



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Analyses physico-chimiques des eaux et contrôle de qualité

Présenté par :

◆ LAKSIR Yassine

Encadré par :

- ◆ Mr ELKHAMMAR Fahmi (CBGN)
- ◆ Pr HAZM Jamal Eddine (FST)

Soutenu Le 08 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr HAZM Jamal Eddine
- Pr OULMEKKI Abdellah
- Pr AMEZIANE Hassani Chakib
- Mr ELKHAMMAR Fahmi

Stage effectué à la CBGN

Année Universitaire 2016 / 2017



Dédicace

Je tiens à dédier cet humble travail :

- ✓ *A mes chers parents avec tous mes sentiments de respect, d'amour, de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés pour assurer mon éducation et mes études dans les meilleures conditions, que Dieu vous protège et vous procure une longue vie;*
- ✓ *A mes professeurs sans exception, pour leurs efforts afin de nous assurer une bonne formation ;*
- ✓ *A mes chers sœurs, mes amis et à tous ceux que j'aime pour leurs encouragements et leurs soutiens ;*
- ✓ *A tous ceux qui ont veillé à ce que ce travail soit à la hauteur ;*

Merci infiniment !

Remerciements

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

Je tiens à remercier **Monsieur le Directeur** de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord de Fès qui m'a donné l'opportunité de passer ce stage au sein de la société.

Je remercie sincèrement mon encadrant à la FST Professeur **HAZM Jamal Eddine** pour le privilège qu'il m'a fait en acceptant de diriger mon travail.

Je présente mes sincères remerciements à mon encadrant de stage **Mr. EIKHAMMAR Fahmi**, d'encadrer ce présent projet, et aussi pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses encouragements, ses fructueuses orientations et son soutien tout au long du déroulement de ce stage.

Mes reconnaissances et remerciements s'adressent également à **Mr. EIKHAMMAR Ouahid** pour la confiance, le grand soutien et tout le personnel de la CBGN pour leur aide, leur compréhension et leur sympathie.

Je tiens aussi à remercier les membres de jury Professeur **OULMEKKI Abdellah** et Professeur **AMEZIANE Hassani Chakib** qui ont bien accepté de m'accorder de leur temps pour juger ce travail. Qu'ils trouvent ici tous le témoignage de ma reconnaissance et l'assurance de mon respect.

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

Sommaire

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Présentation de la CBGN	2
I. Histoire de Coca-Cola	3
II. Coca-Cola au Maroc.....	3
III. Présentation de la CBGN.....	4
1. Historique	4
2. Description de l'usine.....	4
3. Fiche technique de la CBGN.....	5
IV. Organigramme de la CBGN	6
Chapitre II : Fabrication des boissons gazeuses	7
I. Traitement des eaux.....	8
1. Objectif.....	8
2. Description du procédé de traitements des eaux	8
a. Eau traitée.....	8
b. Eau adoucie	11
II. Siroperie	12
1. Préparation du sirop simple	12
a. La dissolution de sucre	13
b. Ajout du charbon actif.....	13
c. Filtration	13
d. Refroidissement du sirop simple	13
2. Préparation du sirop fini	13
III. Embouteillage.....	14
Chapitre III : Analyses et contrôle de qualité au laboratoire.....	15
I. Introduction	16
II. Contrôle de la matière première	16
1. Contrôle du sucre.....	16
a. But	16
b. Inspection des sacs de sucre avant échantillonnage	16
c. Echantillonnage	16
d. Analyse.....	17
III. Contrôle des produits finis.....	18
1. Volume de CO ₂	18
a. Mesure de la pression	18

b.	Mesure de la température en °C	18
2.	Le degré de Brix	18
IV.	Analyses physico-chimiques des eaux	19
1.	Détermination de l'alcalinité	21
a.	Titre alcalimétrique (TA)	21
b.	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	21
c.	Mode opératoire	21
2.	Taux du chlore.....	22
3.	Total des solides dissous (TDS)	22
4.	La turbidité	22
5.	Mesure de pH	22
6.	Taux d'aluminium	22
7.	Dureté de l'eau	23
a.	Dureté calcique.....	23
b.	Dureté totale	23
c.	Suivi de la dureté au niveau de l'adoucisseur.....	23
	Conclusion.....	26
	Références bibliographiques	27

Liste des abréviations

CBGN : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord

ECCBC : Equatorial Coca-Cola Bottling Company

G.O.A : Gout, Odeur et Apparence.

DT : Dureté Totale.

DC : Dureté Calcique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TA : Titre Alcalimétrique.

TDS : Total des Solides Dissous.

N.T.U : Unité Néphélométrique de Turbidité.

ppm : Partie Par Million

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra-Acétique

DPD : Diéthyl-p-phénylènediamine

Liste des figures

Figure 1 : évolution de la bouteille Coca-Cola

Figure 2 : Organigramme de la direction de l'usine

Figure 3 : Schéma de principe du traitement des eaux

Figure 4 : Schéma du processus de l'adoucissement de l'eau

Figure 5 : Processus d'embouteillage

Figure 6 : La variation de DC au cours du temps

Figure 7 : La variation de DT au cours du temps

Liste des tableaux

Tableau 1 : les paramètres contrôlés pour l'eau brute

Tableau 2 : les paramètres contrôlés pour l'eau traitée

Tableau 3 : les paramètres contrôlés pour l'eau adoucie

Tableau 4 : Résultats d'analyses effectuées sur l'eau adoucie

Introduction Générale

Dans le cadre de ma formation, j'ai eu l'occasion de réaliser mon stage de fin d'études à la compagnie des boissons gazeuses du nord (CBGN) dans le service contrôle qualité.

La compagnie des boissons gazeuses du nord (CBGN) est une entreprise de production et d'embouteillage des boissons gazeuses qui vise à présenter des produits de haute qualité pour satisfaire les besoins des consommateurs.

Le processus de fabrication des boissons gazeuses n'est pas une simple dilution et remplissage des bouteilles. C'est un enchaînement des étapes, une défaillance dans une étape peut influencer directement la qualité du produit fini.

L'objectif du présent travail était le suivi du processus de traitement des eaux utilisées pour produire les boissons gazeuses ainsi que celles utilisées pour le lavage des bouteilles. J'ai assisté aux différentes étapes réalisées d'une part lors de la chaîne de fabrication des boissons gazeuses et d'autre part aux différentes techniques de contrôle et des analyses qui se font au niveau du laboratoire. L'essentiel du travail était concentré sur le suivi de la dureté de l'eau.

Ce rapport de stage est scindé en trois chapitres :

- Le premier chapitre : présentation de la société.
- Le deuxième chapitre : processus de fabrication des boissons gazeuses.
- Le troisième chapitre : analyses et contrôle de qualité effectués au laboratoire.

Et on terminera par une conclusion.

Chapitre I : Présentation de la CBGN

I. Histoire de Coca-Cola

Le 8 mai 1886, le docteur John Styth Pemberton, pharmacien à Atlanta (Géorgie, USA), découvre un nouveau sirop et le met en vente au «soda fontaine » de la pharmacie Jacob's. Selon la légende, ce sirop qui allait immédiatement enthousiasmer les clients aurait été mélangé par un heureux hasard à de l'eau gazeuse. Les premiers consommateurs sont tout de suite conquis par cette nouvelle boisson. Le comptable de la pharmacie, Franck Robinson, trouve le nom de Coca-Cola et dessine le premier graphisme d'après l'idée de Pemberton du double C, toujours utilisé.

