

Sommaire

Introduction	1
Partie I : Présentation de la CBGN	2
I.L’Historique de la CBGN	3
II.Présentation de la CBGN	3
III.Activités de la CBGN	4
IV.Organisation de la CBGN.....	5
Partie II : Etude bibliographique	6
Chapitre I : Traitement des eaux	7
I.Principe	7
II. Description de procédé du traitement d’eau de process.....	9
II.1)Traitement d’eau utilisée à la production des boissons gazeuses.....	9
1. La stérilisation	9
2.La coagulation et floculation	10
3.La filtration	11
a.Filtration au niveau du filtre à sable	11
b.Filtration au niveau de décarbonateur	11
c.Filtration au niveau du filtre à charbon	12
d.Filtration au niveau du filtre polisseur	13
II.2)Traitement d’eau pour le lavage des bouteilles	13
a. Filtration au niveau des adoucisseurs.....	13
Chapitre II : La siroperie	15
I.Préparation du sirop simple	15
II.Préparation du sirop fini.....	16

Partie III : Etude expérimentale	18
I.Les analyses physico-chimique d'eau traitée	19
1.Détermination du taux d'alcalinité.....	20
2.Détermination du taux de dureté de l'eau :.....	22
3.Détermination du taux de chlore :.....	24
4.Détermination du taux d'aluminium :.....	25
5.Détermination de la turbidité :	26
6.Détermination du taux de solide dissous(TDS)	26
7.Détermination du potentiel d'hydrogène	27
II.Résultats et interprétations	27
Conclusion	39

Liste d'abréviation

CBGN :	Compagnie des Boissons Gazeuses du Nord
ECCBC:	Equatorial Coca-Cola Bolting Company
Dc :	dureté calcique
Dt :	dureté totale
DPD :	diméthyl phényle diamine
NTU :	unité de la turbidité
O.G.A :	odeur goût et apparence
Ppm :	partie par million
TA :	titre alcalimétrique
TAC :	titre alcalimétrique complet
TDS :	taux des solides dissous
PET :	polyéthylène téréphtalate
EDTA :	Acide Ethylène Diamine Tétra acétique

Liste des figures

Figure 1 : Schéma détaillé de principe de traitement des eaux

Figure 2 : Variation de TAC en fonction de temps

Figure 3 : Variation de dureté de l'eau en fonction de temps

Figure 4 : Variation du taux de chlore en fonction de temps

Figure 5 : Variation du taux d'aluminium en fonction de temps

Figure 6 : Variation de la turbidité en fonction de temps

Figure 7 : Variation de TDS en fonction de temps

Figure 8 : Variation de pH en fonction de temps

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats d'analyse du TAC

Tableau 2 : Résultats d'analyse de la dureté de l'eau

Tableau 3 : Résultats d'analyse du taux de chlore

Tableau 4 : Résultats d'analyse de l'aluminium

Tableau 5 : Résultats d'analyse de la turbidité

Tableau 6 : Résultats d'analyse du TDS

Tableau 7 : Résultats d'analyse du pH

Introduction

Dans le cadre de ma formation, j'ai effectué un stage au sein de la compagnie des boissons gazeuses du nord (CBGN); qui présente une occasion fructueuse pour mettre en application mes connaissances théoriques dans la perspective de les développer en compétences professionnelles.

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

La CBGN utilise de l'eau dans la production des boissons gazeuses et dans d'autres processus de production, dont on distingue l'eau de la chaudière, de lavage et celle de refroidissement. La qualité de l'eau a une grande influence sur la qualité du produit principal mis sur le marché. C'est pour cette raison que l'efficacité des procédures de traitements d'eau est tenue en considération au cours de la production. La qualité de l'eau est liée à certaines normes des paramètres physico-chimiques. Les techniques utilisées dans ce traitement sont la chloration pour la désinfection, la filtration qui sert à la clarification, la décarbonatation dans le but de diminuer l'alcalinité d'eau et l'adoucissement pour réduire la dureté de l'eau.

Mon travail rapporté dans ce mémoire s'articule autour de trois parties :

- La première partie présente en générale la compagnie des boissons gazeuses.
- La deuxième partie décrit les différents procédés de production des boissons gazeuses.
- la troisième partie est consacrée à l'étude expérimentale qui présente les différentes analyses effectuées pour le traitement d'eau de process.



Partie I :
Présentation
de la CBGN

I. L'Histoire de la CBGN :

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

Voilà un bref historique de la CBGN :

Ø 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 de l'hôtel Sofia.

Ø En **1971** : une nouvelle unité construite au quartier industriel Sidi Brahim.

Ø De **1952 à 1987** : La CBGN ne produisait que Coca-Cola et Fanta orange, mais après, et pour augmenter sa part de marché, la compagnie a décidée la diversification de ses produits, elle a commencée de produire Fanta Florida, Fanta Lemon, Hawaiï et Sprite, elle a lancée en 1992 les bouteilles 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 au même temps (soufflage, rinçage, soutirage, bouchage et datage).

Ø En **1997** : elle acquiert la SIM (Société industrielle marocaine) ; principal concurrent lui permettent ainsi d'augmenter sa capacité de production et d'élargir sa gamme de produits.

Ø 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.

II. Présentation de la CBGN :

La CBGN de Fès a été créée en 1952 en tant que SARL, six mois après la CBGN a été transformée en SA (société anonyme), elle est située au quartier industriel sidi Brahim.

La compagnie des boissons gazeuses du nord de Fès est une société d'un capital de 3.720.00 DH, Elle a pour activité principale la production, la commercialisation des boissons rafraichissantes. La CBGN ne produisait que Coca et Fanta Orange, mais après et pour augmenter sa part du marché, la compagnie a décidé la diversification du produit, de là elle a commencé à produire Fanta, Lemon, Bonaqua, sprite ...etc.

Pour la même raison, elle a lancé en 1991 les bouteilles en plastiques (PET) Coca Cola et d'autres produits, et elle a même ajouté part l'ancienne société SIM (société Industrielle Marocaine) en 1997 afin d'acquérir le monopole.

Pour améliorer sa productivité, elle a acquis des nouvelles machines d'une grande capacité rapides et qui effectuent plusieurs tâches en même temps, comme le lavage, le traitement, le remplissage

L'unité de production dispose de 4 lignes d'embouteillage ayant des capacités nominales différentes.

La CBGN de Fès dispose aussi d'un laboratoire de contrôle de qualité équipé d'instruments et d'appareils de mesure, de contrôle et d'essais modernes pour préserver la conformité du produit au cours des opérations internes et lors de la livraison à la destination prévue.

III. Activités de la CBGN

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

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

Son effectif moyen est actuellement 500 à 1000 dont 20 cadres.

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

Le processus de production utilisé dans la CBGN se fait suivant des étapes présentées ci-dessous

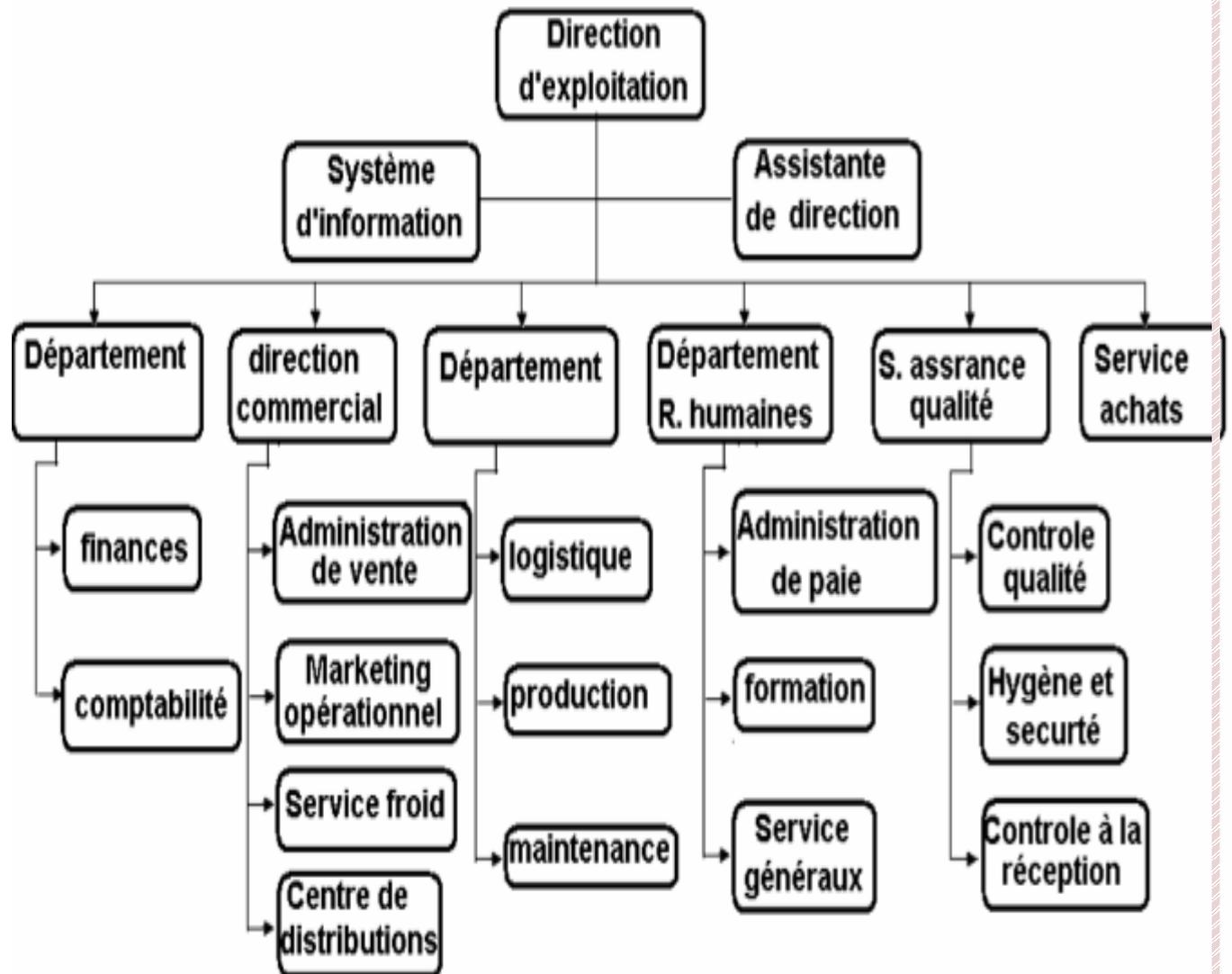
- Le contrôle des matières premières qui se fait à la réception.
- La production.
- La maintenance préventive.
- Le contrôle de qualité.
- La livraison du produit au département Gestion du stock.
- Distributions des produits aux centres ou dépôts selon le besoins du consommateur.

