

Licence Sciences et Techniques (LST)

*Techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité*

TACCQ

## **PROJET DE FIN D'ETUDES**

# *Suivi du traitement des eaux au sein de la CBGN*

**Présenté par :**

◆ EL KHADIRI SOUKAINA

**Encadré par :**

- ◆ Mr FAHMI ELKHEMMAR (Société)
- ◆ Pr N. IDRISSE KANDRI (FST FES)

**Soutenu Le 12 Juin 2013 devant le jury composé de:**

- Pr N.IDRISSE KANDRI
- Pr E.H. EL GHADRAOUI
- Pr A.HARRACH

**Stage effectué à la C.B.G.N**

**Année Universitaire 2012 / 2013**

# Dédicaces

Comme symbole d'une profonde gratitude et de dévouement. Je tiens à dédier ce modeste travail à :

## *Mes chers parents :*

Rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices qui vous avez consentis pour mon bien être et pour mon éducation, que dieu vous garde et vous donne une prospère santé pour qu'à mon tour je puisse vous combler tous ce que vous méritez.

## *Mon frère :*

Avec l'expression de mes sentiments et mon profond respect pour leurs soutiens inégalés.

Que dieu vous protège et vous offre un avenir plein de succès, de bonheur, et de santé.

## *Toute ma famille maternelle et paternelle :*

A Qui j'exprime mon respect et mon amour je vous dédie ce travail en vous souhaitant tout le bonheur du monde

## *Mes enseignants et mon encadrant :*

Mes enseignants : pour leurs formations et leurs compétences, aussi pour leur savoir qu'ils nous' ont transmis durant cette année de formation.

Mon encadrant : pour sa formations, et sa sincérités toute la durée du stage.

## *A Tous tes amies :*

Pour les moments forts et inoubliables que nous avons passés ensemble. Votre amitié m'a toujours soutenue moralement et m'a redonnée la force pour préserver dans les pires moments.

# Remerciement

Louange à DIEU tout puissant de m'avoir accordé la force d'accomplir ce travail.

Tout d'abord, Je tiens à remercier en premier lieu Monsieur **NOUREDDINE IDRISSE KANDRI**, professeur à la faculté des sciences et techniques de Fès pour le temps qu'il m'a sacrifiée et pour les efforts et les informations qu'il m'a fournies. Son expérience, la

richesse de ses connaissances, son enthousiasme et sa compréhension qui ont été pour moi un vrai soutien précieux.

J'adresse mes chaleureux remerciements à **Mr FAHMI ELKHAMMAR**, responsable de service de contrôle de qualité au sein de la CBGN pour son immense soutien, ses informations pertinentes qu'il m'a fournis, et les facilitations qu'il m'a accordé.

Monsieur **E.H. El GHADRAOUI** et Monsieur **A. HARRACH** professeurs à la FST de Fès pour avoir accepté de juger ce modeste travail.

Finalement je suis vraiment reconnaissante à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

## *Liste des abréviations*

<b>CBGN</b>	:Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
<b>G.O.A</b>	:Gout ,Odeur et Apparence.
<b>DT</b>	:Dureté Total .
<b>DC</b>	: Dureté Calcique.
<b>TAC</b>	: Titre Alcalimétrique Complet.
<b>TA</b>	: Titre Alcalimétrique.
<b>TDS</b>	: Taux Des Solides Dissous.
<b>N.T.U</b>	: Unité Néphélométrique de Turbidité.
<b>ppm</b>	:Partie Par Million
<b>EDTA</b>	: Acide Ethylène-Diamine-Tétra acétique.
<b>DPD</b>	: Diethyl P-Phenyl Diamine
<b>Cl 2</b>	:Chlore
<b>F à S</b>	:Filtre à sable.
<b>F à Ch</b>	:Filtre à Charbon.
<b>F Déc</b>	:Filre Décarbonateur.
<b>F P</b>	:Filtre polisseur.

# Liste des figures

- Figure 1 :** Schéma de fabrication de sirop simple et fini  
**Figure 2 :** Schéma de processus de production dans les lignes en verre et en PET  
**Figure 3 :** Schéma de processus des étapes de l'eau traitée  
**Figure 4 :** Suivi de la variation de TAC de l'eau à traiter  
**Figure 5 :** Suivi de la variation du pH du filtre à sable et du décarbonateur  
**Figure 6 :** Suivi de la variation de DT en fonction du temps  
**Figure 7 :** Suivi de la variation de DC en fonction du temps

# Liste des tableaux

- Tableau 1:** Fréquence et Paramètres physico-chimiques de contrôle des eaux

# SOMMAIRE

Introduction .....	61
Présentation de la société.....	2
<b>Chapitre I L'eau et l'industrie alimentaire .....</b>	<b>4</b>
I. L'eau :défniton et types .....	4
II. L'importance de l'eau dans l'industrie alimentaire :.....	5

II.1. Procédés de traitement des eaux utilisées par l'industrie :	5
II.2. Contrôle des paramètres physico-chimique :	7
<b>Chapitre II Chaîne de la production des boissons gazeuses dans la CBGN.....</b>	<b>9</b>
I. Siroperie :	9
I.1. Préparation de sirop simple :	9
I.2. Préparation du sirop finis :	10
II. Lignes de mise en bouteilles :	11
<b>Chapitre III Traitement des eaux utilisées par la CBGN.....</b>	<b>14</b>
I. L'eau traitée :	14
I.1. Processus :	14
I.2. Composants de l'installation du traitement d'eau.....	15
II. Eau adoucie :	17
III. Analyses physico-chimiques de l'eau :	17
III.1. Détermination du taux d'alcalinité complet :	18
a) Titre alcalimétrique (TA) :	19
b) Titre alcalimétrique complet (TAC).....	20
III.2. Test de chlore :	22
III.3. Contrôle de pH :	22
III.4. Détermination de la dureté de l'eau :	23
a) Mesure de la dureté calcique (Dc) :	23
b) Mesure de la dureté totale (Dt) :	25
*Dureté totale :	26
*Dureté calcique :	27
CONCLUSION .....	28
BIBLIOGRAPHIE.....	29
Annexes.....	30

# *Introduction*

L'eau est un facteur de production important dans l'industrie. Dans l'industrie agroalimentaire cette ressource naturelle joue un rôle vital vu qu'elle doit répondre aux exigences de chaque étape du processus de production des produits finis. On la trouve dans la préparation des matières premières, dans les produits sanitaires, dans les installations des chaudières et bien d'autres rôles aussi importantes les uns que les autres.

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître et l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile.

Une eau est dite saine ou **potable** quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. C'est une eau qui ne présente aucun inconvénient pour la santé du consommateur. Cette qualité sous-entend que l'eau convient à tous les usages domestiques habituels, y compris l'hygiène corporelle. Elle doit être chimiquement exempte des quantités excessives des matières organiques et minérales et biologiquement à l'abri de la contamination par des germes pathogènes.

Dans ce rapport, nous présenterons 3 chapitres essentiels à la description de notre sujet de travail ; Il s'agit d'un premier chapitre concernant le traitement de l'eau et son rôle important pour l'industrie agroalimentaire et en particulier dans le domaine des boissons rafraichissantes. Le deuxième chapitre décrit les étapes de la chaîne de la production des boissons gazeuses adoptée au niveau de la société CBGN. Le troisième chapitre rassemble les différents essais concernant les traitements des eaux ainsi que les résultats obtenus des analyses réalisées et leurs interprétations. Une conclusion générale termine ce travail.

# *Présentation de la société*

La Compagnie Coca-Cola est aujourd'hui la plus grande compagnie de boissons de rafraîchissement au monde, elle est présente dans plus de 200 pays où des postes de travail sont créés et où des initiatives culturelles et environnementales sont développées.

