

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon père, Dieu ait son âme.

A ma Mère et mes frères

J'ai aucune dédicace ne saurait exprimer l'estime, le dévouement, le respect et l'amour que je porte pour vous. Acceptez ce modeste travail en reconnaissance de tous les sacrifices que

vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

Tous étaient m'encourager et à me soutenir au cours de ces années. Que Dieu (Allah)

vous

accorde longue vie, bonne santé et vous protège.

A mes Amies

Pour votre soutien moral, pour notre affection mutuelle, veuillez trouver ici l'expression de

notre grand amour et sincères amitiés.

A mes chers professeurs

Pour la formation, leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.

Et merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Merci infiniment.

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, Le tout puissant et Le miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour réaliser et accomplir ce modeste travail.

Ma profonde gratitude et remerciement s'adressent également à la direction de la SBGS et Mr. Omar ASDAF directeur des ressources humaines et de formation, qui m'a donnée l'occasion de passer mon stage au sein de la société.

J'exprime toute ma gratitude et mes sincères remerciements à mon encadrant à la Faculté des sciences et techniques de Fès, Pr. ALILOU El houssine pour ses conseils, son soutien, sa disponibilité, pour son esprit critique permettant de mener à bien ce travail.

Je tiens également à remercier toute l'équipe de l'unité de traitement des eaux, Mr Saïd RAKOUCH, Mr Nouredine ERRAIHANI et Mr. Hafid, responsables de la station de traitement des eaux pour leurs conseils, et leur assistante permanente durant toute la période du stage.

Je tiens à remercier tous les cadres, les employés et ouvriers de la SBGS, je remercie aussi Madame Khadija pour sa disponibilité et son aide précieuse.

Je tiens à remercier les membres de jurys Madame TOUZANI Hanane et Monsieur MELIANI Abdesslam pour avoir accepté de juger ce travail.

Table des matières

<i>Introduction générale</i>	1
<i>Chapitre I : présentation de la société des boissons gazeuses du Souss</i>	2
1. Historique de Coca Cola.....	2
2. Coca-Cola au Maroc	3
3. Naissance de SBGS	3
4. Fiche technique de la société.....	4
5. Organigramme de la société	5
6. Produits de la SBGS	5
<i>Chapitre II : procédé de traitement des eaux utilisé dans la SBGS</i>	7
1. Généralités sur l'eau	7
2. Objectif de traitement des eaux.....	8
3. Etapes de traitement de l'eau de ville	8
4. Etapes de traitement de l'eau de forage	14
<i>Chapitre III : paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau</i>	17
1. Paramètres organoleptiques	17
2. Qualité bactériologique	17
3. Les paramètres physico-chimiques	18
<i>Chapitre IV : résultats et discussion</i>	30
<i>Conclusion générale</i>	36
<i>Annexes</i>	38

Liste des abréviations

SBGS: Société des Boissons Gazeuses de Souss

UV: Lumière Ultraviolet

pH: potentiel d'Hydrogène

TDS: Totale des Solides Dissous

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

DPD: Diéthyl-p-phénylène Diamine

EDTA: Ethylene Diamine Tétracétique

TH: dureté totale (Titre Hydrothymetrique

TAC: Titre Alcalimétrique Complet

TA : Titre Alcalimétrique

Ppm: Partie par million

°F : Degré français

OMS : organisation mondiale de la santé.

RAMSA : la régie autonome multi- services d'Agadir.

Liste des figures

Figure 1. John Styth Pemberton.	3
Figure 2. Organigramme de la SBGS.	5
Figure 3. Diagramme du traitement de l'eau de ville.	9
Figure 4. Différence entre l'adsorption et l'absorption.	12
Figure 5. Principe de fonctionnement de l'osmose inverse.	13
Figure 6. Etapes de traitement de l'eau de forage.	15
Figure 7. Principe de l'adoucissement de l'eau.	Error! Bookmark not defined.
Figure 8. pH mètre.	19
Figure 9. Turbidimètre.	21
Figure 10. TDS mètre.	23
Figure 11. Virage de la solution au bleu.	24
Figure 12. Virage de la solution au rose.	26
Figure 13. Virage de la solution au rouge brique.	27
Figure 14. Appareil spectrophotomètre.	29
Figure 15. Variations du pH de l'eau brute et l'eau traitée en fonction du temps.	31
Figure 16. Variations de la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée en fonction du temps.	32
Figure 17. Variations du TDS de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.	33
Figure 18. Variations de TAC de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.	34
Figure 19. Variations de la dureté totale TH de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.	34
Figure 20. Variations de la dureté totale TH de l'eau adoucie en fonction de temps.	36

Liste des tableaux

Tableau 1. Fiche technique de la SBGS.	4
Tableau 2. Classification des eaux d'après leur pH.	19
Tableau 3. Classes de turbidité de l'eau.	20
Tableau 4. Qualité de l'eau selon la variation de conductivité.	21
Tableau 5. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute.	30
Tableau 6. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau traitée.	31
Tableau 7. Résultats d'analyses de la dureté totale d'eau adoucie.	35

Introduction générale

Le Maroc est parmi les grands consommateurs des boissons gazeuses, de nombreuses sociétés ont été créées pour la production des boissons gazeuses et eau de table, et pour répondre aux besoins du consommateur marocain, comme la société des boissons gazeuses du Souss, qui est la plus grande société de la région de Souss et le sud du Maroc.

L'eau présente des propriétés physiques et chimiques différentes. Toutes les industries des boissons gazeuses ont besoin d'une eau propre exempte de polluants pour avoir des boissons de haute qualité.

Bref, la qualité des boissons gazeuses est dépendante de la qualité de l'eau.

Le contrôle de la qualité de l'eau est effectué par des analyses physico-chimiques et qui doivent être conformes aux normes requises par la société Coca-Cola.

J'ai effectué un stage de projet de fin d'études à la station de traitement des eaux au sein de la SBGS. L'objectif est de connaître les différents stades du traitement de l'eau et l'analyse de certains paramètres physico-chimiques de l'eau pour en évaluer la qualité.

Ce rapport est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre donne une vue générale concernant la SBGS ; le deuxième traite le processus de traitement de l'eau au sein de la SBGS. Quand au troisième il est réservé aux paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau. Le dernier chapitre traite les résultats de l'analyse physico-chimique de différents types d'eau que j'ai faite pendant mon stage.

Chapitre I : présentation de la société des boissons gazeuses du Souss

1. Historique de Coca Cola :

- Le 8 Mai 1886, John PEMBERTON, pharmacien à Atlanta (Etat de Géorgie) ; découvre une nouvelle boisson qui selon lui, avait des propriétés calmantes et contre la fatigue. Cette boisson à base de feuilles de coca, de noix de kola, du sucre, la caféine et un composé d'extraits végétaux.
- Son comptable, Frank M. Robinson, a baptisé Coca-Cola et a dessiné le premier graphisme.
- La boisson était vendue sous forme de sirop avec de l'eau glacée. C'est alors qu'un des serveurs est arrivé avec l'idée de mélanger le sirop avec de l'eau gazeuse et les consommateurs présents, apprécia encore plus la formule, c'est la naissance de Coca-Cola.
- Mai 1886 : Première ventes à la pharmacie Jacobs
- 29 Mai 1886 : première publicité dans The Atlanta journal.
- En 1888 : L'homme D'affaires Asa Griggs Gandler achète Coca-Cola à Pemberton.
- En 1947 : Coca-Cola apparue au Maroc, un bateau usine qui était accosté au port de Tanger produisait alors la boisson pour les soldats américains.
- En 1988 : un sondage international confirme que Coca-cola est la marque la plus connue et admirée au monde.



Figure 1 . John Styth Pemberton.

2. 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 (CBGN).
- ✓ 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.

3. Naissance de SBGS :

La SBGS a été créée en aout 1971 par M.HADJ MOHAMED AMSROUY, sur une surface qui n'a pas dépassé 1000m² au début. Cette création qui a nécessité un effectif de 150 employés, et un capital de 100 000.00 DH investi Principalement sous forme de machines industrielles et possède 6 lignes (1 ligne de verre, 2 lignes de PET, 1 ligne de cannette, 2 lignes de l'eau de table) pouvant produire jusqu'à 60.000 litres de boisson par heure.

Elle est a pour principale mission la mise en bouteille et la commercialisation des boissons gazeuses et l'eau de table.

La SBGS fait partie du groupe BELAHASSAN qui réunit d'autres sociétés du secteur agro-alimentaire telles « les Huileries du Souss » et « oued Souss conserves ».

En 1997, la SBGS fut la première usine agro-alimentaire du royaume à être certifiée aux normes ISO 9002. Depuis sa certification, la SBGS s'est engagée dans un processus visant l'amélioration continue de ses produits.

4. Fiche technique de la société :

Tableau 1. Fiche technique de la SBGS.

