



## Mémoire de Master

Présenté par :

- **Ait hamouda Hafid**
- **Baouche Yanis**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : CHIMIE ANALYTIQUE.*

**Thème :**

**Etude des paramètres physico-chimiques des eaux  
de process et des boissons  
de SARL IFRI**

**Soutenu le : 02/10/2021**

**Devant le jury composé de :**

<b>Nom&amp;Prénom</b>	<b>Département d'affiliation</b>	<b>Qualité</b>
YALA Sabiha	GENIE DES PROCEDES	Présidente
ISSAADI Hamida	CHIMIE	Examinatrice
MEDDOURI Melaaaz	CHIMIE	Encadrant

# **Remerciement**

En premier lieu, on remercie le bon Dieu de nous avoir donné la volonté, le courage, la persistance et la patience de réaliser et finaliser ce modeste travail.

On adresse un vif remerciement à Madame **MEDDOURJ.M** d'avoir accepté de nous encadrer, aussi pour ses orientations et ses conseils au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

On tient également à remercier :

Mr **CHABOUR.H** chef du département de control et qualité, de nous avoir accueilli au sein de l'industrie, ainsi qu'à tout l'ensemble du personnels du laboratoire et de la station des traitements des eaux de IFRI: **Djakida, Nassira,**

**Aissa ,Kamel, Mokhtar, Houari, Azzedine, Boualem, Djillali, Lydia,**

**Zindine** pour leurs conseils, leurs orientations et les moyens qu'ils ont mis à notre disposition au cours de la période de notre stage.

A la fin on tient à remercier toutes personnes qui nous ont aidés de près ou de loin de réaliser ce noble travail.

# Dédicace

*A l'aide de DIEU, le tout puissant  
Ce travail est achevé, je le dédie à toutes  
Personnes qu'on aime  
à MON PÈRE et à MA MÈRE.*

*L'honneur de ce travail revient à mes très chers parents pour  
leur affection, leur sacrifices et encouragements pendant ma  
formation et que dieu les protège et les garde en bonne santé.*

*A mes frères AHMED, RAHIM ET KHALED.*

*A ma sœur SYLIA*

*A mon meilleur ami et collègue YANIS qui ma soutenu et aidé  
pour la réalisation de ce modeste travail.*

*A tous mes amis: YACINE, ZAKARIA, SALIM ET BILAL.*

*A tous ceux qui n'ont aidé et contribué à ma formation.*

*A toutes les personnes qui m'ont vraiment soutenue et aidé  
même si de loin ; vous êtes une source de force pour moi.*

**A. Hafid**

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à toutes personnes qu'on aime:*

*Essentiellement à mes **CHERS PARENTS** qui sont la source de la tendresse, de la patience, de la générosité*

*et ceux qui m'ont appris le secret de la réussite, pour leurs sacrifices et encouragements pendant ma formation et que dieu les protègent et les gardes en bonne santé.*

*Mes chers frères : **NASSIM, SALIM, BOUBKEUR, MND CHERIF** pour leurs amours et leurs conseils et soutient.*

*Mes chères sœurs : **LINDA, KAHINA, SALIMA** et la femme de mon frère **SAMIA** ainsi que leurs petits anges:*

***ADEM, ILAS, NESSMA , MILINA et CILINA.***

*pour leurs encouragement et leurs affections.*

*A mon cher binôme **HAFID** avec qui j'ai partagé cette période en beauté.*

*Mes chers collègues et amis **GHILAS, ILIMAS, SALIM, BILAL.***

*A toutes l'équipe de la pharmacie **BENMAMMAR,** qui m'ont vraiment soutenue et aidé durant cette période*

*En fin, à toutes les personnes qui comptent pour moi, qui ont intervenu dans ma vie et qui m'ont accompagné et soutenu soit de près ou de loin, vous êtes une source de force pour moi.*

**B-YANIS**

# *Sommaire*

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale** ..... 1

## *1/Partie théorique*

### **Chapitre I: Généralités sur l'eau et les boissons**

I.1. Généralités sur l'eau.....	2
I.1.1. Cycle de l'eau.....	3
I.1.2. Différents types d'eau.....	4
I.1.2.1. Eaux de pluie.....	4
I.1.2.2. Eaux de mer.....	4
I.1.2.3. Eaux de surface.....	4
I.1.2.4. Eaux souterraines.....	4
I.1.3. Propriétés de l'eau.....	5
I.1.3.1. Propriétés physiques.....	5
I.1.3.2. Aspect organoleptique de l'eau.....	6
I.1.3.3. Caractéristiques physico-chimiques.....	6
I.1.4. Composition de l'eau.....	8
I.1.4.1. Matières minérales.....	8
I.1.4.2. Matières organiques.....	9
I.1.4.3. Matières dissoutes.....	9
I.1.4.4. Matières colloïdales.....	9
I.1.4.5. Matières solides en suspension.....	9
I.1.5. Quelques appellations d'eau de consommations.....	10
I.5.1. Eaux potables .....	10
I.1.5.2. Eaux minérales naturelles.....	10
I.1.5.3. Eaux de source (brute).....	10
I.2. Boissons.....	11
I.2.1. Classification des boissons.....	11
I.2.1.1. Boissons gazeuses.....	11
I.2.1.2. Boissons non-gazeuses.....	12

I.2.2. Composition des boissons.....	13
I.2.2.1. L'eau.....	13
I.2.2.2. Sucre.....	13
I.2.2.3. Additifs alimentaires.....	14
I.2.2.4. Aromes.....	14
I.2.2.5. Colorants.....	14
I.2.2.6. Le gaz carbonique CO <sub>2</sub> .....	15
I.2.3. Les étapes suivies pour la fabrication d'une boisson.....	15

## **Chapitre II : SARL IFRI et procédés de traitement des eaux**

II.1. Procédé de traitement des eaux à la station de SARL IFRI.....	16
II.1.1. Introduction.....	16
II.1. 2. Filtration.....	16
II.1. 2. 1. Principe de la filtration.....	17
II.1. 2. 2. Rôle de la filtration.....	17
II.1. 2. 3. Types de filtration .....	17
II.1. 2. 4. Différents types de filtre.....	18
II.1. 3. L'adoucissement.....	19
II.2. 4. Osmose inverse.....	20
II.2. 5. CIP (Cleaning In Place).....	21
II.2.6. Les étapes suivie pour le traitements des eaux à l'unité SARL IFRI.....	22

## ***2/Partie pratique***

### **Chapitre III : Matériels et méthodes**

III.1. Présentation de l'organisme d'accueil SARL IFRI.....	23
III.1.1. Historique de l'entreprise.....	23
III.1.2. La situation géographique.....	23
III.1.3. Principale activité.....	23
III.1.4. Missions et objectifs.....	24
III.1.5. Les filiales et les chaines de production.....	24
III.1.6. Le Marché National.....	25
III.1.7. Organigramme de SARL IFRI.....	26
III.2. Echantillonnage.....	27

III.3. Techniques d'analyses physico-chimiques.....	27
III.3.1. Analyses physico-chimiques des eaux de process .....	27
III.3.1.1. Potentiel hydrogène.....	27
III.3.1.2. Conductivité.....	28
III.3.1.3. Détermination de la dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....	29
III.3.1.4. Détermination de l'alcalinité.....	30
III.3.1.5. Dosage des chlorures.....	32
III.3.1.6. Dosage des sulfites de sodium.....	33
III.3.2. Analyses physico-chimiques des boissons.....	34
III.3.2.1. Potentiel hydrogène (pH).....	34
III.3.2.2. Détermination du Brix.....	34
III.3.2.3. Détermination de l'acidité.....	35
III.3.2.4. Détermination du taux de CO <sub>2</sub> (dans le cas des sodas).....	36

#### **Chapitre IV: Résultats et discussions**

IV.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux de process.....	37
IV.1.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux brutes.....	37
IV.1.1.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	38
IV.1.1.2. Conductivité.....	38
IV.1.1.3. Titre hydrotimétrique (TH).....	39
IV.1.1.4. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	40
IV.1.1.5. Teneur en Chlorures.....	40
IV.1.2. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux osmosée mitigées.....	41
IV.1.2.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	42
IV.1.2.2. Conductivité .....	42
IV.1.2.3. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	43
IV.1.2.4. Teneur en Chlorures.....	44
IV.1.3. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux adoucies.....	45
IV.1.3.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	45
IV.1.3.2. Conductivité.....	46
IV.1.3.3. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	47
IV.1.3.5. Teneur en Chlorures.....	47
IV.1. 4. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux de chaudière.....	48

IV.1.4.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	49
IV.1.4.2. Conductivité.....	49
IV.1.4.3. Titre alcalimétrique (TA).....	50
IV.1.4.4. Titre alcalimétrique complet (TAC).....	50
IV.1.4.5. Teneur en Chlorures.....	51
IV.1.4.6. Teneur en sulfite de sodium.....	51
IV.2. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des boissons.....	53
IV.2.1. Potentiel Hydrogène (pH).....	53
IV.2.2. Le Brix.....	54
IV.2.3. L'acidité.....	55
IV.2.4. Teneur en CO <sub>2</sub> .....	55
<b>Conclusion</b> .....	<b>57</b>

## **Bibliographie**

### **Annexe A**

### **Annexe B**



# Liste des tableaux

<b>Tableau I.1.</b> Les principaux ions présents dans l'eau.....	9
<b>Tableau IV.1.</b> Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau brute.....	37
<b>Tableau IV.2.</b> Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée mitigée.....	41
<b>Tableau IV.3.</b> Les résultats d'analyse physico-chimiques d'eau adoucie.....	45
<b>Tableau IV.4.</b> Les résultats d'analyse physico-chimiques d'eau de chaudière.....	48
<b>Tableau IV.5.</b> Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les boissons.....	53

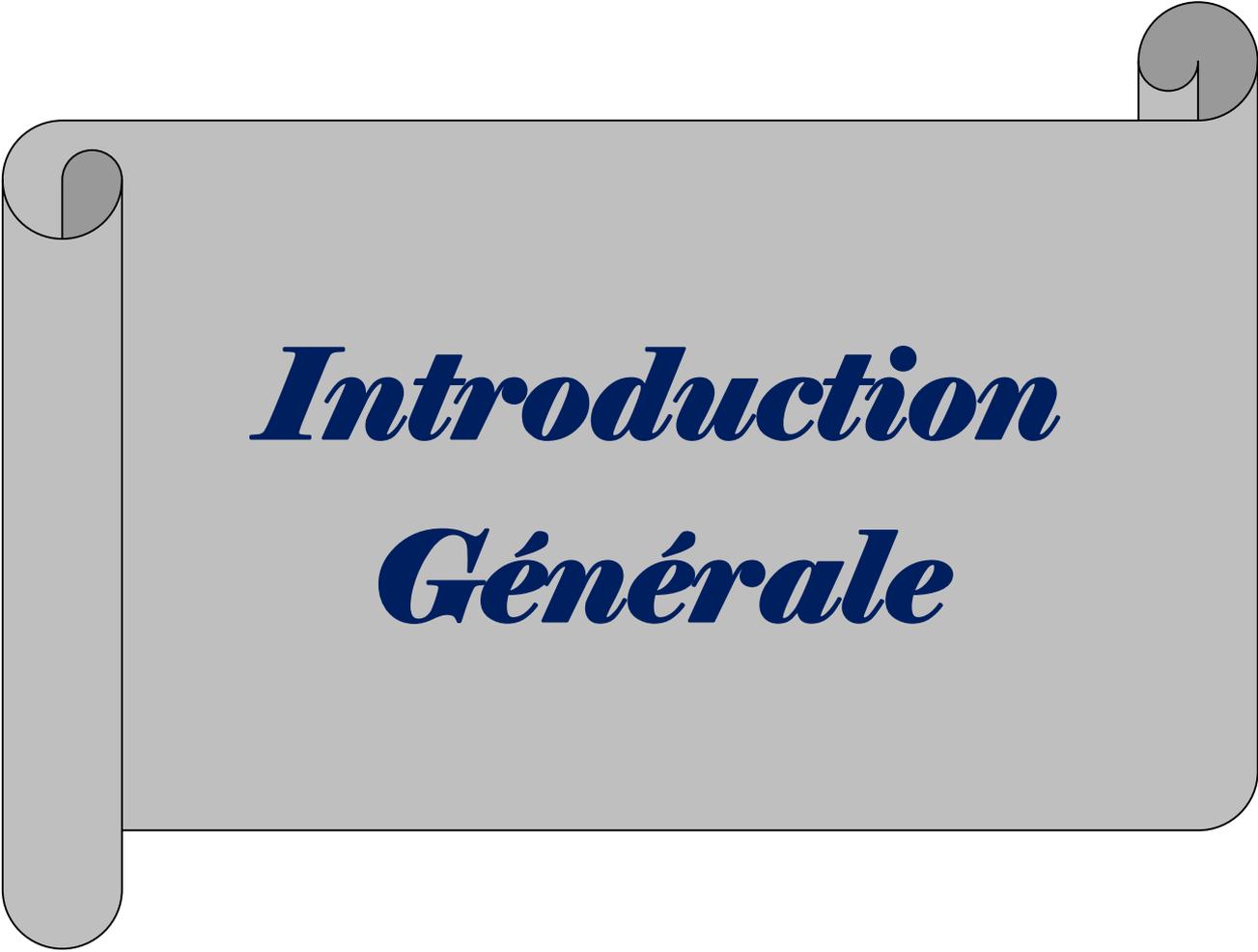
# Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Molécule d'eau.....	2
<b>Figure I.2.</b> Différents états de l'eau.....	3
<b>Figure I.3.</b> Cycle de l'eau dans la nature.....	3
<b>Figure I.4.</b> Processus de fabrication des boissons.....	15
<b>Figure II.1.</b> Types de filtration.....	17
<b>Figure II.2.</b> Filtre à cartouche.....	18
<b>Figure II.3.</b> Filtre à bougie.....	18
<b>Figure II.4.</b> Osmose et osmose inverse.....	20
<b>Figure II.5.</b> Les étapes suivies à l'entreprise SARL IFRI pour le traitement des eaux.....	22
<b>Figure III.1.</b> Divers Produits De Sarl IFRI.....	24
<b>Figure III.2.</b> Organigramme de SARL IFRI.....	26
<b>Figure III.3.</b> pH-mètre étalonné.....	28
<b>Figure III.4.</b> Conductimètre.....	28
<b>Figure III.5.</b> Réfractomètre mesurant le Brix d'une boisson.....	34
<b>Figure III.6.</b> Mesureur de CO <sub>2</sub> (Anton Paar).....	36
<b>Figure IV.1.</b> Variation du pH de l'eau brute.....	38
<b>Figure IV.2.</b> Variation de la conductivité de l'eau brute.....	38
<b>Figure IV.3.</b> Variation du TH de l'eau brute. ....	39
<b>Figure IV.4.</b> Variation du TAC de l'eau brute.....	40
<b>Figure IV.5.</b> Variation de la teneur en chlorures de l'eau brute.....	40
<b>Figure IV.6.</b> Variation du pH de l'eau osmosée mitigée.....	42

