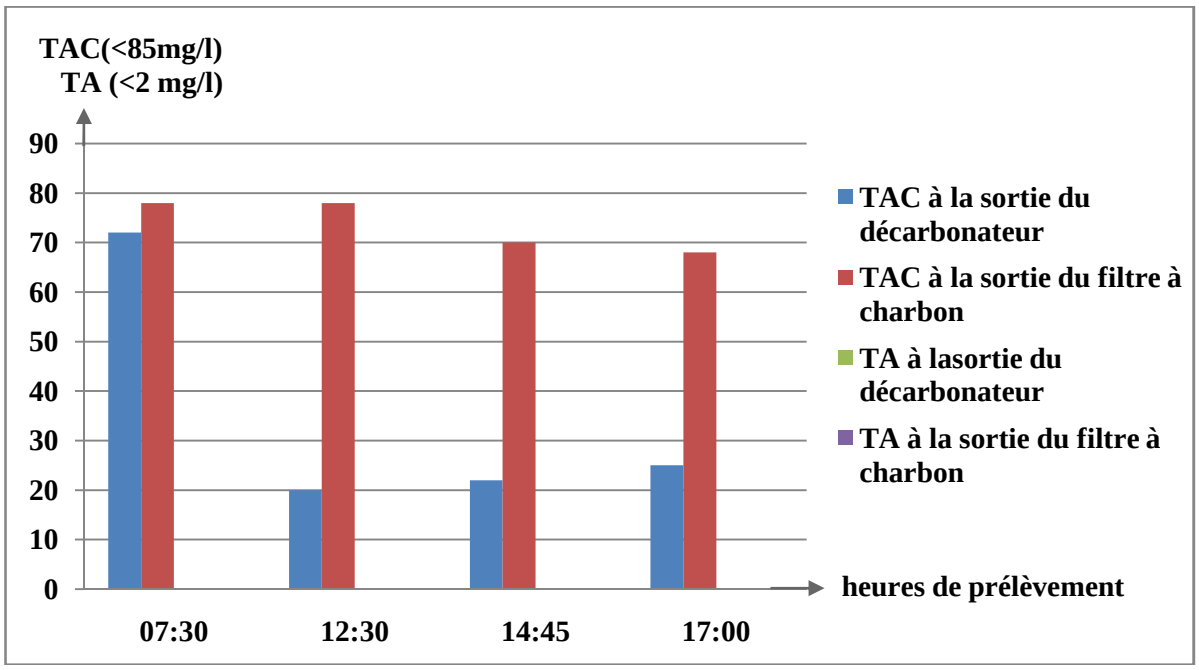

Figure 2.1 : Les variations du TA et du TAC au cours de la journée.

Interprétation :

D'après la courbe, on constate que la valeur du titre alcalimétrique (TA) au cours de la journée est toujours nulle au niveau du décarbonateur et du filtre à charbon, car il n'y a pas d'ions carbonates puisque le pH <8,3.

Le titre alcalimétrique complet (TAC) prélevé à 07h30 au niveau du décarbonateur est proche de la valeur de consigne 85 ppm, c'est pour cela que l'opérateur a procédé à une régénération de la résine de type RCOOH.
La régénération se fait par l'acide chlorhydrique HCl concentré pour éliminer les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} et les remplacer par les protons H^{+}.

Tout au long de la journée, Le titre alcalimétrique complet au niveau du filtre à charbon est presque constant.

III.1.3 Mesure du pH :

La valeur du **pH** d'une source d'eau est une mesure d'acidité ou d'alcalinité. Le niveau du **pH** est une mesure de l'activité de l'atome d'hydrogène parce que le niveau d'activité de l'hydrogène représente bien l'acidité et l'alcalinité de l'eau.

Ce test est fait au niveau de l'eau brute, à la sortie du filtre à sable, à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon.
La mesure du pH se fait grâce à l'appareil **pH-mètre** qui doit être bien étalonné**.**

III1.4 Résultats d'analyses :

La mesure du pH est effectuée au niveau du décarbonateur et du filtre à charbon. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : <u>Résultats d'analyses du pH à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon.</u>

	pH > 4,9	**4,9 < pH**

		<7,0
	Sortie du décarbonateur	**Sortie du filtre à charbon**
	5,84	**5,90**
	5,24	**5,80**
	5,34	**5,74**
	5	**5,7**

	, 3 6	0

La représentation graphique :