La CBGN s'est engagée dans deux grandes certifications :

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

IV. Organisation de la CBGN

L'organigramme de la CBGN se présente de la façon suivante :





Partie II :
Etude
bibliographique

Chapitre I : Traitement des eaux

I. Principe

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement, c'est le seul composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux) aux températures ordinaires. L'analyse physico-chimique facilite la mise au point des traitements qui supprimeront les inconvénients révélés.

Dans la CBGN l'eau est la matière première principale pour la production des boissons et le sirop fini c'est pourquoi il faut le traiter avant l'utilisation.

Le but de traitement de l'eau est alors d'éliminer tous les constituants de l'eau qui peut influencer la boisson. Parmi ces constituants on trouve :

-Matières en suspension: Ce sont des particules solides très fines. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

-Matières colloïdales : Ce sont des particules de petites taille et généralement chargées négativement.

-L'alcalinité : est due aux bicarbonates, aux carbonates ou aux hydroxydes, peuvent donner un goût anormal au produit fini.

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

Le traitement d'eau est une nécessité obligatoire pour le procédé de la production des boissons gazeuses afin d'obtenir une bonne qualité du produit, et il comprend plusieurs processus physico-chimique. La **Figure 1** représente le principe de traitement des eaux :

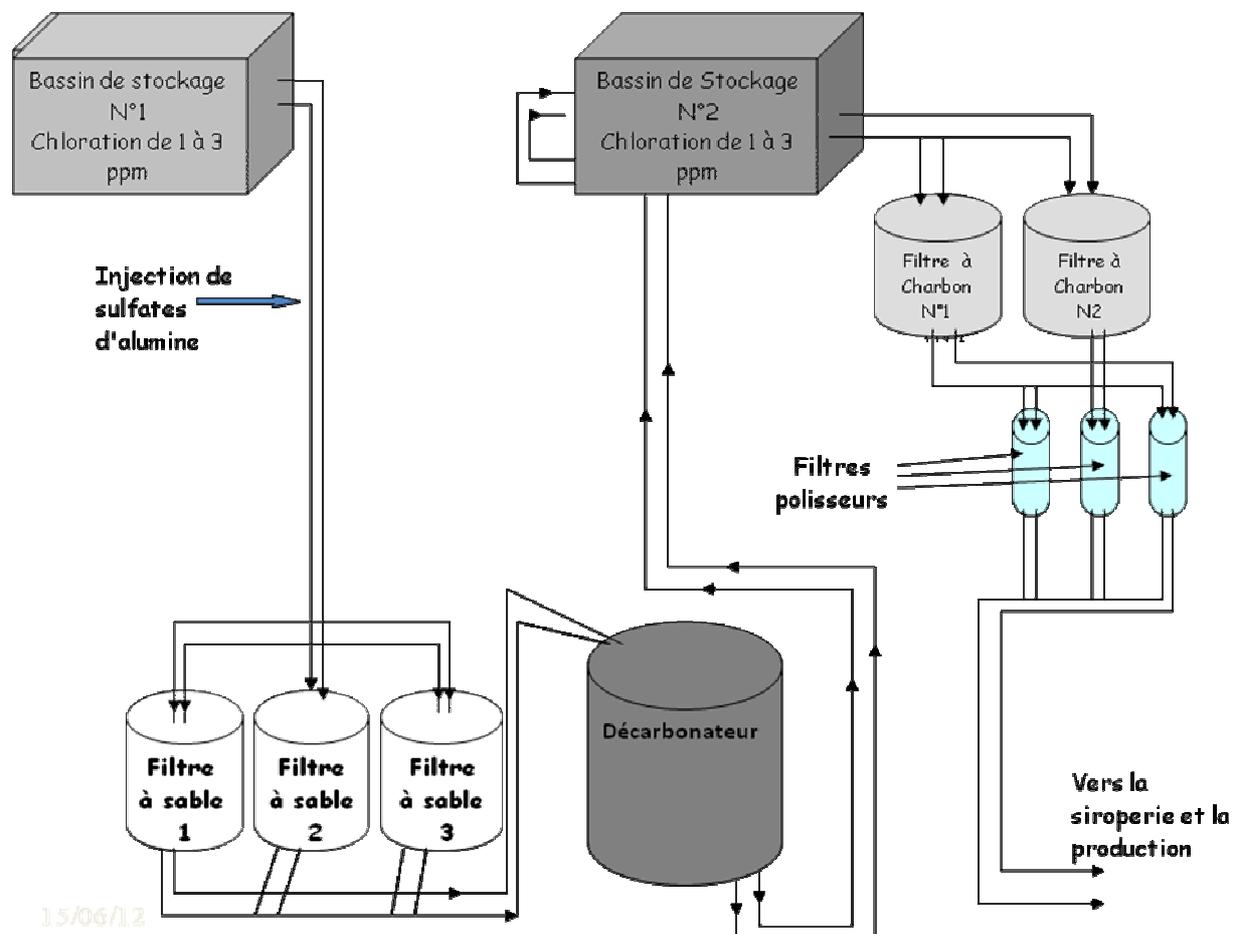


Figure 1 : Schéma détaillé de principe de traitement des eaux

- Le bassin n°1 permet le stockage de l'eau et sa chloration par l'injection d'une quantité de chlore comprise entre 1 à 3 ppm.

L'eau qui sort du premier bassin va se transporter par des pompes vers les filtres à sable après l'ajout d'un coagulant, le sulfate d'alumine qui va déstabiliser les particules colloïdales pour former les floccs qui vont s'arrêter par ces filtres.

Par la suite, l'eau passe par le décarbonateur qui réduit le taux d'alcalinité de l'eau en éliminant les ions carbonates et bicarbonates.

L'eau est ensuite stockée dans le bassin n°2 où en ajout une quantité de chlore comprise entre 1 à 3 ppm pour la désinfection de l'eau.

L'eau sortant du deuxième bassin passe par la pression des deux pompes au filtre à charbon pour éliminer le chlore résiduel et tous les micropolluants.

A la fin l'eau passe par les filtres polisseurs qui contiennent un support inoxydable et qui sert à éliminer les traces de charbon présentes dans l'eau.

L'eau sortant des filtres polisseurs est l'eau traitée qui est utilisée dans la production des boissons gazeuses et les sirops finis.