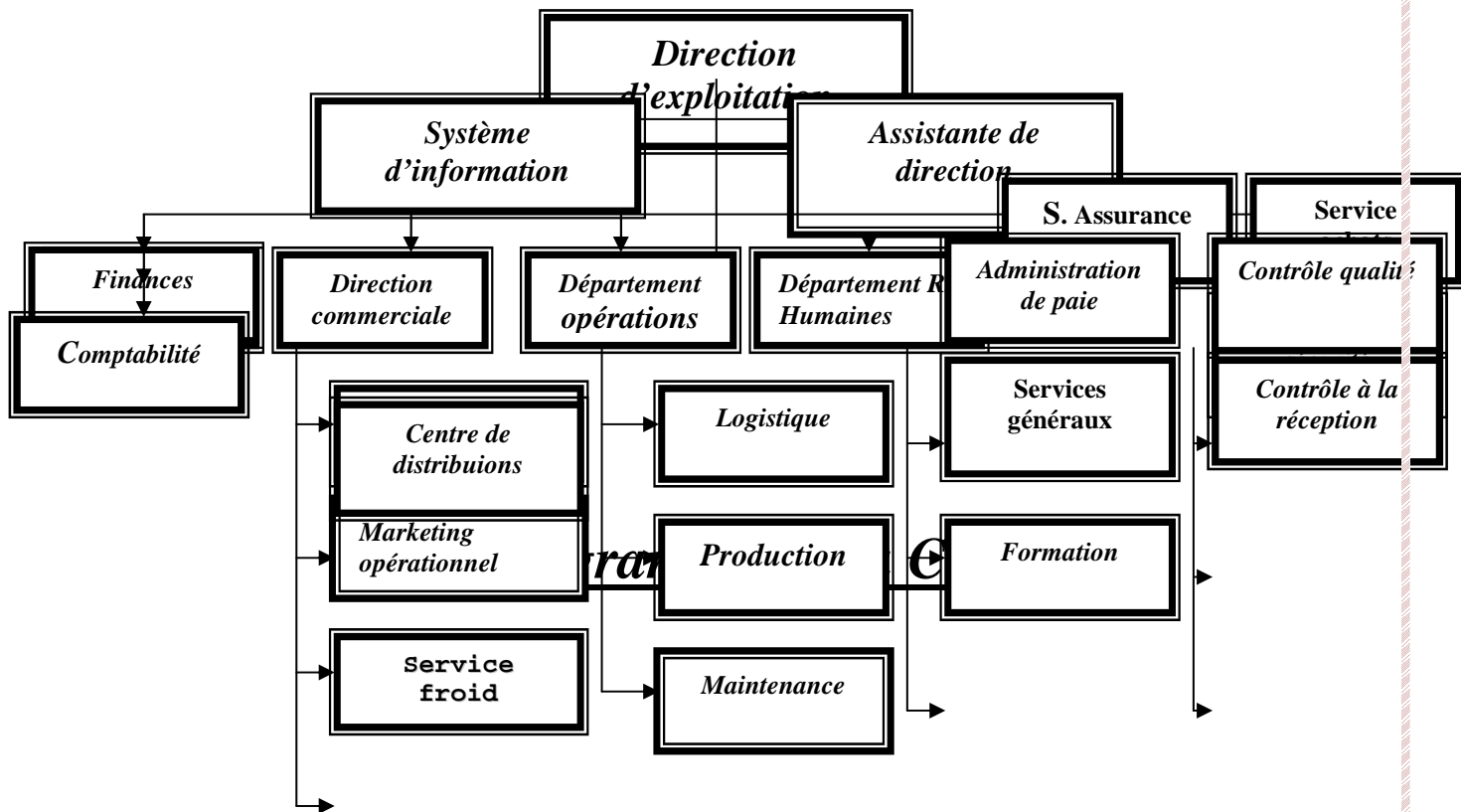
Au Maroc, Coca-Cola apparut en 1947 : Un bateau usine, qui était accosté au port de Tanger, produisait alors la boisson pour les soldats américains. De nos jours son activité au pays représente un rôle important dans le secteur d'activité national, et emploi plus de 70 000 personnes de façon directe et indirecte.

En 1952, l'entreprise installe sa filière CBGN à Fès à la place actuelle d'hôtel Sofia puis déplacée après au quartier industriel sidi Brahim.

Son activité principale concerne la production, la distribution et la commercialisation des boissons rafraîchissantes quelles soient gazeuses (Coca-Cola, Fanta Orange, Fanta Lemon, Sprite, Schweppes Tonic ...) ou alimentaires (Miami,...) et l'eau de ciel

Actuellement l'entreprise possède plusieurs certificats attestant son rôle pour l'environnement et la bonne qualité de ses produits, Aussi elle a été certifiée : iso 9001 en 2000(la qualité d'un produit ou d'un service), iso 14001 en 1997( organisme à maîtriser l'impact de l'activité sur l'environnement et le respect réglementaire ), iso 18001 en 1999(évaluer et certifier les systèmes de management de la santé et de la sécurité du travail ),et iso 22000 en 2005(norme internationale de système de management de la sécurité alimentaire)..

La CBGN, comme toute entreprise, est régie par une hiérarchisation administrative répondant aux besoins de la bonne démarche de la société et de la satisfaction de ses clients (voir organigramme).



**CHAPITRE I      L'EAU ET**  
**SON RÔLE DANS**  
**L'INDUSTRIE**  
**ALIMENTAIRE**



## I. L'eau : définition et types

*L'eau est un élément essentiel dans la vie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour tous les types des plantes et des animaux. Il représente 65% de la masse de notre corps.*

Le pourcentage d'eau sur la surface de la terre est de 70 à 80%. Mais ne croyez pas pour autant que toute cette eau est bonne pour la consommation humaine puisque 97,2 % de cette eau représente les mers et océans et seulement 2,8 % de l'eau douce. Cette eau douce est ensuite divisée en 2,15 % de glaciers, 0,635 % d'eaux souterraines et 0,015% d'eaux de surface.

- **L'eau de mer** : est l'eau salée des mers qui contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium .
- **L'eau de source** : elle nécessite une autorisation préfectorale pour être mise en bouteille. L'eau de source est une eau souterraine naturelle potable
- **L'eau minérale** : potable naturellement elle diffère des eaux de sources par une minéralité obligatoirement constante. Elle est soumise à une réglementation très stricte.
- **L'eau de ville** : elle est rendue potable par des traitements spécifiques. Sa minéralité est très faible (quantité de minéraux). Une eau potable est normalement par définition sans aucun danger pour la santé humaine. Cependant des procédés de traitement de l'eau voir de purification de l'eau sont de plus en plus régulier.
- **L'eau dure** : est une eau qui contient beaucoup de sels dissous, comme les sels de calcium (le carbonate de calcium ou calcaire par exemple) et de sels de calcium (le carbonate de calcium ou calcaire par exemple) et de magnésium.,
- **L'eau douce** : est une [eau](#) qui contient peu d'[ions](#) ou, en termes non chimiques, qui n'est pas salée. C'est l'eau des rivières et des [lacs](#), l'[eau de pluie](#), des [glaciers](#), des tourbières.
- **L'eau gazeuse** : On ajoute un gaz carbonique ou un autre gaz naturel pour obtenir des bulles agréables au goût. Il est important de noter que les minéraux sont importants pour la santé.

## II. L'importance de l'eau dans l'industrie alimentaire:

Les pressions internes et externes de l'industrie agro-alimentaire lui imposent la recherche de nouvelles voies pour gérer son développement et parvenir à une maîtrise constante des coûts et des risques sanitaires, afin de satisfaire aux exigences de ses clients. L'industrie alimentaire nécessite une qualité d'eau contrôlée, qu'elle fasse partie intégrante des procédés, qu'elle intervienne dans la composition des produits, pour la réfrigération, la production de vapeur ou les opérations de nettoyage. Afin d'en maîtriser la consommation, de fiabiliser le fonctionnement des unités de production, tout en prenant en compte la saisonnalité, les industriels recherchent une ressource en eau sécurisée, d'une qualité irréprochable.