Raison social	La Société des Boissons Gazeuses de Souss
Activité	Mise en bouteilles et distribution des boissons gazeuses et l'eau de table.
Date de création	1 aout 1971
Forme juridique	Société anonyme
Capital social	30.000.000 DHS.
Siège social	12 Km, route Marrakech, Zone industrielle TASSILA AGADIR.
Effectif du personnel	500 employés dont 80 Occasionnels.
Taille	42 000 m ²
N° Identification Fiscale	6902134
TEL	(0528) 83.33.33/83.41.41./83.42 .42
FAX	05.28.83.38.57
E-mail	Sbgs@sbgs.ma
Place sur le marché	La première au marché du SUD (monopole)
Président directeur général	HAI MOHAMMED BELHASSAN

5. Organigramme de la société :

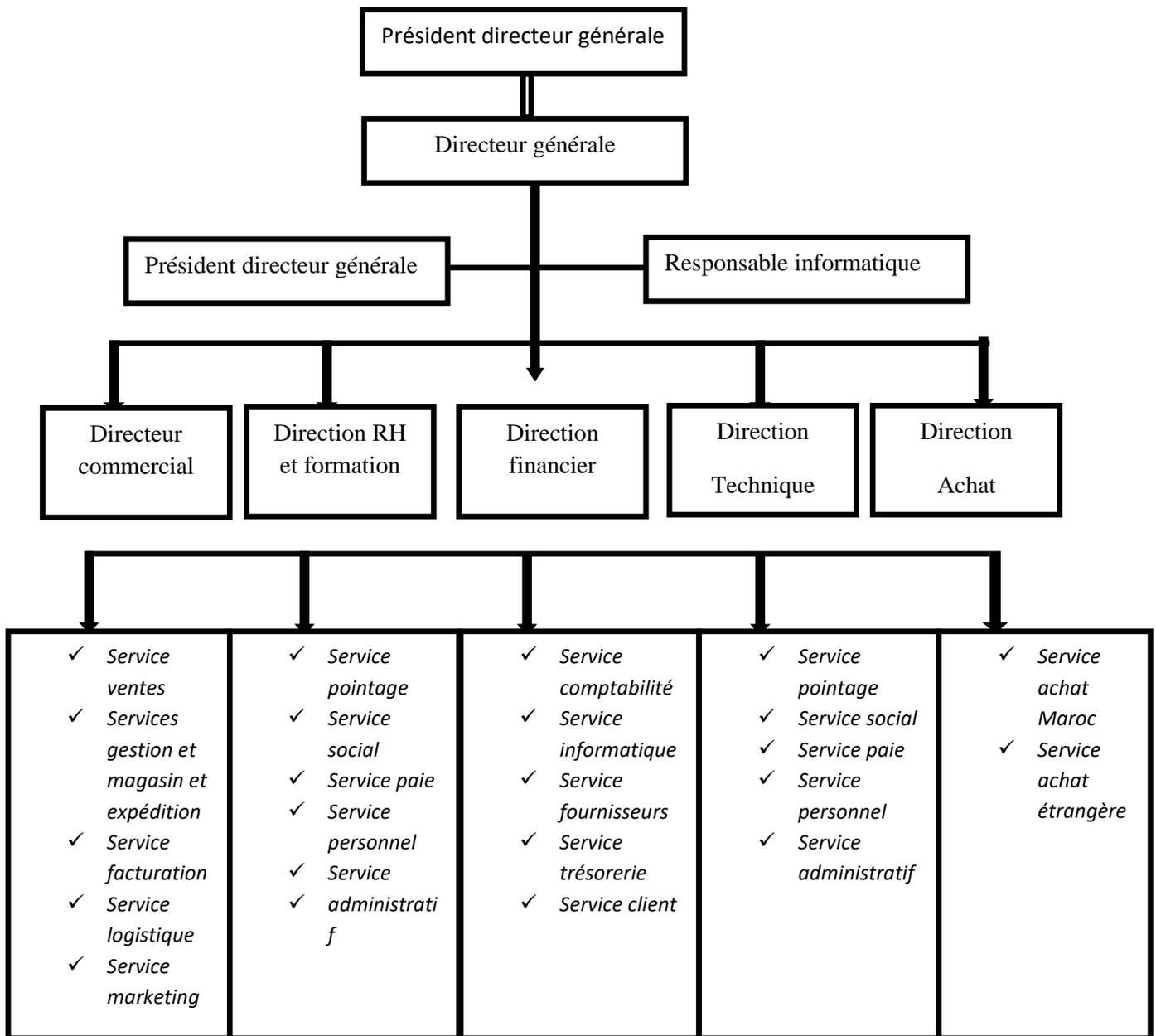


Figure 2. Organigramme de la SBGS.

6. Les produits de la SBGS :

🍹 Boissons gazeuses :

- Coca-cola, Coca-cola zéro.
- Sprite.
- Fanta orange, Fanta lémon, Fanta pomme, Fanta Grenade.
- Hawai.

- Schwips tonic, Schwips citron.
- Poms.
- Top's cola, Top's orange, Top's citron, Top's pomme.
- Burn énergie drink.
- AQUARIUS.

 **Eau de table:**

- Ciel.
- Eau de table gazéfiée: bonaqua.

 **Jus de fruits :**

- Cappy pulpy orange, Cappy pulpy multi fruits, Cappy pulpy pêche.

Chapitre II : procédé de traitement des eaux utilisé dans la SBGS

1. Généralités sur l'eau

➤ Introduction :

L'eau est l'un des composants les plus abondants de la planète terre, qu'il soit liquide, solide ou gazeux, qu'il s'agisse d'eau salée ou d'eau douce.

L'eau est un élément essentiel de la vie elle représente 71% de l'espace sur la planète, mais 3% de l'océan est douce, seulement 0,7% est accessible à l'alimentation humaine.

L'eau utilisée non seulement pour l'hydratation des humains, des végétaux, mais aussi pour le nettoyage et maintien d'une bonne hygiène, fournir de l'énergie réguler le climat ou accueillir la vie c'est-à-dire remplir des fonctions essentielles à la survie de notre planète.

➤ Définition de l'eau potable :

L'eau potable est une eau que les humains peuvent boire sans danger pour leur santé et qui doit donc respecter un certain nombre des normes établies par l'OMS, et à des critères stricts de potabilité imposés par le Ministère de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique. Ces normes varient selon la législation en vigueur et si l'eau est destinée à l'alimentation humaine ou industrielle.

L'eau potable ou l'eau à consommer doit être fraîche (la température comprise entre 20°C et 25°C), saveur claire, incolore, et agréable ainsi il doit être exempt de toute substance jugée nocive pour la santé tels que :

- les germes pathogènes (les bactéries, les virus, les micro-organismes parasites) ;
- les substances chimiques indésirables (les nitrates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides).

A l'inverse, certaines substances sont considérées comme essentielles au corps humain et sont naturellement contenues dans l'eau, telles que :

- Sels minéraux : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , chlore, etc....

- Oligo-éléments : fluor, cuivre, fer, silicium, manganèse, zinc, etc....

L'eau est utilisée d'une manière primordiale dans tout le processus de la fabrication des produits alimentaires comme exemple la SBGS .cette dernière utilise de l'eau pour la production de boissons gazeuses et l'eau de table, raison pour laquelle il existe une station de traitement des eaux.

2. Objectif de traitement des eaux

L'objectif du traitement de l'eau est d'obtenir de l'eau possédant les caractéristiques chimiques, physiques et bactériologiques respectant les normes requises par la SBGS, en éliminant tous les constituants présents dans l'eau qui ont un effet néfaste sur la qualité de la boisson, tels que : les matières en suspension, les substances organiques, les micro-organismes et les substances gustatives et olfactives.

Le traitement d'eau se fait pour :

- ✓ Avoir de l'eau en bon état en tout temps.
- ✓ Désinfection de l'eau.
- ✓ Diminution de l'alcalinité de l'eau.
- ✓ Elimination des constituants présents dans l'eau qui ont un effet néfaste sur la qualité de la boisson, tels que : les solides en suspension, les matières organiques, les micro-organismes et les substances gustatives et odorantes.

3. Etapes de traitement de l'eau de ville

Le traitement se fait en plusieurs étapes qui sont représentées dans la figure 3.