Dès 1896, Coca-Cola avait franchi les frontières et, en 1933, les premières bouteilles font leur apparition au Café de l'Europe, à Paris. Aujourd'hui, Coca-Cola est consommé plus de 683 millions de fois par jour dans plus de 200 pays.

Donc, La forme actuelle de la fameuse bouteille est celle d'une silhouette de femme vêtue d'une robe fourreau que l'on peut reconnaître les yeux fermés, la bouteille même brisée. Créée en 1915 par Alexandre Samuel, maître verrier, la "bouteille contour" ou "Dame au fourreau "dite "embossed hobbleskirt bottles", est, fait très rare, enregistrée par l'Office américain des brevets comme marque déposée, le 1er janvier 1916. La "bouteille contour" reste aujourd'hui une référence.



Figure 1 : évolution de la bouteille Coca-Cola

II. Coca-Cola au Maroc

Dès 1947, Coca-Cola Compagnie a pénétré le marché marocain par l'intermédiaire des soldats américains en poste à Tanger, qui avaient importé les premières caisses de Coca-Cola au Maroc.

Les premières machines d'embouteillage 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, Marrakech, Agadir et rabat.

Le Maroc représente pour la Coca-Cola Compagnie une plateforme importante comme le confirme la présence du siège social régional pour l'Afrique du Nord.

Le Coca-Cola Compagnie est représenté au Maroc par des franchises qui sont au nombre de 7.

Le groupe dispose également de 5 sociétés d'embouteillage:

- La Société Centrale des Boissons Gazeuses à Casa et Salé (SCBG).
- La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord à Fès (CBGN).
- La Compagnie des Boissons Gazeuses du Sud à Marrakech (CBGS).
- L'Atlas Bottling Company à Tanger et Oujda (ABC).
- La Société des Boissons Gazeuses du Souss à Agadir (SGBS).

Au total, 11 usines d'embouteillage sont présentes sur le sol marocain. [1]

III. Présentation de la CBGN

1. Historique

La Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord (CBGN) est une société qui a pour activité principale la fabrication et le conditionnement des boissons gazeuses.

En 1952 : c'est la mise en place de la CBGN : embouteilleur franchisé de la compagnie Coca-Cola, elle a été située à la place actuelle d'Hôtel Sofia.

En 1971 : une nouvelle unité construite au quartier industriel SIDI BRAHIM.

De 1952 à 1987 : la compagnie des boissons gazeuses du nord « CBGN » ne fabriquait que Coca-Cola et Fanta orange ; mais après et pour augmenter sa part de marché, la compagnie a décidé la diversification de ses produits , elle a commencée de produire Fanta Florida, Fanta Lemon et Sprite ; elle a lancé en **1992** les bouteilles en plastique PET, elle a même mis en marche une nouvelle machine avec une grande capacité (plus de 6000 bouteilles par heure, et qui effectue plusieurs taches en même temps (soufflage rinçage, soutirage, bouchage datage).

En 1997 : elle a acquis la SIM (société industrielle marocaine) ; principale concurrent ; lui permettent ainsi d'augmenter sa capacité de production et d'élargir sa gamme de produits.

En 2002 : la CBGN devient filiale de l'ECCBC et par la suite de Coca-Cola Holding.

La CBGN reste parmi les anciens embouteilleurs qui existent au Maroc. [1]

2. Description de l'usine

La compagnie dispose d'une usine bien équipée composée de :

- Une station pour le traitement des eaux.
- Une ligne de production (siroperie).

- Trois chaudières pour la production de la vapeur.
- Deux lignes d’embouteillages pour les bouteilles en verre.

3. Fiche technique de la CBGN

- ❖ Sigle : CBGN
- ❖ Raison sociale : Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
- ❖ Capital social : 3 720 000 DH
- ❖ Activité : Embouteillage et distribution des Boissons Gazeuses non alcoolisées
- ❖ Secteur d’activité : Agroalimentaire
- ❖ Adresse : Quartier Industriel Sidi Brahim-Fès
- ❖ Téléphone : 05 35 96 50 00
- ❖ Fax : 05 35 96 50 25
- ❖ Boite postale : 2284
- ❖ Date de création : 26 juin 1953
- ❖ Superficie : environ 1 hectare [1]

IV. Organigramme de la CBGN

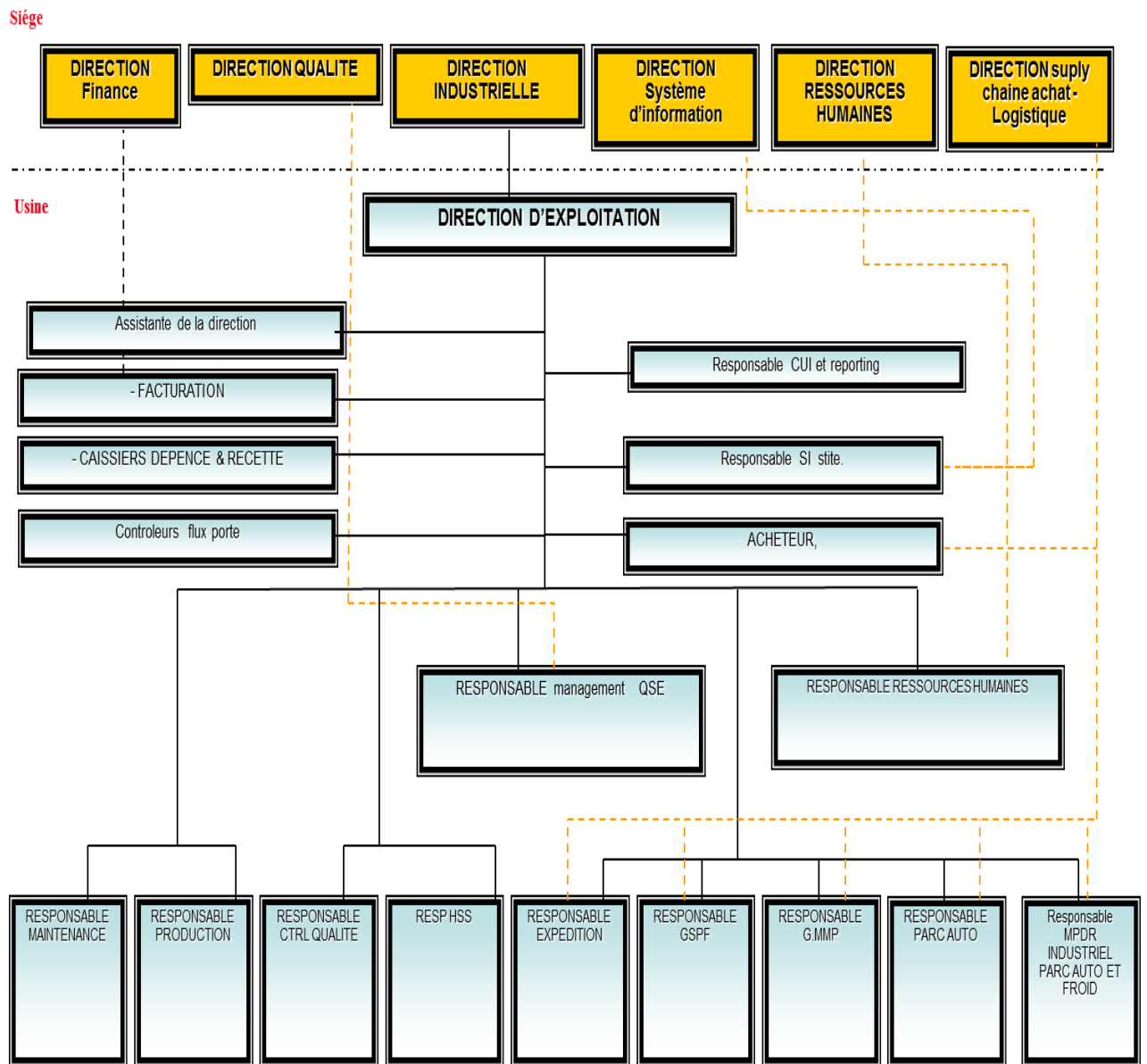


Figure 2 : Organigramme de la direction de l'usine [1]