II. Description de procédé du traitement d'eau de process:

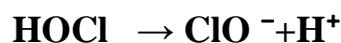
II.1-Traitement d'eau utilisée à la production des boissons gazeuses

1. La stérilisation :

Le principe de la stérilisation consiste à éliminer les germes pathogènes qui se trouvent dans l'eau. Cette élimination se fait par un traitement chimique. Les réactifs utilisés sont le chlore, le permanganate de potassium et l'eau oxygénée. Dans le cas du traitement d'eau de process dans la CBGN, nous utilisons le chlore sous forme de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) commercialisé sous le nom de l'eau de javel comme moyen de stérilisation de l'eau. L'introduction de NaOCl dans l'eau conduit à son hydrolyse et à la formation de l'acide hypochloreux selon la réaction suivante :



L'acide hypochloreux s'ionise dans l'eau en formant l'ion hypochlorite



2. La coagulation-floculation :

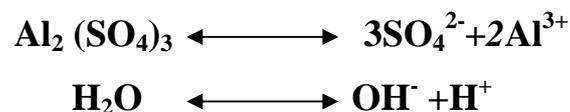
La coagulation-floculation est une étape de clarification très importante qui a pour but la croissance des particules (essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en

suspension puis formation des floccs par absorption qui serrant décantés et filtrés par la suite. Les particules colloïdales en solution sont naturellement chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se Repousser mutuellement et restent donc en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution.

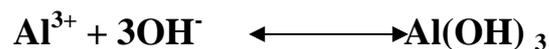
La coagulation consiste à la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise des réactifs chimiques nommés coagulants. Le procédé nécessite une agitation rapide.

La floculation est le phénomène de formation de floccs de taille plus importante (agglomération des colloïdes). Dans ce cas, on utilise des flocculants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente.

Le coagulant utilisé pour ce procédé est le sel d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, c'est un produit de consistance liquide, de couleur jaune pâle, soluble dans l'eau de toute proportion qui précipite en $\text{Al}(\text{OH})_3$ suivant la réaction:



Les ions aluminium Al^{3+} réagissent avec les ions hydroxydes OH^- pour former l'hydroxyde de l'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3$:



Ce coagulant a pour but de rassembler les particules et les agglomérer pour former des floccs, et par conséquent faciliter leurs décantations.

3. La filtration :

Principe :

La filtration est une étape de clarification et d'élimination des matières en suspension, on fait passer l'eau à travers des filtres selon l'ordre suivant :

a. Filtration au niveau du filtre à sable :

Les filtres à sable sont utilisés pour débarrasser l'eau des matières en suspension qu'elle contient pour diminuer le taux de turbidité.

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

La propreté du filtre à sable est assurée par le lavage à contre-courant, qui consiste à inverser le courant d'eau traversant le filtre pour expulser les floccs résultants du processus de coagulation-floculation.

Le lavage à contre-courant se fait suivant les étapes citées ci-dessous:

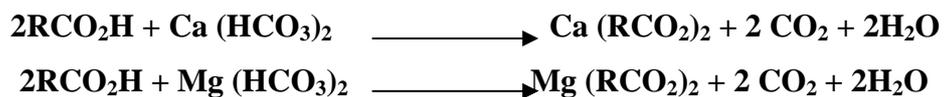
- ✓ Fermeture de toutes les vannes du filtre.
- ✓ Vidange de la partie supérieure du filtre par pulsation avec de l'air à contre courant.
- ✓ Mettre en marche la souffleuse depuis le tableau de commande et l'arrêter après 5 à 10 minutes.
- ✓ Allumer la pompe de lavage qui pompe de l'eau et de l'air à un débit de 50 à 60m³/h pour éliminer les déchets de la coagulation retenue pendant la filtration jusqu'à ce que il y ait la sortie de l'eau claire.
- ✓ Passer à l'étape préparatoire de fonctionnement du filtre qui consiste à faire passer de l'eau à contre-courant (de haut en bas) pendant 5 à 10 minutes.

b. Filtration au niveau de décarbonateur :

Le décarbonateur est monté à la sortie des filtres à sable et sert à réduire le taux d'alcalinité de l'eau.

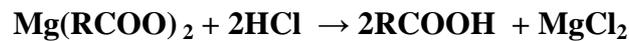
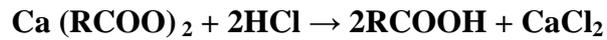
L'eau à traiter traverse un lit de résine faiblement acide (le type RCOOH) et qui échange les ions H⁺ contre les ions de calcium et de magnésium avec la formation de CO₂.

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



Lorsque la saturation de la résine est atteind. On régénère 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.

L'eau décarbonatée est stockée au niveau du deuxième bassin où on injecte de l'eau de javel de concentration de 1 à 3 ppm qui joue le rôle d'un désinfectant afin d'inactiver toutes les germes pathogènes.

c. Filtration au niveau du filtre à charbon :

L'eau désinfectée provenant du deuxième bassin passe à travers Le filtre à charbon, c'est un cuve remplie par du charbon actif en grain (CAG), leur granulé est extrêmement poreux et leur capacité d'adsorption varie en fonction de la surface disponible.

Le charbon actif qui représente un agent adsorbant visant à éliminer le chlore et toutes les substances pouvant donner un goût ou une odeur anormal à la boisson, ainsi que les substances organiques et les micros polluants.

L'efficacité de l'opération dépend non seulement de type de charbon utilisé, mais également de la durée de son contacte avec l'eau.

La régénération du filtre à charbon se fait avec une stérilisation avec de la vapeur (100°C) pendant deux heures ensuite un lavage à contre-courant avec de l'eau pendant 15 à 30 min.

d. Filtration au niveau des filtres polisseurs :

Pour sécuriser la démarche de ce traitement, la station renferme deux filtres polisseurs, chaque filtre se compose d'un support inoxydable; chaque support contient de cartouche en fibre ayant d'une porosité très faible pour empêcher les grains de charbon actif qui peuvent s'échapper au niveau du filtre à charbon.

L'efficacité de l'opération dépend de la qualité des cartouches utilisées. Les filtres polisseurs doivent être nettoyés avec une solution chlorée à chaque changement de papier ou de cartouche.

La stérilisation du filtre polisseur s'effectue deux fois par semaine ou selon les résultats des analyses microbiologiques.

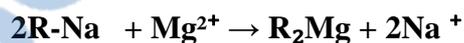
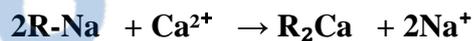
L'eau qui sort des filtres polisseurs est acheminée vers la production et la siroperie.

II.2- Traitement d'eau utilisée pour le lavage des bouteilles

a. Filtration au niveau des adoucisseurs

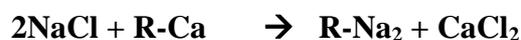
L'eau adoucie est préparée spécialement sous des températures relativement élevés pour l'utilisation au niveau des laveuses des bouteilles et bien d'autres machines.

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, généralement due à un excès de calcium et de magnésium, on peut procéder à un adoucissement de l'eau, ça consiste à une permutation des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} par Na^+ , pour ce faire, on fait passer l'eau à travers un adoucisseur qui contient deux colonnes et chacune possède une résine de type R-Na qui capte les ions magnésium (Mg^{2+}) et calcium (Ca^{2+}); tous les sels de l'eau brute se transforment en sels de sodium suivant les réactions ci-dessous:



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:



La régénération automatique se déroule en 4 étapes :

- ✓ Lavage à contre-courant avec de l'eau pendant 15minutes
- ✓ Aspiration de la saumure NaCl pour régénérer la résine pendant 65 minutes.
- ✓ On rince lentement avec de l'eau pour éliminer les ions magnésium et calcium durant 30minutes
- ✓ on rince rapidement avec de l'eau pendant 30minutes.

Chapitre II : La siroperie

Après le traitement de l'eau en passe à la production de la boisson gazeuse, c'est la siroperie qui peut se subdivisée en deux grandes parties :

- préparation du sirop simple.
- préparation du sirop fini.

I. Préparation du sirop simple

Cette préparation s'effectue en plusieurs étapes :

1. Dissolution de sucre :

Cette étape consiste à mélanger le sucre et l'eau traitée dans une cuve s'appelle CONTIMOL (poste de dissolution continue du sucre), ce mélange est soumis à une température variant entre 80 et 85°C pendant 40 min afin de favoriser la dissolution complète de sucre et la pasteurisation du mélange.

Le sirop est chauffé à contre-courant dans un échangeur à plaque avec de la vapeur d'eau. La dissolution est considérée finie quand le mélange passe de 80°C à 85°C de température.

2. L'ajout du charbon actif en poudre (CAP):

Dans une cuve, on ajoute le charbon actif sous forme de poudre au sirop simple afin d'éliminer les impuretés, les cendres, les particules odorantes et pour sa clarification.

3. Filtration :

- **Filtre à plaque :**

Après le passage du sirop simple dans une cuve de réaction, il subit une filtration dans un dispositif de filtration appelé filtre à plaque formé d'une cuve où on met un adjuvant de filtration; (une poudre de célite).

Avant de commencer l'étape suivant on recycle le sirop dans le filtre pour optimiser la filtration et rendre le sirop simple plus limpide.

- **Filtre à poche :**

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

4. Le refroidissement de sirop simple :

Le sirop simple filtré subit un refroidissement dans un échangeur thermique afin de diminuer sa température de 85°C à 20°C.