<b>Figure IV.7.</b> Variation de la conductivité de l'eau osmosée mitigée.....	42
<b>Figure IV.8.</b> Variation du TAC de l'eau osmosée mitigée.....	43
<b>Figure IV.9.</b> Variation de la teneur en chlorure de l'eau osmosée mitigée.....	44
<b>Figure IV.10.</b> Variation du pH de l'eau adoucie.....	45
<b>Figure IV.11.</b> Variation de la conductivité de l'eau adoucie.....	46
<b>Figure IV.12.</b> Variation du TAC de l'eau adoucie.....	47
<b>Figure IV.13.</b> Variation de la teneur en chlorures de l'eau adoucie.....	47
<b>Figure IV.14.</b> Variation du pH de l'eau de chaudière.....	49
<b>Figure IV.15.</b> Variation de la conductivité de l'eau de chaudière.....	49
<b>Figure IV.16.</b> Variation du TA de l'eau de chaudière.....	50
<b>Figure IV.17.</b> Variation du TAC de l'eau de chaudière.....	50
<b>Figure IV.18.</b> Variation de la teneur en chlorure de l'eau de chaudière.....	51
<b>Figure IV.19.</b> Variation de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière.....	52
<b>Figure IV.20.</b> Variation du pH des boissons analysées.....	53
<b>Figure IV.21.</b> Variation du Brix des boissons analysées.....	54
<b>Figure IV.22.</b> Variation de l'acidité des boissons analysées.....	55
<b>Figure IV.23.</b> Variation de la Teneur en CO <sub>2</sub> pour le soda.....	55

# Liste des abréviations

- ◇ **Km<sup>3</sup>**: Kilomètre cube.
- ◇ **°C**: Degré Celsius.
- ◇ **mg/L**: Milligramme par litre.
- ◇ **pH**: Potentiel Hydrogène.
- ◇ **μS/cm**: Micro- siemens par centimètre.
- ◇ **μS/m**: Micro- siemens par mètre.
- ◇ **meq .L<sup>-1</sup>**: Mili équivalent par litre.
- ◇ **°F**: Degré français.
- ◇ **OMS**: Organisation mondial de la santé.
- ◇ **μm**: Micro mètre.
- ◇ **Å**: Angstrom.
- ◇ **kPa**: Kilo Pascal.
- ◇ **mg**: Milligramme.
- ◇ **g/L**: Gramme par litre.
- ◇ **g**: Gramme.
- ◇ **cm<sup>2</sup>**: Centimètre carré.
- ◇ **cm<sup>3</sup>**: Centimètre cube.
- ◇ **mL**: Millilitre.
- ◇ **mmol/L**: Milli mole par litre.
- ◇ **N.E.T**: Noir ériochrome Toluène.
- ◇ **EDTA**: Acide Ethylène Diamine Tétracétique.
- ◇ **N**: Normalité.
- ◇ **TA**: Titre Alcalimétrique Simple.
- ◇ **TAC**: Titre Alcalimétrique Complète.
- ◇ **TH**: Titre Hydrotimétrique.
- ◇ **JFBC**: Jus de fruit à base concentré.
- ◇ **aq**: Aqueux.
- ◇ **PEHD**: Polyéthylène haute densité.
- ◇ **PET**: Polyethylene téréphtalate - (Polytéréphtalate d'éthylène)

A gray scroll graphic with a dark blue title. The scroll is unrolled, showing a central rectangular area with rounded corners. The title is written in a bold, italicized serif font. The scroll has a vertical strip on the left side and a small circular detail on the top right corner.

***Introduction***  
***Générale***

# Introduction Générale

---

L'eau est la vie sur la terre. Donc, l'eau est quelque chose de spécial. Chaque chose vivante sur terre (micro-organismes, plantes, animaux, êtres humains et même notre cerveau) consiste principalement en eau. Le monde contient aussi beaucoup d'eau. Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde) [1].

Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité, l'eau que nous utilisons provient de réseau public de distribution des eaux. Celui-ci peut être alimenté par un cours d'eau, une nappe phréatique, une source, un barrage. L'eau est un «solvant universel» capable de dissoudre de nombreuses substances, qu'elles soient solides, liquides ou gazeuses [2].

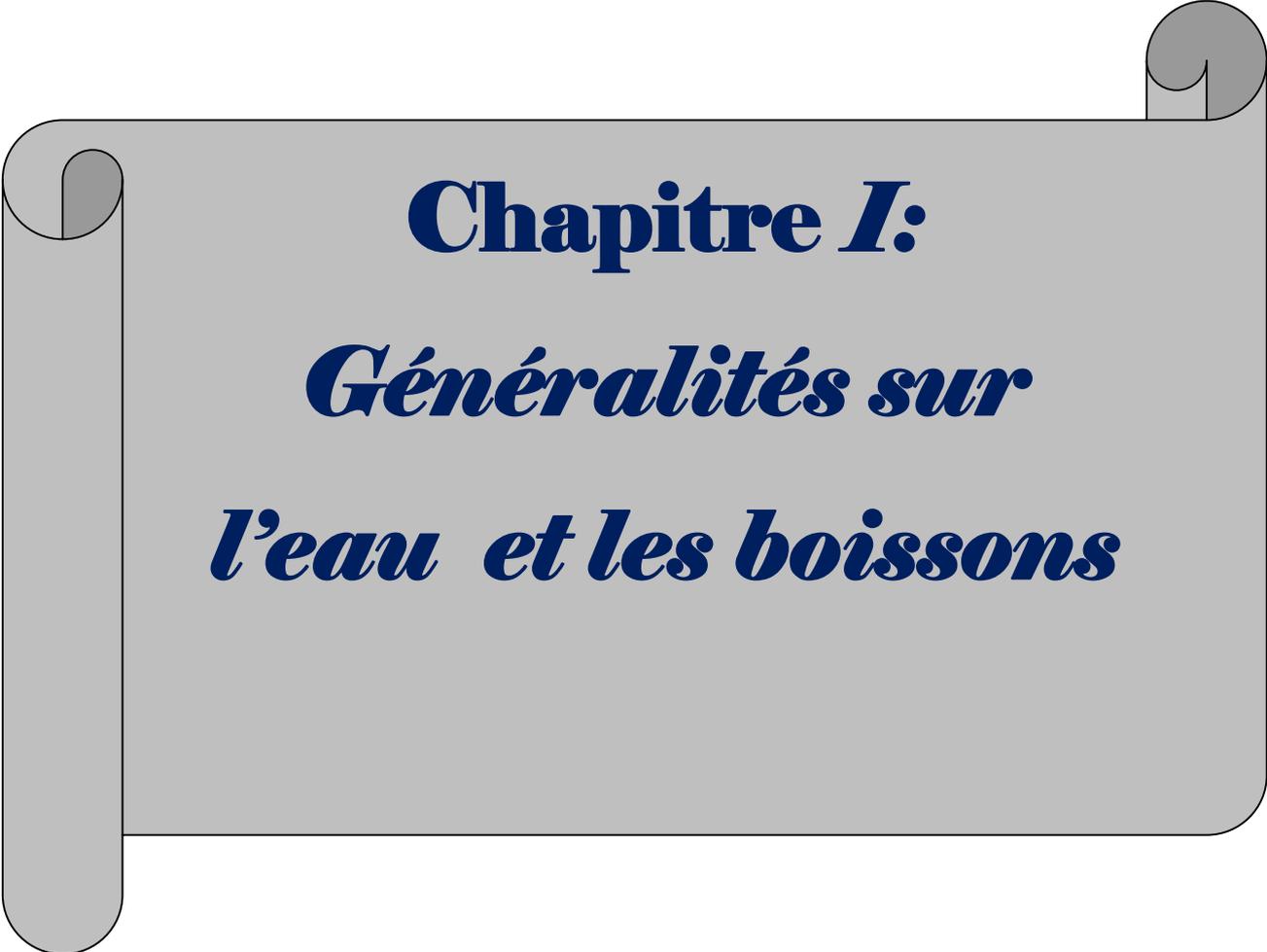
La station de traitement de l'eau brute destinée à la potabilisation et la production des produits est sous une pression croissante pour produire une eau potable et osmose de bonne qualité et à plus faible coût. Ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement [3].

Les normes de l'eau diffèrent en fonction de son usage, l'eau potable utilisée pour la consommation nécessite pas une pureté élevée. Par contre l'eau utilisée dans la fabrication des boissons exige une pureté très élevée, et doit être exempte de polluants même à l'état de traces, par conséquent la qualité de l'eau est essentielle dans les processus de l'industrie. Elle doit faire l'objet d'une vigilance particulière de tous les instants et doit répondre aux normes de conformité physico-chimique définies par la réglementation de l'industrie [3].

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'analyse physico-chimiques des eaux de process et des boissons produites par l'unité IFRI. Le mémoire comprend deux parties, la première où sont exposées les généralités sur les eaux de process, les procédés de traitements de ces eaux, les paramètres physico-chimiques ainsi que des généralités sur les boissons.

La deuxième partie porte sur la méthodologie expérimentale, sur les résultats et l'interprétation des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux et les boissons.

Nous terminerons le mémoire par une conclusion.



**Chapitre I:**  
*Généralités sur  
l'eau et les boissons*

## I.1. Généralités sur l'eau

L'eau est un liquide transparent, incolore et insipide, liquide à la température ambiante est composé d'hydrogène et l'oxygène ( $H_2O$ ). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leur poids moyen) [4, 5].

Une molécule d'eau peut être représentée en trois dimensions sous la forme tétraèdre déformé. Les deux liaisons d'H-O-H forment un angle de  $104.5^\circ$ . La molécule d'eau se comporte comme un dipôle ; le pôle oxygène, avec des paires d'électrons libres, est chargé négativement, tandis que les deux atomes d'hydrogène représentent la charge positive du dipôle. Cette distribution en charge inégale permet la formation d'associations entre molécules d'eau grâce à des liaisons hydrogène. L'énergie des liaisons H est de 10 à 50 fois plus faible que celle des liaisons covalentes O-H. Les liaisons confèrent à l'eau de nombreuses propriétés physiques, comme par exemple son point de congélation élevé ( $0^\circ C$ ,  $32^\circ F$ ), et son point d'ébullition élevé ( $100^\circ C$ ,  $212^\circ F$ ) [6].

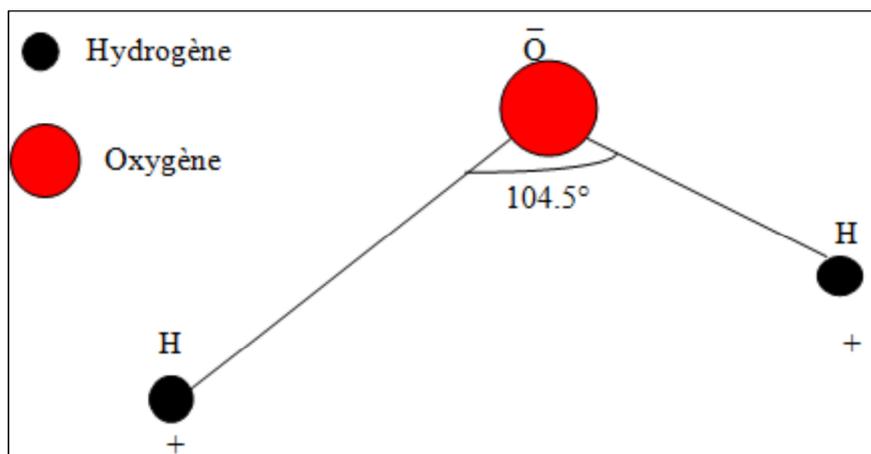


Figure I.1. Molécule d'eau [6].

Cette eau peut se trouver sous trois états : solide (neige et glace), liquide (eau pure ou chargée en soluté), gazeux (vapeur d'eau) [6].

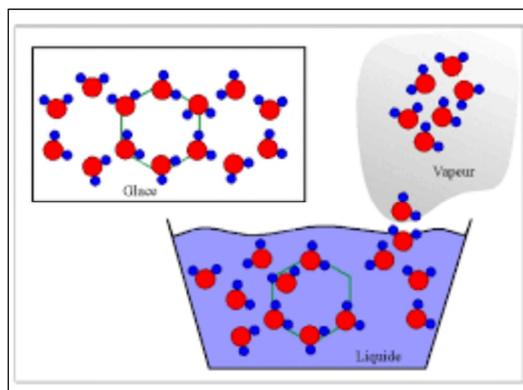


Figure I.2. Différents états de l'eau [6].

### I.1.1. Cycle de l'eau

D'après le déplacement de l'eau dans l'atmosphère à la surface et dans les sous-sols de la terre, le cycle de l'eau peut être décomposé en quatre processus (Figure I.3) distincts: Le stockage, l'évaporation, la précipitation et le ruissellement.