Chapitre II : Fabrication des boissons gazeuses

I. Traitement des eaux

Introduction

Suite à la politique du groupe NABC et ses engagements de garantir à ses clients un produit qui respecte les normes de qualité, toutes les matières utilisées par les processus de fabrication doivent suivre les normes d'hygiène et plus particulièrement l'eau qui constitue environ 22 à 30% du volume du produit fini que produise la société. D'où la nécessité du traitement des eaux provient du réseau de distribution de l'eau de ville, pour éliminer tous les impuretés qui peuvent exister.

1. Objectif

Le but du traitement d'eau est d'obtenir une eau ayant les caractéristiques chimiques, physiques et bactériologiques requises pour la qualité des boissons, en éliminant les impuretés susceptibles sans affecter le goût et l'aspect du produit. Parmi les constituants de l'eau qui jouent un rôle nuisible à la qualité des boissons, on trouve :

Les matières en suspension : Ces particules sont indésirables et sont également susceptible de provoquer une baisse rapide de la carbonatation et une formation de mousse lors du remplissage.

Les micro-organismes: Ils sont présents dans la plupart des eaux, ils peuvent se développer dans plusieurs jours ou semaines après la fabrication et changent le goût et l'aspect du produit fini.

Les substances sapides et odorantes : Le chlore, les chloramines et le fer peuvent réagir avec les arômes délicats des boissons et modifient le goût.

Les matières organiques : Les eaux fortement chargées de matières organiques peuvent entraîner la formation de floc dans la boisson quelques heures après la fabrication.

L'alcalinité : Les bicarbonates (HCO_3^-), les carbonates (CO_3^{2-}) et les hydroxydes (OH^-) peuvent donner un goût anormal au produit fini. [2]

2. Description du procédé de traitements des eaux

La CBGN utilise l'eau potable ou l'eau de ville distribuée par la RADEEF dans la siroperie, la production et le lavage des bouteilles en verre, mais avant l'utilisation de cette eau il est encore traité par la société.

a. Eau traitée

L'eau traitée a une importance capitale à la CBGN, on l'utilise pour préparer la boisson gazeuse et le sirop fini. Pour obtenir cette eau, différents procédés physico-chimiques sont mis en place.

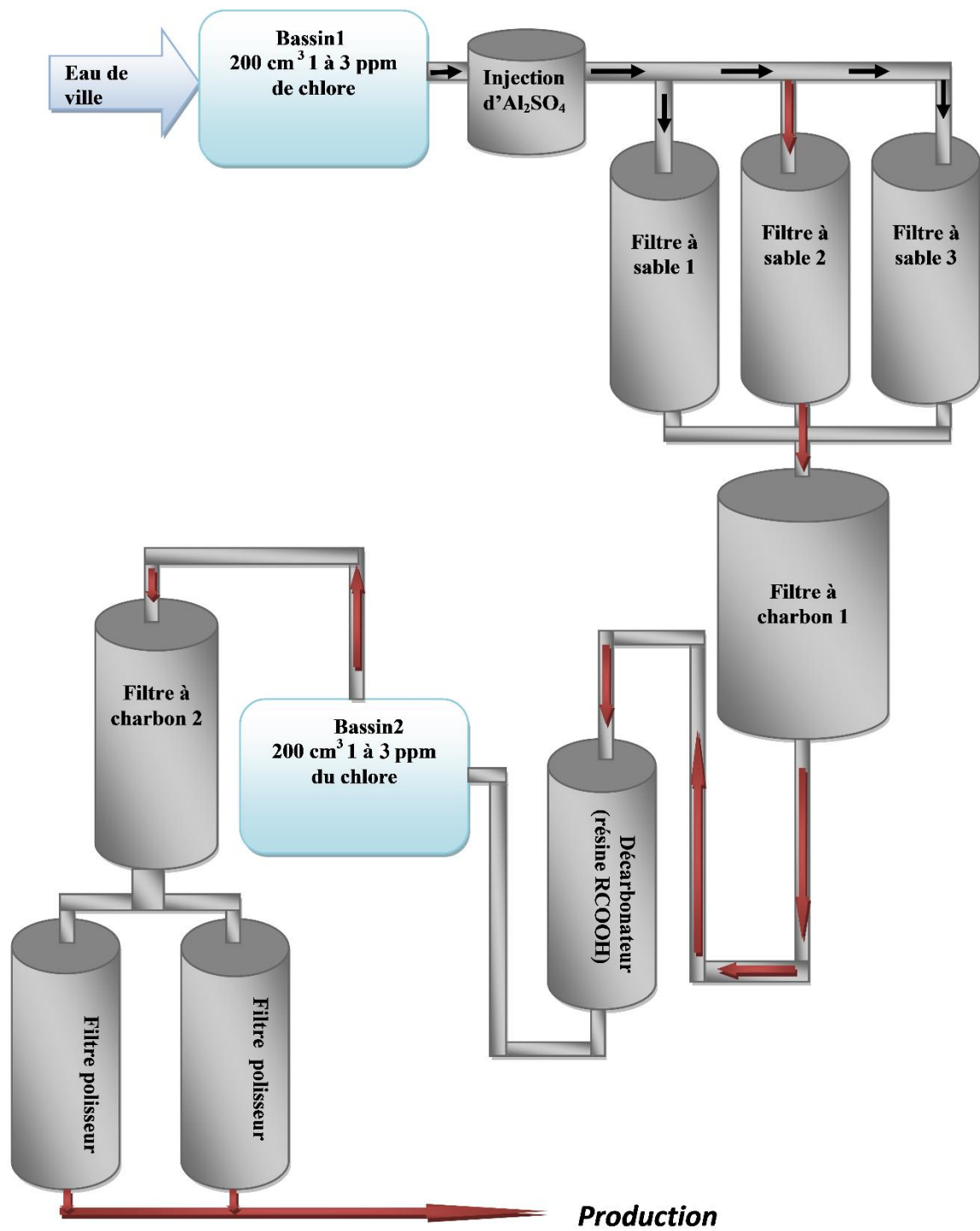
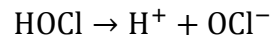
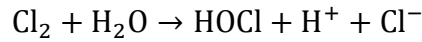


Figure 3 : Schéma de principe du traitement des eaux

- **Chloration de l'eau**

A l'entrée de l'usine, l'eau de ville est stockée dans un premier bassin, à ce niveau on injecte une quantité de chlore comprise entre 1 et 3 ppm, pour protéger l'état de l'eau contre toute contamination.

