



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUIVI ET CONTRÔLE DES PARAMETERES PHYSICO-CHIMIQUES DU TRAITEMENT DES EAUX

Présenté par :

◆ FILALI Mouâd

Encadré par :

- ◆ Mr. FAHMI (C.B.G.N - Fès)
- ◆ Pr. A. BOULAHNA (FST-Fès)

Soutenu Le 15 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr. E.M. EL HADRAMI
- Pr. A. MELIANI
- Pr. A. BOULAHNA

Stage effectué à la C.B.G.N

Année Universitaire 2010 / 2011

Dédicaces

Je tiens tout d'abord à dédier ce travail modeste à toute la famille pour son soutien moral ainsi que financier.

Mes dédicaces sont également adressées à mes amis et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Remerciement

Avant d'aborder le vif de mon projet je tiens à remercier :

 *Monsieur **Le Directeur** de la Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord de FES de nous a permis d'effectuer notre stage technique au sein d'une entreprise de taille telle que C.B.G.N.*

- ☐ Mon encadrant Monsieur **FAHMI**, je tiens aussi à remercier mademoiselle **MAHJOUBA** et Monsieur **WAHID** pour la confiance, le grand soutien, la disponibilité qu'ils m'ont accordé pour faire réussir ce travail. Ils ont fait preuve à la fois d'une grande patience, collaboration, gentillesse, et d'un esprit responsable et critique.
- ☐ Monsieur **E.M. ELHADRAMI**, Monsieur **A. MELIANI** et Monsieur **A. BOULAHNA** professeurs à la FST de Fès pour avoir accepté de juger ce travail.
- ☐ le personnel (cadres, techniciens et employés) de cette entreprise pour leur collaboration précieuse et de leurs aides très utiles, spécialement à ceux qui ont répondu favorablement à nos questions.

Merci

Sommaire



Introduction :1

Chapitre I : Présentation de la CBGN :2

- | | | |
|------|------------------------|---|
| I. | Historique de coca | |
| | cola : | 3 |
| II. | Coca cola au | |
| | Maroc : | 3 |
| III. | Compagnie des boissons | |
| | gazeuses : | 4 |

↳	Organisation de la	
	CBGN :	5

IV. Schéma du cycle de Procédé de fabrication des boissons gazeuses :.....5

Chapitre II : Traitement des Eaux :.....6

↳	Introduction :	7
---	----------------------	---

I. Objectif :.....7

II. Description du procédé de traitement de l'eau :.....8

II.1. Principe de la chloration :	9
---	---

II.1.a. Première chloration :	9
-------------------------------------	---

II.1.b. Deuxième chloration :	9
-------------------------------------	---

II.2. Coagulation-floculation :	10
---------------------------------------	----

II.3. Principe de filtration :	11
--------------------------------------	----

II.3.a. Filtre à sable :	11
--------------------------------	----

II.3.b. Filtre décarbonateur :	12
--------------------------------------	----

II.3.c. Filtre à charbon :	13
----------------------------------	----

II.3.d. Filtre polisseurs :	15
-----------------------------------	----

III. L'adoucissement de l'eau :.....15

III.1. Objectif :.....	16
III.2. Les installations :.....	16
III.3. Le Procédé du traitement :.....	17

Chapitre III : Partie expérimentale : contrôle physico-chimiques des eaux :..... 19

↳ Introduction :.....	20
I. Calculs et modes opératoires :.....	21
I.1. Détermination du taux d'alcalinité complet :.....	21
I.1.a. Titre alcalimétrique (TA) :.....	21
I.1.b. Titre alcalimétrique complet (TAC) :.....	21
I.2. Taux d'Aluminium et du Chlore :	22
I.2.a. Cas du Chlore Cl_2 :.....	22
I.2.b. Cas de l'Aluminium Al :.....	23
I.3. Mesure du taux de solide dissous (TDS) :.....	23
I.4. Mesure de la turbidité :.....	24
I.5. Dureté de L'eau :.....	24
I.5.a. Mesure de la dureté calcique (D_C) :.....	24
I.5.b. Mesure de la dureté totale (D_T) :.....	25
II. Résultats des analyses :.....	26
III. Interprétation :.....	27
✓ Conclusion :.....	28
Bibliographie.....	29

Liste d'abréviation



boissons gazeuses du nord.

C.B.G.N : Compagnie des



Diamine.

D.P.D: Diethyl-p-Phenylène



Dc : Dureté calcique.



Dt: Dureté totale.



Bottling Company.

E.C.C.B.C: Equatorial Coca-Cola



tetraacetique.

E.D.T.A : Ethylène diamine



Company.

N.A.B.C: North Africa Bottling



T.A : titre alcalimétrique.



complet.

T.A.C: Titre alcalimétrique



dissous.

T.D.S : Taux des solides

INTRODUCTION

Dans un environnement en pleine mutation, caractérisé par une concurrence dure impliquant une multitude d'opérateurs économiques, adoptant des styles de management différents et entreprenants des décisions multiples, et face à un développement remarquable au niveau des habitudes des styles de vie et de préférences des consommateurs. Il est aussi primordiale de prendre en compte l'environnement technologique porteur d'opportunités pour l'entreprise et garantissant l'avenir de celle-ci.

Compte tenu de ces contraintes et ces aléas, l'entreprise est appelée à être capable d'agir positivement sur aussi bien son environnement interne qu'externe, par d'abord une organisation innovante qui répond aux objectifs stratégiques et visant la satisfaction des attentes du marché.

Il convient également pour l'entreprise de disposer des ressources qualifiées aptes à entreprendre des décisions efficaces et efficientes en adoptant des techniques de gestion modernes.

En définitif, l'entreprise est condamnée à répondre à la problématique qui se résume autour du triple suivant : qualité, délai, coût.

Mon présent rapport s'articule autour de trois chapitres :

- ☒ Le premier chapitre est consacré à une présentation générale de l'entreprise.
- ☒ Le second chapitre nous rappellerons le processus du traitement des eaux de la C.B.G.N.
- ☒ Le troisième chapitre, nous présentons les différents résultats d'analyses physico-chimiques effectuées au niveau du traitement des eaux.