L'eau peut être stockée temporairement dans le sol, les océans, les lacs terrestres, pour s'évaporer et se condenser en nuages et retomber sur les continents et les océans, sous forme de précipitations (pluies ou nuages) qui s'écoulent et ruissellent pour être de nouveau stockée ou s'évaporer dans l'atmosphère [7].

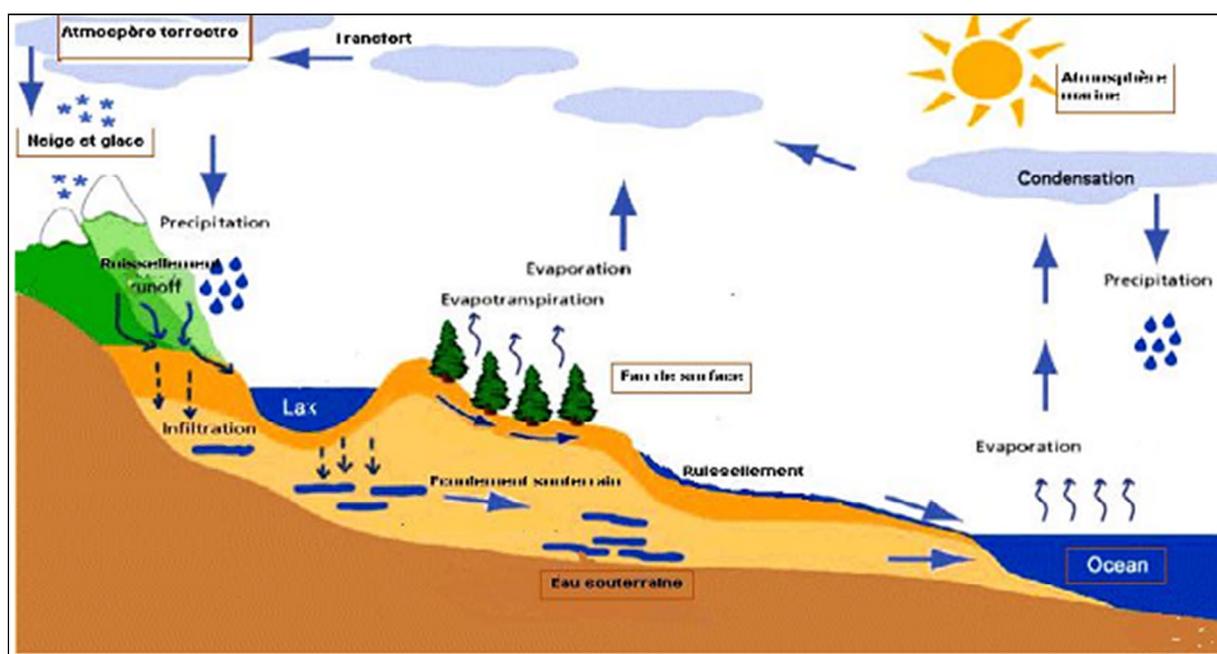


Figure I.3. Cycle de l'eau dans la nature [7].

**I.1.2. Différents types d'eau**

Dans la nature, il existe plusieurs sources d'eau dont les caractéristiques sont différentes, on trouve quatre principales sources d'eaux brutes : Les eaux de pluie, les eaux de mer, les eaux de surface et les eaux souterraines.

**I.1.2.1. Eaux de pluie**

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissout, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces [8]. C'est l'eau la plus pure en dehors des zones urbaines. Dans le cas contraire, on rencontre des pluies acides due à la pollution présente dans l'air.

**I.1.2.2. Eaux de mer**

Les eaux de mers sont une source d'eau brute qu'on utilise lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sel dissout ; c'est ce qu'on appelle salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/L [8]. Cette valeur varie fortement selon les saisons et les régions des eaux de mer.

**I.1.2.3. Eaux de surface**

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole [9].

Ces eaux sont le siège, dans la plus part des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec l'extérieur.

**I.1.2.4. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont les eaux de sous-sol qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, d'une part les eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, lacs...) et d'autre part avec les eaux marines en bordure littorale.

Le sens de ces transferts peut varier au cours de l'année ainsi qu'en fonction des conditions hydrologiques. Elles assurent souvent le débit de base des systèmes d'eaux continentales superficielles et de ce fait influencent leur qualité. En d'autres termes, les effets de l'activité humaine sur la qualité des eaux souterraines et les débits des

nappes peuvent se répercuter sur la pérennité et la qualité écologique des écosystèmes aquatiques associés et des écosystèmes terrestres directement dépendants [10].

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface [11]. La protection des eaux souterraines est devenue un objectif majeur dès les années 1970 [12].

Les caractéristiques principales de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité faible
- Contamination bactérienne faible
- Indice de couleur faible
- Dureté élevée
- Concentration élevée en fer et en manganèse

### **I.1.3. Propriétés de l'eau**

L'eau est complexe, mystérieuse, inexplicée, exotique, exceptionnelle, particulière, et c'est aussi un élément rebelle, souple, labile, et versatile au regard des autres liquides, elle se contracte quand on la chauffe, devient moins visqueuse quand on la comprime et sa densité diminue en passant de l'état liquide à l'état solide.

#### **I.1.3.1. Propriétés physiques**

##### **a- Température**

La mesure de la température permet de mieux connaître le caractère d'une eau et son comportement dans un circuit. La température influe également sur certains paramètres physico-chimiques mesurés (notamment pH, conductivité, potentiel redox, etc...). La plupart des appareils de mesure de ces paramètres possèdent une sonde de température intégrée qui corrige (compense) la valeur à une température de référence (généralement 25°C) [13].

##### **b- Turbidité**

En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales, d'origine minérale ou organique, qui troublent l'eau (c'est donc une notion opposée à celle de limpidité) [14].

##### **c- Matières en suspension (MES)**

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée ou leur rassemblement, sous forme de culot, par centrifugation. Il n'existe pas de relation générale entre turbidité et MES, mais une telle corrélation peut être établie empiriquement pour chaque type d'eau [15].

### I.1.3.2. Aspect organoleptique de l'eau

#### a- Couleur

La couleur est évaluée par comparaison de l'échantillon à la couleur de la solution de référence. Elle est souvent due à la présence de composés à base de fer ou de manganèse.

#### b- Odeur

Il s'agit de déterminer le seuil de perception de l'odeur en diluant l'échantillon jusqu'à la disparition de son odeur. Comme pour la saveur, la nature de l'odeur doit être précisée (odeur de chlore, d'herbe, de moisi, etc.) [13].

#### c- Saveur et Goût

C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique communes perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ; on distingue des saveurs : acide ; amère ; sucrée ; salée, quant au goût on rencontre des goûts : métallique, chloré, de terre, etc. [16].

### I.1.3.3. Caractéristiques physico-chimiques

- **Le potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH interfère avec d'autres paramètres de la qualité dans les complexes réactions chimiques : dureté, alcalinité, turbidité, conductivité [17]. Le pH de l'eau conditionne les équilibres physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). On peut définir le pH d'une solution par la relation :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad (\text{I.1})$$

Le pH est une grandeur sans dimension. La concentration des ions oxonium s'exprime en mol. L<sup>-1</sup>. Selon la relation suivante :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad (\text{I.2})$$

- **Conductivité**

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité est une grandeur qui permet d'évaluer la concentration en ions d'une solution, en effet toute espèce solvée chargée est susceptible de transporter du courant électrique au sein d'une solution, elle est exprimée généralement en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) à  $20^\circ\text{C}$  [18]. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de  $4,8$  ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ) à  $20^\circ\text{C}$ . Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre  $50$  et  $1500$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- **Acidité**

L'acidité d'une eau correspond à la présence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et des sels d'acides forts et de bases faibles [19].

- **Titres**

Pour les ions majeurs, qui constituent l'essentiel des composés d'une eau naturelle, les titres (exprimé en  $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$  ou  $^\circ\text{F}$ ) regroupent un ensemble d'ions.

- **Titre hydrotimétrique (TH)**

Connu sous le nom de la dureté totale, le titre hydrotimétrique mesure l'ensemble des ions alcalinoterreux, c'est-à-dire essentiellement les ions calcium et magnésium ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ). Le titre hydrotimétrique (ou TH calcique), qui ne mesure que la teneur en ion calcium, est parfois distingué du titre hydrotimétrique magnésium (ou TH magnésium), qui ne mesure que la teneur en ion magnésium. Le TH se mesure par méthode volumétrique.

- **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

On prend en compte la concentration d'une eau en ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et des ions hydrogencarbonates  $\text{HCO}_3^-$  [20], ce titre mesure l'ensemble des anions suivants :

- Hydroxyde des bases libre  $\text{OH}^-$

- Carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$

- Hydrogencarbonate  $\text{HCO}_3^-$

- Hydrogénosilicate  $\text{HSiO}_3^-$ , ainsi que deux des trois valences des ions ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). On peut alors écrire :

$$\text{TAC} = \frac{[\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{HSiO}_3^-] + (2 \cdot [\text{PO}_4^{3-}])}{3} \quad (\text{I.3})$$

➤ **Titre alcalimétrique simple (TA)**

Ce titre mesure la totalité des bases libres, une des deux valences des ions carbonates et une des trois valences des ions ortho phosphates. On peut ainsi écrire :

$$TA = \frac{[OH^-] + [CO_3^{2-}]}{3} + \frac{[PO_4^{3-}]}{2} \quad (I.4)$$

#### I.1.4. Composition de l'eau

Dans l'eau on trouve la présence de nombreuses substances qui sont classées selon deux modes différents :

- Selon la nature chimique : soit de nature organique ou minérale.
- Selon l'état physique : matière dissoutes, colloïdales, ou en suspension.

##### I.1.4.1. Matières minérales

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact [21].

On peut distinguer parmi l'ensemble des ions et molécules dissouts dans l'eau, ceux qui interviennent directement dans les divers équilibres et qui sont dénommés éléments fondamentaux. Ils sont au nombre de six :  $Ca^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $H_2CO_3$ ,  $H_3O^+$  et  $OH^-$ . Les autres ions qui n'interviennent dans les équilibres que par leur poids dans la balance ionique et agissent ainsi sur la force ionique et donc la valeur des constantes apparentes, sont appelés éléments caractéristiques. En règle générale, on considère les six ions suivants :  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  et  $NO_3^-$ .

Dans certaines eaux, on peut trouver en quantité significative d'autres ions tels que les ions fluorure, les ions ferreux ou encore l'ammonium. Il convient, bien entendu, d'en tenir compte dans le calcul de la force ionique. Pour ce qui concerne la silice, elle n'est ionisée que si le pH est supérieur à environ 8,5. Il n'est donc pas souhaitable de prendre en compte la silice si le pH de l'eau est inférieur à cette valeur [21]. Le tableau I.1 résume les principaux ions présents dans l'eau [15].

Tableau I.1. Les principaux ions présents dans l'eau [15].

Cations	Symbole	Anions	Symbole
Calcium	Ca <sup>2+</sup>	Hydrogénocarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Magnésium	Mg <sup>2+</sup>	Hydrogénosilicate	HSiO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Sodium	Na <sup>+</sup>	Chlorure	Cl <sup>-</sup>
Potassium	K <sup>+</sup>	Nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Fer ferreux	Fe <sup>2+</sup>	Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Fer ferrique	Fe <sup>3+</sup>	Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Cuivre	Cu <sup>2+</sup>	Phosphate	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Aluminium	Al <sup>3+</sup>	Carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>

#### I.1.4.2. Matières organiques

Ce sont, par définition, des composés du carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples [21].

#### I.1.4.3. Matières dissoutes

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées. Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques, décantation et filtration. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates, il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques [21].

#### I.1.4.4. Matières colloïdales

Ce sont de très fines particules d'origine minérale ou organique, invisibles à l'œil nu. Elles sont dotées à leur surface de charges électriques partielles qui se repoussent mutuellement, créant ainsi un mouvement permanent qui les maintient en suspension même si le liquide est au repos. En absence d'une neutralisation de ces charges, les matières colloïdales ne se décantent pas et ne peuvent être retenues que par des filtres très fins (membranes) [13].

#### I.1.4.5. Matières solides en suspension

Généralement visibles à l'œil nu, les matières solides en suspension nuisent à la limpidité de l'eau. Souvent, les matières solides demeurent en suspension tant que l'eau est en mouvement. Lorsque la vitesse d'écoulement de l'eau diminue et tend vers zéro,

les matières solides sédimentent pour former des dépôts (par exemple, au fond des réservoirs) [13].

### **I.1.5. Quelques appellations d'eau de consommations**

#### **I.5.1. Eaux potables**

On dit qu'une eau est potable, lorsqu'elle est consommable par l'être humain sans nuire à sa santé autrement dit, lorsqu'elle doit être dépourvue de germes pathogènes et d'organismes parasites. En conséquence, la production d'eau potable exige de nos jours le traitement d'eau de source.

Il existe des normes nationales, européennes et émanant d'organisation multi latérales, comme l'OMS, qui définissent la potabilité [22].

#### **I.1.5.2. Eaux minérales naturelles**

Les eaux minérales sont des eaux profondes qui peuvent contenir certains éléments en concentration supérieur à la concentration autorisée pour les eaux potables et qui sont dotées de propriétés thérapeutiques reconnues [23]. Elles sont reconnues comme des eaux stables chimiquement dans le temps, c'est la condition pour qu'elle soit ainsi.

#### **I.1.5.3. Eaux de source (brute)**

Ce sont des eaux d'origine souterraine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution, aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres que décantation ou filtration, incorporation de dioxyde de carbone, réalisées par des procédés physiques [24]. Sa composition peut varier au cours du temps.