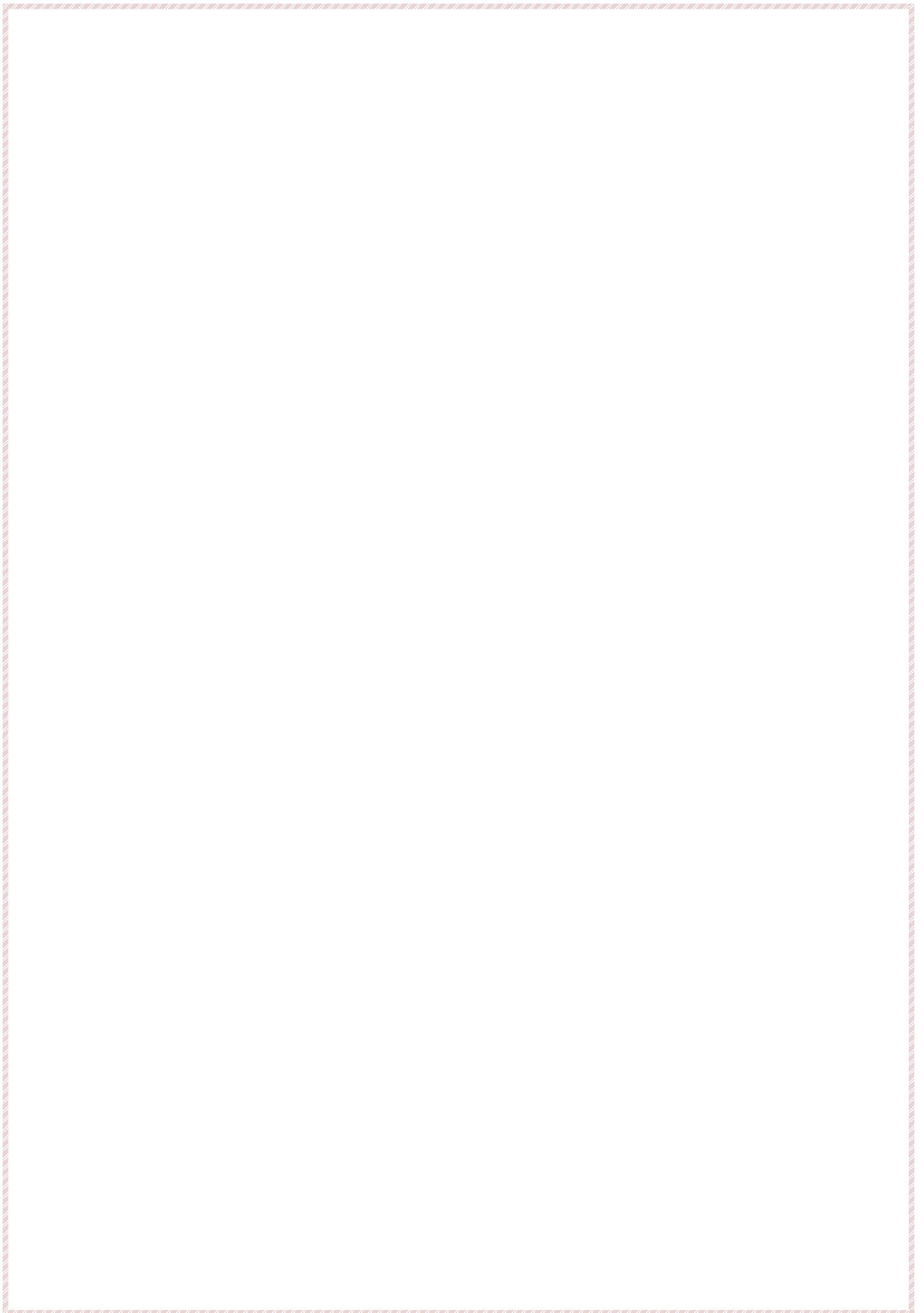
Le refroidissement du sirop simple est réalisé par trois étapes

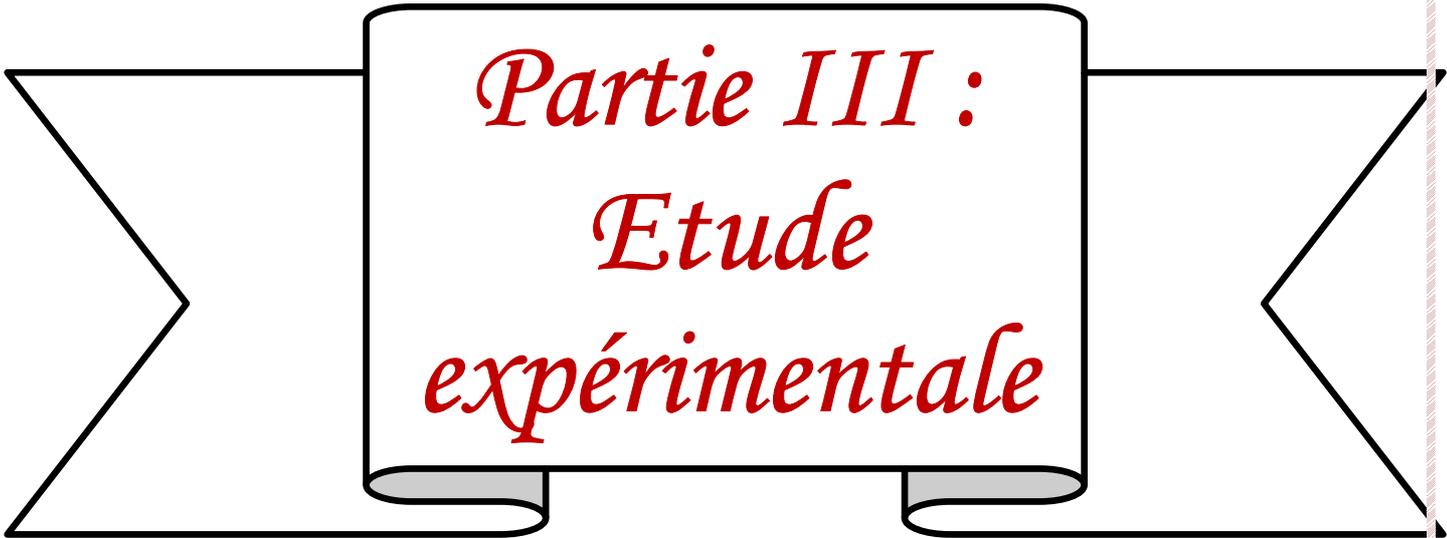
- Premièrement on fait passer l'eau traitée.
- Deuxièmement on fait passer l'eau de tour de refroidissement (l'eau adoucie).
- Finalement on fait passer l'eau glycolée (refroidi au niveau de freez-cooler par l'ammoniac).

II. Préparation du sirop fini

Le sirop fini est un mélange de sirop simple et de sirop concentré (extrait de base), qui son tour un mélange complexe d'arômes, d'acidifiants et de colorants, ce dernier est reçu, sous licence, dans de grands flacons.

La préparation du sirop fini commence par le contrôle des ingrédients du produit par un opérateur qui les introduits dans un récipient où se fait le mixage avec l'eau traitée, le mélange est ensuite envoyé à la cuve de sirop fini dans lequel s'effectue le mixage avec le sirop simple à l'aide d'une pompe qui maintient l'agitation pendant 30 min. le produit obtenu repose dans les environs de 15 min afin d'assurer sa désaération puis contrôlé par l'opérateur qui veille sur sa conformité en réglant tous les paramètres .





Partie III : Etude expérimentale

Pendant le processus de traitement d'eau de process, l'évaluation de la qualité d'eau dépend des résultats des différentes analyses (TAC, la turbidité, TDS,...). Cette partie est consacrée 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 accéder à une eau traitée qui répond aux normes spécifiés par la compagnie des boissons gazeuses.

I. Les analyses physico-chimiques d'eau traitée

Les paramètres contrôlés pour les différents types d'eaux analysées sont représentés dans le tableau suivant :

Eau contrôlée	Paramètres	Normes
Eau du filtre à sable	- Cl ₂ (ppm). - Aluminium (ppm). - Turbidité (NTU). -pH.	-1 à 3 ppm. -0 à 0,1 ppm. -< 0,5 NTU. -6,5 < pH < 7,5
Eau du décarbonateur	- TA (ppm). - TAC (ppm). - TDS (ppm). - pH.	- < 2 ppm. -< 85 ppm. -< 500 ppm. -> 4,5.
Eau du filtre à charbon	- Cl ₂ (ppm). - Aluminium (ppm). - TA (ppm). - TAC (ppm). - TDS (ppm). - pH.	-1 à 3 ppm. -0 à 0,1 ppm. - < 2 ppm. -< 85 ppm. -< 500 ppm. - 4,5 <pH < 7.
Eau du filtre polisseur	- Turbidité(NTU)	-< 0,5 NTU.
Eau adoucie	- Dureté calcique (ppm). - Dureté Totale (ppm).	-< 40 ppm. -< 100 ppm

1. Détermination du taux d'alcalinité :

✓ Principe :

La détermination du taux d'alcalinité se fait à la sortie du décarbonateur et du filtre à charbon. L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. L'alcalinité se mesure par la neutralisation de l'eau par l'acide minérale en présence de l'indicateur coloré.