Chapitre I :

Présentation de

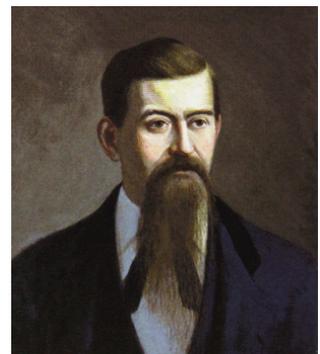
La CBGN

I-

Historique

de COCA COLA :

Le 8 mai 1886, John Stith Pemberton, pharmacien à ATLANTA (Georgie, USA), découvre un nouveau sirop et le met en vente au «



soda fountain » 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 1887 la prohibition est annulée et Pemberton décide de reprendre la production de son **French Wine Coca** laissant à son fils celle du coca cola.

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.



II- Coca-Cola au Maroc :

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.

III- La compagnie des boissons gazeuses de Nord :

La C.B.G.N est la compagnie des boissons gazeuses du nord

- **En 1952** : c’est la mise en place de la C. B G N : 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 « C.B.G.N » 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 lancée en **1992** les bouteilles en plastique PET, elle a même achetée une nouvelle machine avec une grande capacité (plus de 6000 bouteilles par heure, rapide 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 C. B G N devient filiale de l’ECCBC et par la suite de Coca-Cola Holding.

La C B G N reste parmi les anciens embouteilleurs qui existent au Maroc.

↳ Organisation de la C.B.G.N :

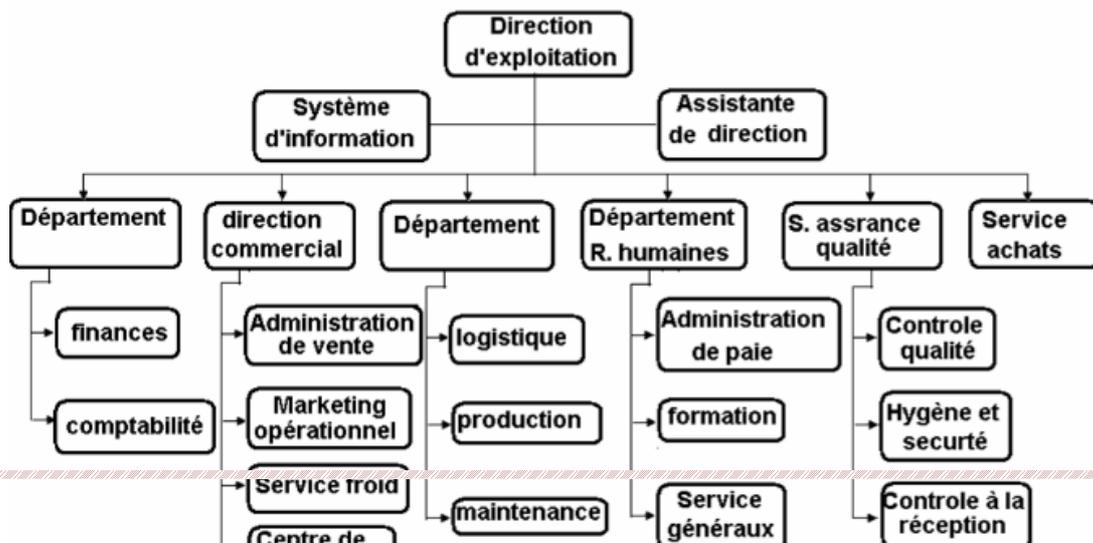


Figure 1 : l'organisation de la C.B.G.N

IV- Schéma du cycle de Procédé de fabrication des boissons gazeuses :

- ☒ Le processus de production des boissons gazeuses à la C.B.G.N passe par 3 étapes principales comme le montre la figure ci-dessous :

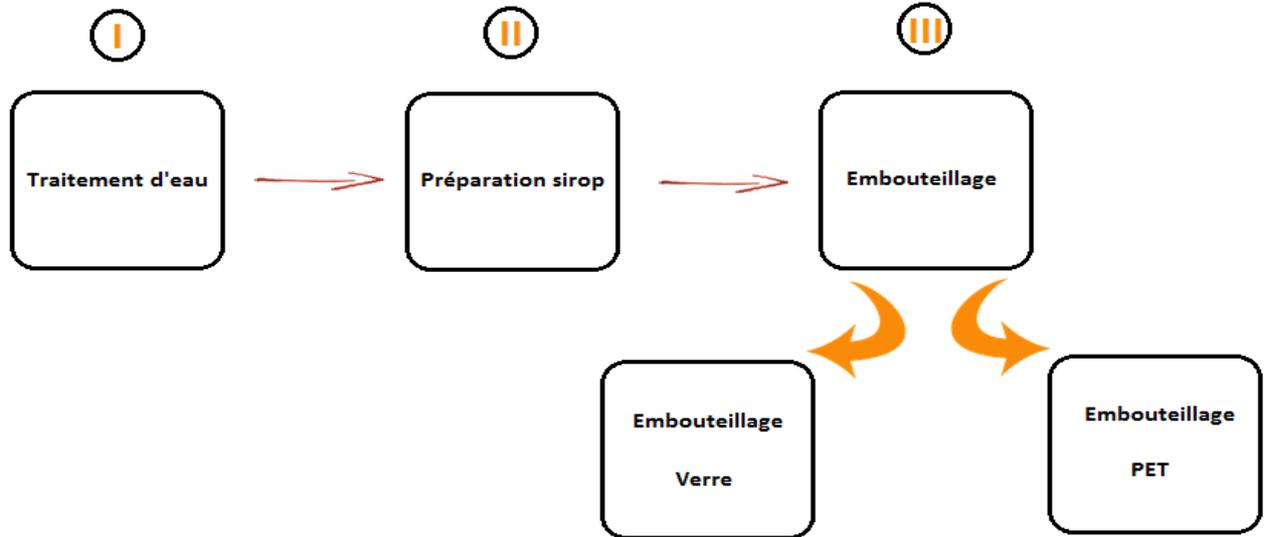


Figure 2 : Processus de fabrication

Chapitre II :

Traitement des

Faux

à la C.B.G.N



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 qui proviennent du réseau de distribution de l'eau

de ville, pour éliminer tous les impuretés qui peuvent exister.

