



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

**TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET
CONTROLE DE QUALITE
(TACCQ)**

PROJET DE FIN D'ETUDES

**EVALUATION DU TRAITEMENT DES EAUX A LA
C.B.G.N**

Présenté par :

- ◆ Mlle. EL FILALI EL HAFFAOUI LAILA

Encadré par :

- ◆ Pr. Fahmi EL KHAMMAR (CBGN)
- ◆ Pr. B. IHSSANE (FST FES)

Soutenu Le 11 Juin 2009 devant le jury composé de:

- Pr. B. IHSSANE
- Pr. EL.LAMCHARFI
- Pr. E.EL HADRAMI

Stage effectué à

Année Universitaire 2013 / 2014

REMERCIEMENT

Ce n'est pas parce que la tradition l'exige ou par l'habitude que cette page est présente aujourd'hui dans ce rapport, mais parce que les personnes auxquelles s'adressent nos remerciements les méritent vraiment.

Je tiens à remercier Monsieur le Directeur de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord de FES de nous avoir permis d'effectuer un stage au sein d'une entreprise de taille telle que la C.B.G.N.

Mes remerciements s'adressent également à mon professeur encadrant Mr. BOUCHAIB Ihssane pour toute l'aide, le grand soutien que j'ai bénéficié de sa part durant la période de stage et la disponibilité qu'ils m'ont accordé pour faire réussir ce travail.

Je remercie mon encadrant professionnel Mr. FAHMI EL KHAMAR qui m'a aidé durant mon stage.

Je remercie le jury Pr. B. Ihssane, Pr. E. LAMCHARFI et Pr. EL. EL HADRAMI 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.

Et tous ce qui a toujours pris le temps de nous avoir écoutés et conseiller malgré leurs occupations.

Sommaire

Introduction.....1

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA C.B.G.N

1. Histoire de COCA-COLA2
2. Présentation de la CBGN.....2
3. Activités de la compagnie.....3
4. Organigramme de la CBGN.....4
5. Description de l'usine.....5

CHAPITRE II : PROCEDE DE FABRICATION DES BOISSONS GAZEUSES

I. TRAITEMENT DES EAUX

A. L'eau traitée

1. Stérilisation par le chlore.....6
2. Coagulation/ floculation.....8
3. Filtration au niveau du filtre à sable.....8
4. Filtration eu niveau du décarbonateur.....8
5. Filtration au niveau du filtre à charbon.....9
6. Filtration au niveau du filtre polisseur.....9

B. L'eau adoucie

B.i)	Adoucissement	de	
l'eau.....			10
B.ii)		Les	
adoucisseurs.....			10

II. LA SIROPRIE

1. Préparation du sirop simple.....			11
2.	Préparation	de	sirop
			fini
.....			13
3.			
Mixage.....			13

II. La mise en bouteille

1. Lavage des bouteilles.....	13
2. Analyses effectuées en cours de la production au sein de laboratoire.....	16

CHAPITRE III : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU TRAITÉE

III.1)	Titre	alcalimétrique	(TA)	et	titre	alcalimétrique	
(TAC).....							21
➤ Résultats d'analyses							
III.2)		Mesure				de	
pH.....							23
➤ Résultats d'analyses							
III.3)	Mesure	de	la	teneur	en		
chlore.....							25
➤ Résultats d'analyse							
III.4)		Mesure		de		la	
turbidité.....							26
➤ Résultats d'analyses							
III.5)						Dureté	
totale.....							28
➤ Résultats d'analyses							
III.6)						Dureté	
calcique.....							28
➤ Résultats d'analyses							
III.7)	Mesure	de	la	teneur	en		
aluminium.....							30
III.8)	Mesure	de	taux	de	solide		
dissous.....							30
➤ Résultats d'analyses							
Conclusion.....							31

Introduction

Dans le cadre de ma formation, j'ai eu une occasion parfaite de réaliser un stage de fin d'études au sein du laboratoire de la compagnie des boissons gazeuses du nord (C.B.G.N) pendant une période de six semaines.

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

La C.B.G.N comme pour chaque industrie agroalimentaire, l'eau est d'un intérêt primordial dans le processus de production. Elle doit répondre à des normes très strictes de point de vue qualité pour ne pas nuire à la santé des consommateurs et ne pas poser de problèmes techniques dans la chaîne de production.

Au cours de mon stage à la CBGN, ma tâche a été le suivi du processus de traitement d'eau, afin de produire la boisson gazeuse et bien aussi pour le lavage des bouteilles.

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

L'objectif de notre travail au sein de laboratoire de contrôle de qualité est de comprendre la méthodologie du travail, de réaliser pratiquement les tests suivants : TAC, TA, turbidité, dureté totale, dureté calcique, et bien d'autres.

Ce rapport de stage est scindé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre une description de la société est présentée.

Le deuxième chapitre est consacré aux différents procédés de fabrication des boissons gazeuses.

Et le dernier chapitre est dédié les différentes analyses physico-chimiques de l'eau, ainsi que leurs interprétations.

1. Histoire de coca-cola :

Le 8 Mai 1886, le docteur **John STYTH PEMBERTON**, pharmacien d'Atlanta (état de Géorgie), inventa une nouvelle boisson gazeuse, Il voulait trouver un sirop original et désaltérant qui remède contre la fatigue.

Il mit au point un mélange comprenant de l'extrait de noix de kola, du sucre, de la caféine, des feuilles de coca décaïnées et un composé d'extraits végétaux.

Son comptable, Franck Mr. Robinson baptisa la boisson « coca-cola » et dessina le premier graphisme, toujours utilisé aujourd'hui.

La boisson fut mise en vente à la « soda - fountain » de la Jacob's pharmacie. Les serveurs diluaient le sirop avec de l'eau glacée.

L'un eut l'idée d'employer de l'eau gazeuse et les consommateurs présents appréciaient encore plus la formule. Le coca-cola était né.

2. Présentation de la CBGN :

- La compagnie des boissons gazeuses du Nord de Fès est l'un des huit embouteilleurs du Maroc, elle a été créée en 1952, implantée au début à la place de l'actuel hôtel SOFIA, elle fut transférée au nouveau quartier industriel à Sidi Brahim, avec un capital de 2.000.000 DHS.
- Dès sa création et jusqu'à 1987, la compagnie ne fabrique que coca cola et Fanta orange. Pour augmenter sa part du marché elle a décidé de produire de nouveaux produits : Hawaï tropical, Pom's... et pour les mêmes raisons, elle a lancé en 1991 les bouteilles en plastique PET (polyéthylène et téréphtalique).
- Aujourd'hui, la C.B.G.N dispose d'un site de production avec deux lignes seulement (2 lignes verres,) et son territoire s'étend sur 7 centres de distribution : Fès, Mekhnès, Sidi Slimane, Khenifra, Azrou, Midelt et Er-Rachidia).
- La C.B.G.N de Fès dispose d'un laboratoire de contrôle qualité, équipé des instruments et des appareils de mesures de contrôle et d'essais modernes pour la pré-conformité du produit au cours des opérations internes et lors de la livraison à la destination prévue.

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.

<i>Boissons</i>	<i>Taille (Volume: cl)</i>
COCA-COLA	20cl, 35.5cl, 1litre
FANTA ORANGE	20cl, 35cl ,1 litre
HAWAI TROPICAL	35cl,1litre

POM'S	35cl,1litre
SPRITE	35cl,1 litre
SCHWEPPE TONIC	20cl
SCHWEPPE CITRON	1litre

Tableau 1 : les différentes boissons gazeuses avec leur taille.

En plus de la commercialisation de ses propres produits, la CBGN commercialise aussi les eaux de table (ciel), coca cola light et coca cola zéro.

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

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

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

4. Organigramme de la société C.B.G.N :

Pour répondre d'une manière continue et bénéfique aux besoins de ses consommateurs, la CBGN a planifiée soigneusement l'organisation de ses services. Chaque service fonctionne en collaboration avec les autres.