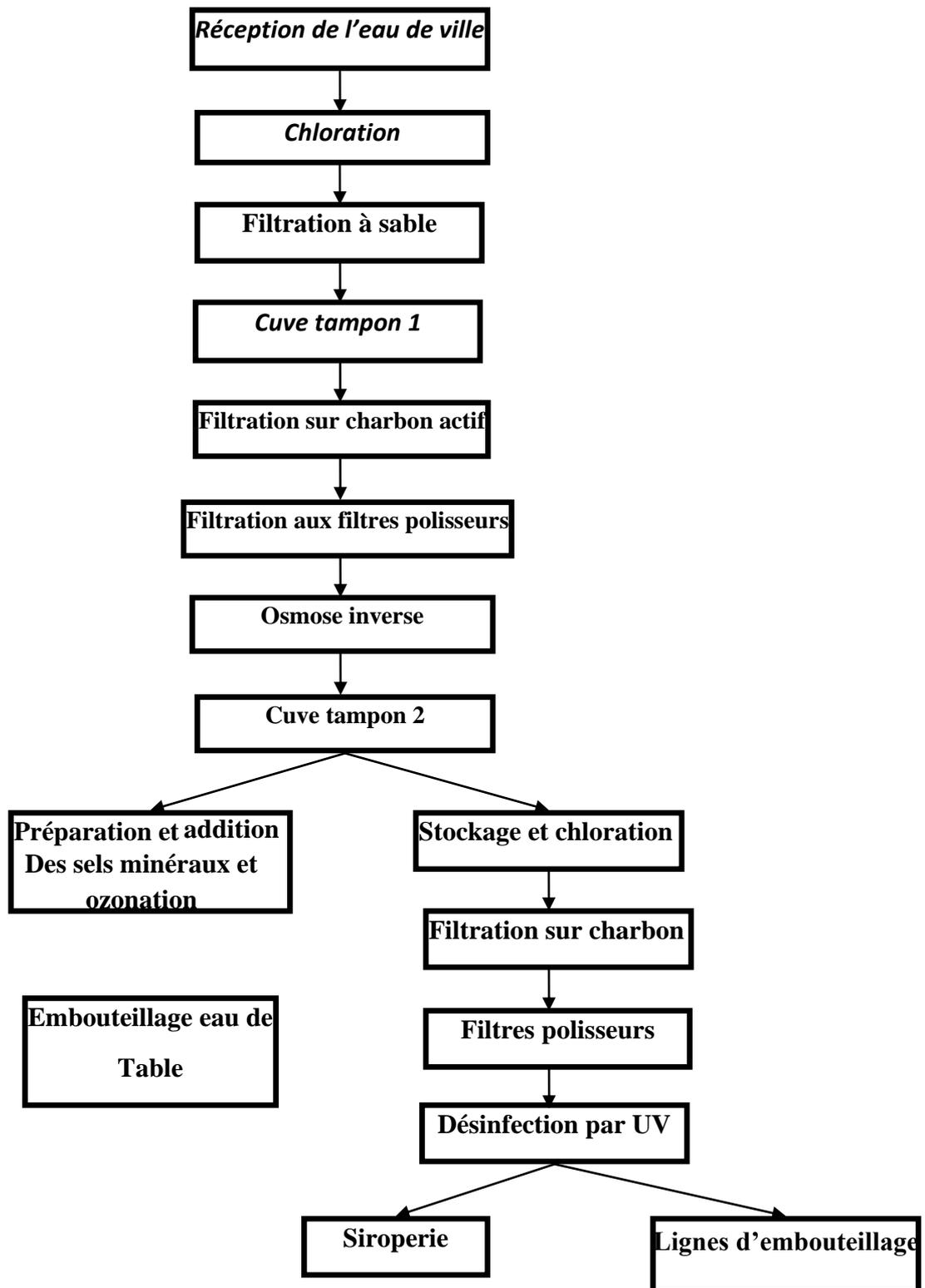


Figure 3. Diagramme du traitement de l'eau de ville.

- *Réception de l'eau de ville :*

La réception de l'eau par la RAMSA.

✓ **Contrôle de la turbidité de l'eau :**

Le contrôle de la turbidité se fait par un turbidimètre :

- Si la valeur de la turbidité est inférieure ou égale à 5, on utilise cette eau de la RAMSA.
- Si la valeur de la turbidité est supérieure à 5, arrêter la canalisation de l'eau de RAMSA (par exemple le cas de pluie), et l'utilisation de l'eau propre du stock de la SBGS, qui a été modifiée selon leurs besoins.
- **Chloration :**

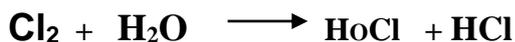
C'est la première étape de traitement qui consiste à injecter une quantité de chlore comprise entre 1 et 3 ppm.

La chloration se fait par l'ajout d'Hypochlorite de sodium par son injection dans la conduite à l'aide d'une pompe.

Le but de la chloration est :

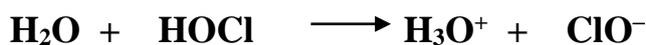
- ✓ Désinfecter l'eau.
- ✓ Eliminer toutes les substances dissoutes indésirables, supprimer le goût, l'odeur et détruit les germes pathogènes causant des maladies.

La réaction du chlore dans l'eau est la suivante :



N.B: l'acide hypochloreux HOCl est responsable de l'effet inhibiteur des bactéries pathogènes.

HOCl est ensuite partiellement dissocié en ions hypochlorite ClO^- , selon la réaction suivante :



- **Filtration à sable :**

Toutes les installations de traitement utilisent des filtres à sable pour éliminer les solides en suspension contenus dans l'eau.

Le principe du filtre à sable est de faire s'infiltrer l'eau à travers une grande quantité de sable appelé le silex classé dans un granoclassement décroissant.

Lorsque le filtre est saturé, on remarque une augmentation de la turbidité de l'eau à la sortie du filtre, qui est alors lavée à contre-courant par l'air et de l'eau.

- *Cuve tampon 1 :*

Cette étape consiste à stocker l'eau dans un réservoir tampon, il faut contrôler le chlore à une norme de 2,5 à 3 ppm, si on trouve une valeur inférieure, il faut injecter du chlore.

Le stockage est nécessaire pour que le temps de contact du chlore avec l'eau (20 min) ait un effet sur la réaction.

- *Filtration sur charbon actif :*

Un filtre à charbon est une cuve remplie de charbon actif sous forme de grains, qui joue le rôle d'un adsorbant, (les molécules de chlore sont adsorbées sur le charbon).

Le but de cette filtration :

- ✓ Elimination du chlore et tout corps étranger qui donne un gout ou une odeur désagréable au produit.

Cette opération est effectuée par : « **adsorption chimique** ».

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes, des ions ou des molécules (adsorbants) se fixent sur une surface solide (adsorbant) depuis une phase gazeuse, liquide ou une solution solide.

N.B : Ce phénomène ne doit pas être confondu avec l'absorption (Fig. 4).

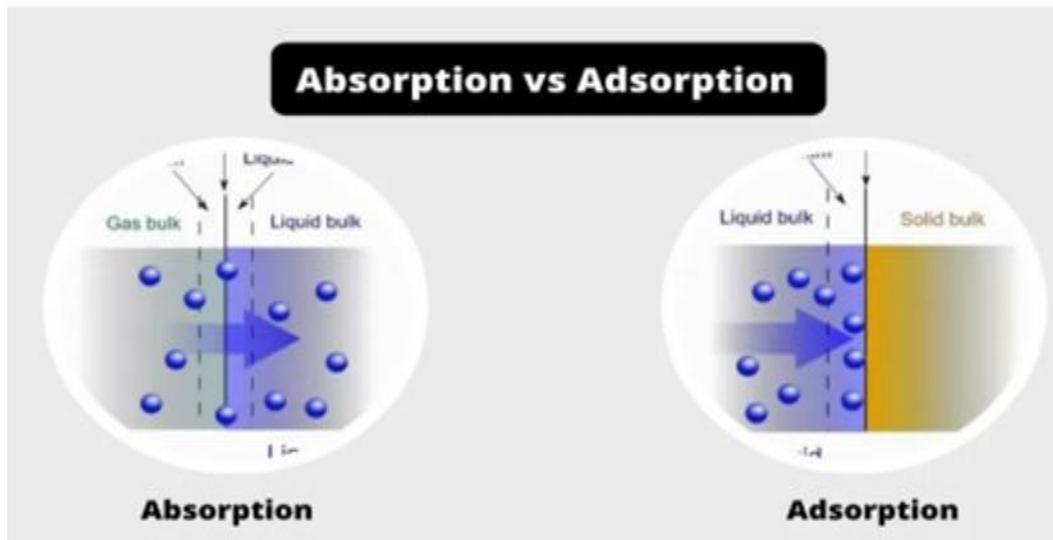


Figure 4. Différence entre l'adsorption et l'absorption.

Lorsque le filtre est saturé, on remarque une augmentation de la teneur en chlore de l'eau à la sortie du filtre, qui est alors lavée par vapeur à 120°C.

- *Filtre polisseur :*

Ces filtres éliminant le sable et les traces de charbon passant à la sortie du filtre à charbon actif.

- *Osmose inverse :*

L'osmose : est la transformation d'eau d'une solution diluée (hypotonique) à travers une membrane semi-perméable (perméable à l'eau, mais imperméable aux macromolécules en solution) vers une solution concentrée (hypertonique).

Si la valeur de la pression osmotique est dépassée, on observe un écoulement d'eau en sens inverse de l'écoulement osmotique : c'est le phénomène « **osmose inverse** ».

L'osmose inverse est un système qui purifie les substances contenant dans l'eau grâce à un système de filtration qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

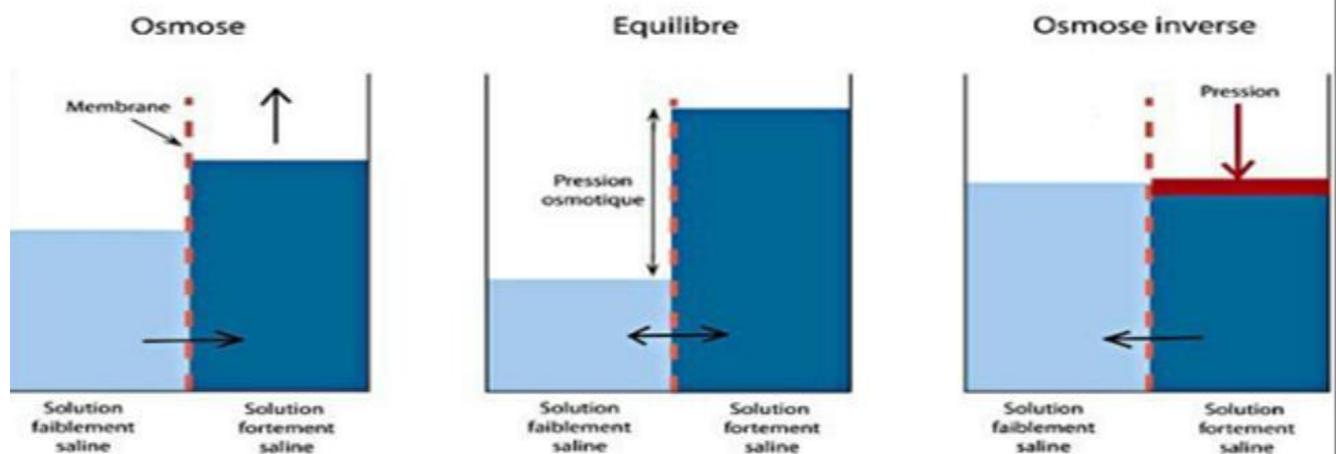


Figure 5. Principe de fonctionnement de l'osmose inverse.