Parmi Les domaines agro-alimentaires qui nécessite le traitement des eaux sont : le lait et produits laitiers (yaourts, crème desserts, fromages, beurre, ultra-frais, produits secs), viandes (abattoirs, boucherie, plats cuisinés), charcuterie, poissons (conserverie), mollusques, produits de boulangerie, pâtisserie, pâtes alimentaires, céréales ,boissons non alcoolisées (soda, jus de fruits, eaux minérales) et alcoolisées, autres boissons gazeuses ...

### **II.1. procédés de traitement des eaux utilisées par l'industrie :**

*Les procédés de traitement des eaux demandent l'application des techniques différentes. Leur mise en œuvre peut être simultanée ou successives suivant les pollutions mises en jeu dans les eaux à traiter. Ces techniques peuvent être d'ordre mécaniques, physiques, chimiques, ou encore biologiques. Le but étant toujours d'assainir l'eau rejetée ou utilisée afin qu'elle soit compatible avec l'environnement .*

#### **a) La filtration :**

La **filtration** : est une technique de séparation utilisée pour isoler un solide contenu dans une solution ou pour éliminer des impuretés solides présentes dans une solution.

\**coagulation –floculation* : est un procédé physico-chimique de clarification des eaux, elle permet la formation de floccs pour faciliter la filtration et pour cela on utilise comme coagulant le sulfate d'aluminium.

L'injection du coagulant se fait dans l'eau avant l'entrée au filtre à sable.

Cette prise en masse vise les particules colloïdales et dispersions fines, mais également les substances dissoutes et les grosses molécules hydrophiles .

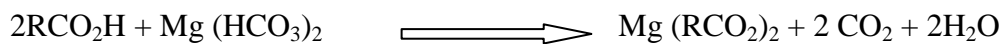
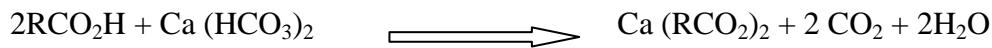
Le flocc absorbe aussi plusieurs composés chimiques très petits et légers qui véhiculent à travers tout le système de traitement d'eau.

Peut être utilisé comme une alternative à la [floculation](#), aux techniques de purification, à l'[adsorption](#) .

\**Filtration sur sable* : est une technique pour éliminer les matières en suspension.

\**Filtration par charbon actif* : le charbon actif utilisé pour absorber les composés organiques odorants qu'on a obtenus à partir des différentes étapes de traitement de l'eau par la réaction d'adsorption.

\**décarbonations* : l'eau à traiter traverse un lit de résine faiblement acide de type RCOOH, les bicarbonates de calcium et magnésium échangent leurs cations par le proton H<sup>+</sup> avec la formation de CO<sub>2</sub>, selon Les réactions suivantes :

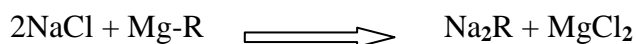


Le proton H<sup>+</sup> est le responsable d'abaissement du pH qui devient acide pendant cette opération, donc on utilise une eau faiblement acide dans la production. Cet abaissement du pH (4,9 < pH < 6) est recherché car la majorité des bactéries d'altérations ne se développent pas à ce pH

\**Polissage*: c'est une technique pour éliminer les sables et les traces de charbon grâce à des papiers ou des cartouches.

\**Adoucissement de l'eau* : c'est une opération de rinçage des bouteilles, l'utilisation d'une eau trop dure peut ternir le verre et entraîner la formation de tartre. Pour réduire cette dureté, généralement due à un excès de calcium et de magnésium, on peut procéder à un adoucissement sur une résine échangeuse de cations de type Na<sub>2</sub>R.

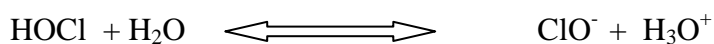
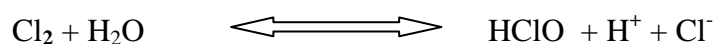
Tous les sels de l'eau brute se transforment en sels de sodium lorsqu'ils traversent l'adoucisseur. A la sortie de ce dernier le titre hydrotimétrique ou la dureté de l'eau traitée est faible. Dans le cas où la mesure du taux de la dureté révèle des valeurs hors norme ; selon les réactions suivante :



### **b) Chloration de l'eau (stérilisation):**

Le chlore est l'un des désinfectants les plus utilisés. Il est facilement applicable et très efficace contre la désactivation des microorganismes pathogènes.

Les désinfectants utilisés, sont les composés chloré qui peuvent oxyder composé des enzymes dans les bactéries et autres cellules, selon les réactions suivantes :



## **II.2 Contrôle des paramètres physico- chimiques des eaux :**

Le traitement de l'eau, nécessaire à la production des boissons gazeuses consiste à faire passer l'eau brute par plusieurs processus physico-chimiques :

**\*Potentiel hydrogène (pH) :** Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline. Il est fonction de l'activité des ions (H<sup>+</sup>) présents dans la solution selon la réaction :

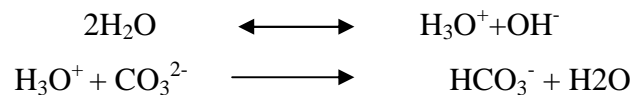
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

**\*La turbidité :** C'est un paramètre organoleptique qui permet de contrôler la présence des matières en suspension (argile, grains de silice ...). La mesure est faite par un turbidimètre.

**\* Le taux de solide dissout (TDS) :** Cette mesure se fait par un appareil à électrode que l'on plonge dans l'échantillon, et il nous donne directement le taux de solide dissout en mg/l.

**\*Le Titre alcalimétrique (TA) :** L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des bicarbonates ou des carbonates et des hydroxydes.

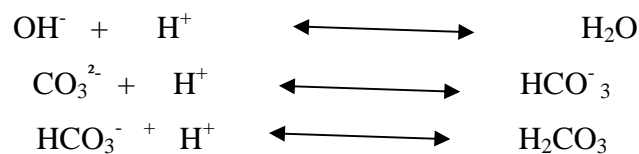
TA : correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH<sup>-</sup> et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogénocarbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> par un acide fort selon l'équation suivante :



On calcule TA selon la réaction :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2}[\text{CO}_3^{2-}]$$

**\* Le titre alcalimétrique complet (TAC) :** Il correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH<sup>-</sup>, et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> par un acide fort en présence d'un indicateur coloré, les réactions mises en jeu sont :



On calcule TAC selon la réaction :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

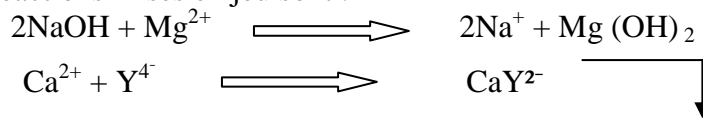
**\*Dureté totale (Dt) :** La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions calcium, magnésium et autres cations bivalents dans cette eau.

Les réactions mises en jeu sont :



**\*Dureté calcique(Dc) :** La dureté calcique d'une eau est la concentration en ions calcium dans cette eau.

Les réactions mises en jeu sont :



Dureté calcique DC exprime la concentration en ions Calcium  $\text{Ca}^{2+}$ . La mesure de la dureté calcique se fait après ajout de NaOH dont le rôle est de fixer le magnésium sous forme de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  à un pH basique. Le taux de calcium est déterminé par titrage complexométrique à l'EDTA.

# ***CHAPITRE II CHAÎNE DE LA PRODUCTION DES BOISSONS GAZEUSES DE LA CBGN***

## **I. Siroperie :**

La siroperie est une étape essentielle dans la fabrication du produit fini .Cette opération se divise en deux types qui sont : sirop simple et sirop fini .

### **I.1. Préparation de sirop simple :**

#### **\*Dissolution du sucre**

Le sucre préalablement envouté grâce à une pompe vers un tamis, se débarrasse des grosses impuretés, puis l'étape de sa dissolution complète avec l'eau s'enchaîne en continu, soumise à une température de 80°C dans un CONTIMOL (poste de dissolution continue du

sucres) à circuit fermé afin de favoriser son homogénéisation et sa pasteurisation à une température de 85°C.