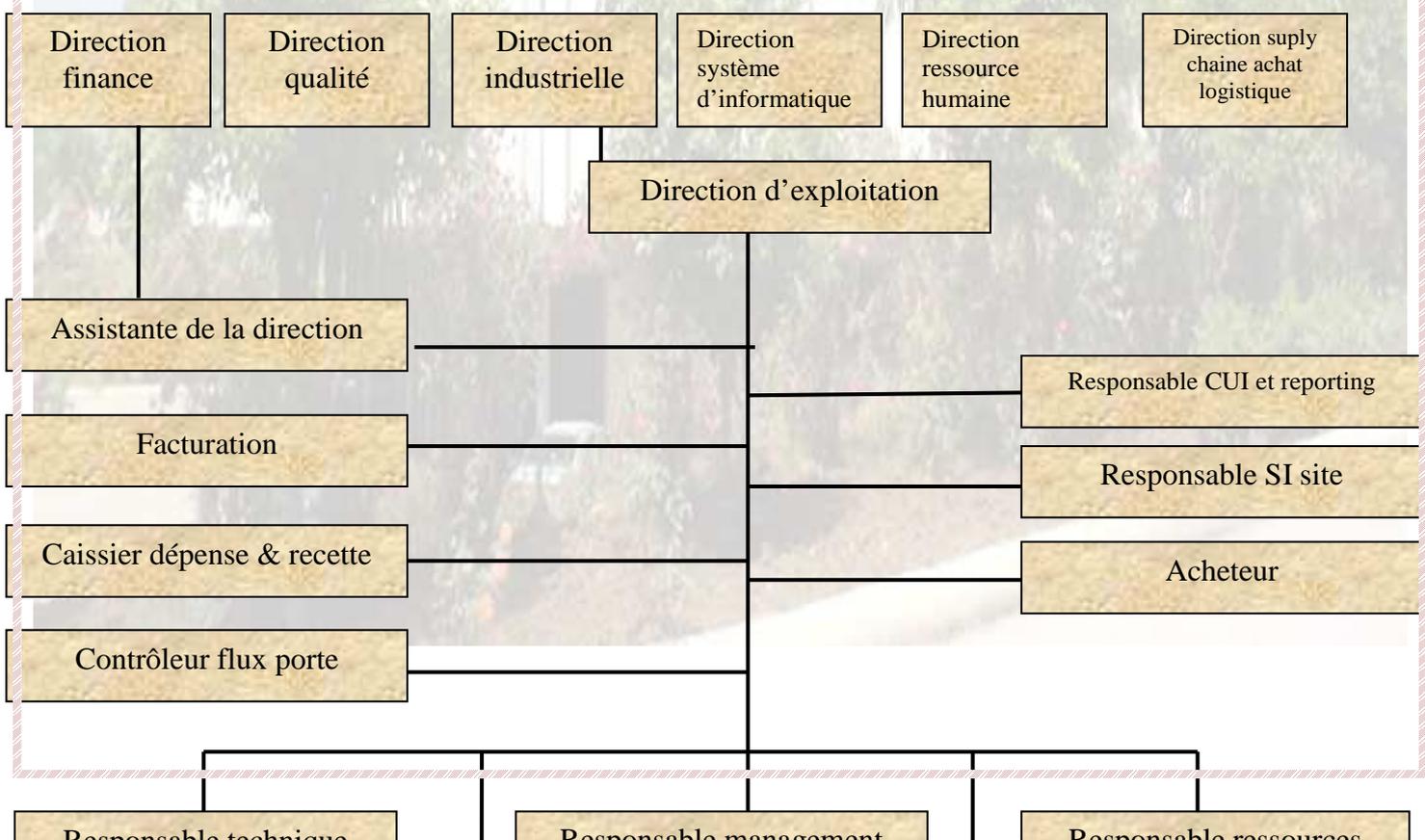


Figure n° 1 : organigramme de la direction de l'usine.

5. Description de l'usine :

La compagnie se 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.

Une fiche technique représente des informations sur la société comme suivante :

Fiche Technique

- ✿ Sigle : C.B.G.N
- ✿ Siège social : quartier industriel SIDI BRAHIM
- ✿ Téléphone : 035.64.11.36/03564.10.70/035.64.11.87
- ✿ Fax : 035.64.42.44/055.64.11.81
- ✿ Boîte postale : 2284
- ✿ Capitale : 3 720 000 DH
- ✿ Superficie : environ 1 ha
- ✿ Forme juridique : société anonyme (SA)
- ✿ Nombre de personnel : 240 permanents, 350 saisonniers
- ✿ Création : 1952

I. Traitement des eaux :

- *Objectif*

L'objectif du traitement d'eau dans la production des boissons Gazeuses est d'éliminer tous les constitutions qui jouent un rôle nuisibles à la qualité des boissons.

✚ *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 collerette ou 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.

Le schéma de la figure n°2 suivant présente les différentes étapes réalisées au cours du traitement de l'eau.

A. L'eau traitée :

Le traitement des eaux est nécessaire à la production des boissons gazeuses, il consiste à faire passer l'eau brute par plusieurs étapes.

1. Stérilisation par le chlore :

A l'entrée de l'usine, l'eau prévenante de la RADEEF est stockée dans un premier bassin. A ce niveau on injecte une quantité de chlore comprise entre 1 et 3 ppm, pour protéger l'état de l'eau contre toute contamination. Cette stérilisation par le chlore vise à éliminer ou inactiver les germes pathogènes qui se trouvent dans l'eau.