Cette technique de filtration a pour but de diminuer le taux des solides dissouts dans l'eau (TDS) puisque le traitement d'eau passe par l'étape d'ajout des sels minéraux (pour l'eau de table), donc ça nécessite une valeur de TDS minimale au début (environ 30mg/l), et aussi de supprimer les polluants (nitrates, résidus de pesticides).

N.B : l'eau qui sort de l'osmose inverse appelée « l'eau traitée », est dirigée vers les autres services : la siroperie et les lignes d'embouteillage.

- **Cuve tampon 2 :**

Après l'étape d'osmose inverse, l'eau est stockée dans une cuve de mélange, puis du chlore est ajouté de temps en temps dans le bassin, et l'eau est récupérée une seconde fois pour continuer le traitement, en passant par des filtres à charbon et des filtres polisseurs.

- **Préparation et addition des sels minéraux et ozonation :**

Après le traitement de l'eau par osmose inverse, des additifs tels que le calcium, le magnésium et le bicarbonate sont injectés dans la canalisation par l'intermédiaire d'une pompe. Puis l'ajout de l'ozone (O₃).

- ✓ **Ozonation :**

La désinfection de l'eau par l'ozone est un processus efficace et est également utilisée dans le traitement de l'eau.

L'ozone est un gaz qui désinfecte l'eau en oxydant les composants indésirables qu'elle transporte. Son procédé est généralement considéré comme plus efficace, car tous les microorganismes contenus dans l'eau sont systématiquement détruits au contact de l'ozone.

- **Désinfection par UV :**

La désinfection par UV : est l'étape ultime de traitement de l'eau de process avant la distribution aux autres services.

Le rayonnement ultraviolet (UV) est un rayonnement électromagnétique ayant les mêmes propriétés que la lumière visible. Cependant sa longueur d'onde comprise entre 20 nm et 400nm est trop courte pour être détectée par l'œil humain.

La désinfection par UV est une méthode rapide et efficace contre les microorganismes et les virus, elle permet d'inhiber leurs reproductions et perd leurs pouvoirs d'infection.

4. Etapes de traitement de l'eau de forage

Le traitement de l'eau de forage se fait en plusieurs étapes selon le procédé indiqué dans la figure 6.

L'eau du puits est également traitée, en commençant par la chloration puis filtration sur sable, une partie pour l'arrosage du jardin, lavage et nettoyage, et une autre partie continue le traitement par la filtration à charbon, filtre polisseur, et l'adoucissement. L'eau adoucie est dirigée vers lavage des bouteilles en verre et la chaudière et aux tours de refroidissement.

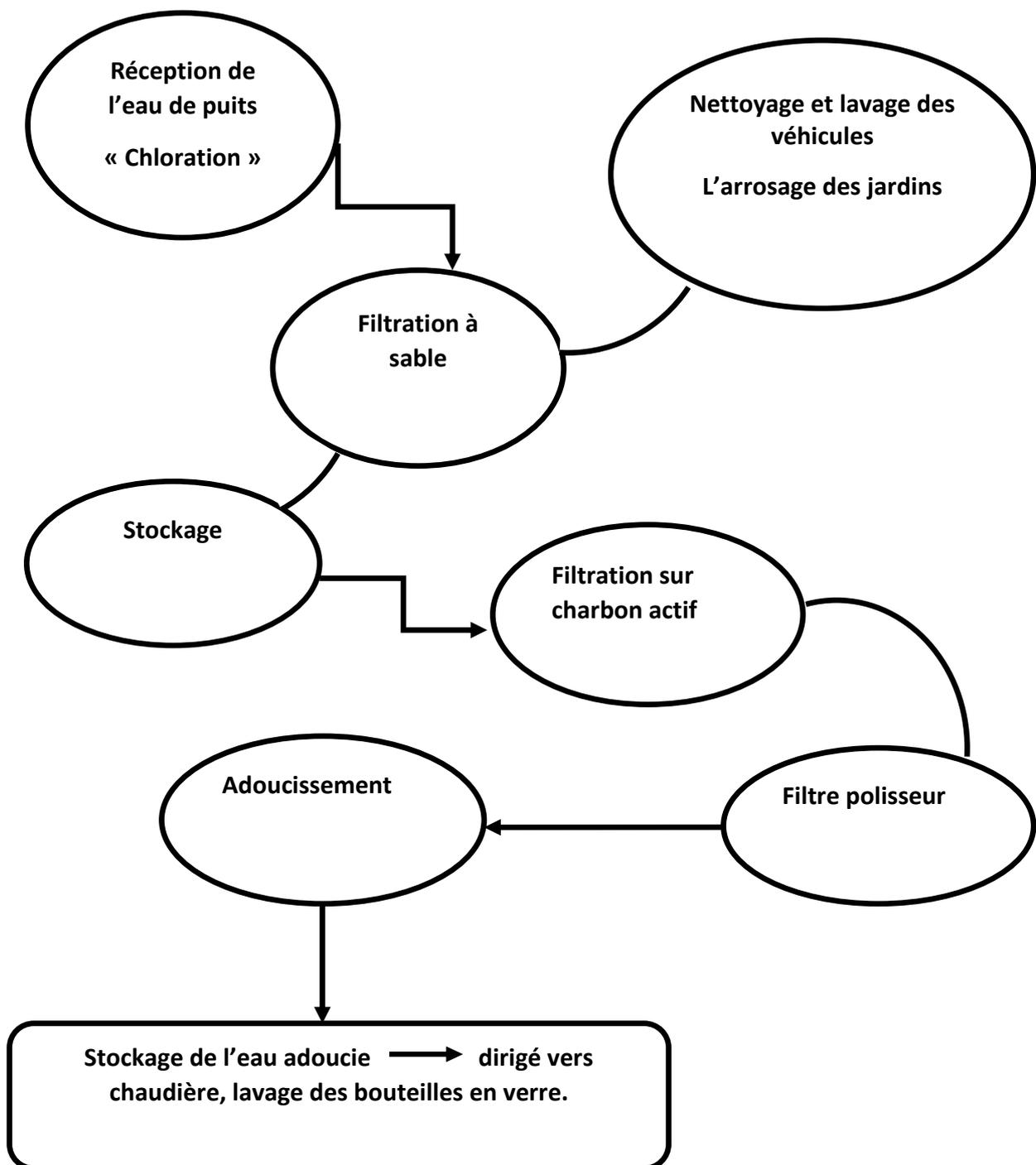


Figure 6. Etapes de traitement de l'eau de forage.

- *Adoucissement :*

L'adoucissement a pour but de diminuer la dureté TH de l'eau et d'éviter le calcaire qui produit à cause des sels alcalino-terreux : carbonates, sulfates, et les ions magnésium Mg^{2+} et calcium Ca^{2+} présentes dans l'eau.

L'adoucisseur est un appareil qui Contient une résine échangeuse d'ions de type **R-Na2** appelé : « **résine sodique** », dont le principe est d'échangée les ions **Na²⁺** capter sur la résine par les ions **Ca²⁺** et **Mg²⁺** contenus dans l'eau.