### **\*Ajout du charbon actif**

Le mélange émanant du poste de dissolution sort sous forme de sirop simple puis la poudre du charbon actif est ajoutée servant à éliminer les impuretés, les cendres et les fines particules odorantes dans le but de le clarifier.

### **\*Filtration**

Après une durée de 1h à 2h du sirop simple dans une cuve de réaction, il subit une filtration dans une autre cuve, par une pâte filtrante en Célite relayée par la fonction d'éliminer le charbon et les matières en suspensions.

Une deuxième filtration du sirop simple se fait dans un filtre à poche pour éliminer les résidus de charbon qui pourraient subsister.

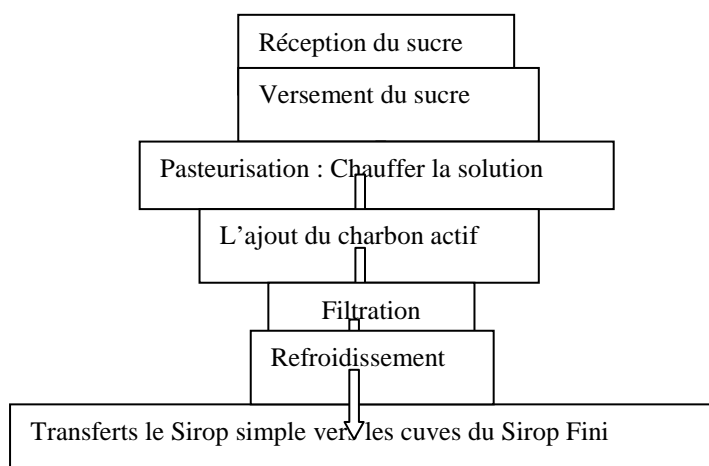
### **\*Refroidissement du sirop simple**

Via un échangeur thermique, la température de sirop simple diminue progressivement allant de 85°C jusqu'à elle atteigne 20°C.

Enfin le sirop simple obtenu est stocké dans une cuve dans un intervalle de temps compris entre 1h et 24h.

## **I.2. Préparation du sirop fini :**

On parlera d'un sirop fini, une fois le sirop simple est agrémenté par le concentré (si on parle de liquide), ou l'extrait de base (si on parle de poudre), selon la boisson gazeuse désirée, et de l'eau traitée ; Selon le schéma suivant : (Figure 1)



**Figure 1 : Schéma de fabrication de sirop simple et fini**

## **II. Lignes de mise en bouteilles :**

L'usine possède deux types de lignes de production ; le premier type consacré à la production des boissons dont les bouteilles en verre et deuxième lignes spécialisées dans la fabrication des boissons PET (bouteilles en plastique). Ce dernière passe par les mêmes étapes de production que les bouteilles en verre, sauf la première qui s'ajoute mise en forme (préforme) .

### **\* La production dans les lignes en verre :**

Les différentes étapes de production sont:

#### **\*Laveuse de bouteilles:**

La laveuse des bouteilles est composée de quatre baignoires, d'eau adoucie et de soude caustique, montés en série pour garantir une propreté, une désinfection et une stérilisation complète.

- Les bouteilles sont introduites dans le premier bain où elles subissent un pré-lavage à l'eau chaude à une température de 70°C environ. Elles sont tout d'abord nettoyées par des jets de pré-rinçage qui enlèvent toute saleté ou résidu. Puis on les soumet à un trempage à haute température qui enlève toute impureté qui pourrait subsister et désinfecte chaque bouteille.
- Les bouteilles continuent alors leur parcours vers le deuxième et le troisième bain qui contiennent de l'eau chaude mélangée avec de la soude caustique ayant une concentration allant de 2 à 2,5%. Ce mélange élimine toute la saleté existante surtout à l'intérieur des bouteilles.
- Enfin, un rinçage final par l'eau froide chlorée d'une concentration de 1 à 3 ppm a eu lieu dans le quatrième bassin.

#### **\*Inspectrice :**

\*inspection visuelle par les mireurs : a pour but d'éliminer les bouteilles mal lavées.

\*inspection électronique : s'effectue avant le soutirage, dans le but de retirer les bouteilles contenant des matières étrangères.

#### **\*Mixeur :**

Cette étape est basée sur un mélange du sirop simple et de l'eau traitée ainsi que le CO<sub>2</sub> gaz.

**\*Soutireuse :**

La Soutireuse remplit automatiquement les bouteilles par les boissons.

**\*Le codage des bouteilles :**

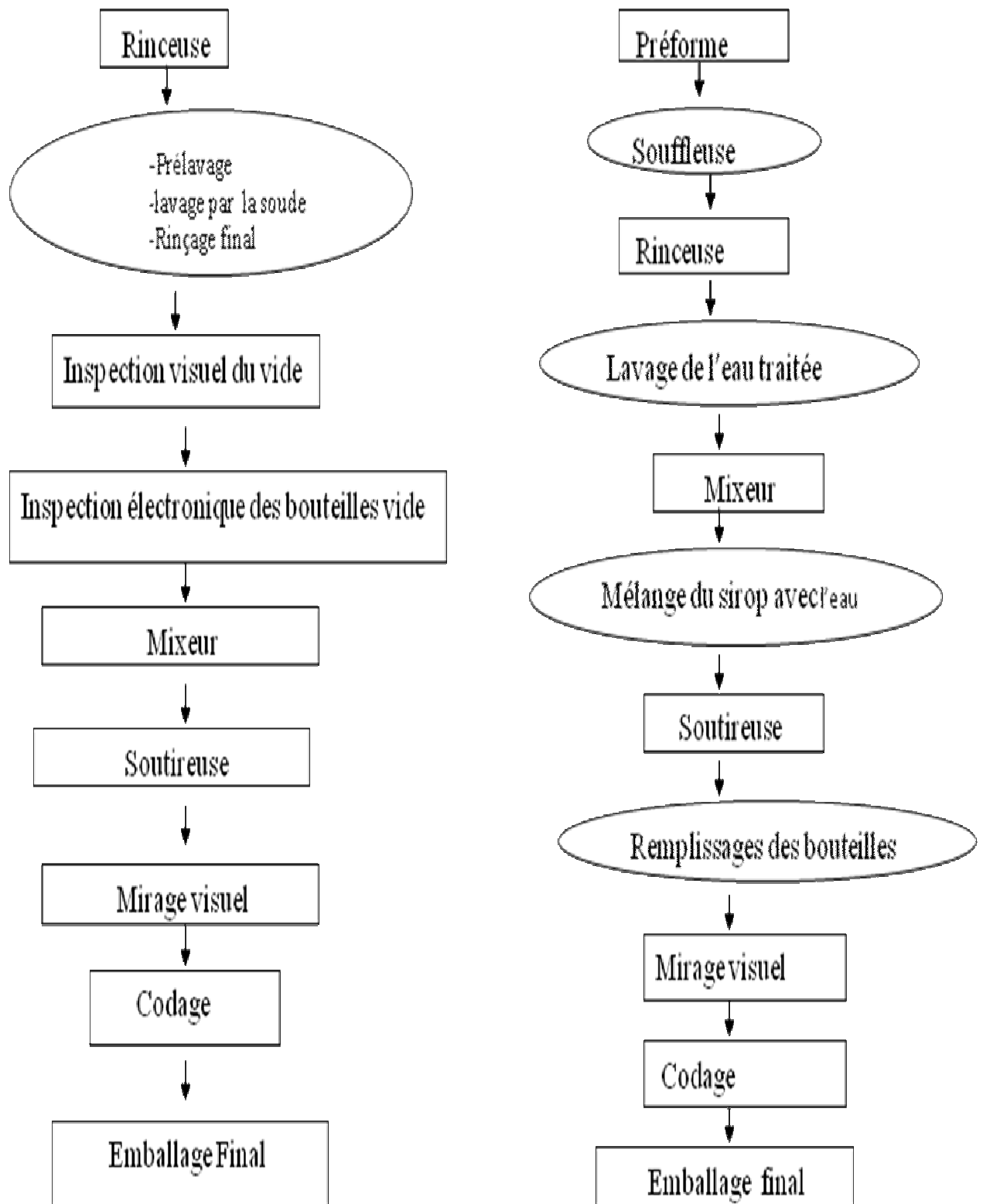
Cette étape consiste à imprimer sur les bouchons des bouteilles pleines :

- ❖ La date exacte de production
- ❖ La date de fin de consommation ou d'expiration
- ❖ Le numéro de ligne de remplissage de bouteille
- ❖ Le centre de production

**\* L'Emballage final :**

C'est la dernière étape de production. Pour les transporter au magasin.