## I.2. Les Boissons

L'industrie agroalimentaire produit comme boissons rafraîchissantes, diverses boissons froides essentiellement gazeuses et aromatisées. Que ce soit selon le code alimentaire Allemand ou le Codex Alimentarius international, il s'agit de boissons à base d'eau avec exhausteurs de goût comme le sucre, les édulcorants ou les arômes. En outre, les boissons peuvent contenir du concentré de jus de fruit, de l'acide carbonique, des minéraux, des vitamines et autres ingrédients.

Les jus de fruits, limonades font partie des boissons rafraîchissantes. Dans leur fabrication, l'eau minérale est mélangée dans le mixeur avec une quantité définie avec précision de jus ou de sirop puis embouteillée. Pour que la qualité reste constante, il est très important que la quantité de jus ou de sirop ainsi que la teneur en CO<sub>2</sub> soit toujours exactement la même [25].

### I.2.1. Classification des boissons

Les boissons en général sont classées en deux catégories principales, à savoir les boissons gazeuses et les boissons non-gazeuses.

#### I.2.1.1. Boissons gazeuses

Le nom de boisson gazeuse est donné à tout produit liquide qui contient de l'acide carbonique dans ses composants, les plus connus sont :

➤ **L'eau gazéifiée**

Elles contiennent le plus souvent une teneur élevée en sodium mais aussi de calcium et de magnésium. Les eaux gazeuses concernent les eaux qui jaillissent naturellement avec le gaz CO<sub>2</sub> dissous. À ne pas confondre avec les eaux gazéifiées qui sont des eaux dans lesquelles on a ajouté du gaz.

Lavoisier appelle alors ce gaz acide carbonique. Il prendra ensuite le nom de dioxyde de carbone, l'acide carbonique désignant alors le composé H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> qui se forme par ajout de CO<sub>2</sub> dans l'eau [25].

➤ **Limonades**

L'appellation limonade est réservée aux boissons gazéifiées, sucrées, limpides et incolores, additionnées de matières aromatiques ou sapides provenant du citron et éventuellement d'autres hespéridés, acidulées au moyen des acides citriques, tartriques ou lactiques. L'emploi de sucre et de sirop de glucose comme édulcorants ainsi que d'acides ascorbiques et phosphoriques sont autorisés [26].

➤ **Sodas**

Ce sont les boissons à base d'extraits naturels, sucrées et gazéifiées. Elles peuvent être claires ou troubles, acidulées et contiennent des colorants alimentaires de synthèse autorisés.

➤ **Colas**

Ce sont des sodas auxquels on a ajouté des extraits de plantes, de la noix de cola et du caramel pour leur donner une jolie couleur brune. Ils existent avec caféine (15 mg/100 mL) ou sans caféine [27].

➤ **Bitters et tonics**

Better signifie amer en anglais. Ils sont fabriqués à partir de jus d'agrumes ou d'extraits d'agrumes ou de végétaux.

Les tonics ce sont aussi des sodas enrichis d'extraits d'orange amère ou de citron vert, parfois d'autres extraits végétaux (dont du quinquina) qui leur donnent leurs saveurs particulières [27].

### **I.2.1.2. Boissons non-gazeuses**

Ce sont les boissons qui ne comportent pas de CO<sub>2</sub> dans leurs compositions interne, on trouve plusieurs produits qui appartient à cette catégorie de boissons, on cite :

➤ **Boissons aux jus de fruits**

Jus obtenu à partir de fruits par des procédés mécaniques, fermentescible, mais non fermenté, possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du fruit dont il provient [28].

➤ **Cocktail**

La dénomination cocktail de fruits désigne le produit préparé à partir d'un mélange de petits fruits et de petits morceaux de fruits. Que les fruits soient frais, congelés ou en conserve, conditionnés avec de l'eau ou avec un autre milieu de couverture liquide approprié, auquel peuvent être ajoutés des agents de sapidité ou des aromatisants convenant à ce produit [29].

➤ **Nectar de jus de fruits**

C'est le produit non fermenté mais fermentescible, obtenu par addition d'eau et de sucre au jus de fruits concentré, à la purée de fruits concentrée ou à un mélange de ces produits, et dont la teneur minimale en jus, éventuellement en purée, et l'acidité minimale sont fixés de :

- 25% à 50% en teneur minimal en jus.
- 4 et 9 g/L en acidité (exprimé en acide tartrique) [26].

➤ **Jus de fruits à base de concentrés**

Produit obtenu, à partir de jus de fruits concentré, après restitution de la proportion d'eau extraite du jus lors de la concentration [28], ainsi qu'en restituant les arômes et le cas échéant, les pulpes et les cellules que le jus a perdues mais qui ont été récupérés lors du processus de production du jus de fruits dont il s'agit ou de jus de fruits de même espèce [30].

Le produit ainsi obtenu doit présenter des caractéristiques organoleptiques et analytiques au moins équivalentes à celles d'un type moyen de jus obtenu à partir de fruits de même espèce [31]. La teneur en jus doit être  $\geq 10\%$ . Elle est souvent de 25 à 35% et pour certains produits de 45% [28].

➤ **Les sirops aux fruits (grenadine, menthe, fraise, citron, etc...)**

Ils sont composés de jus de fruit, d'acide citrique, acide tartrique (pour la grenadine), de substances aromatiques végétales, de colorants divers. Ils renferment de 600 à 800 g de sucre par litre, soit entre 120 à 160 carrés de sucre. Mais ils doivent être dilués avant consommation, à raison d'un volume de sirop pour 7 à 8 volumes d'eau selon les marques. Les boissons sucrées sont totalement dépourvues de vitamines et de sels minéraux (hors ceux qui entrent dans la composition de l'eau) et n'offrent donc strictement aucun intérêt nutritionnel, elles sont à consommer pour le plaisir.

### **I.2.2. Composition des boissons**

Chaque boisson soit gazeuse ou non gazeuse à sa propre composition qui la caractérise, y'a certains éléments qui sont communs et qui se trouvent principalement dans toutes les boissons.

Les principales matières premières utilisées pour les boissons sont : l'eau, sucre, additifs alimentaires, les arômes, les colorants et le gaz carbonique CO<sub>2</sub>.

#### **I.2.2. 1. L'eau**

L'eau étant l'un des éléments-clés de tous les produits, sa qualité est primordiale. Et comme la qualité de l'eau courante varie dans chaque endroit du monde, chaque usine traite l'eau qu'elle utilise. C'est donc l'eau soigneusement traitée qui sera incorporée dans les boissons. Cette eau est continuellement analysée pour vérifier qu'elle répond bien aux critères de qualité.

#### **I.2.2. 2. Sucre**

Le sucre de commerce se présente sous forme d'une matière cristalline blanche et brillante. Il est inodore de saveurs caractéristiques. Son humidité est très faible (de l'ordre de 0.05 %) et sa stabilité au stockage très grande [32].

Dans son sens le plus commun, et le sens réglementaire, le terme sucre correspond essentiellement au saccharose extrait à partir de la betterave ou de la canne à sucre, et par extension aux produits donnant une sensation du goût sucré [33].

### **I.2.2.3. Additifs alimentaires**

Un additif alimentaire est une substance qui n'est pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire, ni utilisée normalement comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire, qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à une denrée alimentaire dans un but technologique (y compris organoleptique (goût et arôme) à une étape quelconque de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou de l'entreposage de ladite denrée entraîne, ou peut, selon toute vraisemblance, entraîner (directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ses dérivés dans cette denrée ou en affecter d'une autre façon les caractéristiques. Cette expression ne s'applique ni aux contaminants, ni aux substances ajoutées aux denrées alimentaires pour en préserver ou en améliorer les propriétés nutritionnelles [34].

### **I.2.2.4. Aromes**

Sont ajoutés en quantités infime et sont responsables du goût caractéristique de la boisson et ceux malgré l'influence de sucre et de l'acide sur l'arôme finale. Les arômes proviennent en général de la nature et sont extraits à partir des différentes parties des plantes et surtout d'agrumes. Ils se présentent sous forme d'essence alcoolique naturelle ou concentrée.

### **I.2.2.5. Colorants**

Substances qu'on utilise principalement pour normaliser la couleur d'un aliment ou d'une boisson et secondairement pour leur aspect attractif [35].

Il existe deux types de matières colorantes :

❖ **Les colorants naturels :**

Sont instable chimiquement, peu solubles dans l'eau, prix de revient est très élevé.

❖ **Les colorants artificiels ou de synthèse :**

Leur prix sont abordables, stables chimiquement, solubles dans l'eau.

Les colorants sont utilisés à une dose minimale nécessaire dans le but de produire la couleur désirée (0,1-0,8 mg/L).

### I.2.2.6. Le gaz carbonique CO<sub>2</sub>

Le dioxyde de carbone sert d'additif alimentaire pour la production de boissons gazeuses. Les sodas et les eaux gazeuses non naturelles sont fabriqués par injection de CO<sub>2</sub> dans l'eau, lequel se retrouve sous forme d'acide carbonique [25].

Le gaz carbonique est un gaz inodore, incolore, insipide et outre inoffensif. Entre autres de ses qualités, il est l'unique gaz à la propriété de rendre une boisson pétillante. Dans certaines circonstances, le gaz carbonique joue aussi un rôle de conservateur. La qualité de gaz carbonique ajoutée dépend du type de boisson, selon qu'on la désire légèrement pétillante, à pétillante et très pétillante.

### I.2.3. Les étapes suivies pour la fabrication d'une boisson

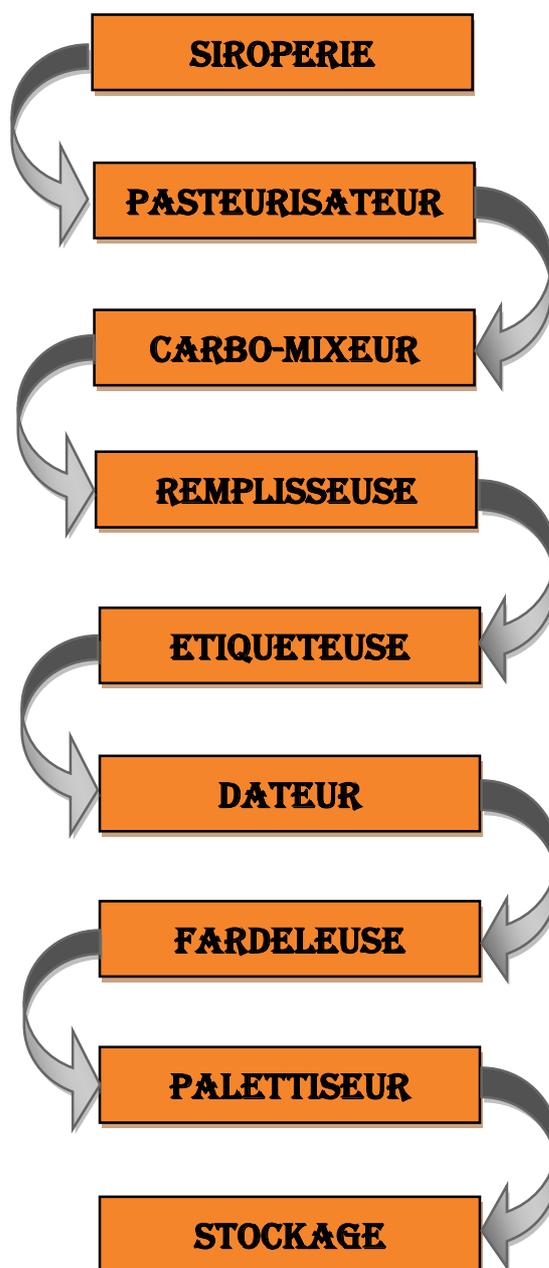


Figure I.4. Processus de fabrication des boissons.



**Chapitre II:**  
*Procédés de  
traitement des eaux  
de SARL IFRI*

## **II.1. Procédé de traitement des eaux à la station de SARL IFRI**

### **II.1.1. Introduction :**

L'eau répond à de très grandes exigences de qualité. Cependant, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ou de n'importe qu'elles origines ne remplissent pas toujours les critères requis en termes de qualité chimique et microbiologique. C'est la raison pour la quelle l'eau doit être traitée avant d'être consommée. Souvent comme le savent bien les responsables de stations de traitement des eaux, les services cantonaux concernés et les bureaux d'ingénieurs conseillent de choisir le traitement le mieux adapté à un type d'eau, car il existe plusieurs procédés de traitement possibles, chacun a des avantages et des inconvénients, a titres d'exemple, la technique de la filtration, l'eupration et la technique de l'osmose invers.

Le fait montre d'ailleurs que malgré le traitement que subit l'eau potable du réseau, enregistre régulièrement des dépassements de valeurs de tolérance, surtout en matière de micro-organismes.

Dans la station de traitement des eaux de IFRI, ils utilisent plusieurs techniques et méthodes pour le procédé de traitement, essentiellement on trouve la filtration, la microfiltration, l'ultrafiltration et la technique de l'osmose inverse, ses techniques et méthodes visent ,à éliminer toutes les matières en suspension existant dans l'eau à traiter.

### **II.1. 2. Filtration**

La filtration membranaire est de plus en plus utilisée comme procédé de séparation dans de nombreux domaines notamment dans le cycle de l'eau (potabilisation de l'eau, traitement des effluents, réutilisation de l'eau, adoucissement, dessalement ...).

La filtration membranaire est basée sur l'application d'une différence de pression qui permet le transfert du solvant à travers une membrane dont la taille des pores assure la rétentionde solutés. Ces opérations, classées selon une taille des pores décroissantes, sont: la microfiltration, l'ultrafiltration, la nano-filtration et l'osmose inverse. Ce sont des procédés matures technologiquement (une bonne part du développement technologique est déjà réalisés) mais encore en plein développement industriel. Atitre d'exemple, dansle domainede la potabilisation de l'eau, la capacité de production des plus grandes usinesest multipliée par dix tous les 5 ans [36].