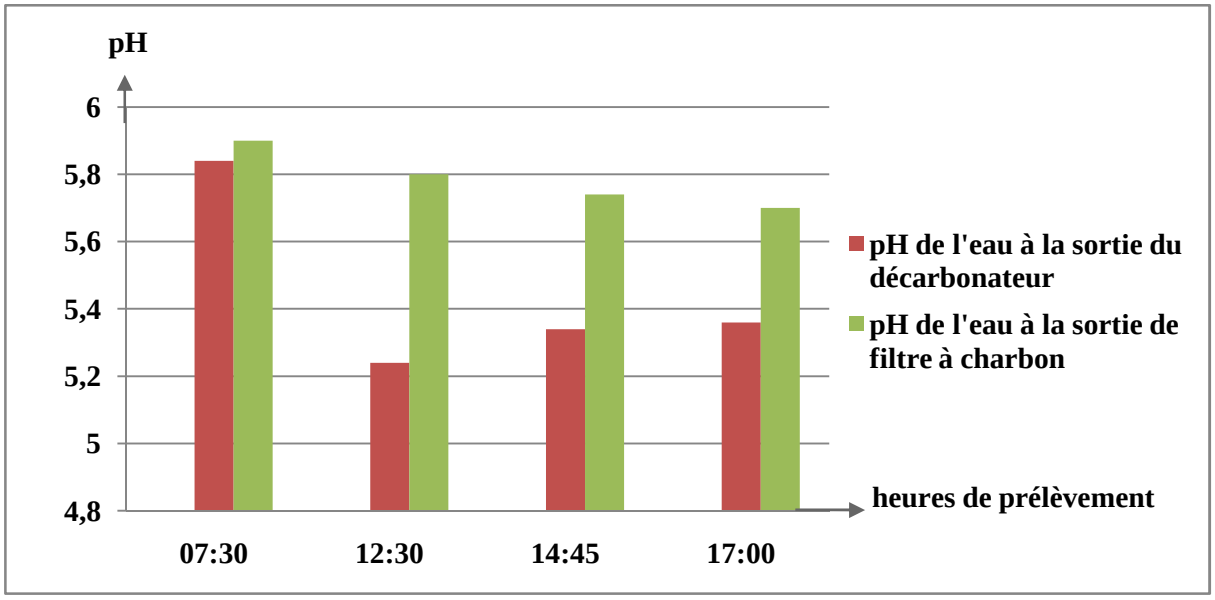

Figure 2.2 : Les variations du pH au cours de la journée.

Interprétation :

La courbe d'analyse du pH à la sortie du décarbonateur, montre que ce dernier a augmenté jusqu'à 5,84.

Après la régénération, le pH a diminué mais il reste dans les normes prescrites qui est supérieur à 4,9.

Les valeurs du pH trouvées à la sortie du filtre à charbon diminuent et restent dans les normes.

III.1.5 Mesure du taux de solides dissous (TDS) :

Le **TDS** signifie le taux des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau.

Le taux de solides dissous est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions.

Le **TDS** est mesuré par le **TDS-mètre**, pour mesurer le **TDS** de l'eau on plonge l'électrode dans l'échantillon et on lit la valeur affichée par le **TDS mètre** en mg/l.

La norme est inferieur à 500mg/l.

III.1.6 Résultats d'analyses :

La mesure du taux de solides dissous (TDS) est effectuée au niveau du filtre à charbon et du décarbonateur. Les résultats de ce paramètre sont affichés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : <u>Résultats d'analyses du TDS à la sortie du filtre à charbon et du décarbonateur</u>.

	TDS (<500 mg/l)	
Heures de prélèvement	**Sortie du décarbonateur**	
07h30	**188**	
12h30	**128**	
14h45	**130**	
17h00	**130**	

La représentation graphique :