I- 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 d'affecter le goût et l'aspect du produit.

Parmi les constituants de l'eau qui jouent un rôle nuisible à la qualité des boissons.

a- Les matières en suspension

L'eau de fabrication doit être exempte de toute matière en suspension, bien évidemment les grosses particules visibles à l'œil nu doivent être éliminées.

b- 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.

c- Les micro-organismes :

Sont présentes 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.

d- Les substances sapides et odorantes :

Le chlore, les chloramines et le fer peuvent réagir avec les arômes délicats des boissons et modifient le goût.

e- L'alcalinité :

Les bicarbonates, les carbonates ou les hydroxydes, peuvent donner un goût anormal au produit fini.

II. Description du procédé de traitement de l'eau :

Le traitement consiste à faire passer l'eau brute par plusieurs processus physico-chimiques : la coagulation, la chloration, la réduction de l'alcalinité, la décarbonation.

- ◆ Le processus chimique fait intervenir la stérilisation (chloration), la coagulation et la réduction de l'alcalinité.

- ◆ Le processus physique utilise le filtre à sable, le décarbonateur, le filtre à charbon et le filtre polisseur

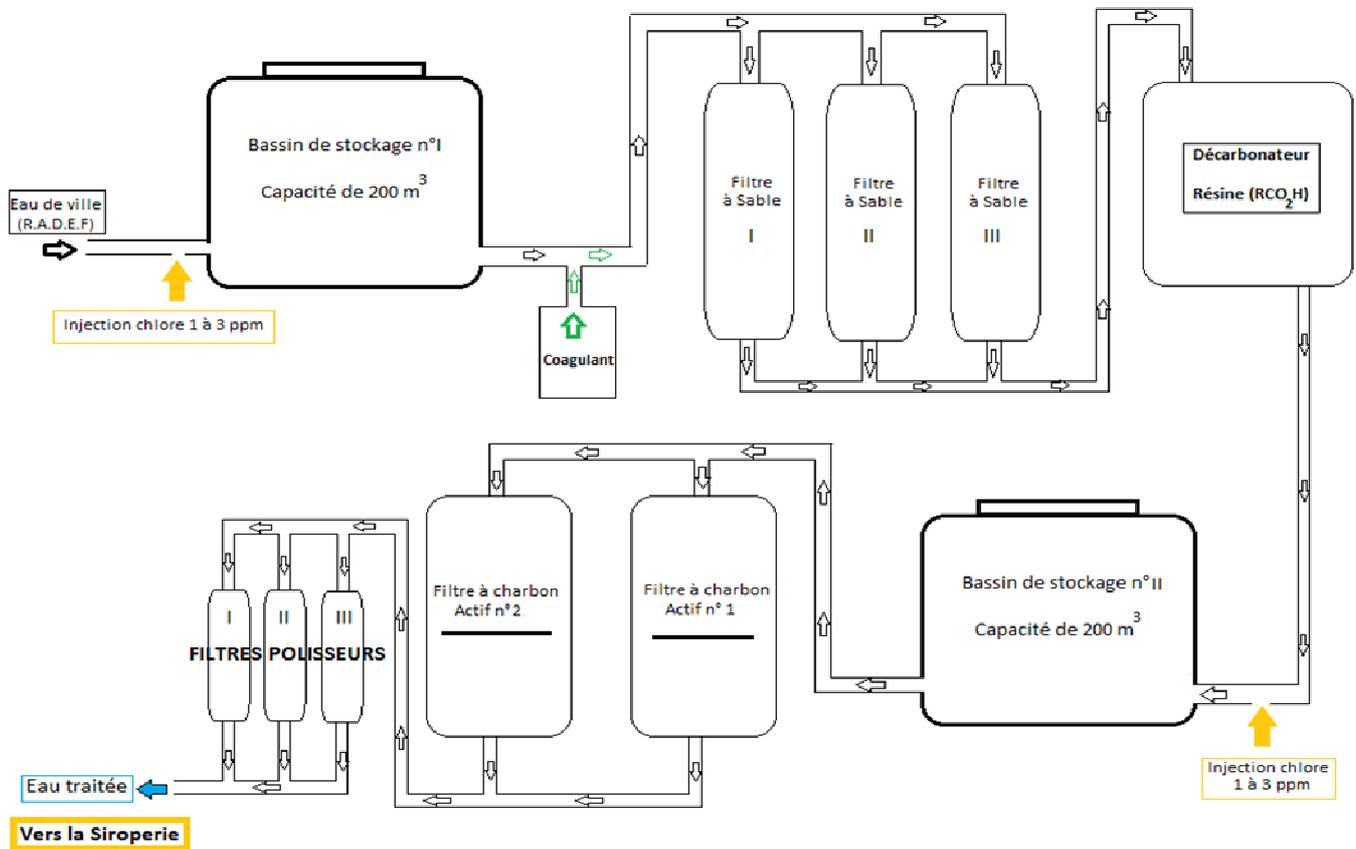


Figure 3 : Schéma du processus de traitement d'eau

II.1. Principe de la Chloration :

II.1.a. Première Chloration :

À l'entrée de l'usine, l'eau de ville est stockée au premier bassin, à ce niveau l'eau subit une chloration de 1 à 3 ppm, pour inhiber l'effet des germes pathogènes qui peuvent se trouver dans l'eau.

Caractéristiques : Le bassin n° 1 est réservé pour le stockage de l'eau de distribution. Sa capacité est d'environ 200 m³.

Remarque : Le contrôle au niveau de l'eau dans le bassin se fait par biais de sondes de niveau.

Analyses effectuées : Teneur en chlore, G.O.A

Fréquences : Une fois par jour

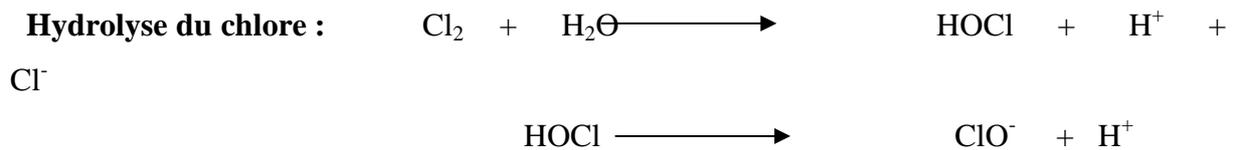
II.1.b. Deuxième Chloration :

C'est une étape de stérilisation de l'eau de sortie du **Décarbonateur** au deuxième bassin de stockage, à ce niveau l'eau subit une deuxième chloration de 1 à 3 ppm, dans le but

d'éliminer ou d'inactiver les germes pathogènes s'y trouvant, qui peuvent causer des maladies infectieuses chez le consommateur.