✓ *Réaction d'échange d'ions :*



L'opération d'adoucissement va se contenu jusqu'à ce que tous les ions sodiums ont été échangés, c'est-à-dire la saturation de la résine, cela provoque l'augmentation de la dureté de l'eau, alors la résine nécessite une régénération avec une saumure (chlorure de sodium **NaCl**), selon les réactions suivantes :

✓ *Réaction de régénération :*

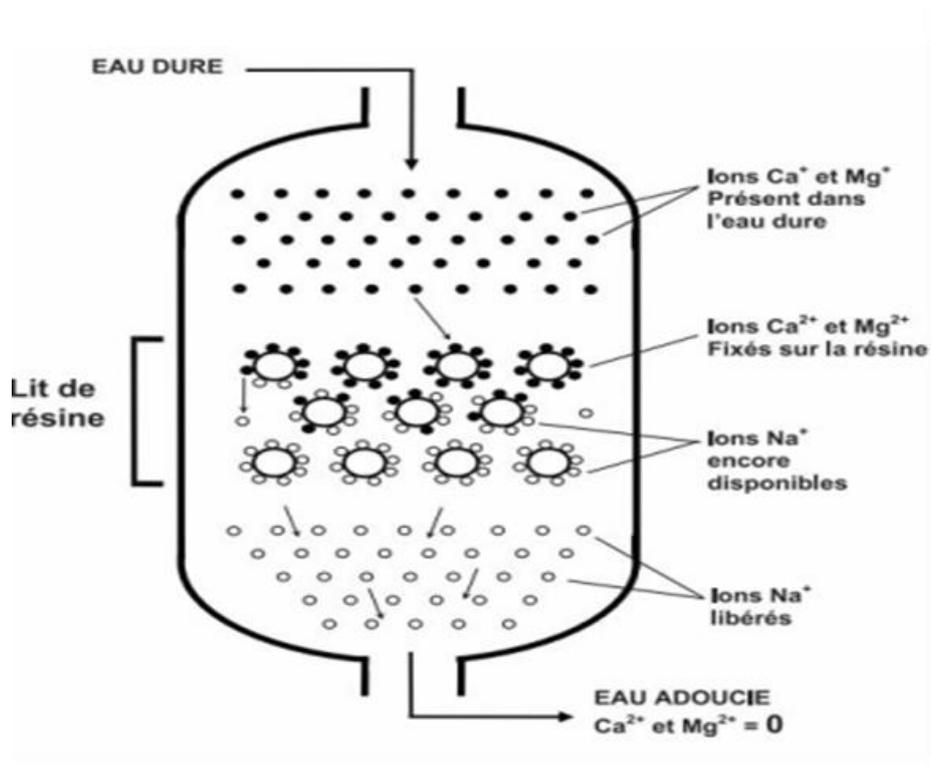


Figure 7. Principe de l'adoucissement de l'eau.

Chapitre III : paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau

1. Paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques de la qualité de l'eau dépendent de la couleur, l'odeur, le goût.

Elles font références à la sensation bonne ou mauvaise que ressent le consommateur de cette eau.

a) La couleur :

La coloration d'une eau est due à la présence de substances dissoutes et/ou aux substances en suspension. Ces substances sont le plus souvent d'origine naturelle « végétale et minérale ». Elle varie pour les eaux naturelles de jaune pâle au brun rougeâtre selon la nature et la concentration de la matière colorantes.

b) L'odeur :

L'odeur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, due à la présence de matières organiques en décomposition comme les alcools, le dioxyde de soufre, le chlore.

c) Le goût et la saveur :

C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

2. Qualité bactériologique :

L'eau ne doit pas contenir de micro-organismes, d'agents pathogènes ou de virus susceptibles de provoquer une contamination biologique et de provoquer des épidémies.

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher les bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui peuvent se développer en présence d'oxygène.

3. Les paramètres physico-chimiques :

L'eau aux propriétés physico-chimiques doit être conforme aux normes établies par coca-cola compagnie, afin d'avoir une eau de bonne qualité de sorte que nous obtenons des boissons gazeuses et eau de table parfaites.

Les paramètres physico-chimiques effectués au niveau de la station de traitement des eaux dans la SBGS sont :

Le pH, la turbidité, la conductivité, le titre hydrotimétrique (TH) ou la dureté, l'alcalinité, chlorures, la teneur en chlore et en sulfates.

a) Le potentiel hydrogène :

➤ Principe :

Le pH de l'eau ou son acidité ou son alcalinité est étroitement lié à la concentration d'ions hydrogène présents dans cette eau.

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

- ✓ Le pH est un paramètre qui caractérise plusieurs équilibres physico- chimiques et dépend de plusieurs facteurs, dont l'origine de l'eau.
- ✓ Le pH d'un échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation. C'est pourquoi la température de l'échantillon est toujours indiquée avec la mesure du pH.
- ✓ Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il fournit un concept très important pour déterminer l'agressivité de l'eau.
- ✓ Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous forme ionique plus toxiques.
- ✓ Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique.
- ✓ Le pH d'une eau potable doit se situer entre 6,5 et 8,5(OMS, 1989).

Tableau 2. Classification des eaux d'après leur pH.

pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface.
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines.
PH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

➤ **Protocole expérimental :**

Le PH est mesuré par l'appareil PH- mètre, selon le procédé suivant :

- Mettre assez d'eau d'essai dans un bécher de 100 ml.
- Étalonner le pH-mètre avec des solutions étalons dont le pH est bien connu.
- Après avoir étalonné l'appareil, rincer abondamment l'électrode à l'eau distillée avant de commencer la mesure, Il suffit déplacer l'électrode dans le bêcheur et de lire la valeur donnée par l'appareil.



Figure 8. pH mètre.

b) La turbidité :

➤ **Principe :**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau ainsi mesurer la capacité d'une eau à absorber/diffuser de la lumière, elle est due à la présence des

matières en suspension dans l'eau (argiles, limon, matière organique, organismes microscopiques...).

- ✓ Pour la sécurité du consommateur, l'eau destinée à la consommation doit présenter une turbidité inférieure à 5 NTU.
- ✓ La turbidité produit des dépôts dans la robinetterie et les réservoirs, ce qui conduit à un milieu favorable à la multiplication des bactéries.
- ✓ Niveau élevé de turbidité réduit l'efficacité de la désinfection.
- ✓ La turbidité a été mesurée par un turbidimètre néphélométrique.
- ✓ Son principe de mesure est le suivant : un puissant rayon de lumière est orienté vers l'échantillon. Ainsi, cette lumière dispersée est proportionnelle à la turbidité de l'échantillon. Elle est exprimée en NTU (néphélométrie turbidity unit).

Tableau 3. Classes de turbidité de l'eau.

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble
NTU > 200	Le cas de la plupart des eaux de surface.

➤ **Protocole expérimental :**

- Remplir une cuve de mesure propre jusqu'à trait (environ 30ml) avec l'échantillon. Boucher la cuve.
- S'assurer l'absence des bulles d'air avant la mesure.
- Eviter de toucher les cuves aux points où elles sont traversées par la lumière.
- Placer la cuve dans le puits de mesure, fermer le capot.

Affichage des résultats.



Figure 9. Turbidimètre.

c) La conductivité :

➤ **Principe :**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance (inverse de la résistance) d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques ou la capacité d'échantillon de transmettre le courant.

Elle est fonction de la concentration totale en ions, leur mobilité, leurs valences, leurs concentrations relatives et de la température.

- ✓ La mesure de ce paramètre nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, calcium, sodium, magnésium...).
- ✓ L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m), mais dans le cas de l'eau, le micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) est généralement utilisé.

Tableau 4. Qualité de l'eau selon la variation de conductivité.

Qualité de l'eau	Qualité excellente	Bonne qualité	Qualité médiocre mais eau utilisable	Minéralisation excessive
La variation de la conductivité	50 à 400	400 à 750	750 à 1500	1500

➤ **Protocole expérimental :**

- Prélèvé l'échantillon dans un bécher.
- Prolonger la sonde de l'appareil TDS mètre dans l'eau à tester.
- Sélectionner l'option voulue : TDS, CND, RESIST, salinité et température avec les touches de sélection.
- Lire le résultat.

d) Total des solides dissouts :

➤ **Principe :**

Le TDS est un paramètre d'évaluation de la qualité de l'eau, il représente la quantité totale des éléments organiques et inorganiques dissoutes dans l'eau.

TDS est mesurer par l'appareil TDS-mètre, et son unité de mesure est ppm.

- ✓ Le TDS-mètre mesure aussi la conductivité électrique de l'eau, donc il ya une relation entre ces deux paramètres : plus une eau est concentrée en substances ionisées, tel que : les minéraux, les sels, les cations ou anions, plus la conductivité est élevée.
- ✓ Lorsque la valeur TDS est élevée, c'est-à-dire présence d'une grande quantité de solides dissous dans l'eau, cela peut affecter le gout et l'odeur de l'eau. A l'inverse lorsque on a un faible niveau de TDS, cela signifie qu'il y a moins de solides dissous dans l'eau donc l'eau est pure.

➤ **Protocole expérimental :**

- Prélèvé l'échantillon dans un bécher.
- Prolonger la sonde de l'appareil TDS mètre dans l'eau à tester.
- Sélectionner l'option voulue : TDS, CND, RESIST, salinité et température avec les touches de sélection.
- Lire le résultat.

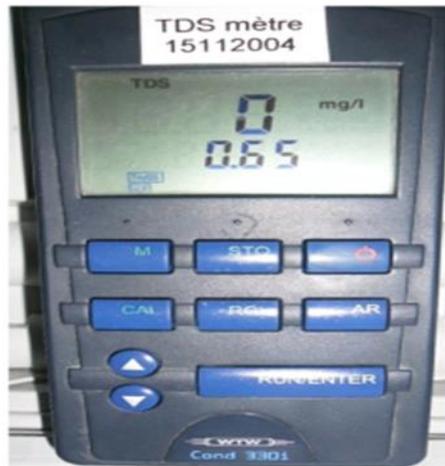


Figure 10. TDS mètre.

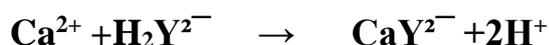
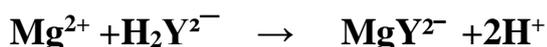
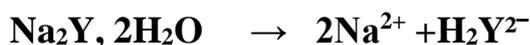
e) La dureté totale :

➤ Principe :

La dureté totale d'une eau appelée aussi le titre hydrométrique (TH), est la concentration totale en ion calcium, magnésium et autre cations bivalents et trivalents dans cette eau.