**FIGURE 2 : SCHEMA DE PROCESSUS DE PRODUCTION DANS LES LIGNES EN VERRE ET EN PET**

# **CHAPITRE III**

## **TRAITEMENT DES EAUX**

### **UTILISÉES PAR LA CBGN**

Le traitement de l'eau brute dépend en premier lieu de sa qualité, qui peut être variée au cours du temps.

L'eau à traiter doit être en permanence analysée puisqu'il est primordial d'ajuster le traitement de l'eau à sa composition et si nécessaire, de la moduler dans le temps en fonction de la variation de ses différents composants.

La CBGN utilise l'eau brute distribuée par la RADEEF pour alimenter ses ateliers de production. Cependant pour des raisons de normes et d'efficacité de production, il est nécessaire de traiter cette eau. Ce traitement est réalisé pour les deux types d'eaux : eau traitée et eau adoucie.

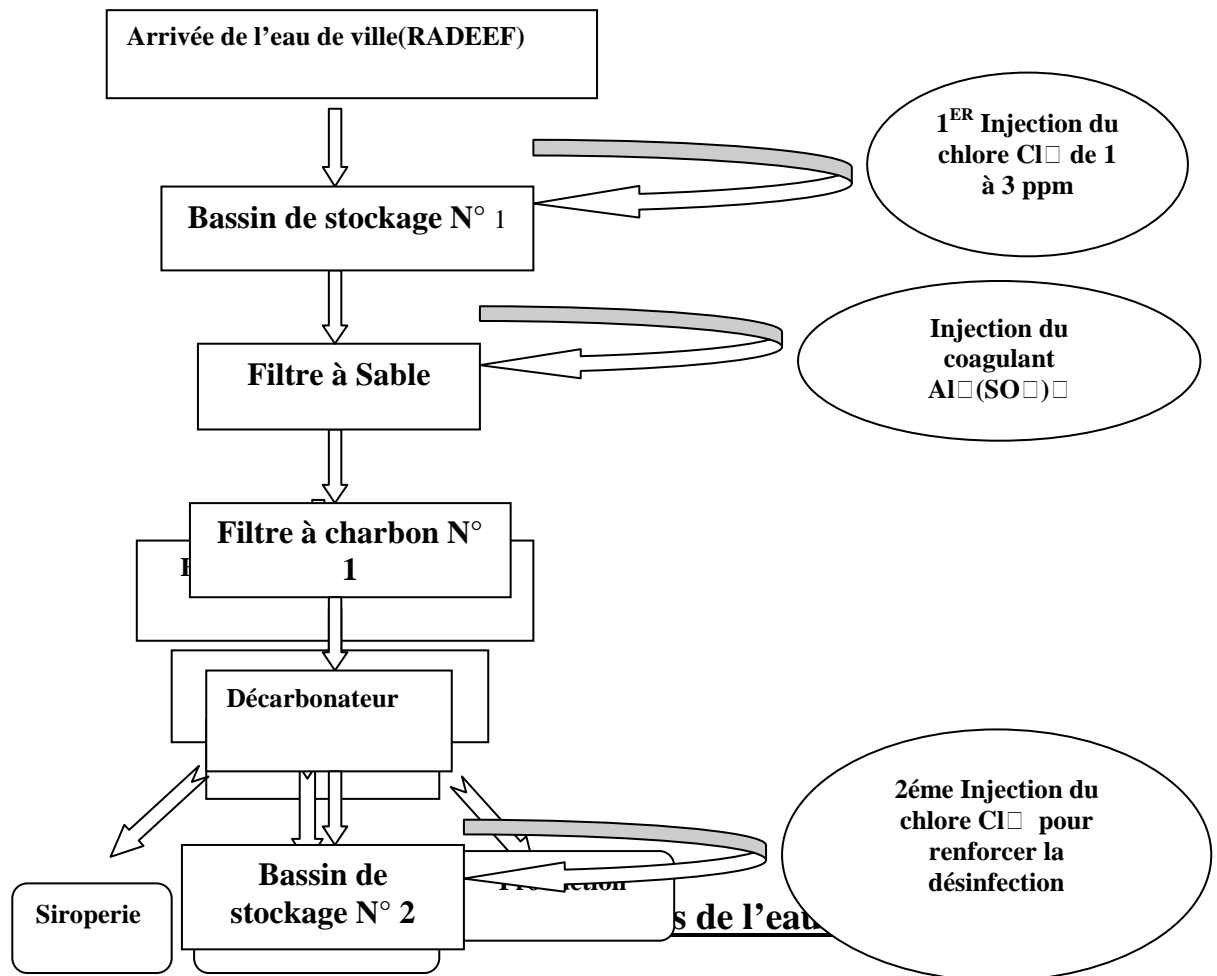
#### **I. L'eau traitée :**

##### **I.1. Processus :**

La vanne d'eau potable s'ouvre lorsque le niveau bas du bassin de stockage est activée, en parallèle la pompe démarre pour faire arriver le chlore qui va être ajouté et mélangé à l'eau dont un objet de désinfection, après on démarre les pompes pour faire passer l'eau dans l'un des 3 **filtres à sable**, à l'entrée de ces 3 filtres il y a injection de **sulfate d'aluminium** qui est utilisé pour construire des floccs de la matière en suspension avant qu'il passe par le filtre pour être éliminé.

L'eau par la suite passe par un filtre à charbon N° 1 en suite par le **décarbonateur** dont le but est de réduire son alcalinité par l'élimination des bicarbonates puis vers un 2<sup>ème</sup> bassin de stockage où on effectue une 2<sup>ème</sup> chloration avec une concentration (1 à 3 ppm).

L'élimination de la trace du chlore se fait par l'intermédiaire d'un **filtre à charbon** qui donne à sa sortie l'eau dénuée de chlore mais qui pourrait contenir des graines de charbon actif qu'il faudrait éliminer par des **filtres polisseurs** à fin d'obtenir à la sortie des eaux traitées qui seront réparties selon la demande des différents services ;Selon le schéma suivante :(Figure 3)



## I.2. Composants de l'installation du traitement d'eau

L'opérateur assure le bon fonctionnement de l'installation du traitement d'eau en maintenant régulièrement des contrôles quotidiens.

### \*Bassin N°1

Ces bassins sont destinés à la fois au stockage de l'eau et à sa chloration par l'injection du chlore. Leur capacité est d'environ 200 m<sup>3</sup>, le niveau d'eau à l'intérieur est contrôlé au moyen des sondes de niveau. Ils sont inspectés une fois par an après leurs vidanges complètes.

### \*Coagulation –floculation :

La coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de l'aluminium), les cations  $Al^{3+}$  se lient aux colloïdes et neutralisent les charges négatives.

La floculation se fait grâce à l'ajout de coagulant utilisé dans ce procédé est le sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3$ . Ce dernier a pour but de rassembler les particules et les agglomérer pour former un floc, et par conséquent faciliter leur décantation.

#### **\* Filtre à sable :**

Le filtre à sable est destinée à éliminer les matières en suspension, pour garantir la propreté du filtre à sable et améliorer son rendement on recourt à :

-Lavage à contre –courant du bas vers haut : par l'eau et l'air.

-Lavage à co-courant du haut vers le bas : par l'eau,

On lave 2fois par semaine et il faut vérifier l'état du sable une fois tous les 3mois.