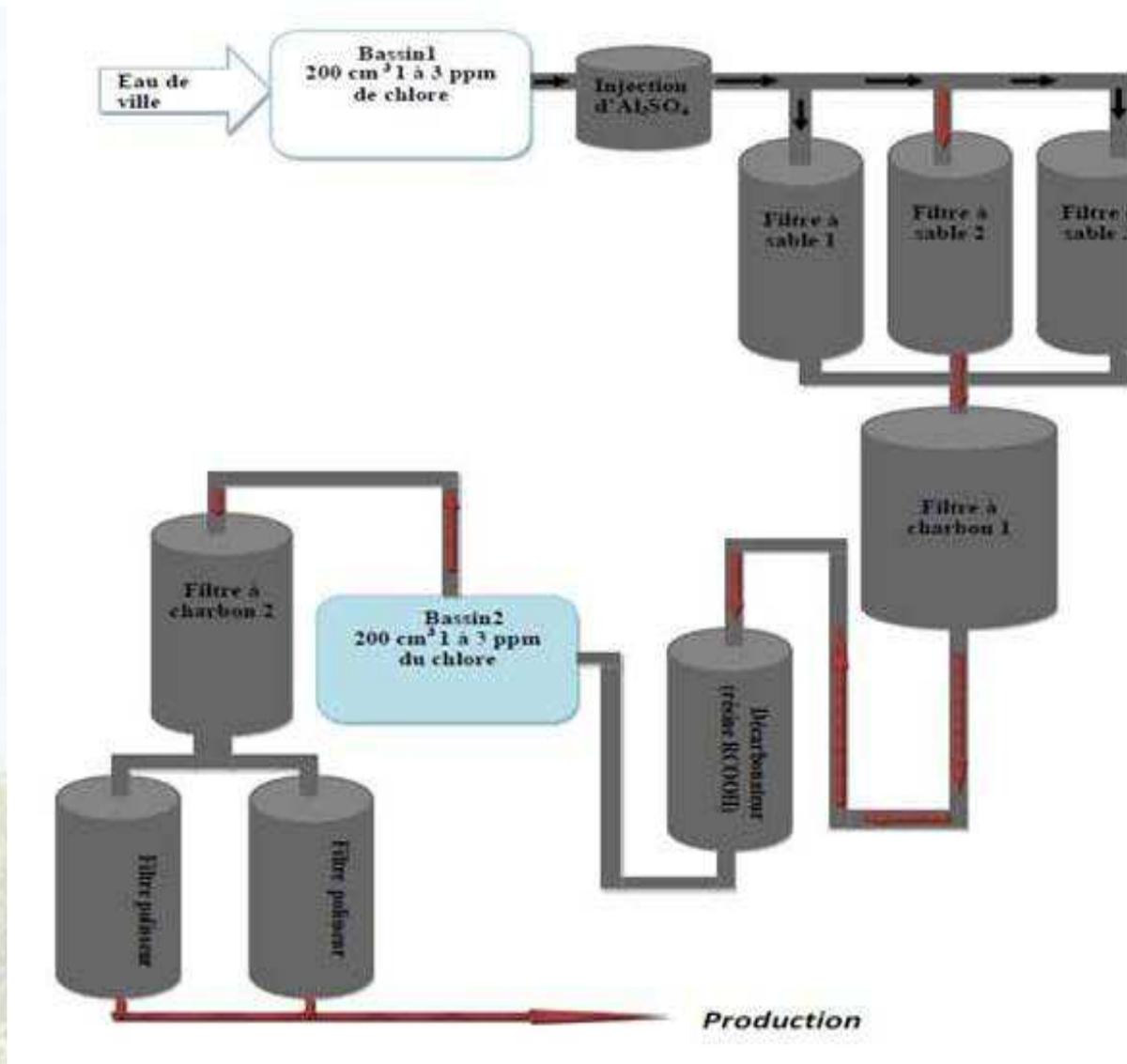


Figure n°2 : Schéma simplifiant Le déroulement du Circuit de traitement des eaux

Cette inactivation est obtenue par un traitement chimique. Les réactifs utilisés sont le chlore, l'iode et l'azote (réfrigérant sur place les insectes qui meurent instantanément). L'introduction de chlore dans l'eau conduit à son hydrolyse selon les équations chimiques :



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

2. Coagulation / floculation :

La coagulation floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. La coagulation se fait par l'injection d'un coagulant à base d'alumine (sulfate d'alumine) pour neutraliser les charges négatives. En effet, elle consiste à rassembler en formant des

flocs (floculation). Ces derniers absorbent plusieurs composés chimiques très petits et légers qui véhiculent à travers tout le système du traitement d'eau afin de faciliter leur élimination.

3. La filtration :

Le procédé de filtration se déroule en plusieurs étapes pour éliminer les impuretés et les matières en suspensions.

3.a) 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 suspensions, les corps solides et les flocs résultants de la floculation et avoir de l'eau purifiée à la sortie.

Après un certains temps de filtration sur 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 du filtre.

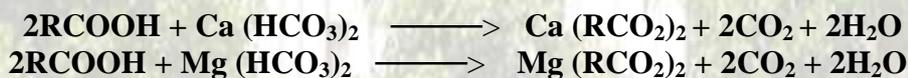
On procède alors à un lavage à contre-courant (deux fois par semaine) pour éliminer tous les matières en suspensions et remuer les couches de saletés et les évacuer à l'extérieur du filtre.

3.b) Filtration au niveau du décarbonateur :

Cette filtration s'effectue dans une grande cuve remplie par un lit de résines faiblement acide de type RCOOH. Les bicarbonates de calcium et de magnésium échangent leurs cations avec l'hydrogène.

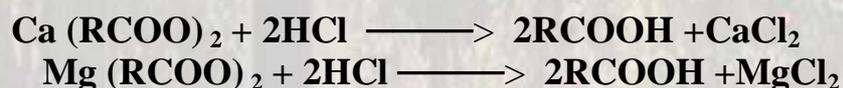
Le décarbonateur sert à diminuer le potentiel d'hydrogène (pH) pour avoir un milieu acide. Et par conséquent le développement des bactéries sera faible, également il consiste à réduire le taux d'alcalinité de l'eau (les bicarbonates de calcium et de magnésium).

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



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 concentrée.

Les réactions de régénération de la résine sont les 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.

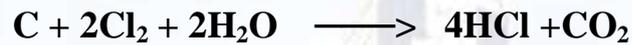
3.c) Filtration au niveau du filtre à charbon :

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.

Le charbon actif absorbe les composés organiques sapides odorants et réagit chimiquement avec le chlore pour donner un peu d'acide chlorhydrique. Les granulés de charbon sont extrêmement poreux et leur capacité d'adsorption varie en fonction de la surface disponible.

Les réactions de déchloration sont les suivantes :



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

3.d) Filtration au niveau du filtre polisseurs :

La station renferme quatre filtres polisseurs (appelés aussi filtres de sécurité). Chaque filtre se compose d'un support pour filtre en papier ou cartouche en fibre, le but de cette filtration est de filtrer l'eau par des cartouches en fibres pour éliminer les traces de charbon de l'eau qui peuvent provenir du filtre à charbon. L'efficacité de l'opération dépend du type et de la qualité des cartouches utilisées.

Les filtres polisseurs doivent être nettoyés avec une solution chlorée à chaque changement de papier ou de cartouche. Leur stérilisation s'effectue deux fois par semaine ou selon les résultats des analyses microbiologiques

B. L'eau adoucie :

B.i) Adoucissement de l'eau

L'eau de ville est stockée dans un troisième bassin comme lieu de stockage avant de passer à travers les adoucisseurs. L'eau adoucie est préparée spécialement sous des températures relativement élevés pour l'utilisation au niveau des laveuses des bouteilles en verre et bien d'autres machines. En outre le lavage quotidien de l'usine et des installations nécessite d'importantes quantités d'eau.

C'est pour cette raisons que les eaux industrielles sont généralement traitées contre la dureté, le taux calcique doit être presque nul pour empêcher la présence des tartes afin d'obtenir une eau adoucie.

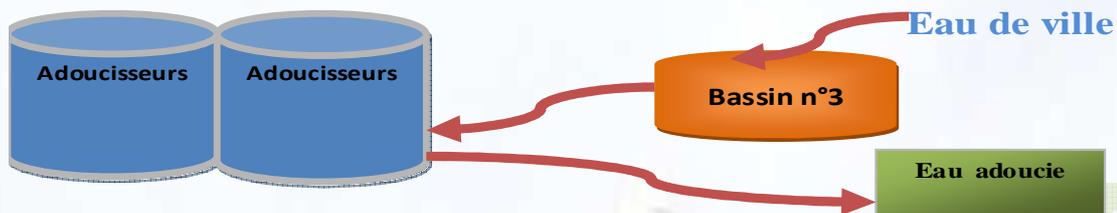


Figure n°3 : Schéma présentatif de différentes étapes de ce traitement.

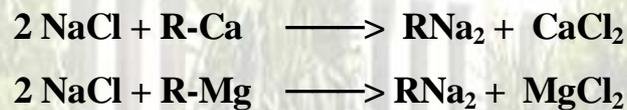
B.ii) Les adoucisseurs

L'adoucisseur est constitué de deux colonnes. Chacune possède une résine échangeuse de cations de type RNa_2 (résine sodique) dont le rôle est de fixer les cations Mg^{2+} et Ca^{2+} afin d'éliminer leur excès, tout en libérant en proportion équivalente des ions sodium stockés au préalable dans la résine selon les réactions suivantes :



Quand la résine est saturée en ions calcium et magnésium, l'adoucisseur n'est plus fonctionnel et sa dureté de l'eau dépasse les normes. Une opération de régénération de la colonne est nécessaire.