**II.1. 2. 1. Principe de la filtration**

La rétention des particules se déroule à la surface des grains, grâce à des forces physiques, la plus au moins grande facilite la fixation et dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériaux utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate et les pertes de charges augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétro lavage, la biomasse qui se développe sur le matériau filtrant, peut efficacement réduire le taux d'ammonium de l'eau par la nitrification. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité indirectement les odeurs [36].

**II.1. 2. 2. Rôle de la filtration**

Une filtration est souvent indispensable, ne serait-ce que mesure de sécurité et pour parvenir à une clarification correcte de l'eau, la chaîne de traitement se termine donc, dans la grande majorité des cas, par un filtre ou plus exactement par une batterie de plusieurs filtres, permettant de maintenir le fonctionnement de l'installation lorsqu'un des filtres est à l'arrêt pour une anomalie les particules à éliminer peuvent exister à l'état naturel dans les ressources à l'état d'argiles, limons, sables, plancton, bactéries, parasites et des virus [37].

**II.1. 2. 3. Types de filtration :**

Ces procédés membranaires barométriques, peuvent être classifiés en fonction de la membrane utilisée et du seuil de coupure en microfiltration, ultrafiltration, nano-filtration, et osmose inverse comme présenté sur la figure ci-dessous :

- **La microfiltration:** elle sépare les particules entre 10 à 0.1 µm.
- **L'ultrafiltration:** elle sépare les particules entre 0.1 à 0.001 µm.
- **La nano-filtration:** elle sépare les particules entre 0.003 à 0.0005 µm.
- **L'osmose inverse:** Permettant d'arrêter des contaminants de 0,0001 à 0,001 µm (1 à 10 Å°).

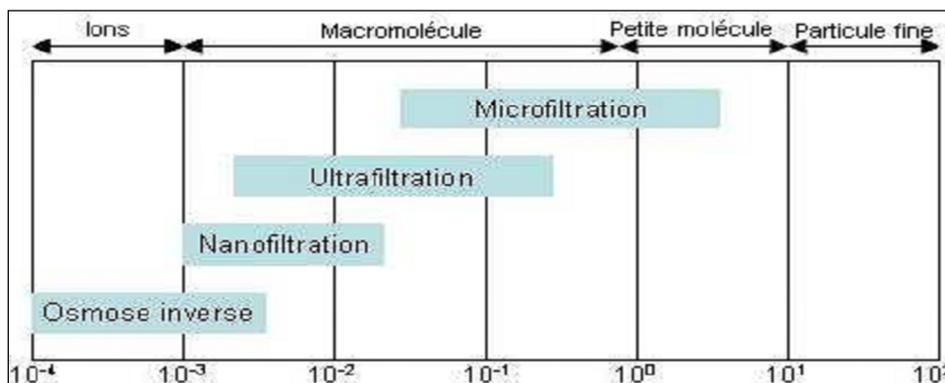


Figure II.1. Types de filtration [37].

#### II.2. 2. 4. Différents types de filtre

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux [38]. Ce procédé s'effectue en utilisant un appareillage spécial, la base de cet appareillage consiste de bien choisir le type de filtre à utiliser pour la technique, on trouve :

➤ **Filtre à cartouche :**

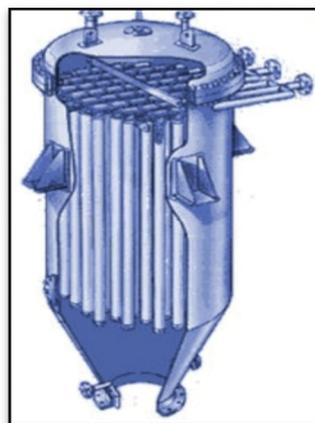
Le filtre à cartouche est le plus simple des filtres de piscines, il est élémentaire par son concept. Une cartouche constituée d'une membrane repliée en accordéon et généralement enroulée en cylindre logée dans un grand vase cylindrique où l'eau est amenée à circuler de l'extérieur vers l'intérieur en y déposant ses impuretés [39].



**Figure II.2.** Filtre à cartouche [39].

➤ **Filtre à bougie**

Ces filtres sont composés d'un corps cylindrique contenant une bougie, constitué d'une armature support en tôle perforée recouverte d'une toile textile synthétique ou d'une toile métallique fine sur laquelle les impuretés sont retenues. L'intérêt des filtres à bougie réside principalement dans la possibilité de montage en parallèle de deux ou plusieurs bougies. La figure suivante nous montre à quoi ressemble le filtre à bougie [40].



**Figure II.3 :** Filtre à bougie [40].

➤ **Filtres rapides**

Les filtres rapides reçoivent généralement de l'eau prétraitée provenant de décanteurs pour achever l'opération entamée par ces derniers. Ils jouent un rôle de tamisage éliminant les flots résiduels. Dans certains cas, ils servent même de lits de contact pour achever la coagulation et la clarification de l'eau avant qu'elle n'atteigne le fond du filtre lorsque cette opération a été médiocrement faite dans les ouvrages précédents. Il s'ensuit un très rapide colmatage des pores laissés par les grains de sable entre eux, une diminution progressive de la vitesse apparente d'écoulement, mais une augmentation de la vitesse réelle, d'où une augmentation des pertes de charge à tel point que le débit désiré n'est plus obtenu. Il peut arriver que l'adhésion des particules de colmatage soit très faible et que l'augmentation des pertes de charge, créant aussi un accroissement des effets de frottement, provoque l'arrachement de ces particules, qui descendent en aval de proche en proche pour se retrouver dans le filtrat [41].

➤ **Filtres sous pression**

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situées dans des cylindres horizontaux ou verticaux, qui sont conçus pour supporter des pressions de l'ordre de 1000 kPa. On peut ainsi filtrer de l'eau sous pression et la distribuer sans recourir au double pompage. Cet avantage ne compense toutefois pas les difficultés auxquelles on se heurte lorsque les filtres sont précédés d'unités de coagulation, de floculation et de décantation. En effet pour éviter le double pompage, il faut que toutes ces unités de traitement fonctionnent sous pression [42].

### II.2. 3. L'adoucissement

L'adoucissement vise à éliminer la dureté totale de l'eau brute constituée par le sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) et de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ), chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) et de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ) ainsi que les bicarbonates ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  et  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ).

L'eau brute passe à travers un lit de résine cationique R-Na préalablement chargé de sodium ( $\text{Na}^+$ ), qui échange les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), responsables de la dureté de l'eau [43].

## II.2. 4. Osmose inverse

L'osmose inverse reste la seule technique membranaire actuellement envisageable, l'osmose inverse est réalisée par passage de l'eau à traiter sur une membrane semi-perméable qui assure la rétention de la majorité des composés présents dans l'eau (particules, colloïdes, ions contaminants organiques y compris endotoxines bactériennes et micro-organismes) [44].

L'osmose vise à extraire les substances inorganiques et organiques de l'eau. La conductivité d'une eau osmosée est plus faible que celle de l'eau initiale et sa corrosivité importante. Les traitements par membranes d'osmose ne doivent pas être considérés comme des traitements stérilisants car malgré leur grande efficacité de filtration, il peut se produire des fuites minimales de micro-organismes, en particulier de virus, et des biofilms peuvent coloniser les canalisations et les réservoirs en aval du traitement [44].

Si l'on applique une force supérieure à la pression osmotique à la solution concentrée, de l'eau pure va passer dans le compartiment de la solution la moins concentrée. C'est ce que l'on appelle l'osmose inverse [45]. Autrement dit, le procédé d'osmose inverse permet d'éliminer quasiment toutes les composés de l'eau [46].

L'osmoseur est équipé d'une ou de plusieurs modules d'osmose inverse ainsi que d'une pompe de haute pression. Un module d'osmose inverse est un cylindre séparé en deux compartiments par la membrane. L'eau à épurer est répartie sur la surface de la membrane par un tube diffuseur, l'eau traverse la membrane puis recueillie de l'autre côté de celle-ci pour être évacuée du module par un orifice dit « le Perméat » [47].

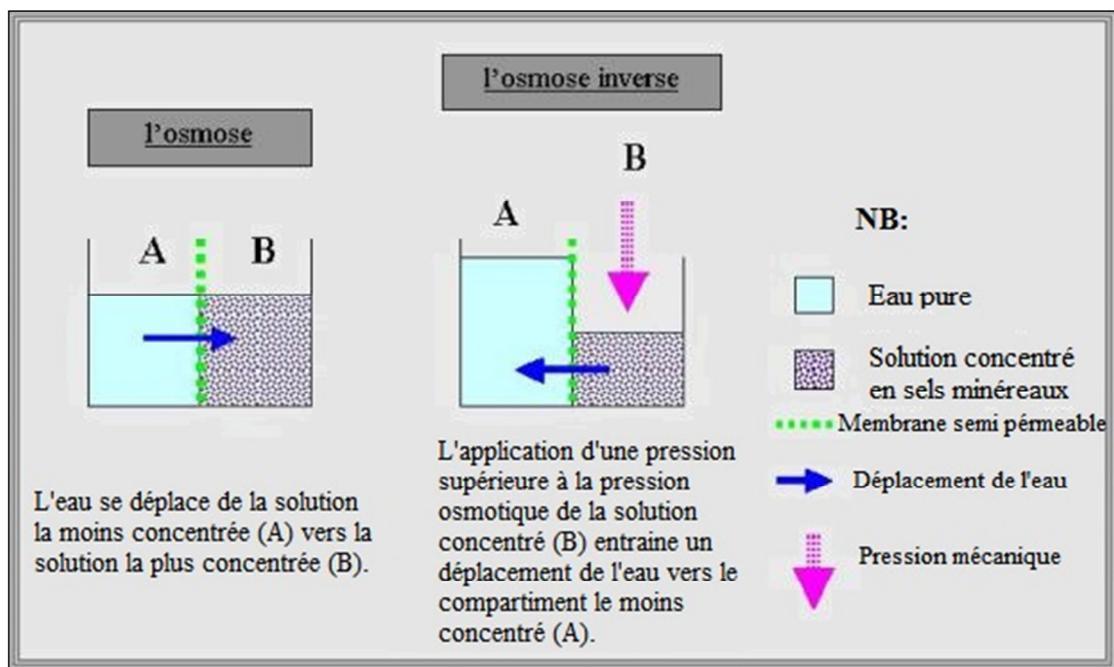


Figure II.4. Osmose et osmose inverse [47].

**II.2. 5. CIP (Cleaning In Place)**

Lorsque la pression d'exercice sur les membranes augmente de 10 % pour les mêmes conditions d'exercice, il est nécessaire de laver les membranes avec un produit acide ou basique.

Durant une certaine période la membrane se colmate à cause de tout ce qu'elle a pure tenir, dans ce cas il faut faire un lavage avec des produits basiques ou acides ou même biocides. Au niveau de l'unité d'osmose de SARL IFRI, il existe différents schémas de lavage chacun d'eux correspond, à un entassement précis (faible, moyen, fort).

En effet, il est très important de procéder immédiatement au lavage des membranes par des produits chimiques notamment les acides, les bases et l'eau de javel (C.I.P), lorsqu'un des paramètres opératifs (débit produit, conductibilité, pression) varie de 10 à 15%, vis-à-vis des conditions de fonctionnement (salinité eau brute, température, etc.) [48].

II.2.6. Les étapes suivie pour le traitement des eaux à l'unité SARL IFRI

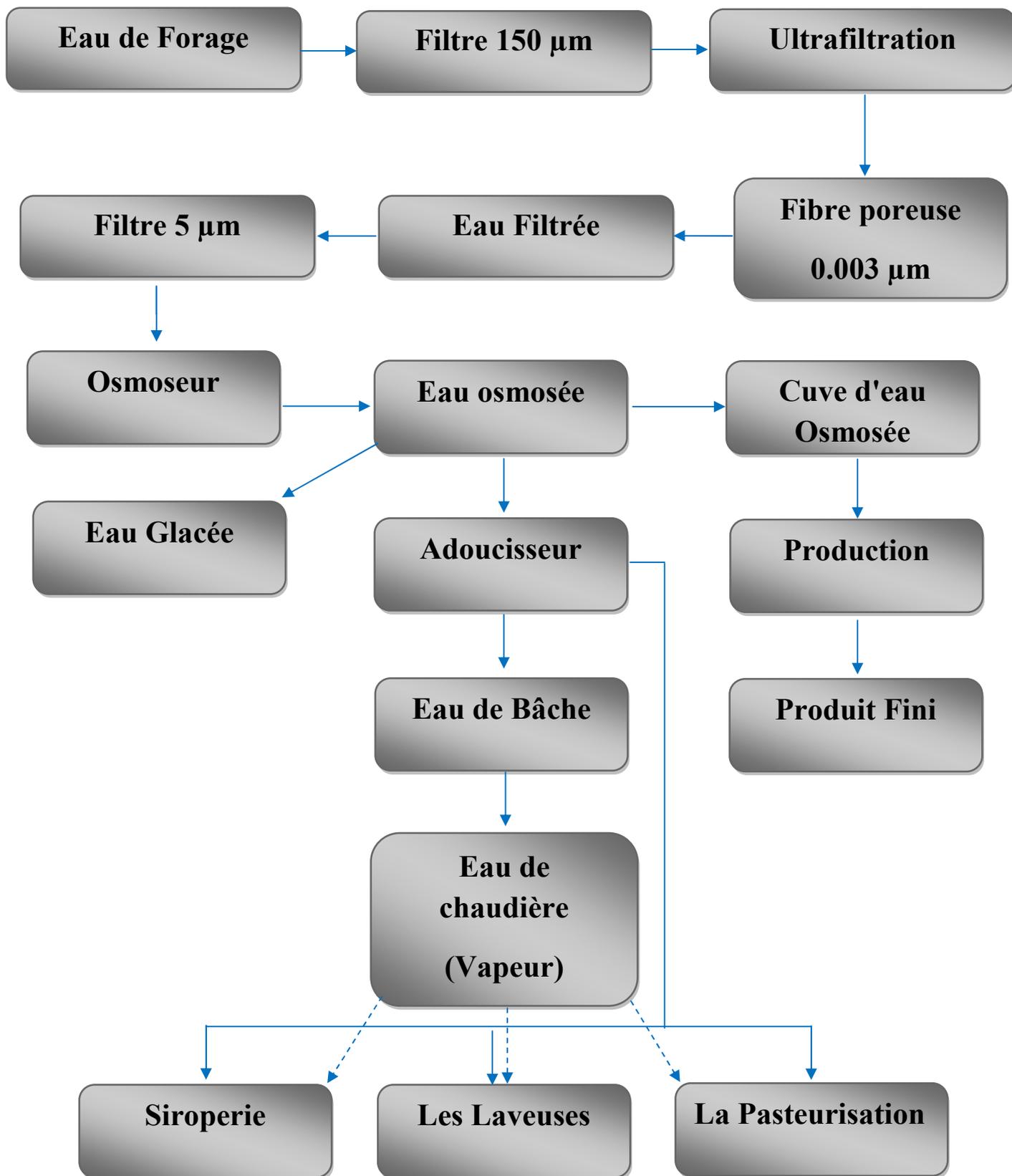


Figure II.5. Les étapes suivies à l'unité SARL IFRI pour le traitement des eaux.