#### **\* Filtre décarbonater :**

Le décarbonater est monté à la sortie des filtres à sables dont le but principal est de réduire le taux d'alcalinité

pour garantir la propreté du filtre, il faut faire une régénération :

-Lavage à contre -courant : par un mélange de l'eau et l'acide pendant 45 min.

-Lavage à co-courant : on rince avec l'eau après neutralisation jusqu'à ce que pH stabilise à 4,90.

#### **\*Stockage dans le bassin 2 :**

L'eau sortante du filtre décarbonaté est stockée dans le bassin 2. Ce dernière est encore une fois injectée par le chlore à concentration entre 1à 3ppm.

#### **\* Filtre à charbon :**

La filtration de l'eau au niveau du filtre à charbon qui provient du 2éme bassin de stockage est destinée à éliminer le chlore et la différente substance sapide et odorante qui donnent un goût anormal aux produits.

Pour ce filtre le lavage se fait par stérilisation :

-Lavage à contre courant : par vapeur d'eau à  $T^{\circ} = 105^{\circ}C$  pendant 15 à 30 min.

Le lit de charbon actif doit être changé lors qu'il ne parvient plus à éliminer le chlore.

Le lavage à contre –courant du filtre se fait chaque semaine

#### **\* Filtre polisseurs :**

La station renferme quatre filtres polisseurs , chaque filtre se compose d'un support où on dépose des cartouches en fibres chargées ayant pour fonction d'éliminer les particules de sables ou le charbon actif qui sont éventuellement présentes dans l'eau.

La stérilisation du filtre s'effectue deux fois par semaine.

## II .L'eau adoucie :

L'eau adoucie est préparée spécialement pour l'utilisation au niveau des laveuses. La dureté calcique de cette eau doit être presque nulle pour ne pas avoir un dépôt de calcaire dans les bains des laveuses.

Pour garantir la propreté du filtre, il faut faire une régénération :

- Lavage à contre –courant : avec l'eau.
- Lavage à co-courant : avec l'eau et NaCl.

## III. Analyses physico-chimiques de l'eau :

Plusieurs contrôles sont nécessaires pour veiller sur l'efficacité de l'installation à fin de procurer une eau répondant aux normes recommandées, illustrées dans la figure suivante :

**Tableau 1: Fréquence et Paramètres physico-chimiques de contrôle des eaux**

Eau contrôlée	Paramètres	Fréquence
Eau de filtre à sable	- Odeur, Apparence, Gout: (G.O.A) - Cl <sub>2</sub> (ppm) -pH -Turbidité (NTU)	<b>Chaque 2h</b>
Eau de décarbonateur	- pH -TA et TAC (ppm) - TDS (ppm)	<b>Chaque 2h</b>
Eau de filtre à charbon	- Odeur, Apparence, Gout: (G.O.A) - pH - Cl <sub>2</sub> (ppm) - TA et TAC (ppm) - TDS (ppm) - Turbidité (NTU)	<b>Chaque 2h</b>
Eau de filtre polisseur	- Turbidité (NTU)	<b>Chaque 2h</b>
Eau adoucie	- Odeur, Apparence, Gout: (G.O.A) - Dureté Calcique (Dc) (ppm)	<b>Chaque 2h</b>

	- Dureté Totale (Dt) (ppm)	
--	----------------------------	--

Pour s'assurer que cette eau est bien traitée, la compagnie a posé des normes sévères, autres que celles fixées par la municipalité, pour protéger le consommateur.

Ces normes sont résumées dans (Annexe 1)

### **III.1. Détermination du taux d'alcalinité complet :**

Il est nécessaire de déterminer ce taux pour pouvoir évaluer l'efficacité du traitement et pour s'assurer qu'on travaille avec une eau répondant aux normes recommandées.

#### **a) Titre alcalimétrique (TA) :**

##### **Mode opératoire :**

-On prélève 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser.

-On ajoute quelques gouttes du phénophtaléine (indicateur colorée acido-basique).

-On ajoute quelques gouttes de thiosulfate de sodium, et on agite.

\*Si la solution reste incolore : TA = 0(mg/l)

\*Si la couleur change au rose : On titre avec une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,02N)

Le calcul du titre alcalimétrique se fait par l'équation :

##### **Démonstration de la relation :**

$$\text{On a : } \quad N_a \times V_a = N_b \times V_b \quad (N_b = C_b \times P)$$

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b$$

$$C_b = C_a \times V_a / V_b$$

$$C_b = 0,01 \times V_a / 100 \times 10^{-3} \quad (\text{mol/l})$$

$$C_b = V_a \times 10^{-3} \quad (\text{mol/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_b / 2 = V_a \times 10^{-3} / 2 \quad (\text{mol/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = [\text{Ca}^{2+}] \times M_{\text{Ca}^{2+}}$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_a \times 10^{-3} \times 20 / 2 \quad (\text{g/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_a \times 10 \quad (\text{mg/l})$$

**Donc :**

$\text{TA (mg/l)} = V (\text{H}_2\text{SO}_4) \text{ versé en ml } \times 10 \text{ ppm}$
---

## **b) Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

### **Mode opératoire :**

- On prélève 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser.
  - On ajoute quelques gouttes du phénophtaléine (indicateur colorée acido-basique).
  - On ajoute quelques gouttes de thiosulfate de sodium.
  - On ajoute quelques gouttes du Méthyle orange (indicateur coloré acido-basique) et on mélange.
  - On titre avec  $H_2SO_4$  (0,02N) jusqu'au virage du jaune au orange-rouge.
- Le calcul du titre alcalimétrique complet se fait par l'équation :

### **Démonstration de la relation :**

$$\text{On a :} \quad N_a \times V_a = N_b \times V_b \quad (N_b = C_b \times P)$$

$$C_a \times V_a = C_b \times V_b$$

$$C_b = C_a \times V_a / V_b$$

$$C_b = 0,01 \times V_a / 100 \times 10^{-3} \quad (\text{mol/l})$$

$$C_b = V_a \times 10^{-3} \quad (\text{mol/l})$$

$$[Ca^{2+}] = C_b / 2 = V_a \times 10^{-3} / 2 \quad (\text{mol/l})$$

$$[Ca^{2+}]_{\text{massique}} = [Ca^{2+}] \times M_{Ca^{2+}}$$

$$[Ca^{2+}]_{\text{massique}} = V_a \times 10^{-3} \times 20 / 2 \quad (\text{g/l})$$

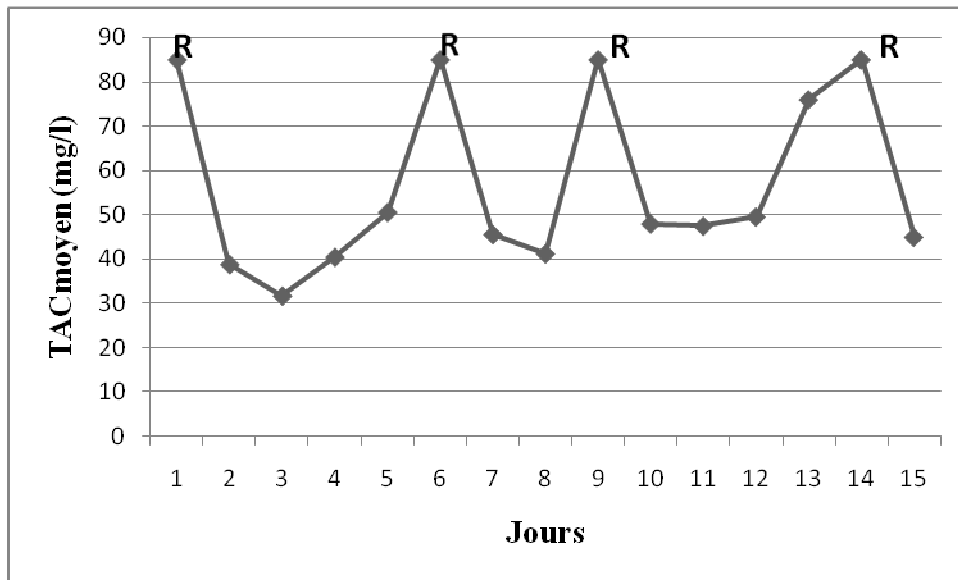
$$[Ca^{2+}]_{\text{massique}} = V_a \times 10 \quad (\text{mg/l})$$