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



L'adoucisseur est composé de quatre couches dans l'ordre suivant:

- La couche supérieure correspond à une résine sodique.
- La deuxième couche correspond à une couche de sable.
- La troisième couche correspond à une couche de petits cailloux.
- La couche inférieure correspond à une couche de gros cailloux

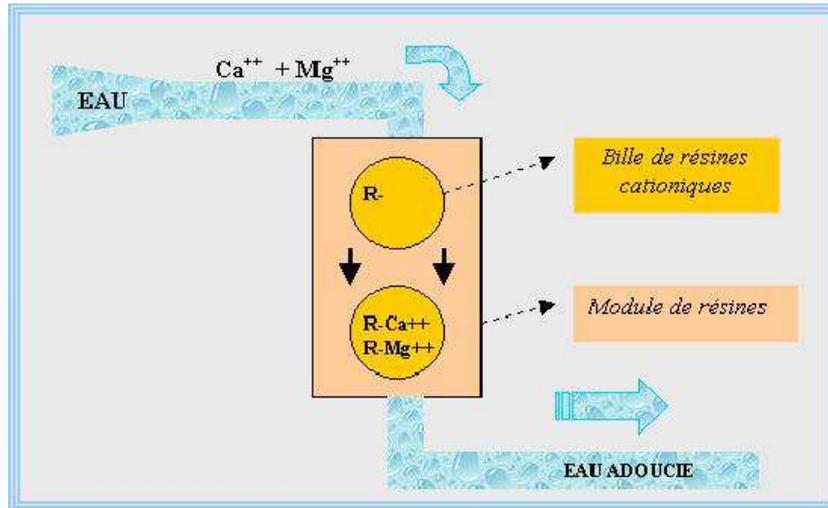


Figure n°4 : Schéma représente le fonctionnement de l'adoucisseur.

II. La siroperie

La siroperie est l'étape secondaire dans laquelle on prépare deux types de sirop essentiels dans la production des boissons gazeuses. C'est le sirop simple et le sirop fini.

1. Préparation du sirop simple

L'eau traitée et le sucre composent les matières premières de la phase de préparation de sirop simple qui s'effectue en plusieurs étapes.

1.a) La dissolution de sucre :

Cette phase débute par l'ajout du sucre granulé approvisionné par COSUMAR. Il provient en sac de 50kg, sa qualité est contrôlée dans le laboratoire de la **CBGN**. Le mélange du sucre et l'eau traitée qui se fait en continu dans une cuve appelée **CONTIMOL**, soumis à une température de **80°C** afin de favoriser la dissolution complète du sucre. Ensuite, le mélange est pasteurisé à une température de **85°C**.

1.b) Ajout du carbone actif :

Cette étape consiste à ajouter des quantités bien définies du charbon actif, sous forme de poudre au mélange dans une cuve de réaction au sirop simple au bout de 30min environ, ce qui permet de sa clarification et d'éliminer également les impuretés, les mauvaises odeurs, pour son éclaircissement (virer son apparence du jaune au blanc) et d'assurer son goût.

1.c) Filtration :

Pour éliminer le charbon et les matières en suspension qui restent dans le mélange, ce dernier subit une autre phase de traitement (filtration) qui commence par l'injection de la célite sous forme de poudre au niveau d'une cuve adjuvant qui va être déposée sur des plaques

métalliques horizontales installées au niveau d'une cuve formant ainsi un filtre dit à gâteaux. Une deuxième filtration du sirop simple se fait dans un filtre à poche pour éliminer les résidus de charbon qui pourraient subsister. Le passage du sirop à une température de 85°C à travers ce filtre, permet sa purification.

1.d) 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, elle permet de ramener la température du sirop aux alentours 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 obtenue au niveau de la deuxième étape aux environ de 22°C.

Le sirop obtenu est envoyé à la cuve de sirop simple ou il se repose pendant une heure pour qu'il soit désaéré.

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 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, 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 introduits dans un récipient ou se fait le mixage avec l'eau traitée.

Le produit obtenu repose dans une cuve environ 15 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.

3. Mixage :

Le mixage constitue la dernière phase de production de la boisson gazeuse. Cette phase 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. la mise en bouteilles :

La mise en bouteille est la phase finale au cours du processus de fabrication. Actuellement la société de la **C.B.G.N** dispose de deux lignes de production qui sont consacrées à la production des boissons dans les bouteilles en verre.

1. 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. Ces bouteilles sont introduites d'un côté de la machine par un chargement automatique. Cette opération s'effectue alors selon les étapes suivantes :

***Le pré inspection :**

Est une opération primordiale pour éliminer des bouteilles non conformes, ébréchées ou étrangères.

***Le pré lavage**

C'est une étape préparatoire de lavage, il est assuré par une eau adoucie à la température ambiante, permettant par la suite l'élimination des adhérents aux parois pour ne pas contaminer les autres baigns de lavage.

***Le lavage à la soude :**

Deux baigns sont utilisés pour effectuer cette opération. Le premier baign, il contient une quantité de soude comprise entre 1,5—2% et de l'eau chaude à une température de 70°C $\pm 3^\circ\text{C}$. Le deuxième baign, contient une quantité de 2 à 2,5% de soude à la même température.

***Pré-rinçage :**

C'est une opération de rinçage des bouteilles afin d'éliminer de détergent. Elle se fait dans trois baigns contenant l'eau adoucie : baign chaud, baign tiède et baign froid afin de débarrasser les bouteilles de tout résidu de la soude, et éviter le choc thermique qui entraîne la casse des bouteilles.

***Rinçage final :**

Il est réalisé par l'eau froide chloré (1à 3 ppm de Cl_2) à une pression entre 0,8 et 2 bar pour assurer la propreté et la stérilisation ainsi refroidir les bouteilles jusqu'à la température ambiante.

***L'inspection visuelle par des mireurs :**

Cette étape consiste à éliminer les bouteilles males lavées, étrangères ou ébréchées.

***L'inspection électronique :**

Cette étape s'effectue avant le soutirage, dont le but d'éliminer les bouteilles contenant des corps étrangers, du liquide ou présentant un goulot abîmé au fond de la bouteille.

***Carbonations et refroidissement : (préparation de la boisson)**

Cette étape consiste à mélanger le sirop fini, l'eau traitée refroidi et le CO₂ dans un mixeur pour obtenir la boisson gazeuse souhaitée.

NB : selon la boisson souhaitée, on mélange des volumes spécifiques d'eau traitée et de sirop fini pour avoir le brix demandé.

***Soutirage et bouchage :**

C'est le remplissage des bouteilles lavées par une soutireuse, ces bouteilles seront bouchées sans aucune intervention du conducteur de la machine.

Les bouteilles soutirées et fermées sont contrôlées visuellement par des mireurs bien formés pour éliminer toutes bouteilles males remplies, contenant un corps étranger ou males bouchées.

N.B : La boucheuse contient des têtes numérotées pour faciliter le contrôle en cas d'anomalie