L'effet stérilisant du chlore bactéricide provient surtout d'un effet d'inhibition enzymatique plus que par son action oxydante directe sur la structure même de la cellule vivante.

Les réactions mises en jeu dans cette étape sont :



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

Caractéristiques : Le bassin n° 2 est réservé pour le stockage d'eau traitée à la sortie du décarbonateur. Sa capacité est d'environ 200 m³.

Remarque : Le contrôle au niveau de l'eau dans le bassin n° 2 se fait par le biais de sonde de niveau

Analyses effectuées : Teneur en chlore

Fréquences des analyses : Toutes les 4 heures

II.2. Coagulation-floculation :

La coagulation –floculation est un procédé physico-chimie de clarification des eaux, il permet la formation de floccs pour faciliter la filtration et pour cela on utilise deux types de coagulants :

- un coagulant de sel d'aluminium sous forme de polychlorosulfate basique.
- IDT-680 est un produit de consistance liquide de couleur jaune pâle soluble dans l'eau en toute proportion.

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

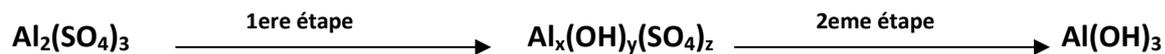
Cette prise en masse vise les particules colloïdales et dispersions fines, mais également les substances dissoutes et les grosses molécules hydrophiles.

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

↳ La Coagulation :

Dans un premier temps, *la coagulation*, par un ajout de sels métalliques (généralement de l'aluminium), permet de supprimer les répulsions intercolloïdales : les cations métalliques (Al³⁺) se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules colloïdales peuvent désormais se rencontrer.

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes.
Prenons l'exemple du sulfate d'aluminium :



- **L'étape 1** : est une phase d'hydrolyse. Des intermédiaires polychargés positifs se forment. Ils sont très efficaces pour neutraliser la charge des colloïdes. Il s'agit de la véritable forme coagulante qui déstabilise les particules chargées négativement.
- **L'étape 2** : permet la formation du précipité d' $\text{Al}(\text{OH})_3$. Cette réaction dépend de l'agitation du milieu. Ce précipité est l'élément qui assure la coalescence des colloïdes déstabilisés : c'est la forme floculante.

↳ La Flocculation :

Dans un second temps, *la flocculation* permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement. La solution exploitée par la flocculation est de provoquer, grâce à l'ajout de floculant, une agglomération des particules colloïdales. Par la suite, cet agglomérat de colloïdes appelé *floc* dispose d'une masse suffisante pour pouvoir se décanter.

II.3. Principe de la filtration :

Le processus de filtration de l'eau s'effectue en plusieurs étapes dans le but d'éliminer les matières en suspension qui se succèdent et qui sont les suivantes :

II.3.a. Filtration au niveau du filtre à sable :

La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement d'eau les plus anciennes, si cette méthode est correctement utilisée elle permet de produire une eau de grande qualité.

Le filtre à sable est monté juste après le point d'injection du coagulant et sert à arrêter toutes les particules de floc résultant du processus de coagulation - flocculation.

Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes:

- Filtrati
on pendant laquelle les particules sont séparées de l'eau à traiter.
- Adsorption
chimique pendant laquelle les particules les contaminants collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier.
- Assimi
lation par des micro-organismes aérobiques qui se nourrissent des polluants de l'eau.

Cette étape vient juste après le processus de coagulation floculation dont le but est de diminuer le taux de turbidité en se débarrassant des matières en suspension contenues dans l'eau.

☒ **Remarques** : Pour garantir la propreté du filtre à sable et améliorer son rendement, on recourt à :

- ✓ Un lavage à contre courant d'eau traversant le filtre pour expulser le floc résultant de processus de coagulation –floculation.
- ✓ un lavage à contre-courant par le chlore.
- ✓ Un lavage à contre-courant par l'air.
- ✓ Un lavage à co-courant du haut vers le bas par l'eau chlorée traitée.
- ✓ La vérification de l'état du sable s'effectue une fois tous les 3 mois.

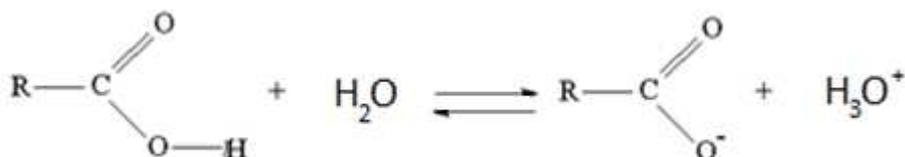
- **Analyses à l'entrée du filtre à sable** : Teneur en chlore
- **Analyses à la sortie du filtre à sable** :
 - O.A : Odeur et Apparence
 - Turbidité
 - Test d'interface
- **Fréquences des analyses** : Toutes les 4 heures

II.3.b. Filtration au niveau du filtre décarbonateur :

Le décarbonateur est monté à la sortie des filtres à sable dont le but principal est de réduire le taux d'alcalinité.

L'eau à traiter traverse un lit de **résine** faiblement acide de type **RCO₂H (fonction acide carboxylique)**. Les bicarbonates de calcium et de magnésium échangent leurs cations par l'hydrogène avec la formation de CO₂.

Remarque : Lorsque l'eau passe par la résine on a la réaction suivante :



✓

Le

proton H⁺ est le responsable d'abaissement du pH qui devient acide pendant cette opération, c'est-à-dire [H₃O⁺] > [OH⁻]. Donc on utilise une eau faiblement acide dans la production,

✓

C

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

NB: lorsque le colmatage se produit, on observe au cours des analyses de l'eau décarbonatée, le décarbonateur devra être régénéré.