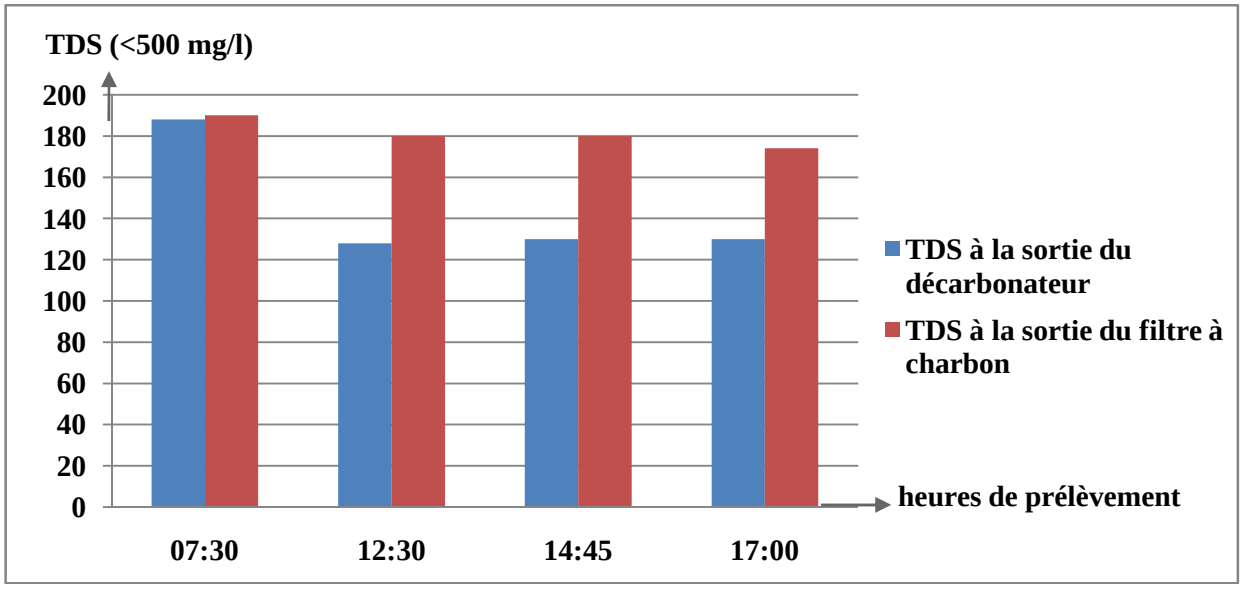

Figure 2.3 : Les variations du taux de solides dissous tout au long de la journée.

Interprétation :

L'analyse a montré que le taux de solides dissous est très inférieur aux normes. On remarque qu'après la régénération de la résine au niveau du décarbonateur la diminution apparait très fortement.

III.1. 7 Mesure de la teneur en chlore :

Le chlore est utilisé au niveau des bassins de stockage n°1 et n°2, le contrôle de sa teneur est important pour optimiser son pouvoir désinfectant.
A l'entrée du filtre à sable sa teneur est de 1 à 3 ppm et à l'entrée du filtre à charbon, elle varie de 2 à 3 ppm, le chlore est éliminer au niveau du filtre à charbon ce qui fait qu'à la sortie de ce dernier la chloration normale est nulle.

Mode opératoire :

On mesure le taux de chlore par méthode colorimétrique, on procède comme suivant :
Dans une cellule transparente de 10 ml, on prélève un échantillon d'eau à analyser, on écrase une tablette du réactif **DPD N°1** (**Diméthyle-para-Phénylène Diamine**) pour le chlore résiduel et **DPD N°4** pour le chlore total. On l'ajoute à l'échantillon, on agite bien le mélange jusqu'à la dissolution complète du réactif.

La solution se colore en rose (preuve qu'il y a le chlore)
La cuvette optique est mise dans un comparateur colorimétrique (**comparateur Lovibond**) contenant un disque avec des mesures.
On ajuste ce disque jusqu'à l'obtention de la même couleur que celle de la cuvette et on lit la valeur correspondante en mg/l.

III.1.8 Résultats d'analyses :

L'analyse du chlore est effectuée au niveau du filtre à sable et du filtre à charbon. Les résultats de ce paramètre sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : <u>Résultats d'analyses du chlore au niveau du filtre à sable et du filtre à charbon.</u>

	Chlore (1à3 mg/l)		

La représentation graphique :