Donc :

$$\boxed{\text{TAC (mg/l) = V (H}_2\text{SO}_4\text{) versé en ml} \times 10 \text{ ppm}}$$

### **Résultat :**

On a effectué un suivi de la variation du titre alcalimétrique complet (TAC) et le titre alcalimétrique (TA) durant la période qui se situe entre le 3 mai jusqu'au 15 mai. Les résultats obtenus sont représentés sur la Figure suivante :



**Figure 4: Suivi de la variation de TAC de l'eau traitée (R : régénération)**

### **Interprétations des résultats:**

- Après la régénération, on voit clairement d'après la courbe que le TAC est diminuée jusqu'à la valeur TAC= 38 mg/L, ce qui montre l'efficacité de la régénération effectuée par l'acide chlorhydrique.
- La valeur de TAC est augmentée au cours du temps jusqu'à la valeur limite (TAC<85 mg/L). Cette évolution est expliquée par la saturation de la résine par les cations  $Mg^{+2}$  et  $Ca^{2+}$  provenant de l'eau à traiter.
- On observe aussi qu'entre la durée d'une régénération à une autre varie, selon les besoins de production et de nettoyage en eau décarbonatée, c'est-à-dire la quantité d'eau utilisée par unité de temps.
- La valeur du TA reste toujours nulle et ne dépasse pas la valeur de norme (TA<2mg/L).

### **III.2. Test de chlore :**

#### **Mode opératoire :**

- On remplit la cuvette avec l'échantillon.
- On ajoute le réactif (N, N-diéthyle-p-phényline-diamine) DPD qui joue le rôle d'indicateur coloré et on mélange.
- On place la cuvette dans comparateur et on compare la couleur avec celles du disque du chlore.

En suite, on déduit la valeur équivalente motionnée dans ce dernier.



### Résultats :

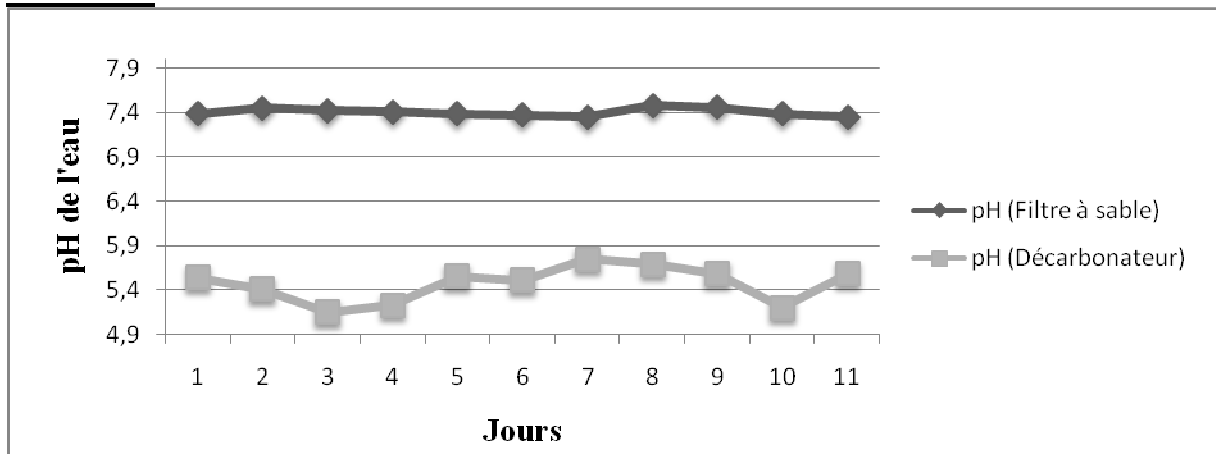
-la teneur en chlore à l'entrée du filtre à charbon est égale à 1,2 et s'annule à la sortie du filtre, ce qui explique l'efficacité de la filtration au niveau de ce filtre.

### III.3. Contrôle du pH :

#### Mode opératoire :

- On étalonne l'appareil avec une solution tampon de pH connu .
- On lave l'électrode avec de l'eau distillée .
- On prélève 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser.
- On immerge l'électrode du pH- mètre.
- On lit le valeur affichée sur l'écran après stabilisation.

#### Résultat :



**Figure 5 : Suivi de la variation de pH au niveau de filtre à sable et décarbonater**

#### Interprétation des résultats :

-Au cours du passage de l'eau de ville dans les filtres à sable pour éliminer les matières en suspension, la valeur de pH reste presque constante, le milieu est basique (chargé en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ). Par contre, l'échange cationique au niveau du décarbonateur entre les protons  $\text{H}^+$  provenant de la résine  $\text{RCOOH}$  et les cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  provoque la diminution du pH jusqu'à la valeur de la norme ( $\text{pH} \geq 4,9$ ).

**Remarque :**

Si le pH arrive à une valeur inférieure à 4,9 à ce moment là , on acidifie l'eau ( ajustée le pH du milieu).

**III.4. Détermination de la dureté de l'eau :**

C'est une caractéristique chimique d'une eau, principalement due à la présence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ .

**a) Mesure de la dureté calcique (Dc) :**

Dureté calcique DC exprime la concentration en ions Calcium  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Mode opératoire :**

-On prélève 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser.

-On ajoute 2 ml d'une solution de NaOH (1N) avec quelques gouttes de murexide des ions  $\text{Ca}^{2+}$ .

-On agite.

\*Si la couleur obtenue est mauve :  $[\text{Ca}^{2+}] = 0$

\*Si la couleur obtenue est rose : Présence de  $\text{Ca}^{2+}$ , on titre avec une solution d'EDTA (0,01N) jusqu'au virage au mauve .

Le calcul de la dureté calcique DC se fait selon l'équation :

**Démonstration de la relation :**

$$\text{On a : } N_{\text{Ca}^{2+}} \times V_{\text{Ca}^{2+}} = N_y \times V_y$$

$$N_{\text{Ca}^{2+}} = N_y \times V_y / V_{\text{Ca}^{2+}}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \times V_{\text{Ca}^{2+}} = C_y \times V_y / 2$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_y \times V_y / 2 \times V_{\text{Ca}^{2+}} \quad (\text{mol / l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0.01 \times V_y / 2 \times 50 \times 10^{-3}$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = [\text{Ca}^{2+}] \times M_{\text{Ca}^{2+}} \quad (\text{ g/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_y \times 10^{-3} \times 20 \quad (\text{ g/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_y \times 20 \quad (\text{ mg/l})$$

Donc :

$$Dc \text{ (mg/l)} = V \text{ (EDTA) versé en ml} \times 20 \text{ ppm}$$

**b) Mesure de la dureté totale (Dt) :**

**Mode opératoire :**

-On prélève 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser.

-On ajoute 2 ml d'une solution tampon (pH=10) et quelques gouttes d'indicateur des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  (noir d'ériochrome).

\* si la couleur est bleue : les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sont négligeables dans la solution .

\* si la couleur est rouge : présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , on titre avec l'EDTA (0,01N) jusqu'au virage au bleu.