La régénération de la colonne se fait avec une solution d'acide chlorhydrique concentrée.



Les

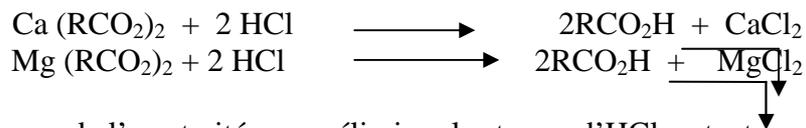
réactions d'échange ionique au niveau du décarbonateur sont :



L'eau décarbonatée obtenue passe vers le deuxième bassin de stockage où elle subira une deuxième stérilisation par le chlore. La teneur en chlore est entre 1 et 3 ppm.

Lorsque le colmatage se produit. On régénère la résine RCO_2H par un lavage à contre-courant à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

☀ Cette régénération se traduit par les réactions suivantes :



Puis un lavage avec de l'eau traitée pour éliminer les traces d'HCl restants.

Analyses à la sortie du décarbonateur :

- TAC, TA
- pH
- TDS

Fréquences des analyses : Toutes les 4 heures

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

La filtration de l'eau au niveau du filtre à charbon qui provient du deuxième bassin de stockage est destinée à éliminer le chlore et les différentes substances sapides et odorantes qui donnent un goût anormal aux produits.

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**.

•

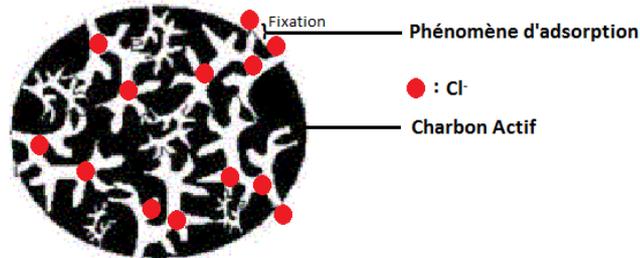
La

réaction d'adsorption : L'**adsorption**, à ne pas confondre avec l'absorption, est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides (**adsorbats**) se fixent sur une surface solide (**adsorbant**) selon divers processus

moins

Un atome

est



plus ou

intenses.

adsorbé

un **adatome**.

Figure 4 : Processus d'adsorption de chlore sur le charbon actif

La propreté du filtre à charbon est assurée par un lavage à contre-courant avec de l'eau pendant 15 à 30 minutes. Le lit de charbon actif doit être changé lorsqu'il ne parvient plus à éliminer le chlore.

Le lavage à contre-courant du filtre à charbon se fait chaque semaine.

L'opération de vérification du charbon actif s'effectue une fois tout les 3mois.

NB: l'efficacité de ce phénomène dépend non seulement de type de charbon utilisé mais également de la durée de son contact avec l'eau.

Analyses à l'entrée du filtre à charbon : Teneur en chlore

Analyses à la sortie du filtre à charbon :

- G.O.A : Goût, Odeur et Apparence
- TAC, TA
- Teneur en chlore
- pH
- TDS
- Turbidité

Fréquences des analyses : Toutes les 4 heures

II.3.d. Filtration au niveau du filtre polisseur :

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

Les filtres polisseurs doivent être nettoyés avec une solution chlorée à chaque changement de papier ou de cartouche.

La stérilisation du filtre polisseur s'effectue deux fois par semaine ou selon les analyses microbiologiques. Le filtre polisseur se forme d'un support de filtrer l'eau à la sortie de filtre à charbon.

NB : L'efficacité de ce type de filtration dépend de type et de la qualité des cartouches utilisés.

Analyses d'eau sortie polisseur :

- Turbidité
- D_T

Fréquences des analyses : Toutes les 4 heures

III. L'adoucissement de l'eau :

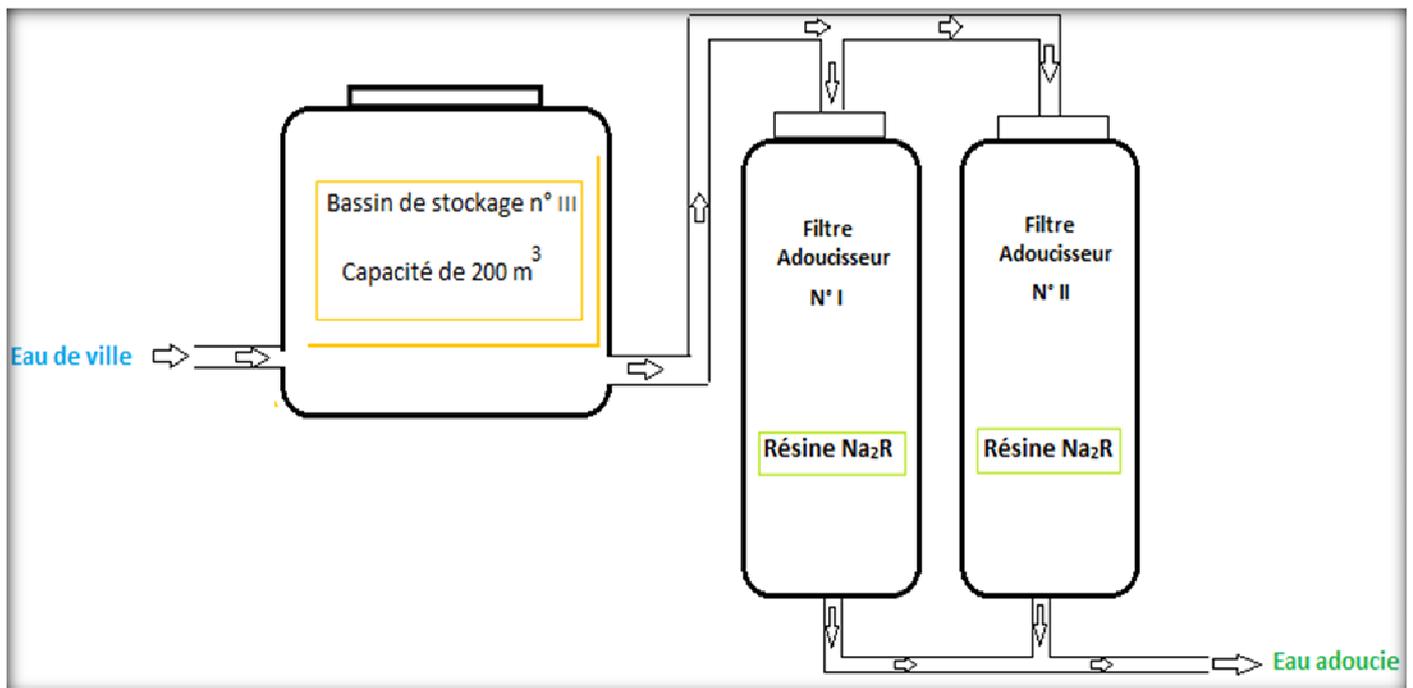


Figure 5 : Schéma du Processus de l'adoucissement de l'eau

III.1. Objectif :