***Codage et étiquetage :**

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

***Encaissage et stockage :**

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

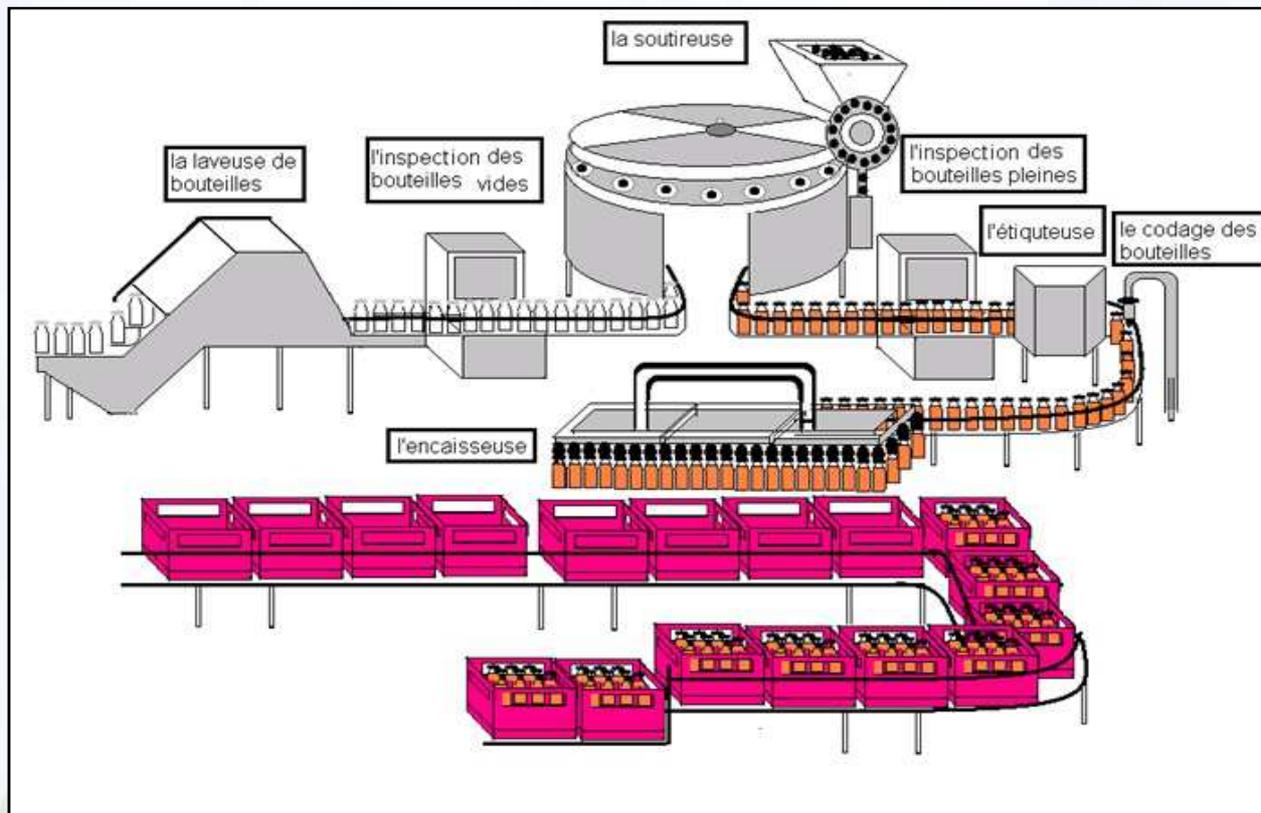


Figure n°5 : Schéma d'embouteillage en verre.

2. Analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire en cours de production :

2.1) Contrôle du volume de CO₂ de la boisson :

Le contrôle est effectué à l'aide d'un manomètre ou bien avec un appareil (ZHAM) et d'un thermomètre. Une bouteille prélevée de la chaîne de production, est placée dans le manomètre, puis on perfore la capsule à vis ou le bouchon à couronne, après on purge pour remettre l'aiguille du manomètre à zéro, et on commence à agiter sur un agitateur jusqu'à stabilisation de l'aiguille. On lit la pression correspondante, puis on détermine la température de la boisson à l'aide du thermomètre.

Après avoir effectué ces deux opérations, on consulte le tableau de carbonatation. L'intersection du couple température-pression donnera le volume du gaz carbonique dans la boisson.

2.2) Contrôle du brix de la boisson :

Le degré brix est le pourcentage en poids de la matière sèche (saccharose) dans la boisson. Avant d'effectuer ce contrôle, **on décarbonate** la boisson dans un bêcher pendant 3 min en se servant d'un décarbonateur à air comprimé.

- ✓ on utilise pour ce contrôle un densimètre électronique (**DMA**) et une seringue.
- ✓ on rince la cellule du densimètre par la boisson à l'aide de la seringue.
- ✓ on injecte dans la cellule une petite quantité de la boisson.
- ✓ on attend l'arrêt du clignotement pour lire la valeur qui représente le brix de la Boisson.

2.3) Contrôle du goût, odeur et apparence de la boisson :

Ce contrôle est très important, parce que le goût, l'odeur et l'apparence sont des paramètres très sensibles. Ce type de contrôle est assuré par les contrôleurs techniciens de la compagnie.

2.4) La hauteur de remplissage :

Ce contrôle est effectué à l'aide d'un calibre de vérification de hauteur qui doit être fait au début et au cours d'une période d'embouteillage et à chaque incident de soutir

2.5) Contrôle du capsulage :

Ce contrôle doit être effectué au début de chaque période d'embouteillage et après chaque réglage de la capsuleuse à l'aide d'un calibre <go> ou <no go>.

- Si le bouchon à couronne passe à travers le calibre <no go>, cela signifie que le sertissage est trop fort.
- Si le bouchon à couronne ne passe pas à travers le calibre <go>, cela signifie que le sertissage est trop faible, ce qui entraînera une fuite de liquide par suite une mauvaise saturation de CO₂.

2.6) Contrôle du bouchage (Mesure de torque)

Cette opération consiste à mesurer l'intensité du couple de force nécessaire pour dévisser une capsule à vis des bouteilles en verre.

On écarte les épingles de l'appareil, puis on pose la bouteille remplie sur la plate-forme de l'appareil. On serre après la bouteille fermement en tournant le serrage dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre et on met l'appareil à Zéro.

On tourne le bouchon doucement dans le sens de l'ouverture jusqu'à ouverture de la bouteille.

On relève finalement la valeur affichée.

- Si la valeur est supérieure à 17 le client va trouver une difficulté lors de l'ouverture de la bouteille.
- Si elle inférieure à 8 il y aura perte de CO₂.

2.7) Inversion du brix des boissons :

Le but de ce test est de déterminer le brix réel de la boisson par inversion. On verse d'abord 50 ml de boisson décarbonatée dans un flacon propre et sec, puis on y ajoute 0,3 ml de l'acide d'inversion (HCl), on ferme et on mélange. On place ensuite l'échantillon dans un bain marie à 90°C et on laisse dedans pendant une heure après avoir s'assurer que le niveau de l'eau dans le bain marie couvrira au moins 60% du liquide dans le flacon. Après une heure, l'échantillon enlevé est refroidit à la température ambiante.

On mesure alors le brix inversé de l'échantillon en utilisant le DMA afin de déterminer le brix réel.

2.8) Débris de verre :

Ce test consiste la recherche des débris de verre dans les produits finis lors des explosions des bouteilles en verre au niveau de la soutireuse.

Le processus de contrôle consiste à ramener au laboratoire les bouteilles éliminées lors de l'explosion, puis on allume la lampe d'inspection. On expose alors les bouteilles une par une à la lumière et on voit s'il y a présence des débris de verre.

On cas de doute, on procède à une filtration du produit pur sur filtre 38 µm et on contrôle donc la membrane.

2.9) Détermination du contenu net :

Ce contrôle consiste à mesurer le contenu net des bouteilles de verre. On prélève cinq bouteilles remplies de la ligne de verre, la différence du poids de chaque bouteille (Mp-Mv) donne le contenu net de chaque bouteille. On mesure par la suite la valeur de brix de l'échantillon de ces bouteilles. Chaque valeur de brix correspond à une densité spécifique.

On mesure le contenu net d'après la relation suivante :

$$\text{CN} = \frac{\text{Mp}-\text{Mv}}{d}$$

CN : contenu net

M_p : poids de la bouteille pleine

M_v : poids de la bouteille vide

D : densité

On vérifie si la valeur se trouve dans le domaine des normes.

2.10) Recherche de moisissures dans les bouteilles :

A la sortie de la laveuse, quelques bouteilles sont prélevées au hasard, sont numérotées. On verse 50ml environ de bleu de méthylène dans la première bouteille, le coulé sur les paroi interne de la bouteille, puis on renverse la solution dans la deuxième bouteille, la troisième et ainsi de suite jusqu'à la dernière, on les rince après avec de l'eau.

S'il ya présence des taches bleues, cela signifie qu'il existe de moisissures dans la bouteille et donc il existe un problème au niveau de lavage, c'est à ce moment là qu'on procède un contrôle de gicleurs.

2.11) Contrôle du pourcentage de la soude dans les bains de la laveuse :

Ce contrôle consiste à déterminer le pourcentage de la soude dans les bains de la laveuse. Chaque jour, afin de contrôler ce pourcentage, les opérateurs du laboratoire procèdent au mode opératoire suivant :

On introduit dans un bêcher, 5 ml de l'eau du bain n°1 avec 25ml de l'eau de robinet, 2 ml de chlorure de Baryum (BaCl 0,25%) et quelques gouttes de **phénophtaléine**. On titre avec une solution de **H₂SO₄ (N=1,25)** jusqu'à la disparition de la couleur rose. La norme est comprise entre 1,5 et 2% de soude (NaOH).