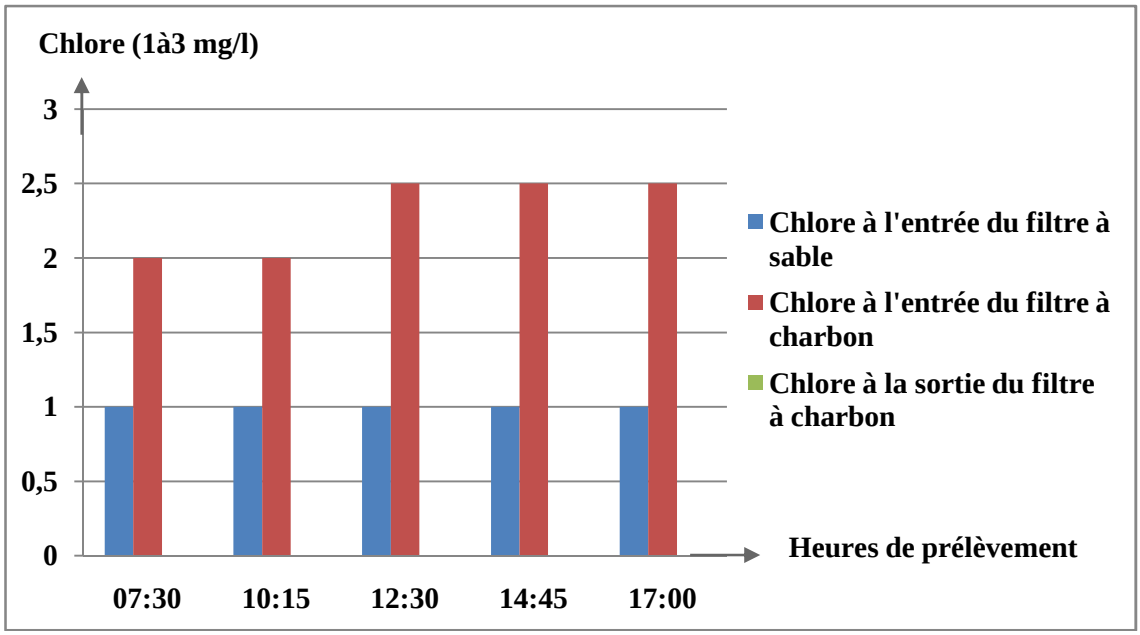

Figure 2.4 : La variation du chlore tout au long de la journée.

Interprétation :

L'analyse du chlore au niveau des entrées des deux filtres montre que ce dernier est presque constant et inférieur aux normes exigées.

Par contre à la sortie du filtre à charbon, le chlore est nul tout au long de la journée ce qui explique l'efficacité du filtre à charbon puisque le rôle de ce dernier est d'éliminer la totalité du chlore présente dans l'eau.

III.1.9 Mesure de la teneur en Aluminium :

Le sulfate d'alumine est employé comme coagulant et floculant avant de filtrer l'eau.

Le contrôle de sa teneur est réalisé sur de l'eau traitée à la sortie du filtre à sable et du filtre à charbon pour s'assurer de l'absence de toute trace d'aluminium.

Mode opératoire :

La mesure de taux d'aluminium est comme celle du chlore par méthode colorimétrique.

On remplie la cuvette optique jusqu'au trait de jauge par l'eau à analyser, ensuite on ajoute une pastille d'aluminium N°1 et une pastille d'aluminium N°2, on agite bien le mélange jusqu'à ce que le réactif se dissout complètement.

On met la cuvette dans le **comparateur Lovibond** contenant le **disque Lovibond**. On ajuste ce disque jusqu'à l'obtention de la même couleur que celle de la cuvette, on lit la valeur correspondante en mg/l.

III.1.10 Résultats d'analyses :

L'analyse d'aluminium est effectuée à la sortie du filtre à sable et du filtre à charbon. Les résultats de ce paramètre sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : <u>Résultats d'analyses de l'aluminium à la sortie du filtre à sable et du filtre à charbon.</u>

	Aluminium (0-0,1 mg/l)	
Heures de prélèvement	**Sortie du filtre à sable**	**Sc du cha**
07h30	**0,001**	**0,**
10h15	**0,001**	**0,**
12h30	**0,001**	**0,**
14h45	**0,001**	**0,**
17h00	**0,001**	**0,**

La représentation graphique :