**Chapitre *III* :**  
***Matériels***  
***et***  
***méthodes***

### **III.1. Présentation de l'organisme d'accueil SARL IFRI**

#### **III.1.1. Historique de l'entreprise**

IFRI est une entreprise industrielle alimentaire spécialisée dans le domaine des eaux et de diverses boissons. Cet organisme a été créé par MONSIEUR IBRAHIM LAID en 1986 sous le nom « LIMONADERIE IBRAHIM ».

Dix ans plus tard, en 1996 elle a eu un statut juridique d'une SNC (société en nom collectif) puis le statut de SARL (société à responsabilité limitée).

Cette entreprise a connu une très grande démarche et de progression, en 1996 elle produit 5 millions de bouteilles, ce chiffre a vu la lumière les années qui suivent, en 1999 elle atteint la barre de 56 millions bouteilles, 170 bouteilles en 2006 puis plus 750 millions de bouteilles en fin 2014.

#### **III.1.2. Situation géographique**

L'entreprise IFRI est située à IGHZER AMOKRANE, chef-lieu de commune et de daïra D'IFRI-Ouzelaguen, dans la wilaya de Bejaia, située au nord d'Algérie, elle est implantée à l'entrée de la vallée de la Soummam, en contrebas du massif montagneux du Djurdjura qui constitue son réservoir d'eau.

#### **III.1.3. Principale activité**

Aujourd'hui l'entreprise de SARL IFRI donne un sérieux exemple dans le développement de l'économie national grâce à ses produits notamment les eaux minérales, les sodas et boissons fruitées.

Cette entreprise permet de produire une haute gamme de produits à savoir :

- L'eau minérale naturelle
- L'eau minérale naturelle gazéifiée
- Les sodas
- Les jeux de fruits à base concentrée
- Les eaux fruitées lactées
- Boissons à base de jus de fruits et de lait



Figure III.1. Divers Produits De Sarl IFRI.

#### III.1.4. Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale le développement et la production ainsi que d'assurer la qualité et le conditionnement des eaux minérales et les diverses boissons, et de les commercialiser à des prix nettement plus compétitifs et ce dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser.

#### III.1.5. Les filiales et les chaines de production

Dans l'entreprise SARL IFRI, on trouve huit chaines de production qui sont :

- La chaine de production **SIDEL** : elle produit l'eau minérale naturelle de 0.5, 0.33 et 1L avec une capacité de production de 12 000 bouteilles/heure.
- La chaine de production **COMBI 1** : elle produit de l'eau minérale de 1.5L avec une capacité de 16 000 bouteilles/heure.
- La chaine de production **KRONES 1** : elle produit l'eau minérale naturelle de 0.5 et 1.5L avec une capacité de 46 000 bouteilles/heure.
- La chaine de production **KRONES 2**: elle produit les boissons gazeuses en emballage verre sous forme 1 et 0.25L avec une capacité de 15 000 litres/heure.
- La chaine de production **KRONES 3** :elle produit les eaux fruitées en emballage verre sous forme 0.25et 1L avec une capacité de 15000 litres/heure.

- La chaîne de production **COMBI 2** : elle produit les boissons gazeuses en emballage PET 0.33, 1 et 2L avec une capacité 36000 litres/heure.
- La chaîne de production **KRONES 4** : elle produit de l'eau minérale gazéifiée en emballage verre 1 et 0.25L avec une capacité de 12000 litres/heure.
- La chaîne de production **KRONES 5** : elle produit de l'eau minérales gazéifiée en emballage PET 1L avec une capacité de 12000 litres/heure.

Cette entreprise comporte aussi d'autres filiales qui sont partagés en groupes chacun spécialisés dans un domaine, on trouve :

- **Général Plast**: Production de préformes en PET et bouchons en PEHD.
- **Sarl huileries Ouzelaguen**: Activité agricole, transformation (trituration) d'olives et mise en bouteille d'huile d'olive extra vierge.
- **SARL Bejaïa Logistique** :Transport sur toutes distances et manutention.

#### **II.1.6. Le Marché National :**

Le marché des boissons en Algérie est en perpétuelle progression en raison notamment du climat et des habitudes festives de consommation liées à la culture et à l'environnement familial, est conforté par une demande en constante évolution.

Actuellement, hormis quelques contraintes de l'environnement du groupe IFRI qui s'adaptent progressivement aux règles de la compétitivité dictée par un environnement international performant, il essaye à travers l'association des producteurs algériens de boissons (l'APAB), de trouver des solutions pour surmonter certaines difficultés conjoncturelles d'ordre administratif, fiscal et réglementaire. Il faut reconnaître qu'il y a eu une avancée sensible sur le plan des réformes et d'ouverture envers les acteurs économiques.

III.1.7. Organigramme de SARL IFRI

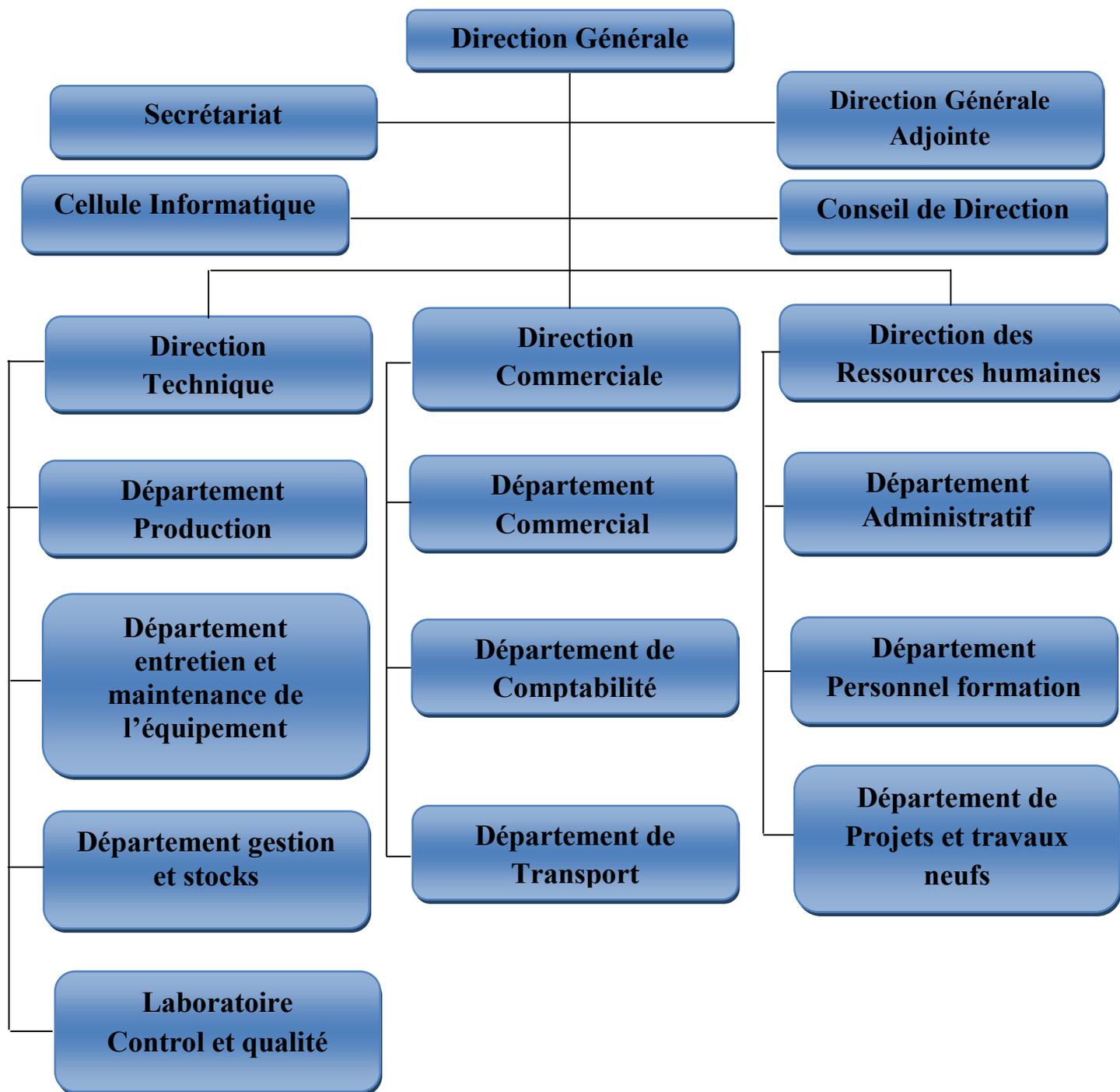


Figure III.2. Organigramme de SARL IFRI.

## **III.2. Echantillonnage**

Notre travail consiste en une appréciation de la qualité physico-chimique de la boisson **IFRUIT** fabriqué par l'unité « **IFRI** » et plus précisément l'ingrédient de base de notre boisson qui est l'eau de process, pour cela on a procédé en premier lieu à l'analyse de ce dernier, « sachant que la qualité du produit fini dépend majoritairement de la qualité des matières premières utilisées pour son élaboration ». Et en second lieu à l'analyse du produit fini (soda et jus de fruits).

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus et c'est une partie très essentielle dans les analyses physico-chimiques d'où le prélèvement doit se rapporter soigneusement à des résultats bien précis.

La méthode de l'échantillonnage utilisée est la méthode au hasard.

- Pour les eaux traitées, le contrôle s'effectue sur un prélèvement d'au moins un échantillon par 24 heures de production.
- Pour les sodas et les jus de fruits, le contrôle s'effectue sur un prélèvement d'une à deux bouteilles d'une même fabrication.

Le prélèvement est effectué directement d'une vanne branchée à la conduite d'eau de process dans des bouteilles en verre étiquetées bien propres.

## **III.3. Techniques d'analyses physico-chimiques**

### **III.3.1. Analyses physico-chimiques des eaux de process**

#### **III.3.1.1. Potentiel hydrogène**

##### **Principe**

La mesure du pH est basée sur la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (la plus utilisée est celle au calomel saturée en KCl) et comme il est beaucoup plus facile de manipuler avec une seule électrode plutôt que deux, l'électrode combinée est très largement répandue et utilisée dans les laboratoires. Ce type d'électrode combine en une seule entité l'électrode de verre et l'électrode de référence.

Un deuxième avantage est que cela aide à s'assurer que les deux électrodes sont bien à la même température pendant le déroulement des mesures.



**Figure III.3.** pH-mètre étalonné

### Mode opératoire

En se référant au manuel de l'instrument d'analyse, la mesure du pH se fait comme suit :

- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser
- Laisser l'électrode se stabiliser pendant quelques secondes
- Noter la valeur affichée

### III.3.1.2. Conductivité

#### Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, cette ensemble est appelé cellule conductimétrique.



**Figure III.4.** Conductimètre.



**Mode opératoire**

- Introduire 100 mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 500 mL
- Ajouter 2 mL de solution tampon et trois gouttes de solution de N.E.T. La solution se colore en violet
- En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA (0,02N) goutte à goutte jusqu'à ce que la solution vire au bleu
- Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA

**Résultat :**

- **1<sup>er</sup> cas** : Coloration bleue implique pas de titrage ce qui implique: **TH = 0°F**
- **2<sup>ème</sup> cas** : Coloration violette implique il y a titrage avec EDTA 0.02 N jusqu'à coloration bleue, **TH = Chute de burette (°F)**

**III.3.1.4. Détermination de l'alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

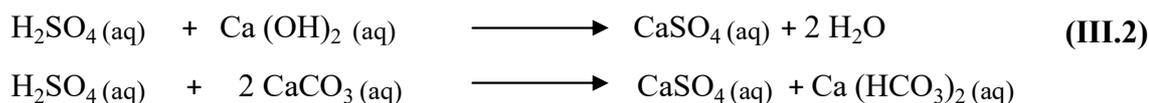
On distingue deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

**➤ Titre alcalimétrique simple (TA)**

Le TA correspond donc à la somme des concentrations des ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et des ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

**Principe :**

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré.

**Réactions chimiques :**

**Mode opératoire**

- Introduire à l'aide d'une éprouvette, 100 mL d'échantillon (eau à analysée) dans un erlenmeyer de 500 mL
- Ajouter quelques gouttes de solution d'indicateur de phénolphtaléine
- Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité titrable à pH= 8,3 comme nulle
- Si une couleur rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1N) jusqu'à la disparition de la couleur rose
- Noter le volume d'acide consommé

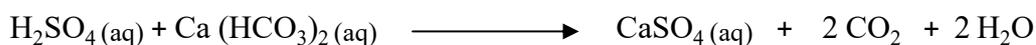
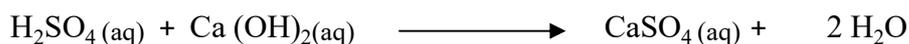
**Remarque :** conserver la solution pour utilisation lors de la détermination de l'alcalinité totale.