Le même mode opératoire pour le bain n°2 mais cette fois-ci la norme comprise entre 2 et 2,5% de soude(NaOH).

2.12) Contrôle du pourcentage du chlore dans le bain N°3 :

On remplit une cuvette de 10ml par l'eau du bain chloré, puis on lui ajoute un comprimé DPD (**Diméthyle-para-Phénylène Diamine**), la solution se colore en rose. Ensuite on place cuvette dans un comparateur colorimétrique (Comparateur Lovibond) contenant un disque mesures. On ajuste ce disque jusqu'à l'obtention de la même couleur que celle de la cuvette et lit la valeur correspondante en mg/l.

Introduction :

Pendant le processus de traitement d'eau, l'évaluation de la qualité d'eau dépend des résultats des différentes analyses (TAC, TA, TDS...). Ce chapitre est consacré à l'analyse de plusieurs paramètres qui permettent de vérifier le bon fonctionnement des différents composants de l'installation de production et de s'assurer qu'on peut avoir une eau qui répond aux normes spécifiés par la compagnie des boissons gazeuses.

Les paramètres contrôlés pour les différents types des eaux sont représentés dans le tableau suivant :

Eau contrôlée	Paramètres	Normes
Eau brute	-Goût , Odeur , Apparence. - pH. - Cl ₂ (ppm). - TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - Turbidité (NTU).	----- -pH=7 -Cl ₂ = 0ppm -TA= 0ppm -TAC= 312ppm -TDS<500ppm -Turbidité ≤0,5NTU*
Eau de filtre à sable	-Goût, Odeur, Apparence. - Cl ₂ (ppm). - Aluminium (ppm). - Turbidité (NTU). - pH	----- -Cl ₂ (1à3ppm) -Aluminium(0-0,1ppm) -Turbidité(≤0,5NTU) -PH=7
Eau de décarbonateur	- TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - pH.	-TA(<2ppm) et (TAC(<85ppm) -TDS(<500ppm) -pH>4.9
Eau de filtre à charbon	- Cl ₂ (ppm). - Aluminium (ppm) - TA et TAC (ppm). - TDS (ppm). - Turbidité (NTU). - pH.	-Cl ₂ (1à3ppm) -Aluminium(0-0.1ppm) -TA(<2ppm) et TAC(<85ppm) -TDS(<500ppm) -Turbidité(<0,5NTU) 4.9<pH<7
Eau de filtre polisseur	- Turbidité(NTU) - Dureté totale(ppm)	-Turbidité (<0,5NTU)

Eau adoucie	- G.O.A. - Dureté calcique (Ca ²⁺ en ppm). - Dureté Totale (Ca ²⁺ et Mg ²⁺ en ppm)	----- -Dureté calcique(<40ppm) -Dureté totale (<100ppm)
-------------	---	---

*NTU : unité de mesure de la turbidité

Tableau 2 : les paramètres contrôlés pour les différents types d'eau Analysées

I. Les analyses physico-chimiques d'eau traitée :

I.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 (CO₃²⁻), les ions hydrogénocarbonates (HCO₃⁻) et dans la moindre mesure, les ions phosphates (PO₄³⁻) et silicates (SiO₃²⁻).

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.

Il correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogénocarbonates (HCO₃⁻) par un acide fort.

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

Bilan des réactions prédominantes:

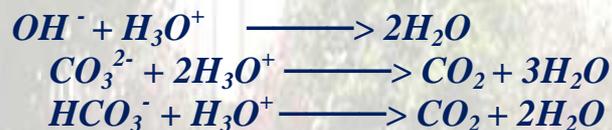


Le virage de la phénolphtaléine a lieu dans le domaine de prédominance de l'ion hydrogénocarbonate.

La TAC correspond à la mesure d'une eau en hydroxyde (OH⁻), en carbonates (CO₃²⁻) et en hydrogénocarbonates (HCO₃⁻) alcalins et alcalino-terreux.

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

Bilan des réactions prédominantes :



Mode opératoire (TA).

Dans un erlenmeyer, on introduit 100ml de l'échantillon de l'eau, on ajoute trois gouttes de la solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) 0,1N. Ensuite on verse quelques gouttes de phénolphtaléine et on agite.

Si la solution reste incolore, TA= 0 (mg/l)

Si la couleur change en rose, on titre par une solution de l'acide sulfurique H₂SO₄ (0,02N)

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

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

Mode opératoire (TAC).

On prélève 100ml de l'échantions d'eau, on ajoute quelques gouttes du méthyle orange et on mélange. Si une coloration orange apparaît, on titre avec la solution de H₂SO₄ (0,02N) jusqu'au virage. Le calcul du titre alcalimétrique complet se fait par l'équation :

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

Résultats d'analyses:

Les analyses du TA et du TAC de l'eau traitée au niveau du décarbonateur sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

		Au niveau du décarbonateur			
heure	jours	TA	TAC	NORME TA <2ppm	NORME TAC <85ppm
08h:20	20-avr	0	35	2	85
08h:20	21-avr	0	33	2	85
08h:20	22-avr	0	40	2	85
08h:20	23-avr	0	48	2	85
08h:20	24-avr	0	50	2	85
08h:20	25-avr	0	46	2	85
08h:20	26-avr	0	70	2	85

Tableau 3 : résultats d'analyses du TA et du TAC à la sortie du décarbonateur.

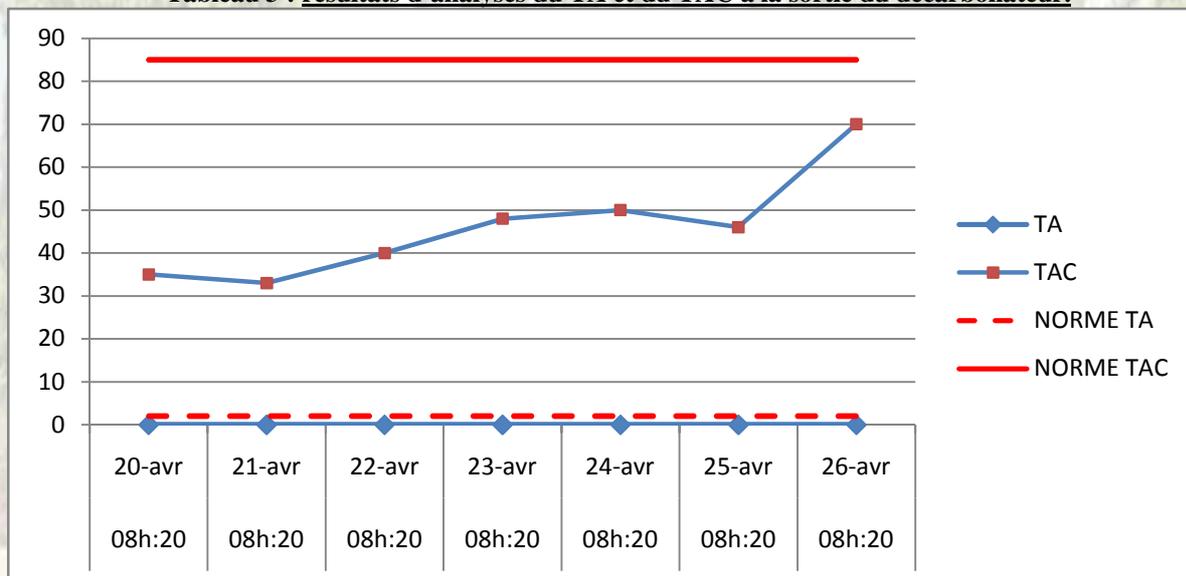


Figure n°6 : les variations des valeurs du TA et du TAC au cours d'une semaine.

Interprétation :

D'après la courbe, on constate que la valeur du titre alcalimétrique complet(TAC), augmente pour atteindre une valeur proche de la valeur exigée (85 ppm) dans le septième jour, cela nécessite une régénération de la résine.

Le titre alcalimétrique(TA) au cours de cette semaine au niveau du décarbonateur est toujours nul, car il n'y a pas d'ions carbonates puisque le $\text{pH} < 8.3$.