Les laveuses des bouteilles, les laveuses des emballages consignés, les chaudières, les tours de refroidissement, le condenseur évaporateur et les autres appareils de production reçoivent un courant d'eau continue, en outre le lavage quotidien de l'usine et des installations nécessite d'importantes quantités d'eau.

Or l'eau utilisée peut contenir des impuretés susceptibles d'affecter le bon fonctionnement des équipements et de réduire la Durée de vie de l'installation.

C'est pour ces raisons que les eaux industrielles sont généralement traitées contre la dureté c'est-à-dire il faut éliminer les ions Ca^{2+} et les ions Mg^{2+} et à la fin on obtient une eau adoucie.

III.2. Les installations :

- ❖ Bassin de stockage N° III : Le bassin n° 3 est réservé pour le stockage de l'eau de distribution qui sera traitée sur adoucisseur pour être utilisé au lavage des emballages, aux chaudières et aux tours de refroidissement (compresseurs d'ammoniac et tour de siroperie. Sa capacité est d'environ 200 m³.
- ❖ Filtre adoucisseur : Le filtre adoucisseur est une colonne remplie d'une résine spéciale échangeuse d'ions qui a pour fonction de réduire la dureté de l'eau de lavage des emballages.

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 spéciale échangeuse d'ions qui a pour fonction de réduire la dureté de l'eau de lavage des bouteilles par élimination des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} responsable de la formation du tartre.

N.B : l'échange d'ions : est un procédé par lequel les ions contenus dans une solution sont éliminés pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge électrique (charge positive pour les cations, négatives pour les anions).

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.

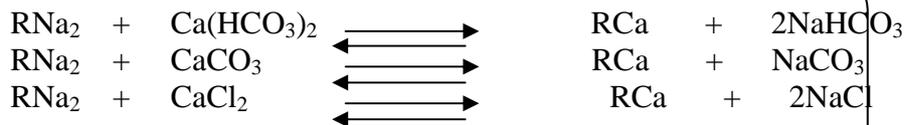
couche inférieure correspond à une couche de gros cailloux.

III.3. Description du procédé de l'adoucissement de l'eau :

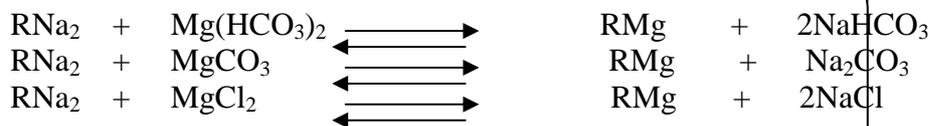
Lors de l'opération de rinçage des bouteilles, l'utilisation d'une eau trop dure peut entraîner la formation de tartre, pour réduire cette dureté, qu'elle est due à un excès de calcium et de magnésium, donc on peut procéder à un adoucissement sur une résine échangeuse de cations de type Na_2R , dont le rôle de fixer les cations Mg^{2+} et Ca^{2+} qui se trouvent dans l'eau et éliminer leur excès.

Une résine utilisée en adoucissement en cycle sodium peut être assimilée à une formulation du type : $(\text{R}^{2-}, \text{Na}^+)$ où R^{2-} est le "squelette" de la résine et Na^+ : l'ion mobile susceptible d'être échangé. Elle peut réagir avec le calcium et le magnésium de l'eau suivant des réactions d'échange symbolisées à l'équilibre par :

• Pour Ca^{2+} :



• Pour Mg^{2+} :



A la sortie de l'adoucisseur, le titre hydrotimétrique ou la dureté de l'eau traitée est faible et dans le cas où la mesure du taux de dureté révèle des valeurs hors norme, une opération de régénération de la colonne opérationnelle est nécessaire par l'ajout de NaCl pour que l'échange s'effectue entre les ions Mg^{2+} , Ca^{2+} et les ions Na^+ qui permet de réduire la dureté de l'eau à 98%.

La régénération d'un adoucisseur s'impose lorsque ce dernier est colmaté et lorsque les paramètres de dureté dépassent les normes de dureté totale et/ou calcique

- Dureté totale < 100 mg/l
- Dureté calcique < 40 mg/l

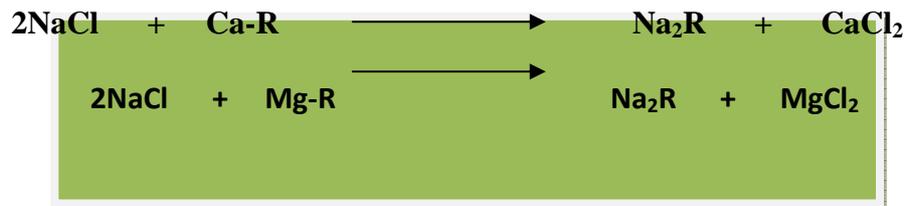
La régénération d'un adoucisseur se déroule en quatre étapes et se fait pour la colonne en service ou celle en arrêt. Les 4 cycles de régénération sont comme suit :

- ↳ 1^{er} cycle : Lavage à contre courant - durée : 15 minutes
- ↳ 2^{ème} cycle : Aspiration de la saumure (sel NaCl) - durée : 65 minutes

- ↳ 3^{ème} cycle : Rinçage lent de la saumure – durée : 30 minutes
↳ 4^{ème} cycle : Rinçage rapide – final – durée : 30 minutes

La régénération se fait automatiquement en suivant les différents cycles.