- Le titre alcalimétrique ou TA correspond à la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates à un pH de 8,3.

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

• Le titre alcalimétrique Complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en hydroxyde (OH^-), carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-).

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

✓ **Matériels :**

-Eprouvette graduée de 100ml.

-Erlenmeyer de 250ml.

-Burette graduée en 0,1 ml.

✓ **Réactifs :**

-Solution d'acide sulfurique 0,02 N.

-Indicateur phénophtaléine.

-Solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$.

-Indicateur méthyle orange.

✓ **Mode opératoire :**

• **Titre d'alcalimétrique « TA » :**

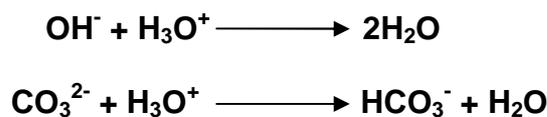
Dans un erlenmeyer contenant 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de thiosulfate de sodium et 3 à 4 gouttes de l'indicateur phénophtaléine.

-Si la solution ne se colore pas en rose : T.A = 0.

-Si la solution est rose : on titre la solution par la solution de l'acide sulfurique H_2SO_4 (0.02N) jusqu'au virage de l'indicateur.

Explication

En présence de phénophtaléine (PH = 8.3), par dosage par une solution d'un acide fort H_2SO_4 , on va donc avoir :



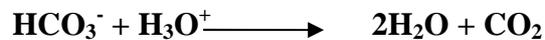
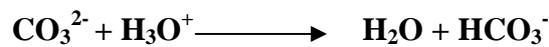
A ce niveau, on peut mesurer donc les ions OH^- et les ions CO_3^{2-} qui correspond au titre alcalimétrique (TA) mais lorsque le PH < 8.3, le titre alcalimétrique TA est nul.

- **Titre alcalimétrique complet « TAC » :**

On procède la même façon pour la détermination du titre alcalimétrique (TA), mais on ajoute 3 à 4 gouttes de l'indicateur coloré méthyle orange, puis on titre avec l'acide sulfurique sans remplir de nouveau la burette, jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

Explication :

En présence de méthyle orange, on aura les réactions suivantes :



Le virage du méthyle orange produit dès que le PH < 4.5, c'est-à-dire dès qu'il apparaît un excès d'acide fort dans le milieu, on mesure donc la somme des ions OH⁻, CO₃²⁻ et des HCO₃⁻

✓ **Résultats :**

- **Titre alcalimétrique (TA) :**

Dans ce cas l'expression de T.A (exprimer en ppm) en fonction du volume V (ml) de H₂SO₄ verse est :

$$\text{TA (ppm)} = 10 * (\text{volume total de l'acide versé en ml})$$

- **Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

L'expression reliant T.A.C (exprimé en ppm) avec le volume V (ml) de H₂SO₄ est :

$$\text{TAC (ppm)} = 10 * (\text{volume total de l'acide versé en ml})$$

2. Détermination du taux de dureté de l'eau :

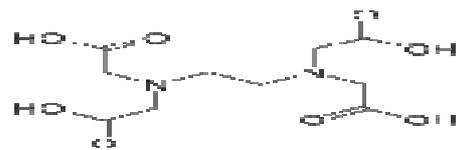
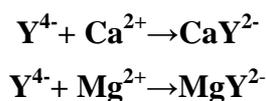
✓ Principe :

La détermination de la dureté est réalisée à la sortie des adoucisseurs. Une eau est dite dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium et magnésium, d'autre façon c'est la teneur de l'eau en sels de calcium et sels de magnésium.

Il existe deux types de dureté :

- La dureté calcique (Dc) exprime la concentration en ions Calcium Ca^{2+} . La mesure de la dureté calcique se fait après l'ajout de NaOH dont le rôle est de fixer le magnésium sous forme de $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Le taux de calcium est déterminé par titrage complexométrique à l'EDTA en utilisant l'indicateur murexide qui se combine avec le Ca^{2+} .

La complexometrie se base sur la formation de complexe entre les alcalino-terreux et de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) selon les réactions suivantes :



Y^{4-} représente la forme ionique de l'(EDTA).

-La dureté totale correspond aux sels de calcium et de magnésium contenu dans l'eau .plus l'eau est riche en ces sels, plus elle est dure.

✓ Matériels :

- Eprouvette graduée de 100ml.
- Erlenmeyer de 250ml.
- Burette graduée en 0,1 ml.

✓ Réactifs :

-Indicateur coloré noire d'ériochrome.

-Indicateur de calcium (Murexide).

-Solution de NaOH 1N.

-Solution tampon pH 10.

-Solution d'EDTA 0,01M.

✓ **Mode opératoire :**

• **La dureté totale (Dt) :**

Dans un erlenmeyer on introduit 50 ml de l'eau adoucie, on lui ajoute 2 ml de la solution tampon et quelque goutte de l'indicateur noire d'ériochrome.

-Si la couleur est bleue, la dureté totale est nulle.

-Si la couleur est rose, on titre par la solution E.D.T.A (0,01 M), jusqu'au virage de la couleur au bleu.

• **La dureté calcique (Dc) :**

Dans un erlenmeyer on introduit 50 ml de l'échantillon d'eau à analyser, puis on ajoute 2 ml de solution de NaOH et quelque goutte de l'indicateur murexide.

-Si la couleur est mauve, il n'ya pas de calcium.

-Si la couleur est rose pâle, on titre par la solution de l'EDTA jusqu'au virage de la couleur au mauve.

✓ **Résultats :**

• **Dureté totale (Dt) :**

La formule donnant la Dt en fonction du volume d'EDTA :

$$\mathbf{Dt \text{ (ppm)} = 20 * \text{volume d'EDTA versé en ml}}$$

• **Dureté calcique (Dc) :**

La formule donnant la Dc en fonction du volume d'EDTA :

$$Dc \text{ (ppm)} = 20 * \text{volume d'EDTA versé en ml}$$

3. Détermination du taux de chlore :

✓ **Principe :**

Le chlore est utilisé au niveau de bassin de stockage n°1 et n°2 ; la vérification de sa teneur est important pour optimiser son pouvoir désinfectant. A l'entrée du filtre à sable et du filtre à charbon sa teneur normale est de 1 à 3 ppm. Le chlore est éliminé au niveau de filtre charbon ce qui fait que à la sortie de ce filtre la chloration normale est nulle.

La mesure du taux de chlore se fait par la méthode colorimétrique, on utilise une cuvette de 10 ml et un comparateur à l'aide du quel on lit la valeur.

✓ **Matériels :**

-Comparateur lovibond.

-Disque lovibond et une cuvette d'épaisseur 13,5 m pour des teneurs comprises entre 1et 3 ppm.

✓ **Réactifs :**

-Tablettes DPD

✓ **Mode opératoire :**

On prélève 10 ml de l'eau à analyser dans une cuvette ; on écrase une tablette de réactif DPD (diéthyl-para-phénylène-diamine) c'est un réactif sous forme de pastille donnant une couleur rose rouge et on l'ajoute à l'échantillon en agitant jusqu'à dissolution complète ; on met la cuvette dans la loge droite du comparateur , et on insère le disque, ensuite, on oriente le disque vers une source lumineuse, on regarde par la visionneuse et on fait tourner le disque jusqu'à avoir la même couleur dans la cuvette ; finalement, on lit la concentration du chlore donnée en ppm.

4. Détermination du taux d'aluminium :

✓ **Principe :**

On utilise le sulfate d'alumine comme coagulant avant la filtration de l'eau.

✓ **Matériels :**

-Comparateur lovibond.

-Disque lovibond et une cuvette d'épaisseur 13,5mm.

✓ **Réactifs :**

-Tablettes lovibond aluminium.

✓ **Mode opératoire :**

La mesure du taux d'aluminium par la méthode colorimétrique ressemble à celle du chlore :

Après avoir prélevé 10ml de l'eau à contrôler Dans une cuvette, on écrase une tablette du réactif Lovibond aluminium avant l'ouverture ; puis on l'ajoute à l'échantillon en agitant jusqu'à dissolution complète ; après on met la cuvette dans le loge droite du comparateur ; et on insère le disque, on oriente le disque vers une source lumineuse, on regarde par la visionneuse et on fait tourner le disque jusqu'à avoir la même couleur dans la cuvette ; finalement, on lit la concentration d'aluminium donnée en ppm.