**Résultats :**

- **1<sup>er</sup> cas :** Pas de coloration alors pas de titrage ce qui implique: **TA = 0°F**
- **2<sup>ème</sup> cas :** Coloration rose implique il y a titrage avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N jusqu'à décoloration, **TA = Chute de burette × 5 (°F)**

➤ **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH=8.3, le niveau d'eau à analyser, en présence du méthyle orange comme indicateur coloré.

**Réactions chimiques:****Mode opératoire**

- Prendre le même échantillon pour l'analyse du TA et ajouter quelques gouttes de méthyle orange
- Une coloration jaune apparaît
- Titrer avec le même acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) jusqu'au virage de la coloration jaune vers le rose
- Noter le volume total d'acide consommé

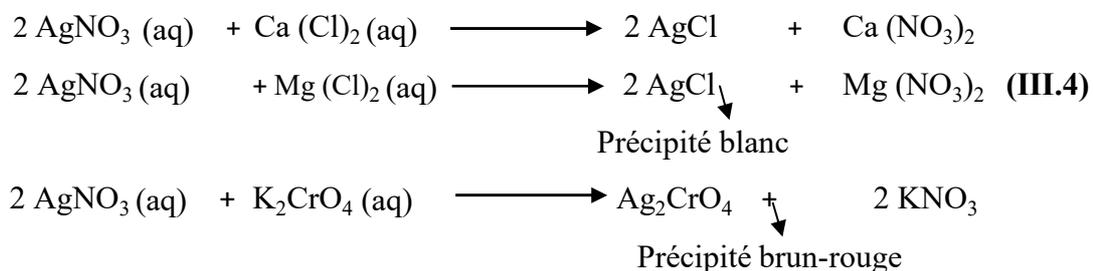
**Résultats :**

- **1<sup>er</sup> cas** : Coloration rose alors pas de titrage ce qui implique : **TAC = 0°F**
- **2<sup>ème</sup> cas** : Coloration jaune implique il y a titrage avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N jusqu'à coloration rose : **TAC = Chute de burette × 5 (°F)**

**Remarque** : On peut titrer le TA et le TAC avec le même échantillon. Après la détermination du TA, on note le volume versé V<sub>1</sub> (chute de burette 1) puis on ajoute pour le même échantillon d'eau quelques gouttes de méthyle orange et n titre jusqu'au virage du rose et on note la chute de burette 2 (V<sub>2</sub>). Alors TAC (°F) = (V<sub>1</sub>+V<sub>2</sub>) × 5

**III.3.1.5. Dosage des chlorures****Principe**

C'est la Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition de petit excès d'ions d'argent et formation de chromate d'argent brun rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

**Réactions chimiques:****Mode opératoire**

- Dans un ERLLENMEYER, prendre 100 mL d'échantillon d'eau à analyser
- Ajouter 2 mL (5 gouttes) de l'indicateur coloré chromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>  
Une coloration jaune citron doit alors apparaître.
- Titrer avec la solution AgNO<sub>3</sub> à 0.05 N (Le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalino-terreux sous forme de chlorures d'argent) et agiter délicatement le soluté jusqu'à l'obtention d'une teinte rouge brique signalant la fin de la réaction.

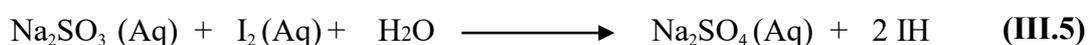
**Résultats :**

- **1<sup>er</sup> cas** : Coloration brune alors pas de titrage ce qui implique:  $[Cl^-] = 0 \text{ mg/L}$
- **2<sup>ème</sup> cas** : Coloration jaune implique il y a titrage avec  $AgNO_3$  0.05 N jusqu'à disparition de la coloration jaune citron ce qui implique:  $[Cl^-] = 17.75 \times \text{chute de burette (mg/L)}$

**Remarque :** Le pH de l'échantillon d'eau à analyser doit être entre pH= 5 à 9. S'il est supérieur à 9, il faut neutraliser l'échantillon avec de l'acide nitrique 0.1 N.

**III.3.1.6. Dosage des sulfites de sodium****Principe**

Dans une solution acide, l'iode oxyde le sulfure pour produire du sulfate et se trouve ainsi elle-même réduite en iodure. L'iode en excès mélangée à une solution d'amidon donne une couleur bleu.

**Mode opératoire**

- Prendre 100 mL d'échantillon d'eau à analyser dans un erlenmeyer à 500mL
- Mettre 5 mL d'acide phosphorique  $H_3PO_4$  (25%)
- Ajouter ensuite 1mL de solution d'amidon (1%)
- Titrer avec la solution d'iode  $I_2$  (0,1N) jusqu'à l'obtention d'une coloration bleu

**Résultats**

- **1<sup>er</sup> cas** : Après l'ajout de la solution d'amidon ➡ Coloration bleue alors pas de titrage ce qui implique:  $[SO_3^{2-}] = 0 \text{ mg/L}$
- **2<sup>ème</sup> cas** : Après l'ajout de la solution d'amidon ➡ Pas de coloration bleue implique il y a titrage avec  $I_2$  0.1 N jusqu'à coloration bleu ce qui implique:  $[SO_3^{2-}] = \text{chute burette} \times 6.3$

### III.3.2. Analyses physico-chimiques des boissons

#### III.3.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

##### Mode opératoire

- Verser une quantité de la boisson à analyser dans un bécher
- Plonger l'électrode du pH-mètre
- Après stabilisation, on lit la valeur du pH

#### III.3.2.2. Détermination du Brix

C'est la quantité du sucre en gramme contenu dans 100 g de solution, sa détermination est réalisée au moyen d'un réfractomètre. Le degré Brix est la mesure de la matière sèche soluble qui celle-ci s'exprime en pourcentage.

##### Principe

La réfractométrie est une technique qui vise à déterminer la partie réelle de l'indice de réfraction. La mesure de l'indice de réfraction d'un liquide s'effectue par la détermination de l'angle de réflexion ce modèle peut être utilisé pour la mesure de la teneur en sucre d'une solution. Il permet de mesurer à une température ambiante d'environ 20°C.

##### Mode opératoire

- Diriger l'appareil vers la lumière
- Soulever la lamelle, essuyer la surface du prisme avec une flanelle ou du coton doux
- Déposer le liquide en quantité suffisante à l'aide d'une pipette
- Rabaisser la lamelle, la presser légèrement, puis lire la valeur correspondante sur la ligne de séparation clair/sombre



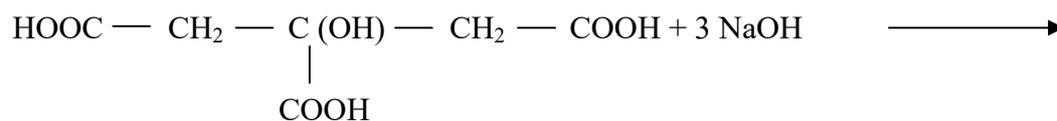
Figure III.5. Réfractomètre mesurant le Brix d'une boisson.

### III.3.2.3. Détermination de l'acidité

#### Principe

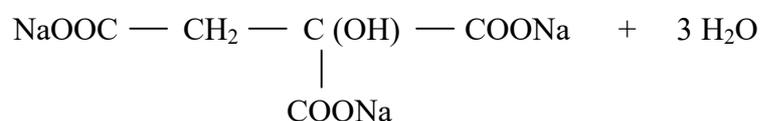
L'acidité est déterminée par titrage directe de la boisson, Le titrage de l'échantillon de boisson une fois dégazéifiée (dans le cas des sodas) se fait avec une solution de soude, le point équivalent est déterminé en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré.

#### Réaction chimique:



Acide citrique

(III.4)



Citrate de sodium

#### Mode opératoire

- Verser 10mL d'échantillon(Boisson) dans une fiole de 50mL compléter jusqu'au traits de jauge avec de l'eau distillée
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine (1%)
- Titrer avec la soude NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition de la couleur rose

#### Résultat :

$$\text{Quantité d'acide dans la boisson} = V \times C \text{ (g/L)}$$

V: volume par ml de NaOH dépensé pour le titrage.

C : coefficient de l'acide citrique d'où C=0,64.

### III.3.2.4. Détermination du taux de CO<sub>2</sub> (dans le cas des sodas)

#### Principe

La détermination du taux de CO<sub>2</sub> est accomplie grâce à un mesureur de CO<sub>2</sub> (Anton Paar).

#### Mode opératoire

- Placer l'insert approprié dans le récipient en veillant à ne pas le lâcher, en le laissant vertical et en le fixant durant tout le temps
- Insérer la bouteille à tester et vérifier la projection du goulot de la bouteille
- Fermer la tête de mesure en s'assurant que l'aiguille perce le bouchon au centre
- Engager l'attache et fermer la tête de mesure tout en évitant d'appuyer sur la tête avec la main
- Sélectionner la procédure du test, et appuyer sur le bouton vert « START ». Le voyant vert devient orange et commence à clignoter
- Attendre que l'appareil s'arrête de tourner et de dépressuriser (le voyant devient vert à nouveau)
- La valeur est affichée sur l'écran de la tête de mesure



Figure III.6. Mesureur de CO<sub>2</sub> (Anton Paar).



**Chapitre *IV*:**  
***Résultats***  
***et***  
***discussions***

Dans ce dernier chapitre, des résultats d’analyses physico-chimiques d’eau de process et des boissons sont exposés après les avoir effectuées au cours de notre stage. Les résultats de chaque paramètre seront donnés dans un tableau suivi de leur présentation graphique et de leur discussion.

### IV.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux de process

Les analyses sont effectuées sur 4 types d’échantillons d'eau qui sont : Eau brute (forage), l’eau osmosée, l’eau adoucie et l’eau de chaudière. Les paramètres étudiés sont : Le pH, la conductivité, TA, TAC, TH et Cl<sup>-</sup>, et pour les eaux de chaudière, en plus des paramètres cités, on a ajouté les sulfites de sodium.

#### IV.1.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux brutes

L’eau utilisée par SARL IFRI au départ est une eau brute captée à grande profondeur par forages qui sera ensuite filtrée pour enlever les grandes particules.

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux brutes sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.1.** Les résultats d’analyses physico-chimiques d’eau brute.

Paramètres Echantillons	pH	Conductivité (μS/cm)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>6,8-7,5</b>	<b>≤9000</b>	<b>35-170</b>	<b>00</b>	<b>&lt;35</b>	<b>≤2000</b>
1	7,02	6120	98	00	32	1445,5
2	6,92	5480	75	00	26	1312,5
3	7,10	7030	82	00	25	1686,25
4	7,02	6720	86	00	35	1522,5
5	7,01	9160	110	00	34	2059
6	6,90	8524	108	00	28	1721,75
7	7,74	6430	80	00	27	1491
8	6,99	9026	100,4	00	33	1952,5

**Remarque :**

- ✓ Chaque échantillon convient à une journée (exemple : échantillon N°01 convient à la première journée d’analyse).
- ✓ Les valeurs de TA étant nulles dans l’eau brute, ce qui signifie l’absence des bases fortes (OH<sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

Nous allons détailler et examiner ces résultats et les exposer sous forme de graphe avec leurs interprétations.

#### IV.1.1.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Les résultats du pH de l'eau brute sont représentés sur la figure suivante :

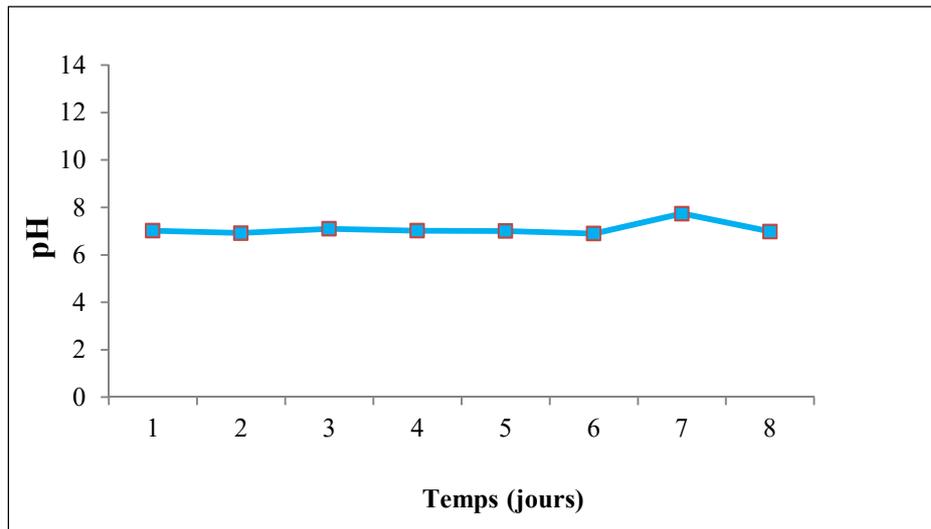


Figure IV.1. Variation du pH de l'eau brute.

D'après cette figure on observe que les valeurs du pH de l'eau brute sont constantes et ont une moyenne de 7 (le pH est neutre). On peut dire que ces valeurs de pH mesurées répondent aux normes de l'entreprise.