L'introduction du chlore dans l'eau conduit à son hydrolyse selon les équations chimiques :



L'acide hypochloreux HOCl est le responsable de l'action inhibitrice des germes pathogènes.

- **Coagulation-floculation**

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique d'épuration de l'eau, elle permet de modifier l'état initial des particules fines indésirables dans l'eau.

La coagulation se fait par l'injection de sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ pour neutraliser les colloïdes qui ont une charge négative.

La floculation consiste à rassembler les particules et les agglomérer pour former un floc, et par conséquent faciliter leur décantation.

Ces particules du floc se déposent ensuite dans les bassins de sédimentation ou sont éliminées par filtration. [3]

- **La filtration**

Le procédé de filtration se déroule en plusieurs étapes :

- **Filtration par les filtres à sable**

La filtration à sable est destinée à éliminer les matières en suspensions, les corps solides et les floccs résultants de la floculation.

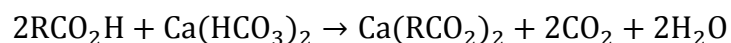
La propreté du filtre à sable est assurée par le lavage à contre-courant pour éliminer les matières en suspensions.

- **Filtration par le décarbonateur**

Le décarbonateur sert à diminuer le potentiel d'hydrogène (pH) pour avoir un milieu acide et par conséquent le développement des bactéries sera faible, et aussi il consiste à réduire le taux d'alcalinité de l'eau (les bicarbonates de calcium et de magnésium).

L'eau à traiter traverse un lit de résine faiblement acide de type RCO_2H qui joue le rôle d'échangeur d'ions, la résine capte des cations liées aux bicarbonates de calcium et de magnésium et libère CO_2 .

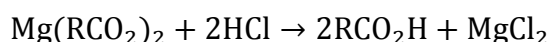
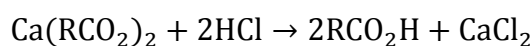
Les réactions d'échange ionique ayant lieu au niveau du décarbonateur sont :





L'abaissement du pH ($4,9 < \text{pH} < 6$) est recherché, car la majorité des bactéries d'altération ne se développent pas à ce pH.

Lorsque le colmatage se produit, ce que l'on observe lors des analyses de l'eau décarbonatée, le décarbonateur devra être régénéré. La régénération se fait par addition de la solution d'acide chlorhydrique concentré suivant les réactions suivantes :



- ✓ L'eau décarbonatée ainsi obtenue est stockée dans un deuxième bassin, où on injecte de 1 à 3 ppm de chlore pour renforcer la destruction des bactéries.

➤ **Filtration par filtre à charbon**

Le filtre à charbon est une cuve remplie du charbon actif qui est un agent adsorbant. Cette filtration consiste à éliminer le chlore et tous les matières étrangères qui donnent un goût ou une odeur anormale aux produits.

L'efficacité de cette opération est liée au type de charbon et la durée de son contact avec l'eau.

La propreté du filtre est assurée par le lavage à contre-courant.

➤ **Filtration par les filtres polisseurs**

Le but de cette filtration est de filtrer l'eau par des cartouches en fibres pour éliminer les traces de charbon qui peuvent provenir du filtre à charbon.

L'efficacité de l'opération dépend du type et de la qualité des cartouches utilisées.

La propreté du filtre polisseur est assurée par la stérilisation (vapeur) au chlore et lavage à contre-courant.

L'eau qui sort du filtre polisseur est l'eau traitée; elle est utilisée pour préparer les boissons gazeuses et les sirops finis.

b. Eau adoucie

La préparation de l'eau adoucie a pour but de l'utilisation au niveau des laveuses de bouteilles, la chaudière et la tour de refroidissement c'est pour cela le taux calcique doit être presque nul pour empêcher la présence du calcaire CaCO_3 .

L'opération de l'adoucissement de l'eau de ville se fait à travers des filtres adoucisseurs qui sont des colonnes remplies d'une résine échangeuse d'ions de type R- Na_2 qui a pour fonction de réduire la dureté de l'eau de lavage des bouteilles par élimination des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} responsable de la formation du tartre. [4]

Les réactions d'échange d'ions :

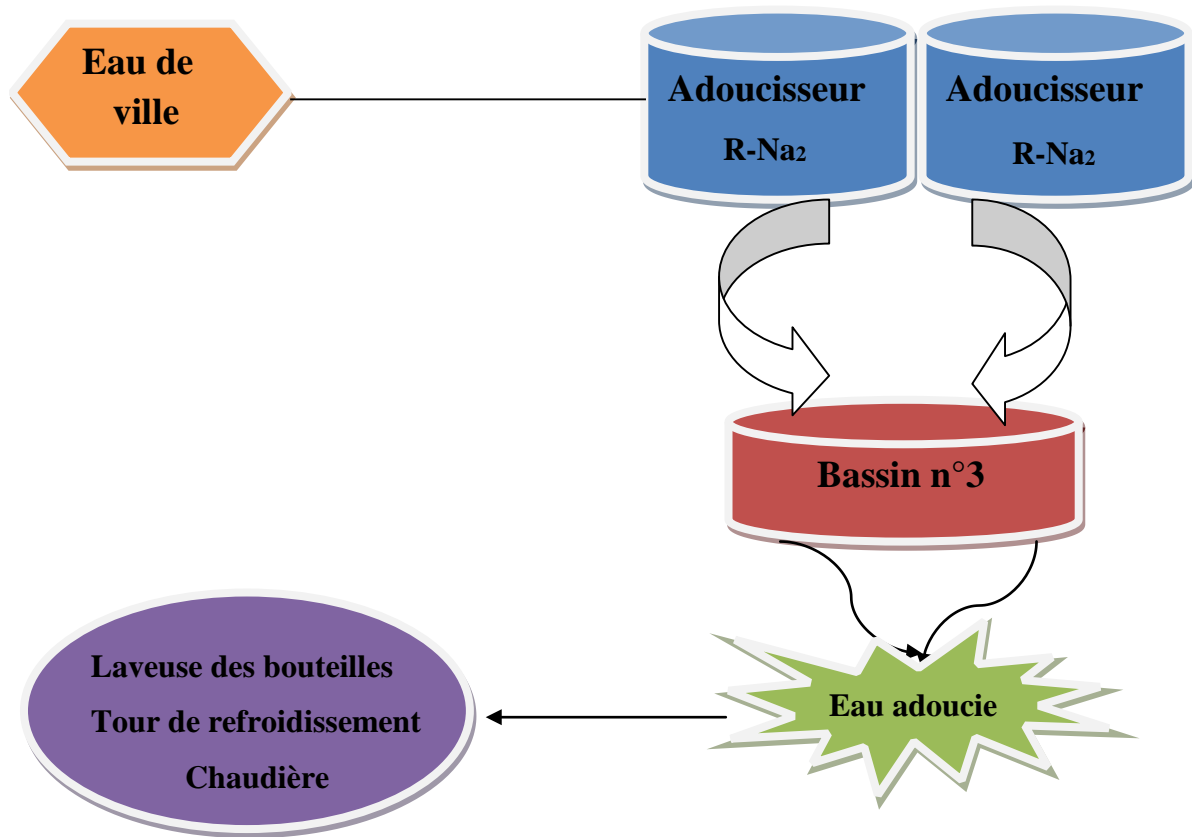
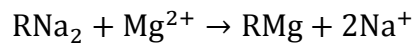
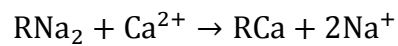
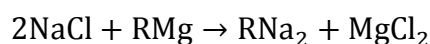
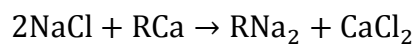


Figure 4 : Schéma du processus de l'adoucissement de l'eau

Dans le cas où la mesure du taux de la dureté révèle des valeurs hors norme, une opération de régénération de la colonne opérationnelle est nécessaire.