5. Détermination de la turbidité :

✓ **Principe :**

C'est un paramètre organoleptique qui permet de contrôler la présence des matières en suspension (argile, grains de silice...). Elle est exprimée en NTU (*Unité de Turbidité Néphélogométrique*). La mesure est faite par une méthode photométrique à l'aide d'un turbidimètre. L'étalonnage se fait à l'aide de témoins solides La norme de turbidité est inférieur à 0,5 NTU.

✓ **Mode opératoire :**

On remplit une cuvette propre avec l'échantillon bien homogénéisé et on effectue rapidement la mesure après avoir bien essuyé les parois et le fond de la cuvette.

6. Détermination du taux de solide dissous(TDS) :

✓ Principe :

TDS (le taux 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 des anions. La mesure du TDS est faite par un TDS-mètre. La norme du TDS est inférieure à 500 ppm.

✓ Mode opératoire

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.

7. Détermination du potentiel d'hydrogène :

✓ Principe :

Le pH est mesuré par potentiométrie, au moyen de deux électrodes protégées par une membrane de verre. L'échange de protons (H^+) sur la membrane entraîne une différence de potentiel. Le pH-mètre utilisé est étalonné au moyen de solutions tampons de pH connu. On le réétalonne généralement tous les trois mois.

✓ Matériels :

-pH mètre.

✓ Mode opératoire

Établir les connexions électriques nécessaires de pH-mètre, on lave l'électrode avec l'eau distillée, et on verse l'échantillon d'eau dans le bêcher puis y plonge les électrodes et la valeur du pH est indiquée sur l'écran de l'appareille.

II. Résultats et interprétations :

L'ensemble des tableaux présentés ci-dessous montrent les résultats des analyses des différentes paramètres physico-chimiques déterminant l'efficacité de processus du traitement d'eau de process et pour savoir plus sur la qualité de l'eau traitée, on a tracé les courbes qui représentent la variation de ces paramètres en fonction des jours.

Jours	TAC	
	Eau de sortie du Filtre à charbon	Eau de sortie de décarbonateur
2 mai 2012	60	64
3 mai 2012	62	62
4 mai 2012	68	25
5 mai 2012	55	46

1. Le titre alcalimétrique TA et TAC

- Titre alcalimétrique (TAC)

Tableau 1 : Résultats d'analyse de TAC

6 mai 2012	53	73
7 mai 2012	60	40
8 mai 2012	60	46

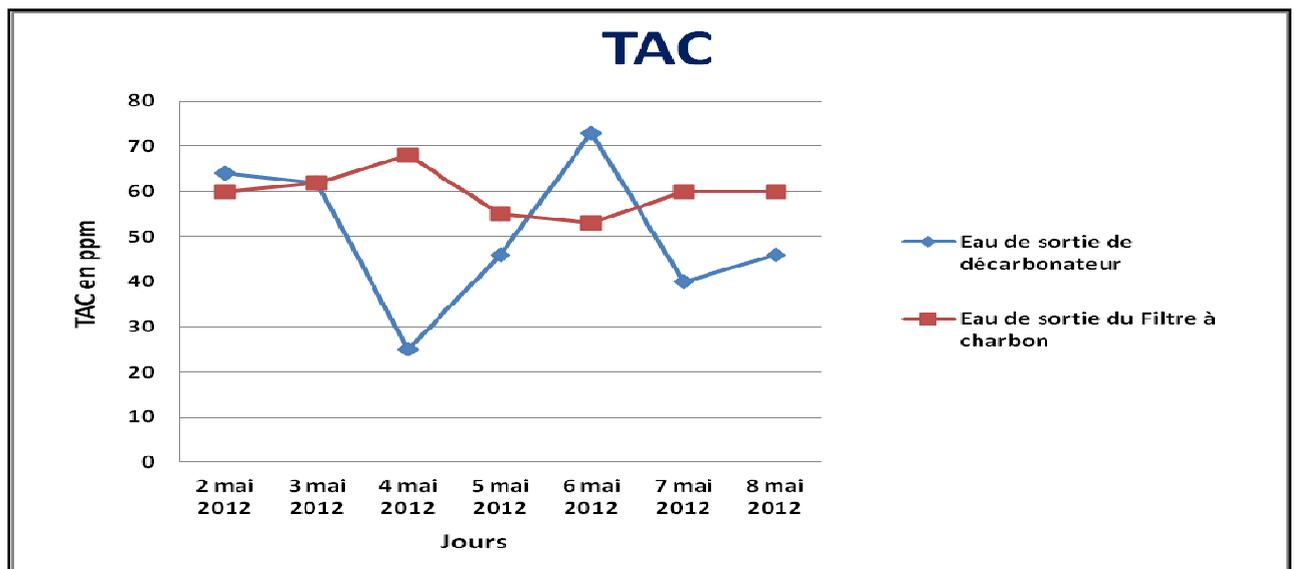


Figure 2 : Variation du TAC en fonction de temps.

• Interprétation

D'après la **figure 2** on remarque que le TAC de l'eau du filtre à charbon conforme à la norme, mais il diminue au niveau de décarbonateur le 4 mai (de 66 à 25 ppm) et le 7 mai (de 73 à 40 ppm), cela est du à la régénération du décarbonateur lorsque la résine (RCOOH) est saturée en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

De tels résultats reflètent la grande efficacité du filtre à charbon et le bon fonctionnement de décarbonateur et la grande efficacité des procédures de sa régénération.

- **Titre alcalimétrique (TA) :**

Le TA est toujours nul au niveau du décarbonateur et du filtre à charbon, la concentration en ions hydroxyde (OH⁻) et donc négligeable, ce qui montre le bon fonctionnement de décarbonateur et du filtre à charbon.

2. La dureté de l'eau :

Tableau 2 : Résultats d'analyse de la dureté de l'eau

	Dureté de l'eau adoucie	
Jours	Dureté calcique (< 40ppm)	Dureté totale (< 100ppm)
2 mai 2012	28	60
3 mai 2012	34	64
4 mai 2012	10	24
5 mai 2012	22	28
6 mai 2012	20	44
7 mai 2012	28	50
8 mai 2012	24	68

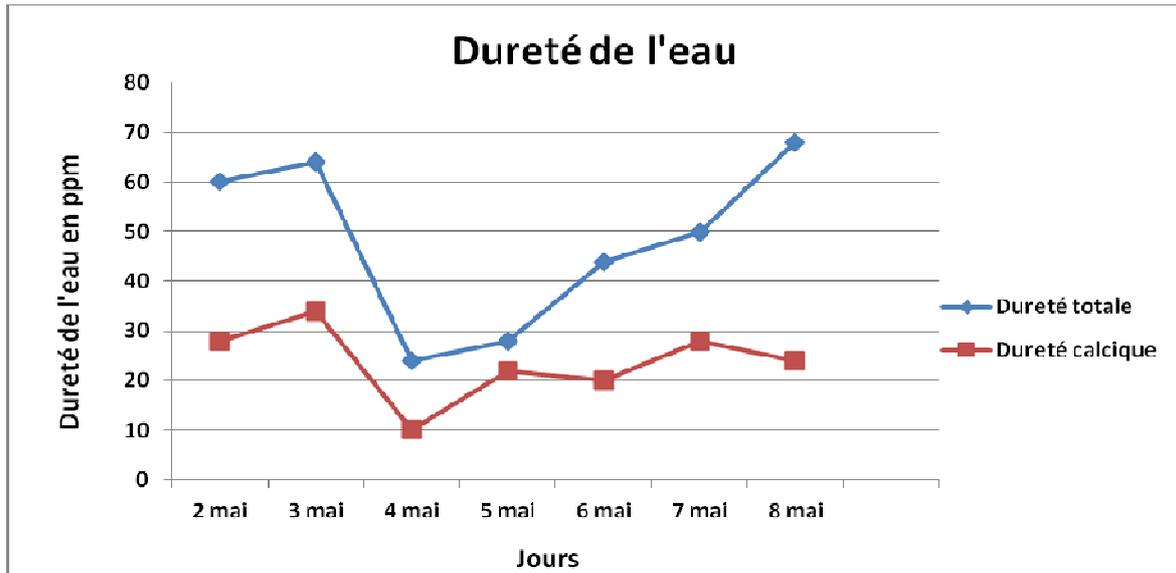


Figure 3: Variation de dureté de l'eau en fonction de temps

• **Interprétation**

D'après la **figure 3**, on remarque une diminution de la dureté total (de 64 à 24) ainsi que la dureté calcique (34 à 10), cela est du à une régénération lorsque la résine (R-Na₂) est saturée en ions Ca²⁺ et Mg²⁺, ce qui montre une bonne régénération de l'adoucisseur.