I.2 Mesure de 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 s'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 à l'aide d'un appareil pH-mètre étalonné. L'étalonnage se fait quotidiennement au début de la journée.

Résultats d'analyse :

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

La norme de pH au niveau de décarbonateur est comprise entre 4,9 et 7.

La norme de pH au niveau de filtre à sable est comprise entre 6,5 et 7,5.

Le pH			
heure	les jours	Sortie du décarbonateur	Sortie du filtre à sable
08h20	20-avr	5,29	7,4
08h20	21-avr	5,58	7,33
08h20	22-avr	5,61	7,37
08h20	23-avr	5,73	7,44
08h20	24-avr	5,64	7,36
08h20	25-avr	5,66	7,33
08h20	26-avr	5,86	7,33

Tableau 4 : résultats d'analyses du pH à la sortie du décarbonateur et du filtre à sable.

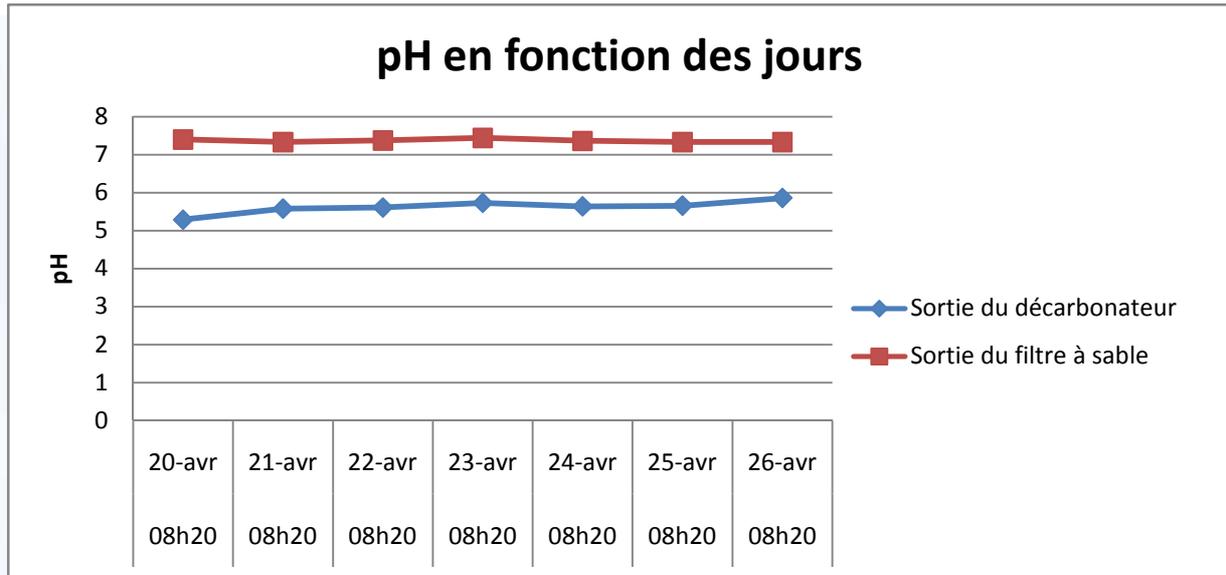


Figure n° 7 : les variations du Ph au cours de la semaine.

Interprétations :

La courbe de la figure n° montre que les valeurs du pH mesurées à la sortie du décarbonateur, atteignent la valeur de 5,86. Cela nécessite une régénération qui sert à diminuer le pH.

Les valeurs du pH trouvées à la sortie du filtre à sable varient mais restent toujours dans les normes.

I.3 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.

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

Mode opératoire :

On mesure le taux de chlore par une méthode colorimétrique suivante : Dans une cellule (cuvette) transparente de 10ml, on prélève un échantillon d'eau, puis 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 de l'existence du chlore).

La cuvette optique est mise dans un comparateur colorimétrique (**comparateur Lovibond**) contenant un disque avec des mesures. On ajuste ce dernier jusqu'à l'obtention de la même couleur que celle de la cuvette et on lit la valeur correspondante en mg/l.

Les résultats de ce test au cours d'une semaine sont regroupés dans le tableau suivant :

Le chlore		
les jours	Entrée du filtre à charbon (1 à 3 ppm)	Sortie du filtre à charbon (0ppm)
20-avr	2	0
21-avr	2	0
22-avr	1,8	0,2
23-avr	1,6	0,3
24-avr	1,8	0
25-avr	1,6	0
26-avr	1,6	0

Tableau 5 : résultats d'analyses du chlore au niveau du filtre à charbon

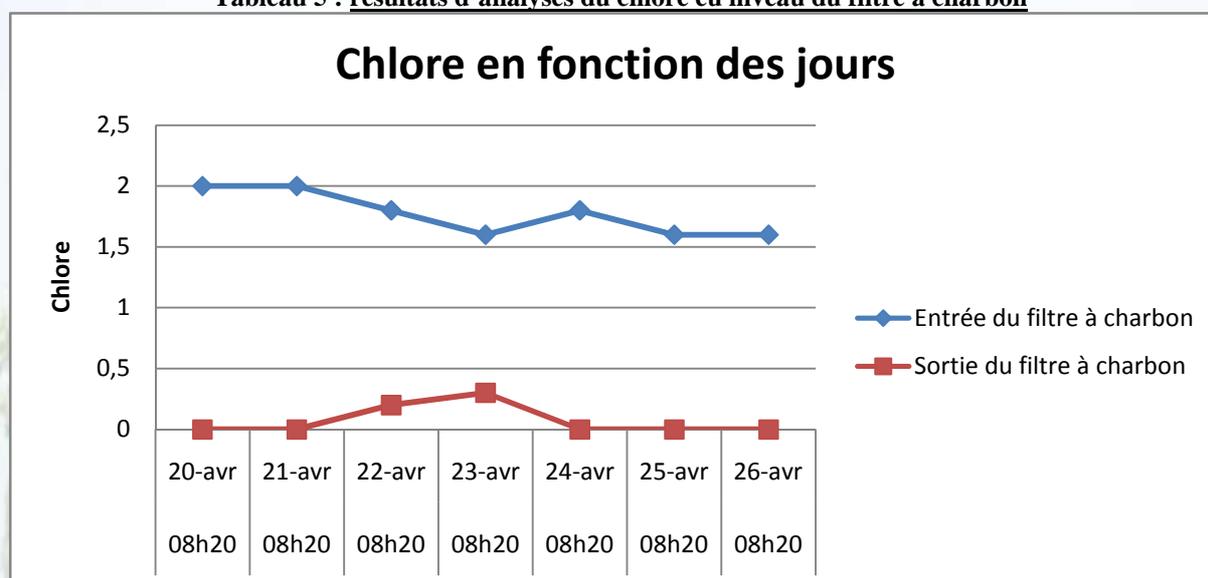


Figure n°8 : la variation du chlore tout au long de la semaine.

Interprétation :

Les valeurs du chlore au niveau de l'entrée du filtre à charbon sont presque constantes et inférieures aux normes exigées (entre 1 et 3 ppm).

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

1.4 Mesure 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 coagulants-floculant (sulfate d'alumine) 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 (unité de mesure de la turbidité)**.

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

		La turbidité		
Heures	Les jours	F. à sable	F.à charbon	Norme <0,5 ppm
08h20	20-avr	0,149	0,148	0,5
08h20	21-avr	0,147	0,146	0,5
08h20	22-avr	0,142	0,137	0,5
08h20	23-avr	0,138	0,138	0,5
08h20	24-avr	0,144	0,142	0,5
08h20	25-avr	0,138	0,136	0,5
08h20	26-avr	0,142	0,14	0,5

Tableau 6 : résultats d'analyses de la turbidité au niveau du filtre à sable et du filtre à charbon.