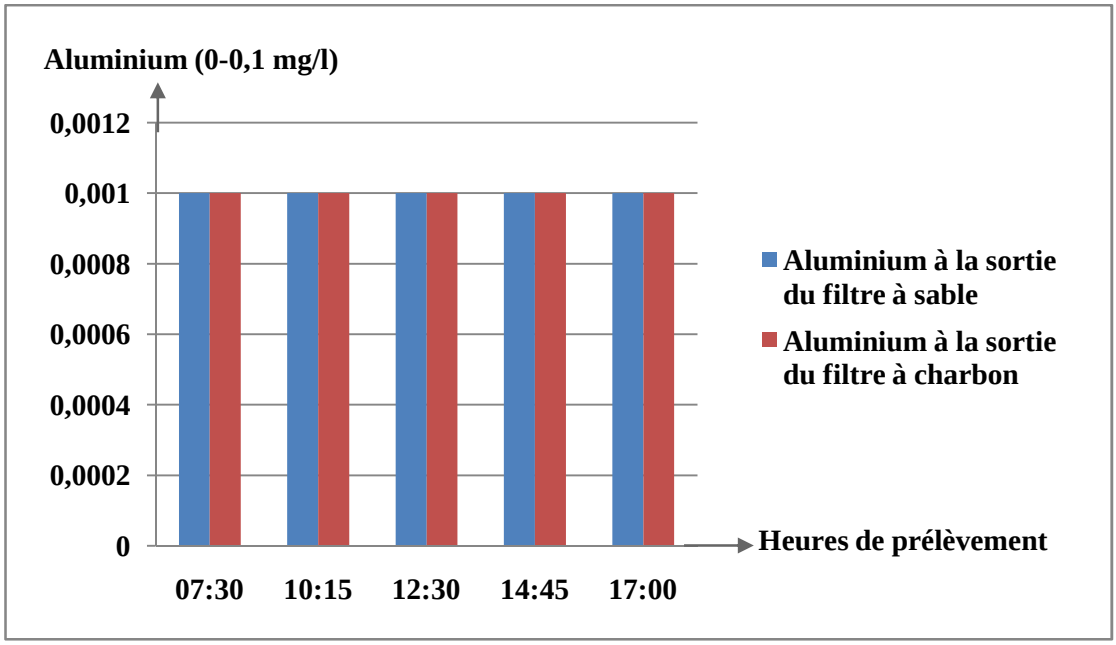

Figure 2.5 : La variation d'aluminium au cours de la journée.

Interprétation :

D'après la courbe d'analyse des traces d'aluminium dans l'eau traitée, on remarque que tout au long de la journée, le taux d'aluminium reste égal à 0,001 ppm à la sortie du filtre à sable et du filtre à charbon, cette valeur reste inférieure aux normes exigées.
La présence de ce dernier dans l'eau est due à l'injection de sulfate d'aluminium au niveau de la cuve de coagulation pour agglomérer les particules en suspension.

III.1.11Mesure de la turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'une eau en matières qui la troublent. Elle est causée par la présence de diverses matières en suspension dans l'eau : colloïdes, argiles, matière organique et inorganique. Elle est mesurée avec un appareil appelé **turbidimètre**.
La turbidité de l'eau de ville est réduite aux normes ou aux seuils acceptables. L'eau subit au début de la filtration, la coagulation/floculation qui consiste à ajouter des produits chimiques coagulant-floculant (Sulfate d'alumine /IDT680) qui provoquent l'agrégation des petites particules pour former de grosses particules facilement éliminable par filtration. La norme de turbidité est inférieure à 0,5 NTU.

III.1.12 Résultats d'analyses :

L'analyse de la turbidité est effectuée au niveau du filtre à sable, filtre à charbon et du filtre polisseur. Les résultats sont affichés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Résultats d'analyses de la turbidité au niveau du filtre à sable, filtre à charbon et du filtre polisseur.

	Turbidité	
Heures de prélèvement	Sortie du filtre à sable	Sor du fi à char
07h30	0,160	0,1
10h15	0,150	0,1
12h30	0,160	0,1
14h45	0,150	0,1
17h00	0,140	0,1

La représentation graphique :