Le calcul de la dureté totale se fait par l'équation :

**Démonstration de la relation :**

$$\text{On a : } N_{\text{Ca}^{2+}} \times V_{\text{Ca}^{2+}} = N_y \times V_y$$

$$N_{\text{Ca}^{2+}} = N_y \times V_y / V_{\text{Ca}^{2+}}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \times V_{\text{Ca}^{2+}} = C_y \times V_y / 2$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_y \times V_y / 2 \times V_{\text{Ca}^{2+}} \quad (\text{mol/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0.01 \times V_y / 2 \times 50 \times 10^{-3}$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = [\text{Ca}^{2+}] \times M_{\text{Ca}^{2+}} \quad (\text{g/l})$$

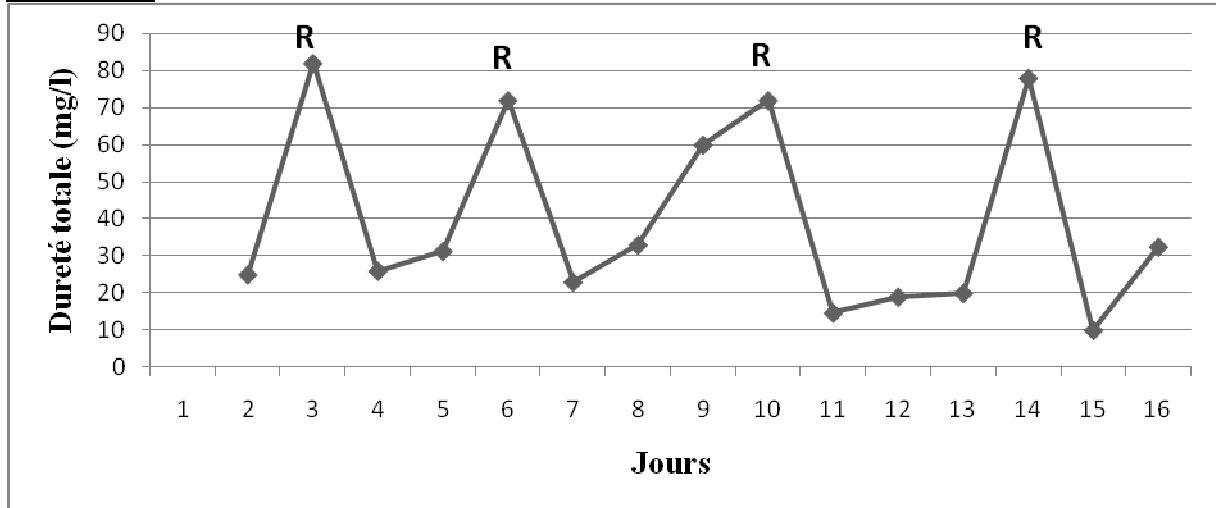
$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_y \times 10^{-3} \times 20 \quad (\text{g/l})$$

$$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{massique}} = V_y \times 20 \quad (\text{mg/l})$$

Donc :

$$Dt \text{ (mg/l)} = V \text{ (EDTA) versé en ml} \times 20$$

### **Résultat :**



**Figure 6 : Suivi de la variation de DT en fonction du temps  
(R : régénération)**

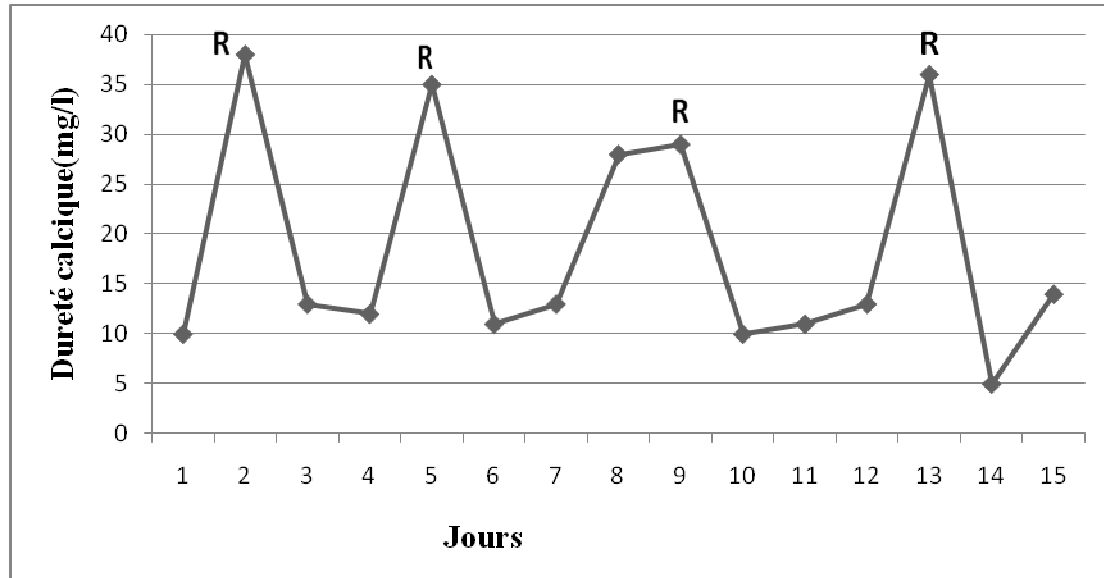
### **Interprétations des résultats :**

-L'adoucissement de l'eau au niveau du filtre adoucisseur consiste à diminuer la dureté totale et la dureté calcique.

#### **\*Dureté totale :**

-D'après la courbe, on observe que la valeur de la dureté totale après chaque régénération subit une chute expliquant l'efficacité de cette opération.

-Au cours du temps la valeur de cette dernière augmente jusqu'à la valeur limite (100 ppm) signifiant la saturation de la résine  $RNa_2$  de l'adoucisseur.



**Figure 7 : Suivi de la variation de DC en fonction du temps**  
**(R : régénération)**

**\*Dureté calcique :**

-D'après la courbe, on observe que la valeur de la dureté calcique après chaque régénération subit une chute expliquant l'efficacité de cette opération.

-Au cours du temps la valeur de cette dernière augmente jusqu'à la valeur limite( 40 ppm) signifiant la saturation de la résine RNa<sub>2</sub> de l'adoucisseur.

***CONCLUSION***

Au terme de ce travail, l'objectif du contrôle et le suivi de la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau de ville à traiter est de sensibiliser l'efficacité de ce procédé soit pour l'eau à traiter destinée à la siroperie, la production et à la sanitation ou l'eau adoucie destinée au lavage des bouteilles en verre.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a un bon contrôle de ces paramètres pour que l'eau soit conforme, et pour éviter tous les risques sur le produit alimentaire destinée au consommateur et aussi pour respecter les normes exigées.

L'eau est le promoteur de l'industrie de fabrication des boissons gazeuses au sein de la CBGN. Donc, il est impératif de préserver et analyser ce constituant primordial dans cette industrie avant de l'utiliser, de la recyclée et la protéger dont le but de réduire le cout de l'opération du traitement.

## ***RÉFÉRENCES***

## ***BIBLIOGRAPHIQUES***

Les enregistrements de la compagnie des boissons gazeuses (CBGN).  
 Les enregistrements sur la siroperie et la mise en bouteilles.  
 Cahier des modes opératoires des analyses effectués sur l'eau.  
 Cahier des enregistrements des analyses effectués de la CBGN.  
[www.coca-cola-france.fr](http://www.coca-cola-france.fr)

## Annexe 1

### Les valeurs des normes des paramètres physico-chimiques analysés :

Filtre		Paramètre analysé	Valeur de norme
Eau de sortie du filtre à sable		Cl <sub>2</sub>	1 à 2 ppm
		pH	Neutre
		G.O.A	Normale
		Turbidité	< 0,3 NTU
Eau de sortie du filtre à charbon I avant décarbonateur	Entrée	Cl <sub>2</sub>	1 à 3 ppm
	Sortie	G.O.A	Normale
		Cl <sub>2</sub>	0 ppm
Eau de sortie du décarbonateur		TA	< 2 mg/L
		TAC	< 85 mg/L
		pH	>4,9
		TDS	<500 mg/L

<b>Eau de sortie du filtre à charbon II et III</b>	<b>Entrée</b>	Cl <sub>2</sub>	1 à 3 ppm
	<b>Sortie</b>	G.O.A	Normale
		Cl <sub>2</sub>	0 ppm
		pH	Entre 4,9 à 7
		TA	< 2 mg/L
		TAC	< 85 mg/L
		TDS	<500 mg/L
		Turbidité	< 0,3 NTU
<b>Eau adoucie</b>		G.O.A	Normale
		DC	<40 mg/L
		DT	<100 mg/L