La régénération se fait à l'aide du chlorure de sodium NaCl selon les réactions suivantes :



II. Siroperie

C'est la seconde grande étape dans laquelle on prépare un élément essentiel dans la fabrication des boissons gazeuses, il y a deux types de sirops : le sirop simple et le sirop fini.

1. Préparation du sirop simple

Cette opération est réalisée en plusieurs étapes :

a. La dissolution de sucre

Cette phase débute par l'ajout du sucre granulé approvisionné par COSUMAR, et contrôler sa qualité dans le laboratoire de la CBGN.

Le mélange du sucre et l'eau traitée qui se fait en continu dans un CONTIMOL, soumis à une température de 60°C afin de favoriser la dissolution complète du sucre. Ensuite, le mélange est pasteurisé à une température de 85°C.

b. Ajout du charbon actif

Dans une cuve, on ajoute des quantités bien définies du charbon actif sous forme de poudre au mélange qui permet de sa clarification et d'éliminer également les impuretés et les mauvaises odeurs.

c. Filtration

Pour éliminer le charbon et les matières en suspension qui restent dans le mélange, ce dernier subit une autre phase de traitement, celle-ci commence par l'injection de la célite sous forme de poudre au niveau d'une cuve adjuvant qui va être déposée sur des plaque métalliques horizontales installées au niveau d'une cuve formant ainsi un filtre dit à gâteaux, le passage du sirop, à une température de 85°C à travers ce filtre, permet sa purification.

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

d. Refroidissement du sirop simple

Le sirop simple passe à travers un échangeur thermique dont le rôle est refroidir le mélange de 85°C à 20°C.

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

2. Préparation du sirop fini

Le sirop simple ayant une température comprise entre 15 et 22°C, est mélangé avec un concentré (liquide), ou extrait de base (poudre) selon les boissons gazeuses souhaitées, c'est le sirop fini.

Les étapes de préparation du sirop fini :

- Réception du sirop simple dans les cuves du sirop fini.
- Addition des concentrés ou extraits de base.
- Maintenir l'agitation pendant 30 min.

- Arrêter l'agitateur pendant 10 min pour désaérer et prélever un échantillon pour vérifier le brix, le goût, l'odeur et l'apparence.

Une fois préparé, le sirop fini est envoyé vers le mixeur pour la réalisation de la dernière phase de la production de la boisson, qui est le mixage. Le mixage consiste à mélanger le sirop fini avec l'eau traitée et du gaz carbonique.

III. Embouteillage

Cette unité est la dernière étape dans la fabrication des boissons gazeuses. Actuellement la société de la CBGN dispose de deux lignes de production qui sont consacrées à la production des boissons dans les bouteilles en verre.

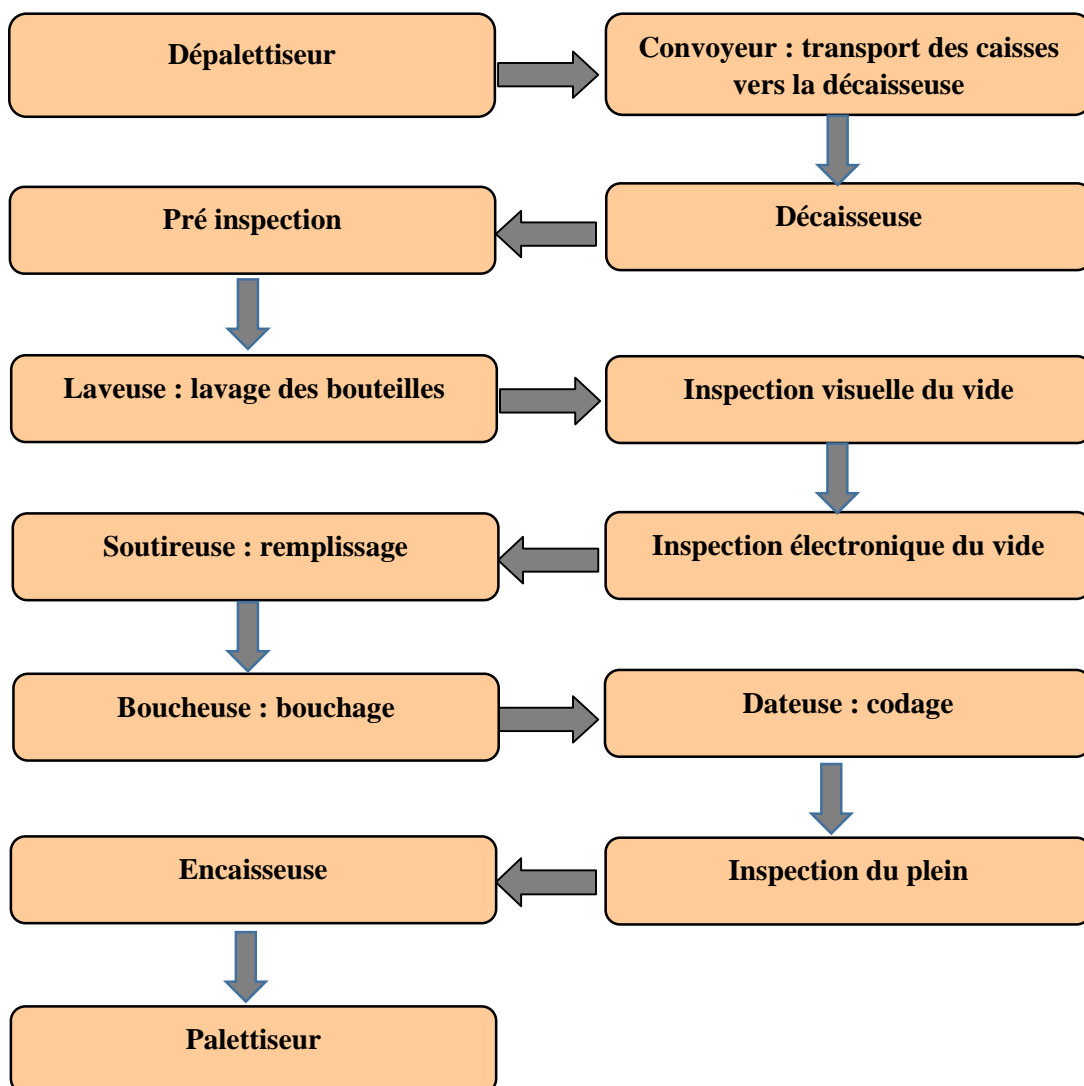


Figure 5 : Processus d'embouteillage

Chapitre III : Analyses et contrôle de qualité au laboratoire

I. Introduction

Le laboratoire de la CBGN dispose du matériel nécessaire pour vérifier la conformité des produits reçus, des produits finis et des produits intermédiaires obtenus pendant le processus de la production de boisson gazeuse, afin d'assurer la protection du consommateur face aux risques que peuvent présenter certains produits industriels. Les analyses et contrôle qualité au laboratoire se déroulent pendant la production et à la réception.