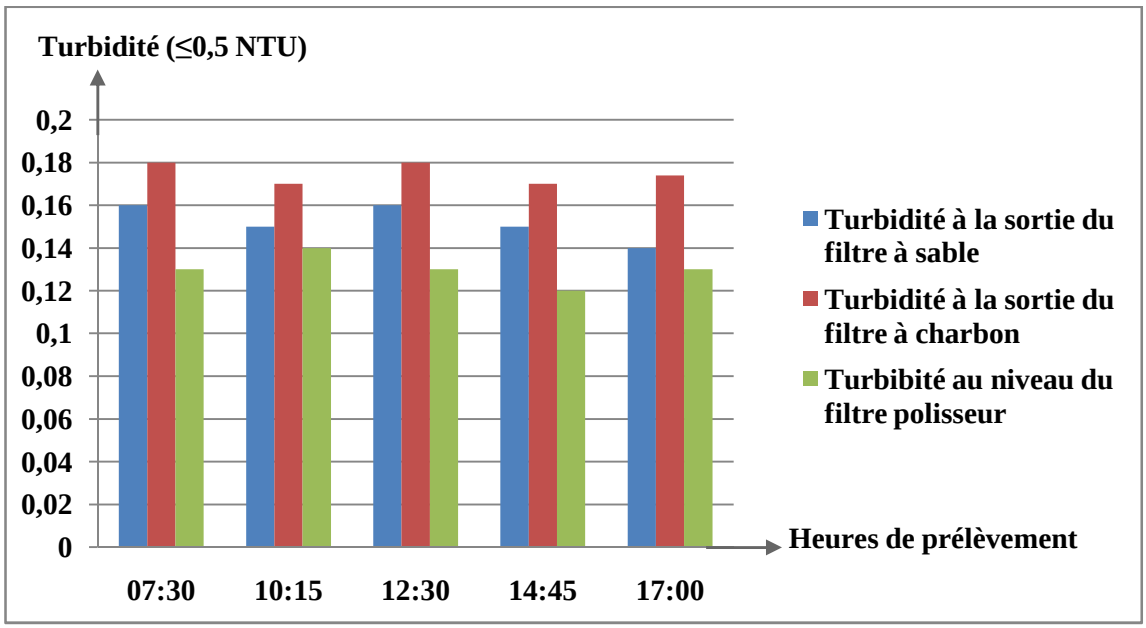

Figure 2.6 : Les variations de la turbidité au cours de la journée.

Interprétation :

Sur la courbe, on voit de petites variations de la turbidité à la sortie des différents filtres, tout au long de la journée cette dernière augmente et baisse.
Mais la valeur trouvée reste toujours très inférieure à la valeur de consigne 0,5 NTU.

III.1.13 Dureté totale de l'eau :

La dureté totale ou titre hydrotimétrique est la concentration totale en ion calcium et en magnésium. Elle se détermine par titrage par **l'EDTA** à pH=10, en utilisant **le noir d'ériochrome**) comme indicateur de fin de réaction.

Mode opératoire :

Pour déterminer la dureté totale, on prélève dans un Erlenmeyer 50 ml d'eau à analyser, on y ajoute 2 ml de la solution tampon (pH=10) et quelques gouttes de l'indicateur **noir d'ériochrome.**

Si la solution est bleue, la dureté totale est nulle.

Si la couleur est rose, on titre avec la solution d'EDTA 0,01N jusqu'au virage de couleur au bleu.

D_t (mg/l) = 20 * volume d'EDTA versé en ml.

III.1.14 Dureté calcique :

La dureté calcique est la concentration en ion calcium. Elle se détermine par titrage par l'EDTA à pH >12 afin de précipiter l'hydroxyde de magnésium, en utilisant le **Murexide** comme indicateur de fin de réaction.

Mode opératoire :

Dans un Erlenmeyer :

On prélève 50 ml d'eau à analyser, on y ajoute 2 ml de la solution d'**hydroxyde de sodium NaOH 1N** et quelques gouttes de l'indicateur **Murexide.**

Si la solution est colorée en mauve, il n'a pas de calcium (Dc est nulle).

Si la couleur est rose pâle, on titre avec EDTA 0,01N, jusqu'au virage de couleur au mauve.

Dc (mg/l) = 20 * volume d'EDTA versé en ml.

Remarque :

Pour déterminer la concentration en ion $\mathbf{Ca^{2+}}$ et $\mathbf{Mg^{2+}}$ dans une eau on utilise une réaction de complexation avec l'ion **éthylène diamine tétra acétate (EDTA)** que l'on note $\mathbf{Y^{4-}}$**.**

$$Ca^{2+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} \longrightarrow [CaY]^{2-}$$

$$Mg^{2+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} \longrightarrow [MgY]^{2-}$$

L'EDTA possède également des propriétés acido-basiques : c'est un tétra acide noté H_4Y.

III.1.15 Résultats d'analyses :

Les deux principaux paramètres analysés au niveau de l'adoucisseur sont : la dureté calcique et la dureté totale.