- ✓ La dureté d'une eau est la propriété de cette eau d'empêcher le savon de mousser, elle est due à la présence d'ions alcalino-terreux Ca^{2+} et Mg^{2+} qui forment des sels insolubles avec les acides gras des savons.
- ✓ En plus la dureté totale détériore les tissus et assèche la peau.
- ✓ De plus, lorsque de l'eau chaude est utilisée, l'eau dure peut provoquer des dépôts de calcaire dans les canalisations ainsi que dans les équipements industriels et domestiques.

Le calcium et magnésium présent dans l'eau sont complexés par l'éthylène diamine tétra-acétique (EDTA) selon les réactions de complexations suivantes :



Avec : Y= EDTA

- *Les différentes valeurs de la dureté d'eau.*

- ✓ *Très douce* : $TH < 3 \text{ }^\circ F$
- ✓ *Douce* : $3 \text{ }^\circ F < TH < 15 \text{ }^\circ F$
- ✓ *Moyennement dure* : $15 \text{ }^\circ F < TH < 30 \text{ }^\circ F$
- ✓ *Très dure* : $TH > 30 \text{ }^\circ F$

➤ **Protocole expérimental :**

- Prendre 100mL d'échantillon à analyser.
- Ajouter 5mL de la solution tampon.
- Ajouter encore une pointe de spatule d'indication colorée solide (noir d'ériochrome).
 - ✓ Si la solution vire au bleu cela signifie que la dureté de l'eau correspond à zéro.
 - ✓ Si la couleur vire au rose, titré doucement avec la solution EDTA (0,02mol/l), tout en renouant jusqu'à ce que la solution vire au bleu.
- Le nombre de ml de la solution de titration correspond à la dureté totale de l'échantillon exprimée en degré français.
- Les résultats sont exprimés en mg/l de CaCO_3 en multipliant la valeur trouvée par 10.

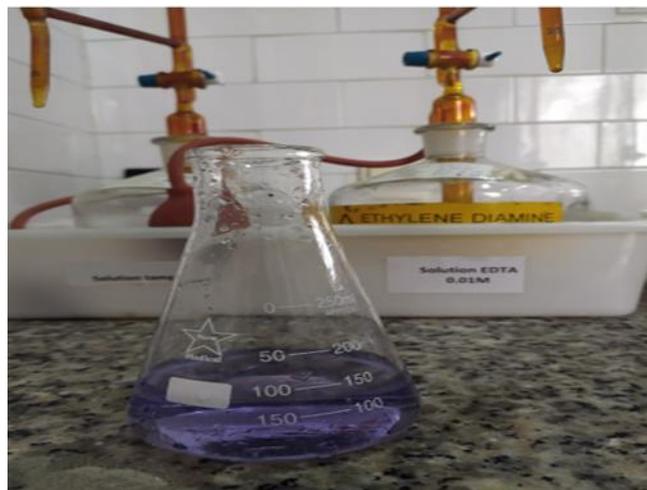


Figure 11. Virage de la solution au bleu.

f) L'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité de l'eau correspond à la présence de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde.

Il existe deux types de l'alcalinité : titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet.

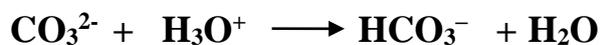
✓ **Titre alcalimétrique TA :**

➤ **Principe :**

TA est la neutralisation des ions hydroxydes (OH^-) et la transformation des ions carbonates (CO_3^{2-}) en ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-) par un acide fort.

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

Principe de la réaction :



➤ **Protocole expérimental :**

- Dans un erlenmeyer, verser 100ml de l'échantillon.
- On ajoute 3 à 4 gouttes de la phénophtaléine, s'il n'y a pas de coloration alors TA=0, s'il y'a une coloration ajouter 3 gouttes d'hélianthine (coloration jaune).
- Après titrer avec l'acide sulfurique H_2SO_4 (0,02N) jusqu'à l'obtention de point de virage.
- Le nombre de ml de la solution de titration correspond à TA de l'échantillon exprimé en degré français.

✓ **Titre alcalimétrique complet TAC :**

➤ **Principe :**

TAC est mesurée en neutralisant des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates présents dans un volume d'eau avec un acide fort. Les points d'équivalence sont déterminés par des indicateurs colorés.

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

➤ **Protocole expérimental :**

- Dans un erlenmeyer, verser 100ml de l'échantillon.
- Ajouter trois gouttes de la solution méthylorange encore appelé hélianthine.

- Puis faire la titration avec l'acide sulfurique H₂SO₄ (0,02N), jusqu'à ce que la solution vire du bleu verdâtre au rose pale.
- Le nombre de ml de la solution de titration correspond à l'alcalinité M de l'échantillon exprimée en degré français.
- Ce nombre multiplié par 10 indique la valeur de M en mg/litre.

$$\text{TAC} = V * 10\text{mg/l}$$

- ✓ L'alcalinité ne doit pas dépasser 8,5°F ou 85 mg/litre de CaCO₃



Figure 12. Virage de la solution au rose.

g) Dosage des chlorures :

➤ Principe :

Chlorure, couramment trouvé dans la nature, généralement sous la forme de son sel de sodium (NaCl), Potassium (KCl) et Calcium (CaCl₂), Chlorure (Cl⁻). En quelques sortes En général, les ions chlorure sont présents dans toutes les eaux à des concentrations variables.

- ✓ La teneur en ions chlorure dans les eaux souterraines peut atteindre plusieurs grammes Contact avec certaines formations géologiques par litre.
- ✓ En utilisant le chromate de potassium comme indicateur, le nitrate d'argent a été utilisé pour déterminer le chlore lié à l'état de chlorure.



- ✓ Des niveaux élevés de chlorure dans l'eau, en plus de créer un gout salé, laissent également des taches et des résidus blancs, de plus le chlorure rend l'eau plus corrosive.
- ✓ La teneur en chlorures de l'eau destinée à la consommation humaine doit être inférieure à 250 mg/l.

➤ **Protocole expérimental :**

- Dans un erlenmeyer, verser 100ml de l'échantillon.
- Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium, on obtient une couleur jaune.
- Puis on dose la solution par une solution de nitrate d'argent. Le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorure d'argent.
- La fin de la réaction est marquée par une coloration rouge brique du chromate d'argent.
- Exprimer les résultats de la façon suivante :

Pour les ions : $\text{Cl}^- = V * 10 * 3,55 \text{ (mg/l)}$.

Pour NaCl = $V * 10 * 5,85 \text{ (mg/l)}$.

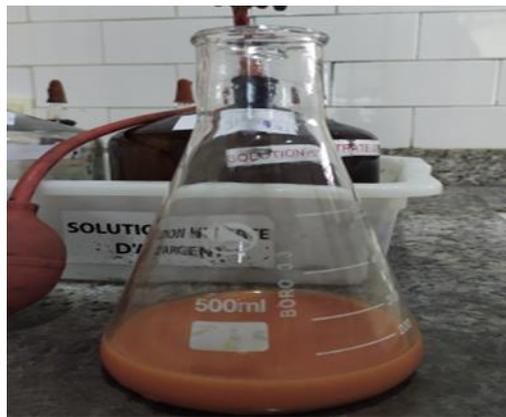


Figure 13. Virage de la solution au rouge brique.

h) La teneur en chlore :

✓ ***Chlore libre :***

➤ ***Protocole expérimental :***

La mesure de la teneur en chlore se fait par l'appareil spectrophotomètre.

- Remplir une cuvette propre de 10mm avec l'échantillon.
- Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
- Appuyer sur la touche zéro.
- Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
- Ajouter une pastille de DPD N°1.
- Dissoudre la pastille.

- Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
- Appuyer sur la touche Test.
- Le résultat s'affiche sur l'écran en mg/l chlore libre
- ✓ **Chlore total :**
 - **Protocole expérimental :**
 - Refaire le même mode opératoire et cette fois il faut dissoudre les deux comprimés DPD N°1 et DPD N°3.
 - Attendre un temps réaction
 - Le résultat s'affiche sur l'écran en mg/l chlore total.
 - i) **La teneur en sulfates :**

La mesure de la teneur en chlore se fait par l'appareil spectrophotomètre.

- **Protocol expérimental :**
 - Remplir une cuvette propre de 10mm avec l'échantillon
 - Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
 - Appuyer sur la touche ZERO.
 - Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
 - Ajouter une pastille de Sulfate TURBIDITY.
 - Dissoudre la pastille.
 - Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
 - Appuyer sur la touche Test.
 - Le résultat s'affiche sur l'écran en mg/l.
- ✓ **Le taux de sulfates ne doit pas dépasser 250mg.**



Figure 14. Appareil spectrophotomètre.

Chapitre IV : résultats et discussion

➤ Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau brute et l'eau traitée

Les tableaux ci-dessous représentent les résultats d'analyses physico-chimiques de 5 échantillons d'eau brute et l'eau traitée effectuée entre le 02 et le 06 juin 2022.

Les résultats d'analyses physico-chimiques doivent respecter la norme de chaque type d'eau (voir annexe 1).

Tableau 5. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau brute.