Dans le laboratoire plusieurs types de contrôles sont effectués comme :

- Contrôle de la matière première.
- Contrôles de produits finis.
- Analyses physico-chimiques des eaux.

II. Contrôle de la matière première

1. Contrôle du sucre

a. But

Le but de ce contrôle est de déterminer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du sucre afin de les comparer aux exigences de la compagnie pour s'assurer de sa conformité.

b. Inspection des sacs de sucre avant échantillonnage

- Les sacs doivent être propres, exempt de poussière, de déchets d'insectes ou d'oiseaux.
- Les sacs ne doivent pas dégager d'odeur d'huile ni de gasoil ou toute autre odeur de produit à risque pour la santé.
- Les sacs ne doivent pas être mouillés, ni contenir des traces d'eau.
- Les sacs ne doivent pas être déchirés.

c. Echantillonnage

L'adoption de la table «Military Standard » d'échantillonnage, sur un camion de 600 sacs répartis sur le camion, on prélève 20 échantillons sur 20 sacs répartis sur le camion, et il faut bien mélanger et homogénéiser avant de démarrer les tests.

Après, la quantité à prélever environ 1 Kg est divisée par 2. Une partie servira pour les analyses, et l'autre partie est correctement fermée et gardée comme échantillon de rétention pendant 1 an.

L'échantillon de rétention doit porter les informations suivantes : date de réception, quantité livrée, N° de camion, N° de fournisseur, N° de lot et la date de production.

d. Analyse

• Apparence

Comparer le sucre échantillon avec l'échantillon de référence définissant les limites de couleur.

• Goût

- Préparer une solution de sucre à 50 °BX (dissoudre 246 g de sucre dans 246 g d'eau distillée), agiter après dissolution.
- Prélever 20 ml de cette solution, compléter à 100 ml avec de l'eau traitée.
- Goûter et noter toute présence de goût anormal.

• Odeur à sec

- Remplir à moitié un flacon avec bouchon.
- Chauffer de 30 à 35°C ° dans une étuve ou un bain-marie.
- Sentir et noter la présence d'odeur anormale.

• Odeur après acidification

- Préparer une solution de sucre à 50° BX (prendre 100 g de sucre dans 100 g d'eau distillée), ajuster le pH à 1.5 en utilisant l'acide phosphorique à 85% bien mélanger la préparation.
- Transférer la solution dans un flacon à bouchon.
- Chauffer à 30° dans un bain-marie ou une étuve, sentir toutes les 10 min pendant 30 min.
- Noter toute odeur anormale.

• Turbidité

Par un turbidimètre, on mesure la turbidité de la solution de sucre à 50° BX.

• SO₂

- Vérifier l'apparence du sucre en s'assurant que le sucre ne contient pas de corps étrangers.
- Dans un Erlenmeyer, mesurer 150 ml d'eau distillée. Ajouter 10 ml de l'indicateur amidon et 5 ml d'acide chlorhydrique 3N.
- Titrer avec une solution d'iode 0.005N jusqu'à apparition d'une coloration bleue.
- Peser 50 g de sucre et l'ajouter à la solution dans l'Erlenmeyer. Agiter jusqu'à dissolution complète du sucre. Au moment de la dissolution vérifier l'odeur.
 - Si la coloration bleue persiste, il n'y a pas de SO₂.
 - Si la coloration bleue disparaît, titrer à nouveau avec la solution d'iode 0.005 N jusqu'à l'apparition de la coloration bleue. (volume versé de l'iode = V)

Calcul de la quantité de SO₂ en ppm:

Norme SO₂ < 6 ppm

$$SO_2 \text{ (ppm)} = \frac{V(\text{ml}) * 0,005 * 32,03 * 1000}{50(\text{g})}$$

- **Floc test**

- Préparer une solution de sucre à 50 °BX. Chauffer entre 70 – 80 ° C et filtrer sur papier filtre.
- Prélever 86 ml du filtrat, ajouter 5 ml d'une solution de benzoate de sodium à 0.1 %.
- Ajouter 4 ml de l'acide phosphorique H₃PO₄ 2N.
- Compléter à 500 ml avec de l'eau gazeuse. Fermer, mélanger, laisser reposer pendant 10 jours.
- Examiner la présence de floc à travers une lumière (lampe).

III. Contrôle des produits finis

1. Volume de CO₂

Le volume de CO₂ c'est le volume de gaz carbonique dissous dans une boisson c'est-à-dire le volume de carbonatation de la boisson, et pour le déterminer on réalise les deux opérations suivantes :

a. Mesure de la pression

On installe la bouteille sur le Zahm qui contient un manomètre, et on met le système en agitation. Après on attend jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre se stabilise et on lit la valeur de la pression.

b. Mesure de la température en °C

Pour prendre la température de l'échantillon, on introduit le thermomètre, puis, on attend quelque secondes avant la lecture.

- ✓ D'après le tableau de carbonatation, on lit le volume de gaz carbonique correspondant au couple pression température trouvé.

2. Le degré de Brix

Le degré Brix c'est la méthode à suivre pour mesurer le Brix des boissons gazeuses en utilisant un densimètre électronique. Il représente le pourcentage en poids de saccharose dans la solution.

Mode opératoire

- On prélève une bouteille du produit fini fermé.
- On rince un bécher de 500 ml avec la boisson et on y verse suffisamment de boissons.
- On décarbonate cette dernière pendant 3 min en se servant du décarbonateur à air comprimé.
- On rince la cellule de la mesure densimètre électrique avec la boisson décarbonatée plusieurs fois.
- On remplit la seringue avec la boisson décarbonatée en évitant les bulles d'air.

- On injecte doucement et pas complètement le contenu de la seringue dans la cellule de mesure en veillant à ne pas laisser les bulles d'air dans le tuyau de vidange du densimètre.
- ✓ On attend finalement la stabilisation de la valeur arrêt de clignotement de la croix. [4]
- **Inversion du Brix des boissons achetées**

Le but de cette inversion est de déterminer le Brix réel de la boisson achetée.

Mode opératoire

- Mettre un échantillon de la boisson à se décarbonater pendant 3 min.
- Transférer 50 ml d'échantillon décarbonaté dans un flacon à bouchon.
- Ajouter 0,3 ml de l'acide d'inversion.
- Vérifier que la température du bain marie est $90 \pm 1^\circ\text{C}$, puis placer dedans l'échantillon.
- Être sûr que la hauteur de l'eau dans le bain-marie couvrira au moins 60% du liquide dans le flacon.
- Le bain-marie doit rester fermé pendant 1 h.
- Enlever l'échantillon du bain-marie et le laisser refroidir à la température ambiante.

On mesure alors le Brix inversi de l'échantillon en utilisant le densimètre électronique afin de déterminer Brix réel : [4]

- Si notre échantillon est une boisson à base de jus (Pom's, schweps citron par exemple) donc :

$$\text{Le Brix réel} = \frac{\text{Brix inversi}}{1,0487}$$

- Si notre échantillon est une boisson sans jus (Coca Cola par exemple) donc :

$$\text{Le Brix réel} = \frac{\text{Brix inversi}}{1,051}$$

IV. Analyses physico-chimiques des eaux

Pendant le processus de traitement des eaux, l'évaluation de la qualité d'eau dépend des résultats des différentes analyses (TAC, la turbidité, TDS...).