Les résultats sont affichés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Résultats des analyses effectuées sur l'eau adoucie

	Eau adoucie	
Heures de prélèvement		
07h30		
12		

h 1 0		
1 7 h 0 0		

La représentation graphique :

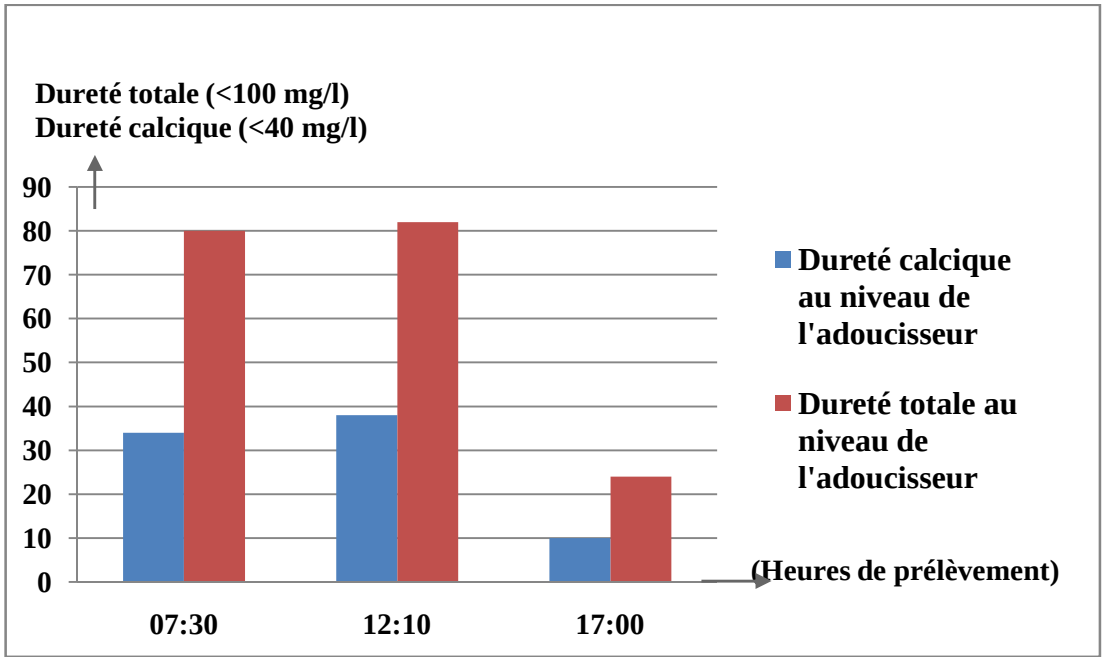

Figure 2.7 : Les variations de la TH et TH_{Ca} au cours de la journée.

Interprétation :

D'après la courbe, la dureté totale et la dureté calcique augmente, ceci est du à la saturation de la résine à cause de la grande consommation de l'eau adoucie au niveau des lignes de verre.

La norme exigée de la dureté totale est 100 ppm et la dureté calcique 40 ppm, c'est à chaque fois que la valeur trouvée approche à celle des consignes que l'opérateur procède à une régénération de l'adoucisseur.

Conclusion

La bonne qualité du produit dans l'industrie alimentaire est exigée à nos jours partout dans le monde. Pour se faire, il faut des gens compétents et du matériel efficace. Cette période de stage m'a permis de maitriser les différentes procédures industrielles et m'intégrée au monde de travail.

Le stage que j'ai effectué au sien de la **Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord** a été très enrichissant, il m'a permis tout d'abord de montrer mes capacités à s'intégrer dans le travail d'une équipe ainsi qu'il m'a offert une vision plus proche de la réalité du monde industriel.

Ce stage m'a permis de suivre les analyses et la qualité de l'eau utilisée aussi bien pour la production de la boisson gazeuse que celle pour le lavage des bouteilles.

Après les différents traitements (la chloration, la filtration, la décarbonatation et l'adoucissement). Les analyses ont montré que l'eau a une qualité conforme à la norme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— **Raymond Des jardins.** Traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie. Presses internationales Polytechniques, 1997. p. 118 et 127.

— **F. BERNE, J. CORDONNIER.** Editions TECHNIP. Traitement des eaux. P 5-6.

www.inspq.qc.ca/pdf/.../198-Cartable Eau/Turbidité.pdf.

www.lenntech.fr/bibliothèque/coagulation/coagulation-floculation.htm.

www.lenntech.fr/procédés/adoucissement/adoucissement.htm.

www.safewater.org/PDFS/ressourcesknowthefacts/tds+ph.pdf.

www.lenntech.fr/adsorption.htm#ixzz1uZMTFAZt.