Eau brute								
Paramètres								
Temps	pH	TDS	Chlore	Turbidité	Chlorure	TAC	Dureté	AGO
02/06/2022	8,14	385	1,24	0,68	106,95	7,6	12,5	normal
03/06/2022	8,12	381	1,25	0,66	142	7,5	12,4	normal
04/06/2022	8,15	358	1,26	0,65	134,9	7,5	12,4	normal
05/06/2022	8,34	387	1,11	0,64	113,6	5,6	8,9	normal
06/06/2022	8,26	389	0,86	0,87	142	5,5	8,9	normal

Tous les résultats obtenus sont conformes aux normes prescrites, à l'exception la valeur du chlore **0,86 ppm** obtenu le jour **06/06/2022**, donc il faut injecter du chlore selon les normes doit être entre 1 et 3 ppm.

Tableau 6. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau traitée.

L'eau traitée							
Les paramètres							
Temps	pH	TDS	Chlore	TAC	Turbidité	Dureté	AGO
02/06/2022	6,98	44	0	0,8	0,14	1,2	normal
03/06/2022	7,02	44	0	0,7	0,15	1,2	normal
04/06/2022	7,02	43	0	0,8	0,14	1,2	normal
05/06/2022	7,2	43	0	0,5	0,16	0,6	normal
06/06/2022	7,13	44	0	0,5	0,15	0,6	normal

D'après les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques effectuées sur l'eau traitée, on remarque que tous ces paramètres répondent aux normes requises par la SBGS.

✓ **Discussion des résultats physicochimiques de l'eau brute VS l'eau traitée :**

✚ **Potentiel d'hydrogène :**

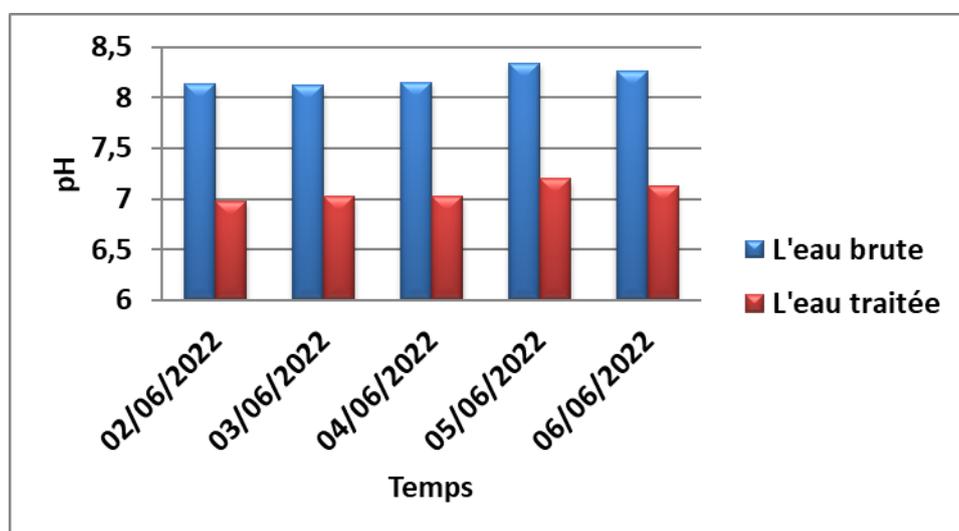


Figure 15. Variations du pH de l'eau brute et l'eau traitée en fonction du temps.

D'après le graphe on remarque que les valeurs de pH des échantillons de l'eau brute et traitée ne dépasse pas la valeur donnée par la norme marocaine d'eau de ville ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).

L'eau brute a un pH alcalin d'ordre 8,34 au maximum et 8,12 au minimum, indiquant la présence de la charge carbonatée dans l'eau ce qui la rend alcalin.

Inversement pour l'eau traitée des pH qui sont neutres qui s'explique par l'élimination des substances carbonaté durant le traitement de l'eau.

✚ Turbidité :

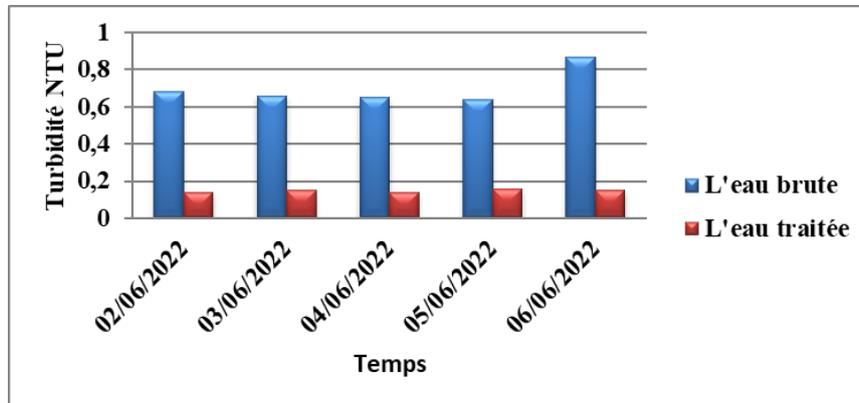


Figure 16. Variations de la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée en fonction du temps.

- **Pour l'eau brute :**

D'après le graphe obtenu, la valeur de la turbidité varie entre 0,64 NTU à 0,87NTU donc les résultats ne dépassent pas la norme « **Turbidité d'eau brute < 5 NTU** ».

- **Pour l'eau traitée :**

La valeur de la turbidité des échantillons varie entre 0,14 NTU à 0,16 NTU, donc les résultats ne dépassent pas la valeur donnée par la norme « **Turbidité d'eau traitée < 0,3 NTU** ».

Ces résultats montrent la diminution des matières en suspension, donc la qualité de l'eau de station de traitement des eaux est très excellente.

✚ TDS :

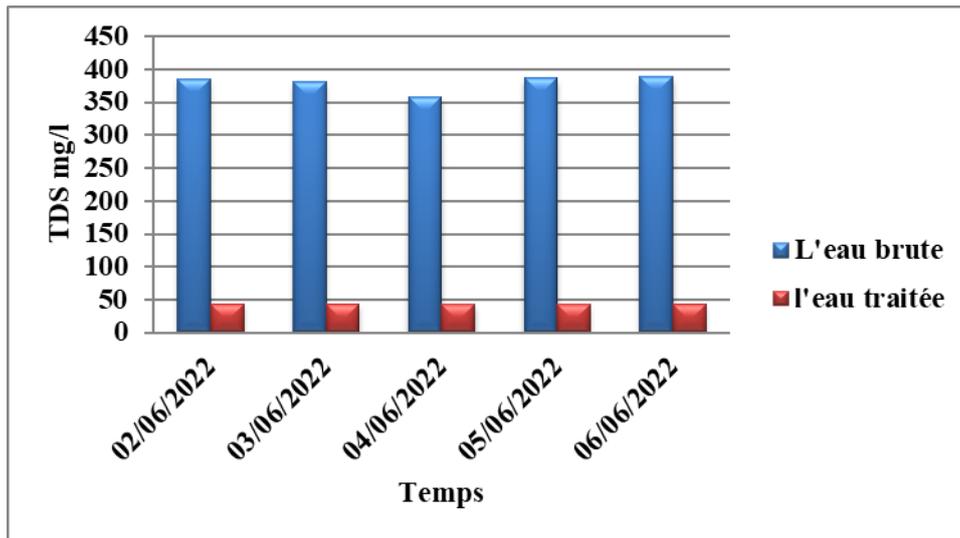


Figure 17. Variations du TDS de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.

D'après le graphe on remarque :

Pour l'eau brute, les valeurs de TDS sont variées des 358 à 389 mg/l, cela due à la grande quantité des solide dissous dans l'eau.

En revanche, les valeurs de TDS de l'eau traitée varient de 43 à 44 mg/l, ces résultats ne dépassent pas la norme « **TDS < 500 mg/l**).

L'élimination de substances dissoutes dans l'eau est effectuée dans l'étape d'osmose inverse c'est pour cela on a une diminution des valeurs de TDS de l'eau traitée par rapport à l'eau brute.

✚ TAC :

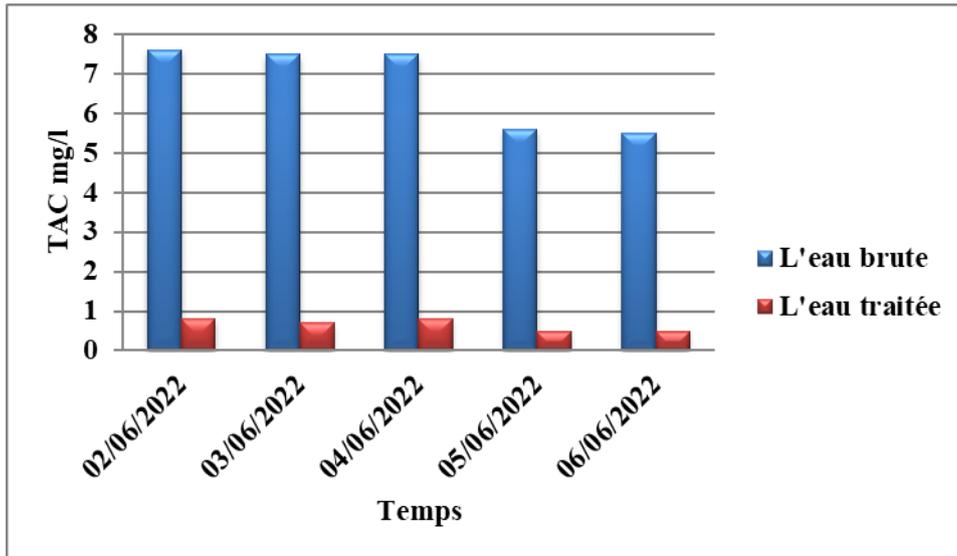


Figure 18. Variations de TAC de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.