Les paramètres contrôlés pour les différents types des eaux sont représentés dans les tableaux suivants :

Eau brute						
Paramètres	Cl ₂ (ppm)	TAC(ppm)	TA (ppm)	pH	TDS (ppm)	Turbidité (N.T.U)
Normes	Cl ₂ =0ppm	TAC en ppm	TA en ppm	6,5<pH<8,5	TDS<500ppm	Turbidité ≤0,5NTU

Tableau 1 : les paramètres contrôlés pour l'eau brute

Eau traitée	Paramètres	Normes
Eau de filtre à sable	Goût, Odeur, Apparence Cl ₂ (ppm) Aluminium (ppm) Turbidité (NTU) pH	Normale Cl ₂ (1à3 ppm) Aluminium (<0,2 ppm) Turbidité (≤0,3 NTU) 6,5<pH<7,5
Eau de décarbonateur	TA (ppm) TAC (ppm) TDS (ppm) pH	TA (<2 ppm) TAC (<85 ppm) TDS (<500 ppm) 4.9<pH<7
Eau de filtre à charbon	Cl ₂ (ppm) Aluminium (ppm) TA (ppm) TAC (ppm) TDS (ppm) Turbidité (NTU) pH	Cl ₂ (1à3 ppm) Aluminium (<0,2 ppm) TA (<2 ppm) TAC (< 85 ppm) TDS (< 500 ppm) Turbidité (<0,3 NTU) 4.9<pH<7
Eau de filtre polisseur	Turbidité (NTU) Dureté totale (ppm) Sulfate (ppm) Chlorure (Cl ⁻)	Turbidité (<0,3 NTU) DT (<100 ppm) SO ₄ ²⁻ (<250 ppm) (<250 ppm)

Tableau 2 : les paramètres contrôlés pour l'eau traitée

Eau adoucie			
Paramètres	G.O.A.	Dureté calcique (Ca ²⁺ en ppm)	Dureté Totale (Ca ²⁺ et Mg ²⁺ en ppm)
Normes	Normale	DC (<40 ppm)	DT (<100 ppm)

Tableau 3 : les paramètres contrôlés pour l'eau adoucie

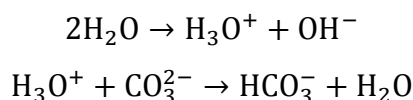
1. Détermination de l'alcalinité

a. Titre alcalimétrique (TA)

Le TA correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH^- et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) par un acide fort. [5]

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

Les réactions mise en jeu :

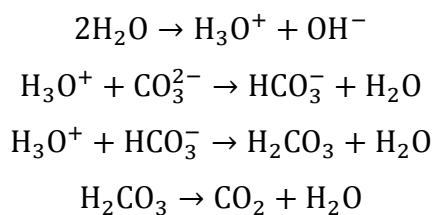


b. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates. [5]

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

Les réactions misent en jeu :



c. Mode opératoire

- On prélève 100 ml d'eau à analyser dans un bécher et on ajoute trois gouttes de la solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N. Ensuite on verse quelques gouttes de phénolphtaléine si la solution reste incolore donc TA est nul, si la couleur change en rose on titre par une solution de l'acide sulfurique H_2SO_4 (0,02N).
- Pour déterminer le TAC on prélève 100 ml d'eau, on ajoute quelques gouttes du méthyle orange et on titre avec la solution de H_2SO_4 (0,02N) jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

TA et TAC sont calculés par :

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

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

2. Taux du 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.

Le chlore est éliminé au niveau du filtre à charbon, ce qui entraîne une chloration nulle à la sortie du filtre.

Mode opératoire

- On prélève un échantillon, on transvase dans une cellule transparente de 10 ml.
- On ajoute un réactif DPD 1 qui donne la coloration rosâtre.
- La cellule est mise dans un comparateur colorimétrique contenant un disque avec des mesures.
- On ajuste ce disque jusqu'à obtenir la même coloration et on lit la valeur correspondant en ppm.

3. Total des solides dissous (TDS)

TDS exprime le total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS 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 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 ppm.

4. La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau. Elle est causée par la présence de diverses matières en suspension dans l'eau : colloïdes, argiles, matière organique et matière inorganique. Elle est mesurée avec un appareil appelé turbidimètre.

5. Mesure de pH

Ce test se 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 à l'aide d'un appareil pH-mètre étalonné.

6. Taux d'aluminium

Mode opératoire

On prélève 10 ml de l'eau à contrôler dans la cuvette, après on ajoute une pastille d'aluminium n°1 et une pastille d'aluminium n°2 et on agite le mélange jusqu'à dissolution complète. Ensuite, on met la cuvette dans le comparateur et on tourne le disque jusqu'à l'obtention de la

même couleur que celle de la cuvette et finalement, on lit la concentration d'aluminium donnée en ppm.

7. Dureté de l'eau

a. Dureté calcique

La dureté calcique est la concentration en ion calcium Ca^{2+} dans l'eau.

Mode opératoire

- On prélève 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser.
- On ajoute 2 ml d'une solution de NaOH (1N) pour faire précipiter les ions magnésium sous forme de l'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$.
- On ajoute quelques gouttes de l'indicateur Murexide puis on agite.
 - Si la couleur obtenue est mauve donc DC est nulle
 - Si la couleur obtenue est rose : Présence de Ca^{2+} , on titre avec une solution d'EDTA (0,01N) jusqu'au virage de la couleur au mauve.

La dureté calcique est calculée par :

$$\text{DC (ppm)} = V(\text{EDTA}) \text{ versé en ml} \times 20$$

b. Dureté totale

La dureté totale est la concentration en ions Ca^{2+} , Mg^{2+} et autres ions bivalents et trivalents.

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 de l'indicateur noir d'ériochrome.
 - Si la couleur est bleue dont DT est nulle.
 - Si la couleur est rouge : présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , on titre avec l'EDTA (0,01N) jusqu'au virage de la couleur au bleu.

La dureté totale est calculée par :

$$\text{DT (ppm)} = V(\text{EDTA}) \text{ versé en ml} \times 20$$

c. Suivi de la dureté au niveau de l'adoucisseur

Les analyses de la dureté totale DT et de la dureté calcique DC de l'eau adoucie sont regroupées dans le tableau suivant :

Jours	DC	Norme DC < 40 ppm	DT	Norme DT < 100 ppm
24/04/2017	2	40	4	100
25/04/2017	12	40	24,5	100
26/04/2017	0	40	0	100
27/04/2017	0	40	0	100
28/04/2017	0,5	40	3	100
29/04/2017	7	40	14,5	100
30/04/2017	9,5	40	20	100
02/05/2017	16,5	40	58,5	100
03/05/2017	27,5	40	63,5	100
04/05/2017	0	40	0	100
05/05/2017	0	40	0	100
06/05/2017	0	40	2	100
08/05/2017	3	40	7,5	100
09/05/2017	8	40	18,5	100
10/05/2017	0	40	2	100

Tableau 4 : Résultats d'analyses effectuées sur l'eau adoucie [6]