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



NB : L'opération de vérification de l'état de résine d'un adoucisseur s'effectue au moins une fois par an.

Remarque: l'eau adoucie subit une chloration avant son utilisation

Chapitre III :

Partie expérimentale :

Contrôle physico-chimiques

des Eaux

Introduction :

A l'aide de ces analyses, on peut vérifier en permanence, le bon fonctionnement des différents composants de l'installation et de s'assurer qu'on obtient une eau traitée qui répond aux normes spécifiées par la compagnie.

Les analyses effectuées quotidiennement sur l'eau, permettent de vérifier à tout moment le bon fonctionnement de la station de traitement et donc assurer une eau propre et salubre pour tout le processus de fabrication.

Ces analyses doivent, donc, être effectuées pour chaque étape du procédé pour vérifier la stabilité des différents paramètres et pouvoir ainsi faire des interventions de correction en cas de non-conformité.

- ❖ Les analyses physico-chimiques effectuées sont résumées dans les tableaux suivants :

Eau brut					
Cl ₂ (ppm)	TAC (ppm)	TA (ppm)	pH	TDS (ppm)	Turbidité (N.T.U)

Eau filtre à sable				Eau sortie du decarbonateur				Eau filtre à charbon							Filtre polisseur		
Entrée	sortie							Entrée	Sortie								
Cl ₂ (ppm)	pH	Aluminium (ppm)	Turbidité	TA (ppm)	TAC (ppm)	pH	TDS (ppm)	Cl ₂ (ppm)	Cl ₂ (ppm)	Aluminium	pH	TA (ppm)	TAC (ppm)	TDS (ppm)	Turbidité (N.T.U)	Turbidité (N.T.U)	D _T (ppm)

Eau adoucie	
D _c (ppm)	D _t (ppm)

I. Calculs et modes opératoires :

I.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*.

1.1.a. Titre alcalimétrique : TA

Indique la teneur de l'eau en ions libres (OH⁻) et carbonates (CO₃²⁻).

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

M

Mode opératoire :

- On prélève 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser.
- On ajoute quelques gouttes du phénophtaléine (indicateur colorée) et on remue.

O

Rés

ultats :

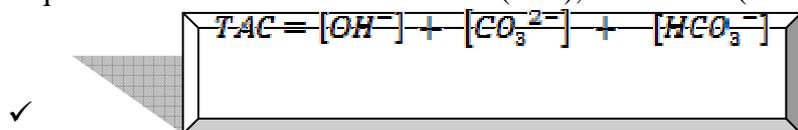
- Si la solution reste incolore : TA = 0(mg/l).
- Si la couleur change au rose : On titre avec une solution de H₂SO₄ (0,02N).

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

$$TA \text{ (mg/l)} = V \text{ (H}_2\text{SO}_4) \times$$

1.1.b. Titre alcalimétrique complet : TAC

Indique la teneur de l'eau en ions libres (OH^-), carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-).



AC en mmol/l

T

☒

ode opératoire :

M

- On ajoute quelques gouttes du thiosulfate de sodium (indicateur coloré) dans la même solution.
- On ajoute quelques gouttes du Méthyle orange (indicateur coloré) et on mélange.
- On titre avec H_2SO_4 (0,02N) jusqu'au virage du Jaune au Rouge.

☒

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

$$\text{TAC (mg/l)} = V (\text{total du dosage par } \text{H}_2\text{SO}_4) \times 10$$

L

1.2. Taux d'aluminium et du chlore :

Pour la mesure du taux de ces deux éléments, on utilise une cuvette de 10 ml et un comparateur à l'aide duquel on lit la valeur.



Figure 6 : Cuvette pour la
de Cl_2 et de Al .

mesure du taux

1.2.a. Cas du chlore : Cl_2

☒

éthode :

M

Le test Chlore Palintest est basé sur la méthode mise au point par le Dr A T Palin et maintenant utilisée universellement comme méthode standard d'analyse de Chlore et autres désinfectants. Les réactifs sont dans cette méthode fournis sous forme de pastilles afin d'assurer un confort d'utilisation maximal. Le Chlore Libre réagit avec la molécule DPD

(Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) dans une solution tamponnée afin de produire une coloration rosâtre.

L'intensité de cette couleur produite est proportionnelle à la concentration en Chlore Libre recherchée. En présence d'un excès d'Iodure de Potassium, le DPD réagit également avec le Chlore Combiné présent. L'intensité de la couleur est alors proportionnelle à la concentration en Chlore Total. L'intensité de la couleur est mesurée par comparaison à une échelle de couleurs étalon, à l'aide d'un Comparateur Palintest et du Disque approprié.

☒

M

ode opératoire :

- On remplit la cuvette avec l'échantillon.
- On ajoute le réactif (Diethyl-p-Phenylene Diamine) DPD qui joue le rôle d'indicateur coloré et on mélange.
- On place la cuvette dans le comparateur et on compare la couleur avec celle du disque du chlore.

En suite, on déduit la valeur équivalente.

1.2.b *Cas de l'Aluminium : Al*

Pour le calcul du taux l'aluminium on procède avec la même méthode (comparateur).

☒

M

ode opératoire :

- On remplit la cuvette avec l'échantillon.
- On écrase une tablette du réactif **LOVIBOND Aluminium N°1** et une tablette du réactif **LOVIBOND Aluminium N°2** avant ouverture.

N.B : Les deux réactifs **LOVIBOND** jouant un rôle d'indicateur coloré.

- On ajoute les réactifs écrasés à l'échantillon et faire agiter le mélange jusqu'à dissolution complète.
- On met la cuvette dans la partie droite du comparateur et on compare la couleur avec celle du disque d'aluminium, puis on déduit la valeur équivalente.

1.3. Mesure du taux de solide dissous (TDS) :

TDS signifie : le total des solides dissous 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 tous des anions. Des cations sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement.



Mode opératoire :

La mesure se fait par une méthode électrochimique. On prélève un échantillon d'eau de l'endroit désiré, on rince l'électrode de l'appareil "TDS" avec de l'eau distillée et on la sèche. On plonge l'électrode dans l'échantillon et on note la valeur du taux de solides dissous.