D'après la figure ci-dessus on remarque que l'alcalinité de l'eau brute est élevée, atteinte 7,6 mg/l due à l'existence des matières organiques et des sels minéraux. Et pour l'eau traitée la valeur de l'alcalinité atteint 0,5 mg/l cela due à la valeur du pH qui diminue à la sortie de l'osmose inverse pour avoir une eau neutre. L'alcalinité de l'eau traitée est conforme à la norme « **Alcalinité < 85 mg/l** ».

✚ Dureté totale :

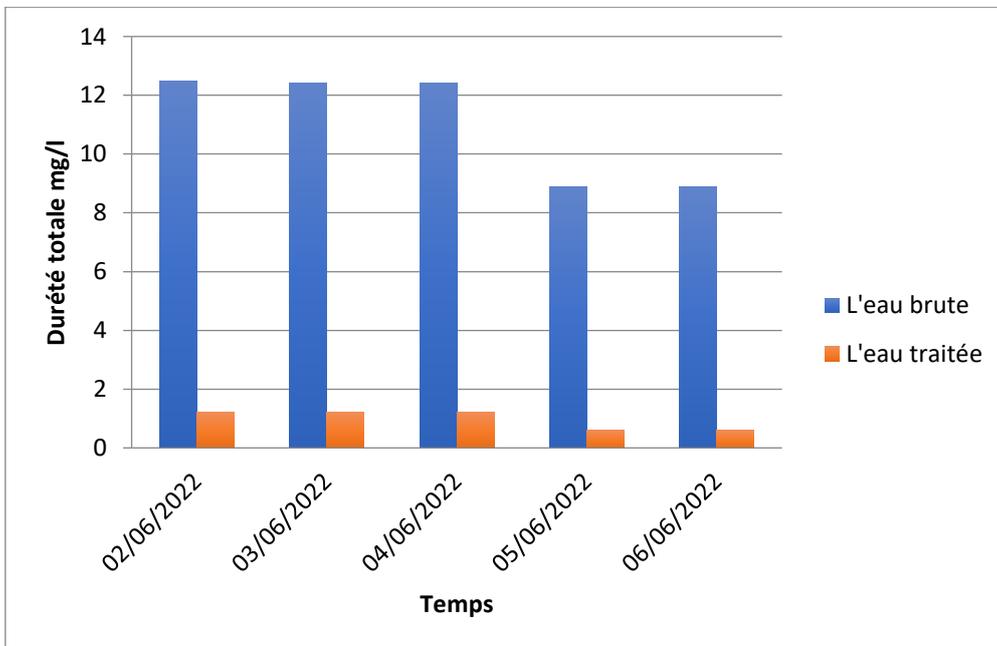


Figure 19. Variations de la dureté totale TH de l'eau brute et l'eau traitée en fonction de temps.

Dureté totale il s'agit d'une qualité d'eau particulière due au calcium et magnésium.

D'après la figure ci-dessus on constate que la dureté de l'eau brute varie entre 8,9 et 12,5 mg/l ne dépassent pas la norme « **Dureté d'eau brute < 100mg/l** », ces valeurs élevés de TH grâce au taux élevée de carbonate de calcium et de magnésium dans cette eau.

Pour l'eau traitée la dureté varie entre 0,6 et 1,2 mg/l car après l'osmose inverse tous les ions magnésiums et calciums ont été éliminé. Donc la qualité de l'eau étudiée est conforme.

✓ **Conclusion :**

Les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus pour l'eau traitée sont conformes aux normes d'une eau destinée à la production des boissons gazeuses et l'eau de table.

➤ **Analyse du paramètre dureté totale de l'eau adoucie :**

Le tableau ci-dessous représente les résultats d'analyses de la dureté totale de 5 échantillons d'eau adoucie effectuée entre le 02 et le 06 juin 2022.

Tableau 7. Résultats d'analyses de la dureté totale d'eau adoucie.

Jour	TH °F	Norme
02/06/2022	0,8	Conforme
03/06/2022	1	Non conforme
04/06/2022	0,8	Conforme
05/06/2022	0,7	Conforme
06/06/2022	0,7	Conforme

D'après le tableau et le graphique, on remarque que les résultats de TH de l'eau adoucie sont dans la norme, sauf pour le jour 03/06/2022 la valeur de TH a dépassé la norme « **TH eau adoucie < 1 °F** ». La cause de ce résultat est la saturation de la résine, donc elle nécessite une régénération par NaCl.

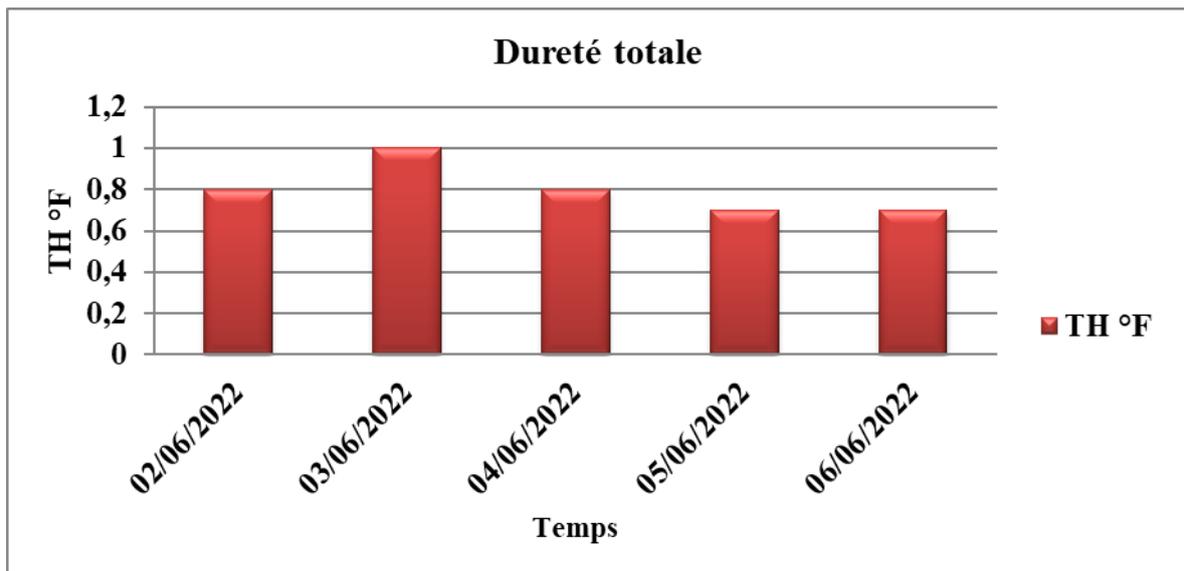


Figure 20. Variations de la dureté totale TH de l'eau adoucie en fonction de temps.

Conclusion générale

J'ai effectué mon stage de fin d'études de Licence Sciences et Techniques au sein de la SBGS. Après avoir été intégré à l'équipe, j'ai eu l'opportunité d'effectuer plusieurs tâches qui constituaient un stage global, à savoir le traitement de l'eau et le contrôle physico-chimique de la qualité de l'eau.

Ce stage correspondait exactement à ce que j'attendais car je voulais découvrir l'industrie agroalimentaire, et il m'a permis de découvrir un univers que je connaissais finalement très peu mais qui m'intéressait beaucoup.

Selon les différentes étapes de traitement de l'eau, et sur la base du contrôle physico-chimique de l'eau utilisée pour la production de boissons gazeuses et d'eau de table, nous pouvons conclure que les exigences de l'entreprise sont bien respectées.

Il en découle que tous nos résultats trouvés sont fiables et conformes aux normes prescrites, exception faite sur les résultats des valeurs obtenus en TH de l'eau adoucie.

Annexes

Annexe 1. Valeurs maximales acceptables pour les analyses physicochimiques de chaque type d'eau prélevé dans les différentes étapes au cours de traitement des eaux.

VMA											
Paramètre											
Type d'eau	pH	TDS	conductivité	turbidité	Chlore		sulfates	TH	TAC	Chlorure	A.G.O
					Libre	Totale					
L'eau brute	*	*	*	< 5 NTU	*	---	*	*	*	*	Normal
L'eau filtre à sable	6 à 9	---	---	---	1 à 3 ppm	---	---	---	---	---	normal
L'eau filtre à charbon	6 à 9	---	---	< 0,3 NTU	---	0,0 ppm	---	---	*	---	normal
L'eau osmosée	4,5 à 10	<200 mg/L	*	---	---	---	---	---	---	---	normal
L'eau adoucie	*	*	---	---	---	0,0 ppm	---	<1 °F	*	*	normal
L'eau de forage	*	*	---	---	1 à 3 ppm	---	---	*	---	*	normal
L'eau glycolé	7 à 9,5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	normal

* : les résultats obtenus vont être comparé avec les résultats des autres étapes

--- : pas d'exigence d'analyse