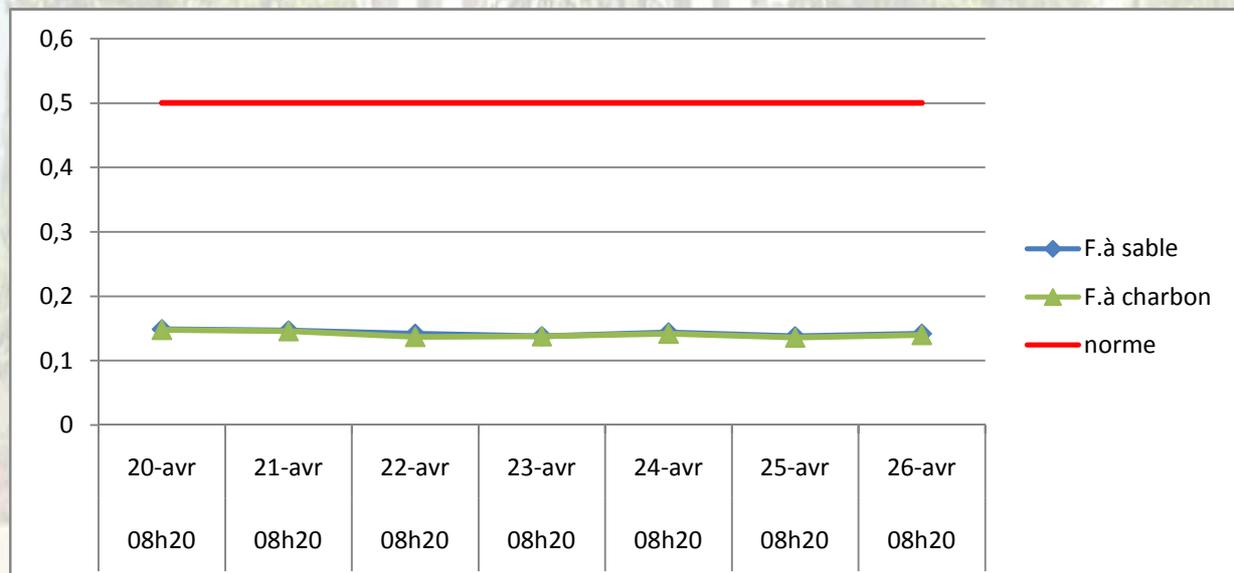


Figure n°9 : les variations de la turbidité au cours de la semaine.

Interprétation :

Sur la courbe, on observe de petites variations de la turbidité au niveau du filtre à sable et du filtre à charbon tout au long de la semaine.

Mais la valeur trouvée reste toujours très inférieure à la valeur de consigne 0,5NTU.

1.5 Dureté totale de l'eau :

La dureté totale ou titre hydrométrique est la concentration totale en ion calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Elle se détermine par un titrage complexométrique, utilisant l'édétate de sodium comme réactif étalon, à une valeur de pH fixé à 10 en présence de noir d'ériochrome comme indicateur coloré.

Mode opératoire :

Pour déterminer la dureté totale, on met dans un erlenmeyer 50ml d'eau à analyser, on y ajoute 2ml de la solution tampon de **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.

On calcule la dureté totale par la formule suivante :

$$\text{DT (mg/l)} = \frac{\text{V(EDTA) versé en ml} *}{20}$$

1.6 Dureté calcique de l'eau :

La dureté calcique est la concentration en ion calcium Ca^{2+} . Elle se détermine par un titrage complexométrique avec 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 introduit 50ml d'eau à analyser, on y ajoute 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium **NaOH 1N** et quelques gouttes de l'indicateur **Murexide**.

Si la solution est colorée en bleu franc, il n'y a pas de calcium.

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

On calcule la dureté calcique par la formule suivante :

$$\text{DC (mg/l)} = \frac{\text{V(EDTA) versé en ml} *}{20}$$

Les deux principaux

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

Les résultats d'analyse au cours d'une semaine sont affichés dans le tableau suivant :

		Eau adoucie			
Heure	jours	DC	DT	Norme DC	Norme DT
08h10	20-avr	6	10	40	100
08h10	21-avr	4	12	40	100
08h10	22-avr	8	14	40	100
08h10	23-avr	30	76	40	100

08h10	24-avr	10	16	40	100
08h10	25-avr	6	10	40	100
08h10	26-avr	10	22	40	100

Tableau 7 : résultats d'analyses effectuées sur l'eau adoucie.

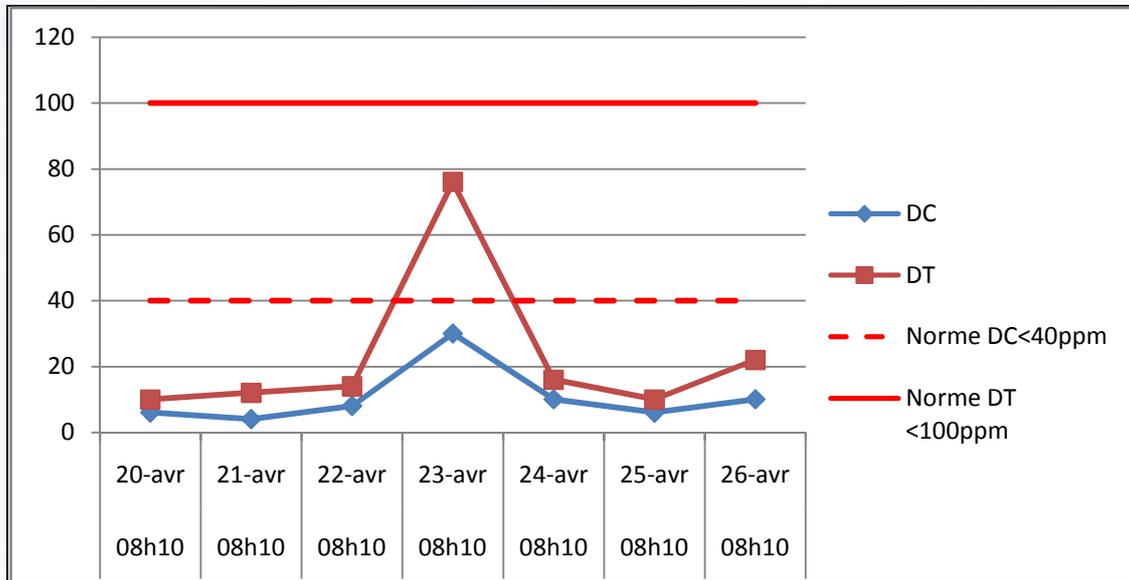


Figure n°10 : les variations de TD et DC au cours d'une semaine.

Interprétation :

D'après la courbe de la figure n°6, la dureté totale et la dureté calcique augmente dans le quatrième jour. Ceci est dû à la saturation de la résine 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 approche à celle des consignes que l'opérateur procède à une régénération de l'adoucisseur.

I.7 Mesure du taux d'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 :

Le test de taux d'aluminium est similaire à celui du chlore utilisant une méthode colorimétrique. On remplit la cuvette optique jusqu'au trait de jauge par l'eau à analyser 10ml. 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 le disque jusqu'à l'obtention de la même couleur que celle de la cuvette. On lit la valeur correspondante en mg/l.

1.8 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**, on plonge l'électrode dans l'échantillon et on lit la valeur affichée par le TDS-mètre en mg/l. La norme est inférieure à 500mg/l.

Conclusion

Le stage que j'ai effectué au sein 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 l'équipe, ainsi qu'il m'a offert une vision plus proche de la réalité du monde industriel.

D'autre part, il est à signaler que lors de ce stage, j'ai eu l'occasion d'assister aux techniques de contrôle et des analyses physico-chimique qui se font au niveau du laboratoire.

Il m'a permis aussi d'exploiter et d'évaluer mes connaissances théoriques et pratiques

pendant a acquise à la faculté des sciences et techniques de Fès.

Après les différents traitements d'eau (coagulation-floculation, la filtration, la décarbonatation et l'adoucissement). Et d'après la suivie des analyses physico-chimiques de l'eau utilisée pour la production de la boisson gazeuse et pour le lavage des bouteilles. Les résultats ont montré que l'eau a une qualité conforme aux normes exigées.