1.4. Mesure de la turbidité :

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau; c'est l'inverse de la limpidité. Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite

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**.

1.5. Dureté de l'eau :

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

1.5.a. Mesure de la dureté calcique : D_c

Le titre hydrotimétrique calcique TH, ou dureté calcique D_c exprime la concentration en ions Calcium Ca^{2+} . Le taux de calcium est déterminé par titrage complexométrique à l'EDTA* (Réaction de complexation).

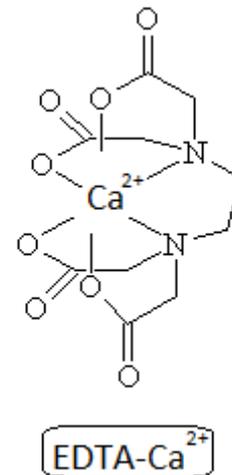
***EDTA** : acide éthylène diamine tétracétique.

Remarque : La mesure de la dureté calcique se fait après ajout de **NaOH** dont le rôle est de fixer le magnésium sous forme de **$\text{Mg}(\text{OH})_2$** .



ode 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 d'indicateur des ions Ca^{2+} le **Murexide**.
- On agite.



Résultats :

- si la couleur obtenue est mauve : $[\text{Ca}^{2+}] = 0$
- si la couleur obtenue est rose pâle : Présence de Ca^{2+} , on titre avec une solution D'EDTA (0,01N) jusqu'au virage au mauve.

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

$$D_c \text{ (mg/l)} = V_{\text{EDTA versé}} \times 20$$

1.5.b. *Mesure de la dureté totale : D_t*

Le titre hydrotimétrique total, ou dureté totale indique globalement la concentration en ions Calcium Ca^{2+} et Magnésium Mg^{2+}

Le taux de Calcium et de Magnésium est déterminé par une réaction de complexation avec L'EDTA.

Eau Brute

Remarque : L'EDTA est l'agent complexant.



opérateur :

Mode

- 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 Ca^{2+} et Mg^{2+} (Noir d'érichrome). On

Résultats :

- si la couleur est bleue : $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = 0$
- si la couleur est Mauve : présence des ions Ca^{2+} et 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 :

$$D_T \text{ (mg/l)} = V_{\text{EDTA versé}} \times 20$$

II. **Résultats des analyses** :

Paramètres	G.O.A	Cl ₂ (ppm)	TAC (ppm)	TA (ppm)	pH	TDS (ppm)	Turbidité
Normes	Normal	-	-	-	-	-	≤ 0,5 NTU
Résultats	Nm	00	252,5	0	7,03	353,6	0,141

Ces résultats représentent la moyenne des analyses effectuées pendant le mois de Mai 2011 : les résultats obtenus sont donnés dans les tableaux suivants :

Tableau 1 : Les analyses de l'eau brute

Eau Adoucie			
Paramètres	G.O.A	D _c (ppm)	D _T (ppm)
Normes	Normal	< 40 ppm	< 100 ppm
Résultats	Nm	15	36

Tableau analyses de adoucie **2 : Les** l'eau

	Eau Filtre à Sable					Eau Sortie Décarbonateur			
	Entrée	Sortie				TA	TAC	pH	TDS
Paramètres	Cl ₂	pH	O.A	Turbidité					
Normes	1 à 3 ppm	6,5 <	Normal	≤ 0,5 N.T.U	< 2 ppm	< 85 ppm	> 4,9	< 500 ppm	
Résultats	1,8	7,16	Nm	0	0,121	0	42	5,56	170,7

Tableau 3 : Les analyses de l'eau au niveau du filtre à sable et l'eau de sortie décarbonateur.

	Eau Filtre à Charbon	Filtre
--	-----------------------------	---------------

	Entrée	Sortie								Polisseur
Paramètres	Cl ₂	G.O.A	Cl ₂	Aluminium	TA	TAC	TDS	pH	Turbidité	Turbidité ≤ 0.5 N.T.U
Normes	1 à 3 ppm	Normal	0 ppm	0 – 0,1 ppm	< 2 ppm	< 85 ppm	< 500 ppm	4.9 < pH < 7	≤ 0.5 N.T.U	
Résultats	≈ 2	Nm	00	00	00	37	144	5,51	0,108	0,098

Tableau 4 : Les analyses de l'eau au niveau du filtre à charbon et le filtre polisseur.

III. Interprétation :

Ces résultats montrent l'efficacité de différentes étapes de traitement de l'eau servant à préparer une eau répondant aux normes de la compagnie :

 Le traitement au niveau du filtre à sable diminue la turbidité de 0,151 NTU à 0,098 NTU c'est-à-dire il réduit le taux des matières en suspension.

 Le traitement au niveau du filtre décarbonateur réduit le titre alcalimétrique complet TAC de 260,5 mg/l à 37 mg/l ; le taux des solides dissous TDS de 323,5 ppm à 144 ppm et le pH de 7,23 à 5,51.

 Le filtre à charbon élimine les impuretés et diminue le taux de chlore de 2 ppm à 0 ppm.

 *Les valeurs de la turbidité, TAC, TDS et le pH obtenues lors de cette analyse, répondent aux normes d'une eau destinée à la fabrication des boissons gazeuses.*

Conclusion

Ce stage constitue certainement une étape importante dans le parcours de notre formation professionnelle. Il nous offre l'accès au monde du travail pour découvrir, renforcer notre autoformation et développer notre sens d'initiative.

Nous considérons, dans ce sens, que le résultat obtenu était très satisfaisant, non seulement sur le plan des connaissances techniques acquises et des expériences consolidées mais aussi sur celui du contact humain. En effet, l'esprit coopératif et bienveillant de l'ensemble des cadres et techniciens nous a facilité la tâche et nous a permis d'appréhender les exigences de la vie professionnelle.

A travers cette expérience concluante pleine de motivations et d'assiduité, on a pu comprendre que la performance d'une entreprise est basée essentiellement sur la qualité technique, la qualification des ressources humaines et la vertu de la communication.

BIBLIOGRAPHIE

- http://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal
- <http://forums.futura-sciences.com/chimie/>
- Fichiers de la société C.B.G.N.