3. Le taux de chlore

Tableau 3 : Résultats d'analyse du taux de chlore

Jours	Chlore	
	Eau de l'Entrée du filtre à charbon (1 à 3 ppm)	Eau de l'entrée du filtre à sable (1 à 3 ppm)
2 mai 2012	1,8	1
3 mai 2012	2,5	1
4 mai 2012	2,5	1
5 mai 2012	1,8	1
6 mai 2012	2,5	1
7 mai 2012	2	1
8 mai 2012	2	1

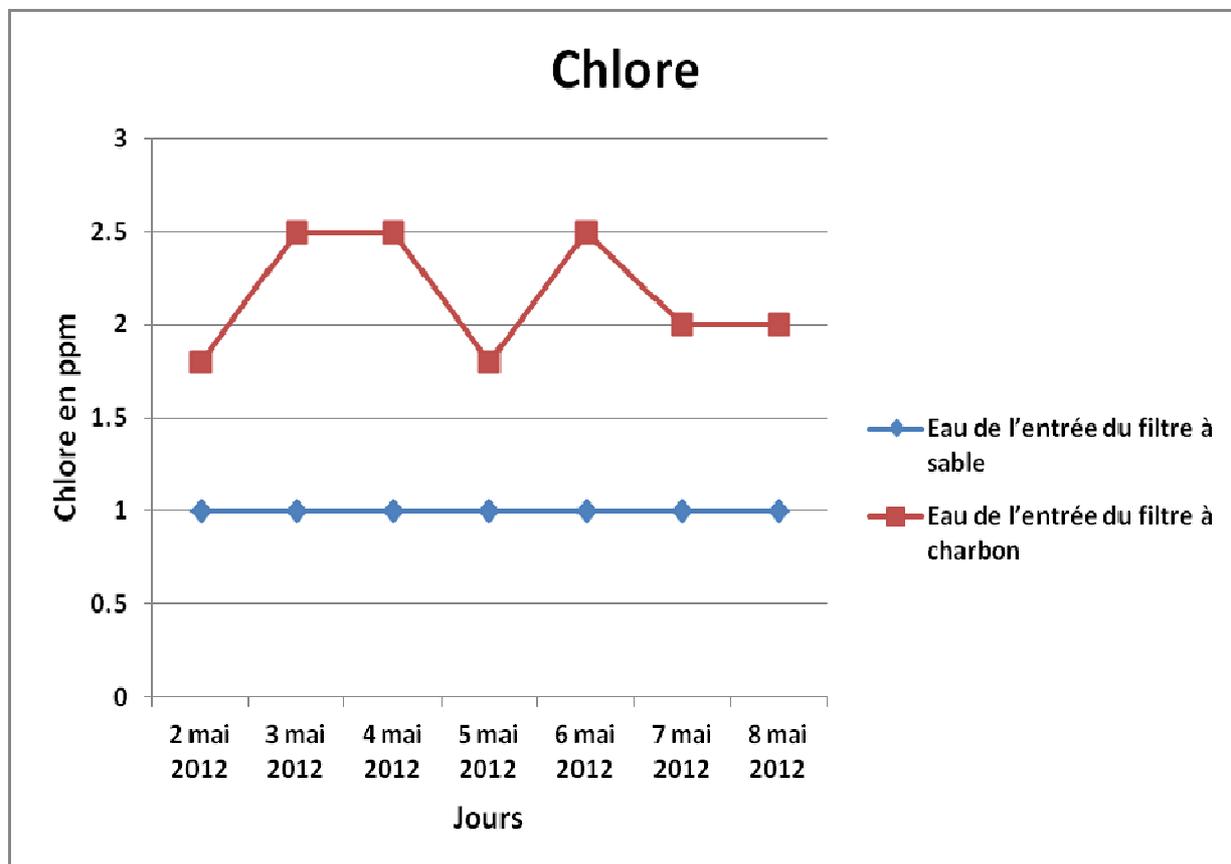


Figure 4 : Variation du taux de chlore en fonction de temps

• Interprétation

D'après la **figure 4** on constate que le chlore ne montre pas de grande changement au niveau de filtre à charbon, mais le chlore au niveau de filtre à sable est stable durant les sept jours, cela montre le bon fonctionnement de ces filtres, et la meilleure qualité de l'eau.

4. Le taux d'aluminium

Tableau 4 : Résultats d'analyse de l'aluminium

Jours	Aluminium	
	Eau de sortie du filtre à sable	Eau de sortie du filtre à charbon
2 mai 2012	0,001	0,002
3 mai 2012	0,001	0,002
4 mai 2012	0,001	0,002
5 mai 2012	0,001	0,002
6 mai 2012	0,001	0,002
7 mai 2012	0,001	0,002
8 mai 2012	0,001	0,002

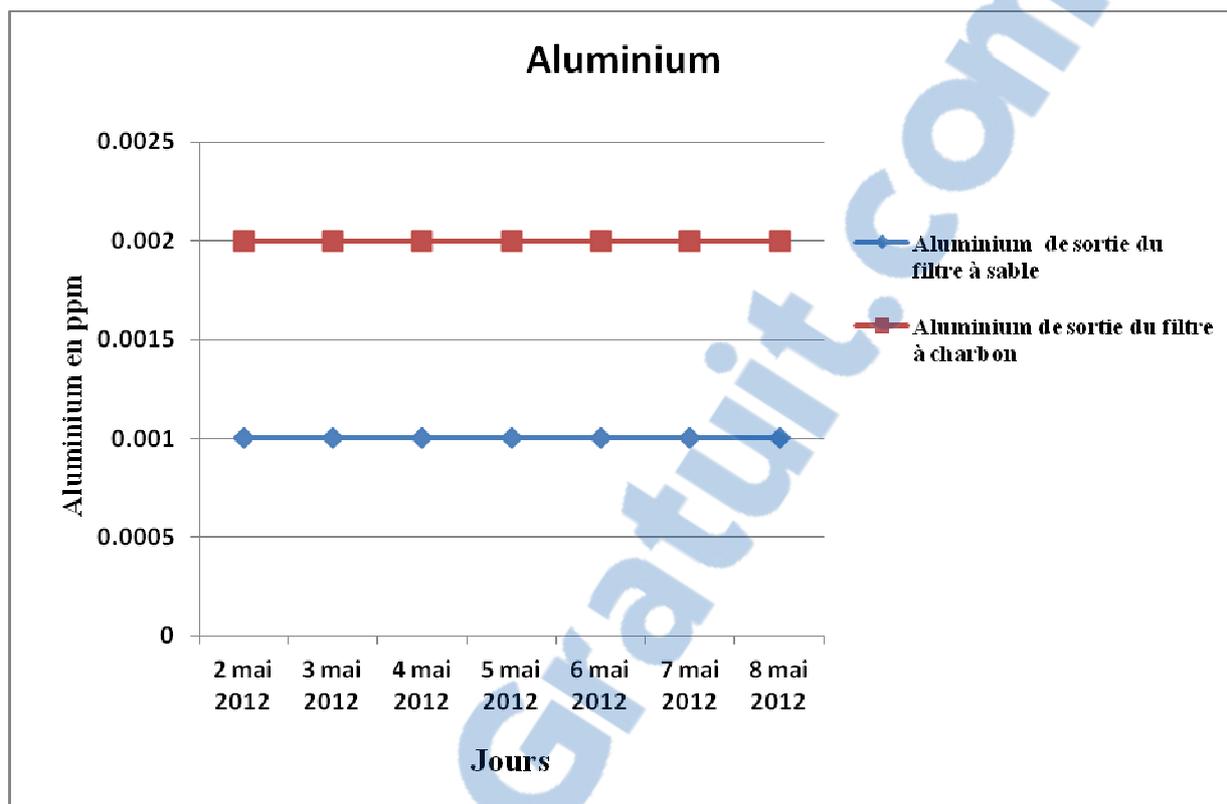


Figure 5 : Variation du taux d'aluminium en fonction de temps

• **Interprétation :**

D'après la **figure 5**, on remarque que le taux d'aluminium de sortie du filtre à sable et du filtre à charbon ne montre pas de grande variation, ce qui reflète le bon fonctionnement de ces filtres et la meilleure qualité de l'eau.