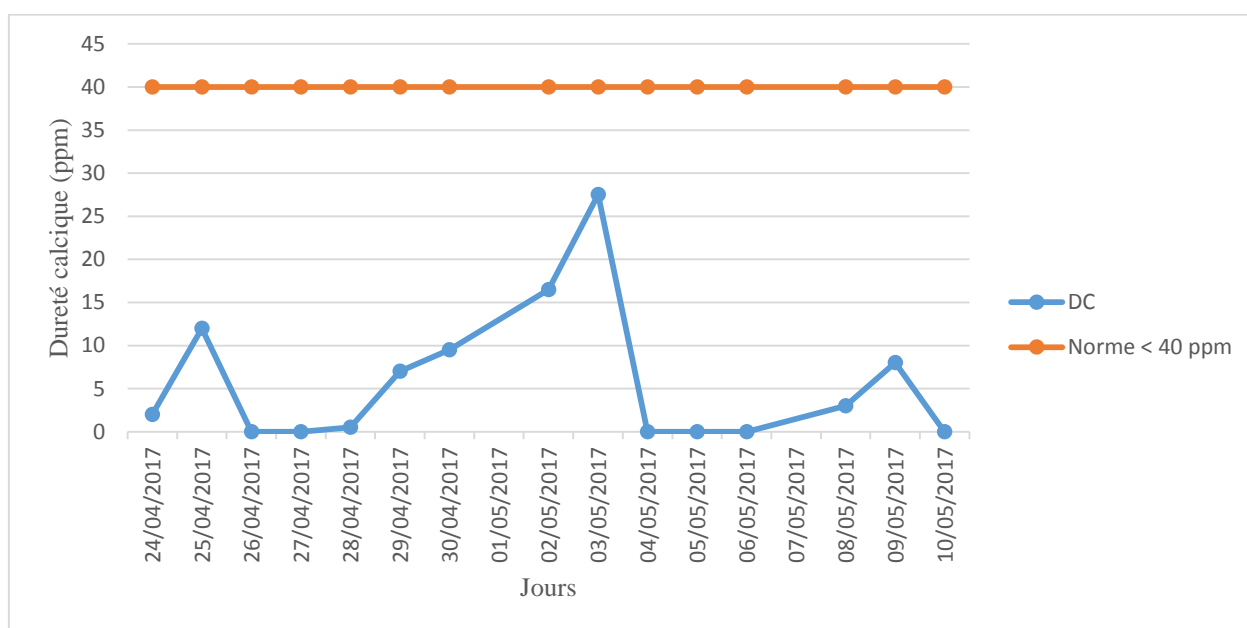


Figure 6 : La variation de DC au cours du temps

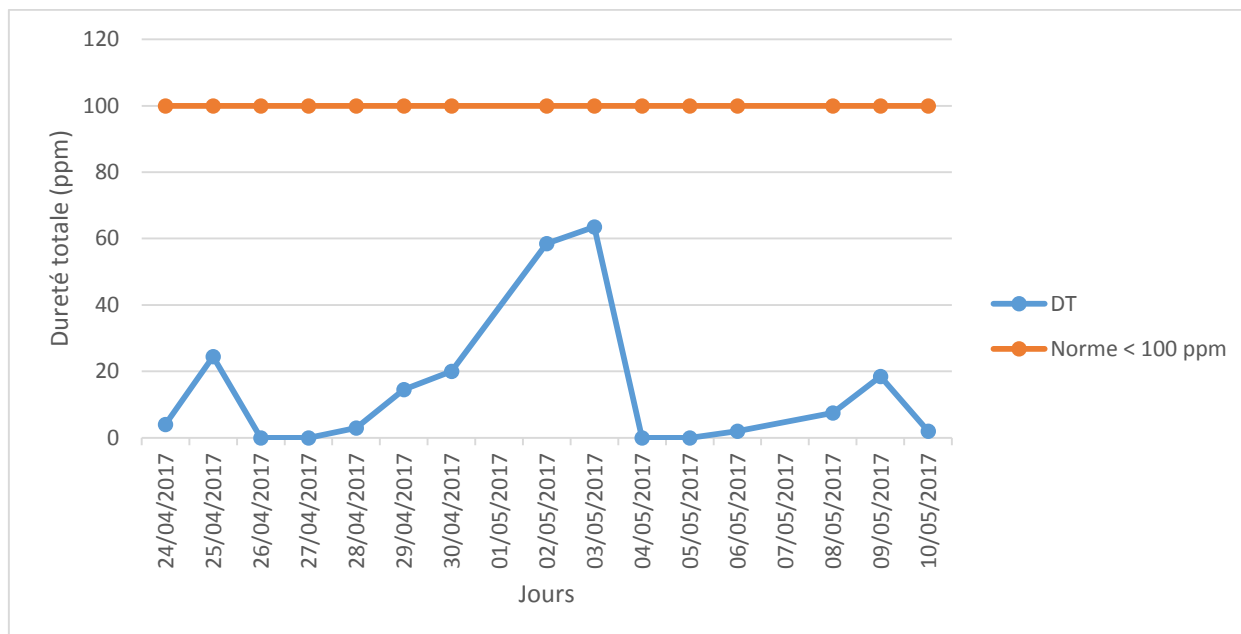


Figure 7 : La variation de DT au cours du temps

Interprétation

Au cours du temps les valeurs de la dureté calcique et de la dureté totale augmentent. Ceci est dû à la saturation de la résine de l'adoucisseur à cause de la grande consommation de l'eau adoucie au niveau des lignes des bouteilles en verre. La norme exigée de la dureté totale est <100 ppm et de la dureté calcique <40 ppm. A chaque fois que la valeur trouvée s'approche de celle des consignes l'opérateur procède à la régénération de l'adoucisseur. Après chaque régénération la dureté subit une chute expliquant l'efficacité de cette opération et le bon fonctionnement de l'adoucisseur.

Conclusion

La bonne qualité des produits dans l'industrie alimentaire est exigée de nos jours partout dans le monde. Pour ce faire, il faut des gens compétents et du matériel efficace.

Les résultats de contrôle de l'eau après son passage à travers plusieurs traitements ont montré l'efficacité des différents filtres à rendre l'eau de ville utilisable pour la production des boissons gazeuses (eau traitée) et le lavage des bouteilles (eau adoucie).

Toutes les opérations effectuées au sein de la CBGN obéissent à un système d'hygiène et de contrôle de qualité qui répond aux besoins du consommateur.

Ce stage enrichissant que j'ai effectué au sein de la CBGN m'a offert une vision plus proche de la réalité du monde industriel, et m'a aussi permis d'utiliser mes connaissances et mes compétences déjà acquises, et d'en acquérir de nouvelles.

Références bibliographiques

- [1] Document de la société (histoire de CBGN ou Coca-Cola aujourd'hui)
- [2] Raymond Des jardins. Traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie (p. 118 et 127)
- [3] F. Bernée, J. Cordonnier. Traitement des eaux (P 5-6).
- [4] Mizero Sylvestre, «Etude de l'efficacité des filtres utilisés au traitement des eaux à la CBGN», Projet Fin d'Etudes pour l'obtention d'une licence en Sciences et Technique à la FST de Fès, Juin 2009/2010.
- [5] Travaux pratiques, Génie de dépollution, LST : Génie Chimique (responsable : Pr A.LHASSANI).
- [6] Les enregistrements de la compagnie des boissons gazeuses (CBGN).