5. La turbidité

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de la turbidité

Jours	Turbidité		
	Eau du filtre polisseur	Eau de sortie du filtre à charbon	Eau de sortie du filtre à sable
2 mai 2012	0,138	0,160	0,140
3 mai 2012	0,134	0,170	0,140
4 mai 2012	0,138	0,156	0,145
5 mai 2012	0,138	0,156	0,164
6 mai 2012	0,152	0,166	0,153
7 mai 2012	0,150	0,174	0,158
8 mai 2012	0,158	0,174	0,174

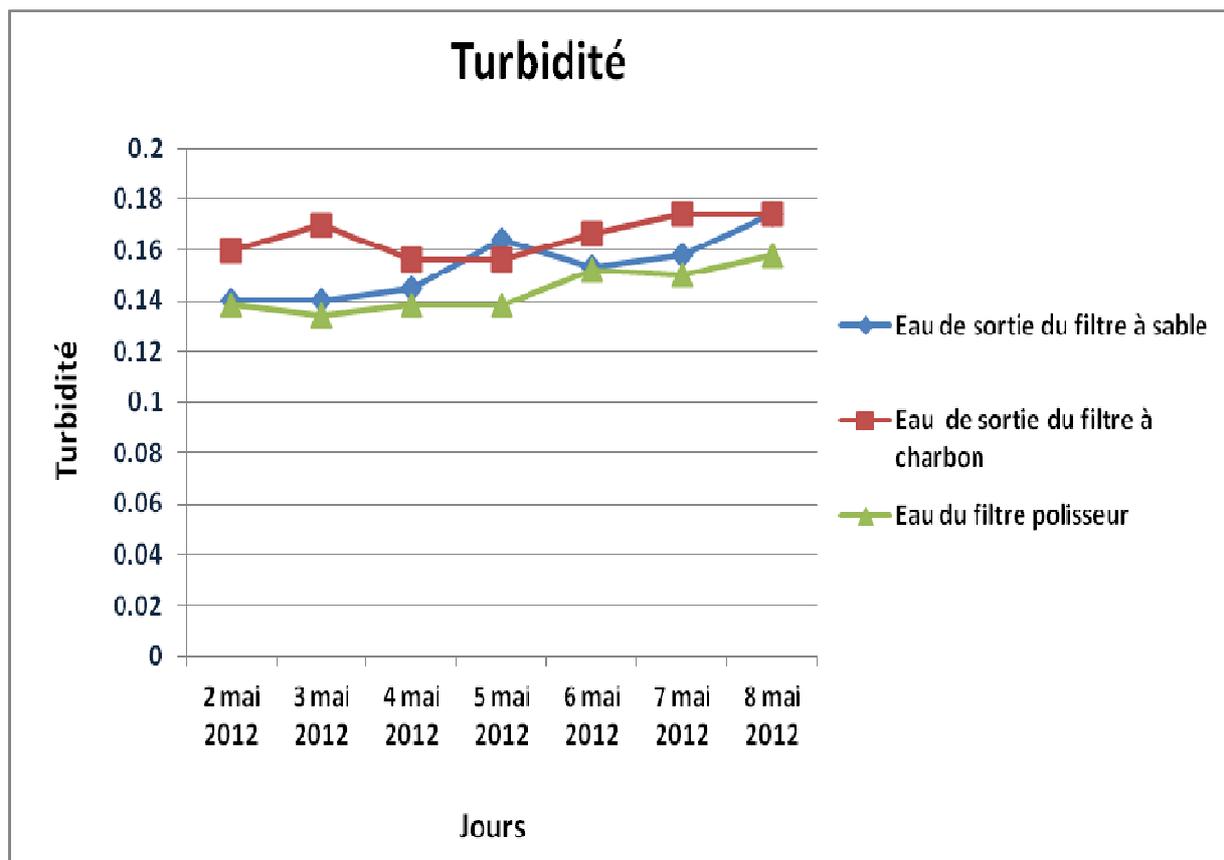


Figure 6 : Variation de la turbidité en fonction de temps

• **Interprétation**

La **figure 6** montre que la turbidité au niveau de ces trois filtres, augmente faiblement durant les sept jours mais elle reste toujours inférieure à 0,5 NTU, ce qui montre la bonne clarification de l'eau et la grande efficacité de ces filtres.

6. Le taux des solides dissouts(TDS)

Tableau 7 : Résultats d'analyse du TDS :

Jours	TDS	
	Eau de sortie du filtre à charbon	Eau de sortie du décarbonateur
2 mai 2012	174	164
3 mai 2012	184	175
4 mai 2012	174	130
5 mai 2012	166	149
6 mai 2012	164	177
7 mai 2012	168	154
8 mai 2012	154	150

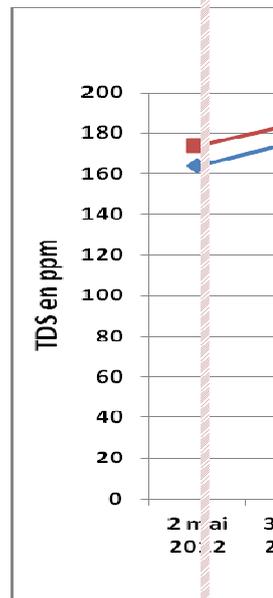


Figure 7 : Variation du TDS en fonction de temps

• **Interprétation :**

D'après la **figure 7** on constate que le taux de solides dissous de l'eau de sortie du décarbonateur atteint 175 ppm à 3 mai, puis il diminue jusqu'à 130 ppm à 4 mai, ainsi que ce dernier à la sortie du filtre à charbon montre une diminution continue durant les sept jours, cela est dû à la régénération de décarbonateur qui influence aussi sur le filtre à charbon.

7. Le potentiel d'hydrogène

Tableau 8 : Résultats d'analyse du pH

Jours	pH		
	Eau de Sortie du filtre à sable	Eau de sortie du filtre à charbon	Eau de sortie du décarbonateur
2 mai 2012	7,45	5,74	5,58
3 mai 2012	7,30	5,54	5,58
4 mai 2012	7,30	5,74	5,36
5 mai 2012	7,57	5,66	5,49
6 mai 2012	7,38	5,68	5,89
7 mai 2012	7,38	5,50	5,50
8 mai 2012	7,45	5,68	5,50

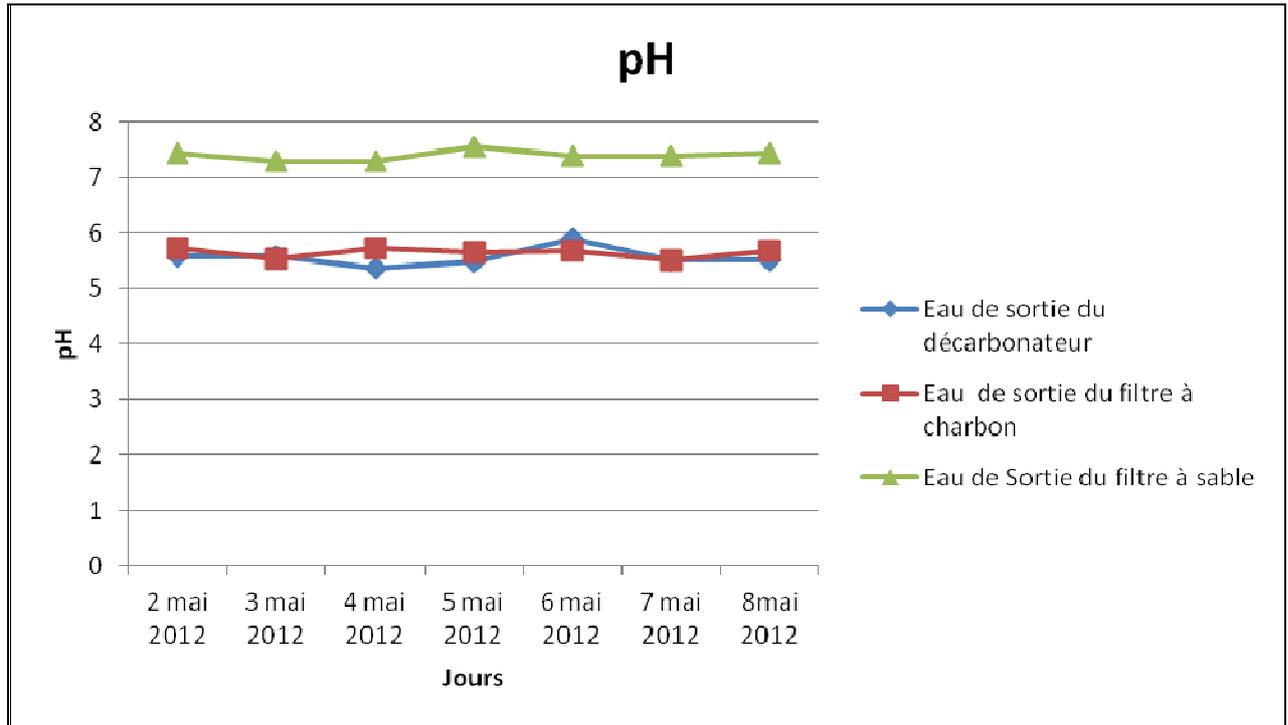


Figure 8 : Variation du pH en fonction de temps

• **Interprétation**

D'après **la figure 8** on constate que la valeur du pH de l'eau des trois filtres répond aux normes, ce qui témoigne la grande efficacité de ces filtres et le bon processus de leurs entretiens.

Conclusion

Ce stage enrichissant que j'ai effectué au sein de la Compagnie des Boissons Gazeuse du Nord 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.

Ce stage ma permis aussi de suivre de plus près les différents méthodes de traitement des eaux nécessaire à la fabrication des boissons gazeuses et de pouvoir effectuer plusieurs opérations analytiques déterminants ainsi les caractéristiques des différents eaux étudiés.