#### IV.1.1.2. Conductivité

Les résultats de la conductivité de l'eau brute sont représentés sur la figure suivante :

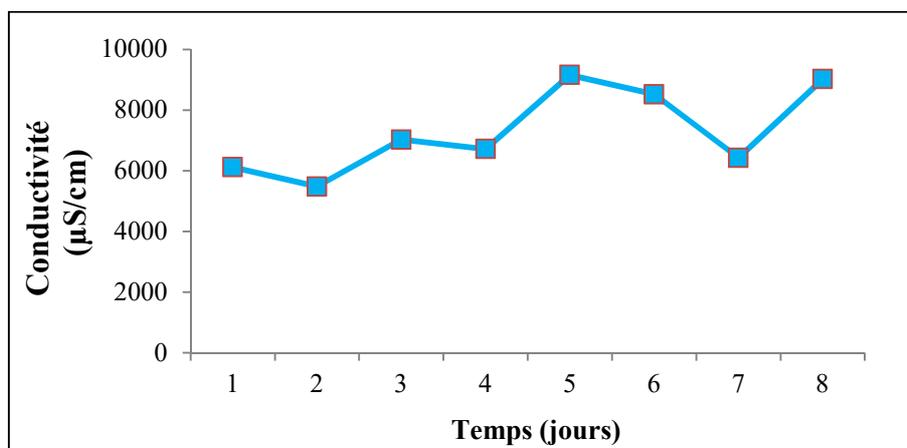


Figure IV.2. Variation de la conductivité de l'eau brute.

D'après la figure IV.2, nous constatons que les deux valeurs des échantillons N°5 (9160  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et N°8 (9026  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de l'eau brute, ne sont pas conformes aux normes. Donc, nous pouvons dire que cette eau n'est pas de très bonne qualité, car cette dernière est riche en sels minéraux. Elle doit donc subir un traitement plus strict. Par contre le reste des échantillons sont conformes aux normes exigées par l'entreprise.

#### IV.1.1.3. Titre hydrotimétrique (TH)

Les résultats du TH de l'eau brute sont représentés sur la figure suivante :

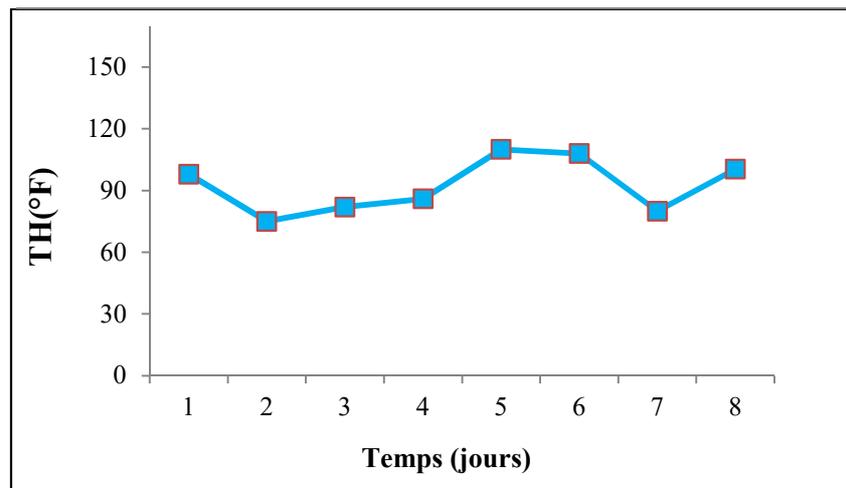
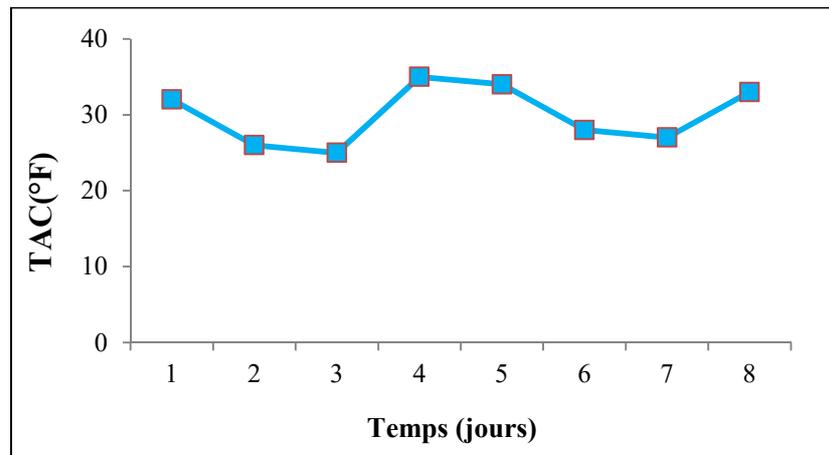


Figure IV.3. Variation du TH de l'eau brute.

D'après la figure IV.3, les résultats obtenus répondent aux normes fixées par l'entreprise. On peut dire que ces valeurs de la dureté (TH) de l'eau brute sont élevées en raison de la nature des terrains traversés par l'eau, elle diminue au fur et à mesure qu'elle avance dans la chaîne de traitement grâce aux différents filtres. C'est pourquoi le traitement de cette eau brute est indispensable.

#### IV.1.1.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats du TAC de l'eau brute sont représentés sur la figure suivante :

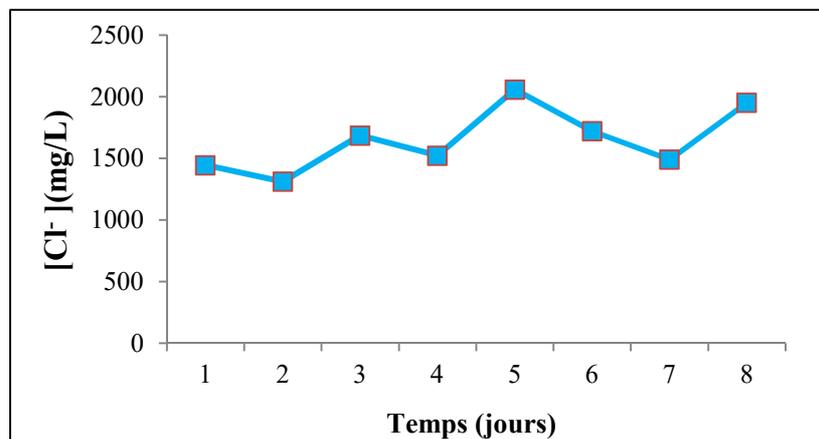


**Figure IV.4.** Variation du TAC de l'eau brute.

D'après les résultats, on observe que les valeurs du TAC de l'eau brute ont une moyenne de 30°F, ce qui nous indique que cette eau contient des bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ ). L'ensemble des résultats du TAC, répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.1.5. Teneur en Chlorures

Les résultats de la teneur en chlorures de l'eau brute sont représentés sur la figure suivante :



**Figure IV.5.** Variation de la teneur en chlorures de l'eau brute

D'après la figure IV.5, on constate une hausse importante des valeurs de la teneur en chlorures dans l'eau brute. Ces chlorures accumulent les chlorures naturellement présents ainsi que les chlorures libérés par l'hypochlorite de sodium ajoutés dans la cuve d'eau brute pour des raisons hygiéniques. L'écoulement de cette eau par les divers filtres particulièrement le charbon actif aide à éliminer une grande partie de ces chlorures. Ces résultats obtenus répondent aux normes fixées par l'entreprise.

### IV.1.2. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux osmosée mitigées

Dans la fabrication des boissons, on trouve que l'élément essentiel est l'eau osmosée mitigées qui est produite sous la technique de l'osmose inverse.

Les résultats expérimentaux des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux osmose mitigées sont traduits dans le tableau ci-dessous.

**Tableau IV.2.** Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée mitigée.

Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	TA ( $^{\circ}\text{F}$ )	TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	[Cl] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>5,5-7,5</b>	<b>100-250</b>	<b>0-13</b>	<b>00</b>	<b><math>\leq 01</math></b>	<b><math>\leq 100</math></b>
1	6,31	181,7	00	00	01	67,4
2	6,44	197,9	00	00	01	85,2
3	6,18	154,3	00	00	0,5	46,15
4	6,20	126,8	00	00	0,5	39,05
5	6,11	139,9	00	00	0,5	28,4
6	6,53	210	00	00	01	67,4
7	6,66	174,1	00	00	01	53,2
8	6,92	181,6	00	00	01	60,35

#### Remarque :

- On voit que les valeurs du TA sont nulles pour tous les échantillons ce qui indique une absence des deux bases  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- Les valeurs du TH sont nulles pour toutes les analyses effectuées, ce qui signifie la non présence des ions calcium et magnésique ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ). Ces ions sont retenus totalement par la membrane d'osmoseur et par la suite entraînées dans les rejets.

Les résultats qu'on a obtenus au cours des analyses sont représentés sous forme de graphes.

#### IV.1.2.1. Potentiel Hydrogène (pH)

La figure ci-dessous montre les résultats du pH de l'eau osmosée mitigée.

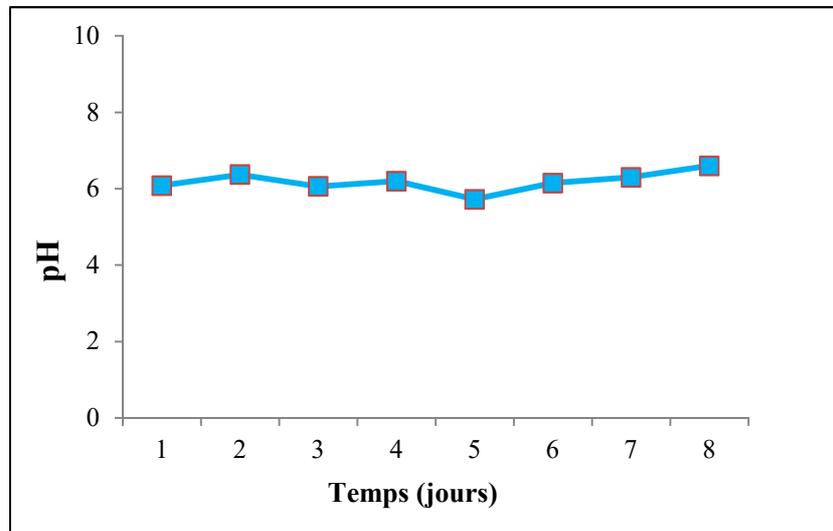


Figure IV.6. La variation du pH de l'eau osmosée mitigée.

#### IV.1.2.2. Conductivité

La figure ci-dessous exprime les résultats de la conductivité de l'eau osmosée mitigée :

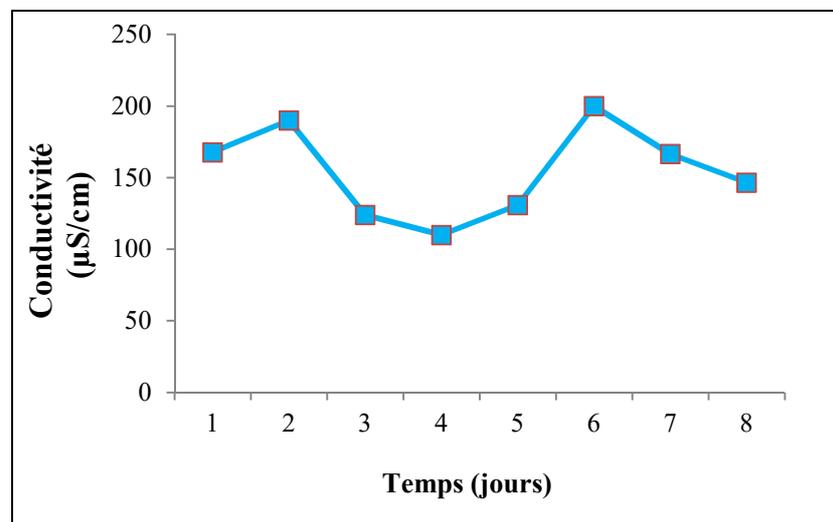


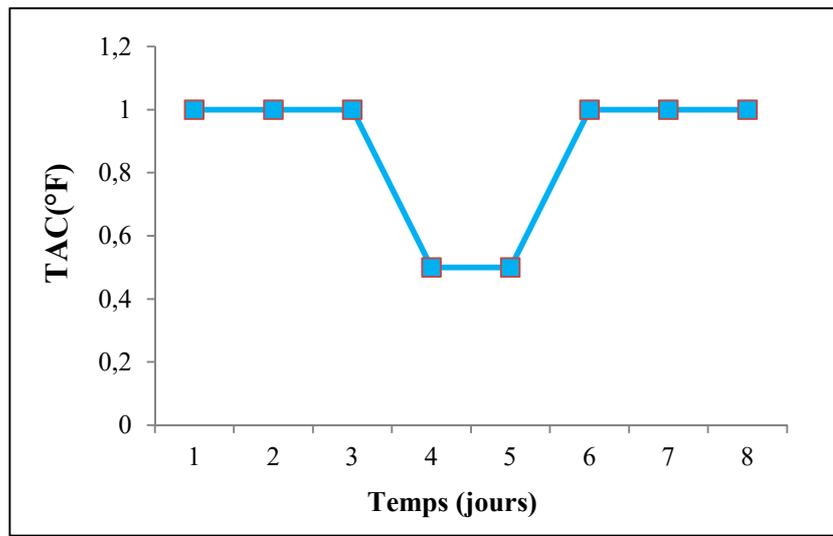
Figure IV.7. La variation de la conductivité de l'eau osmosée mitigée.

D'après la figure IV.6, on observe que les valeurs du pH des eaux osmosée mitigée apparaissent stables, elles varient aux alentours de 6 à 6,9. Cette diminution du pH au niveau de l'osmoseur est justifiée par l'ajout de l'acide chlorhydrique et l'anti-scalant à la sortie du filtre à charbon actif pour des raisons hygiénique.

En interprétant la courbe obtenue et en la comparant avec la figure IV.2 on remarque que les valeurs de la conductivité diminuent au niveau de l'eau osmosée et cela veut dire que la technique d'osmose inverse est une technique efficace pour le traitement des eaux et l'élimination de la plupart des anions et cations contenues dans l'eau brute.

#### IV.1.2.3. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats du TAC de l'eau osmosée mitigée sont représentés sur la figure suivante :

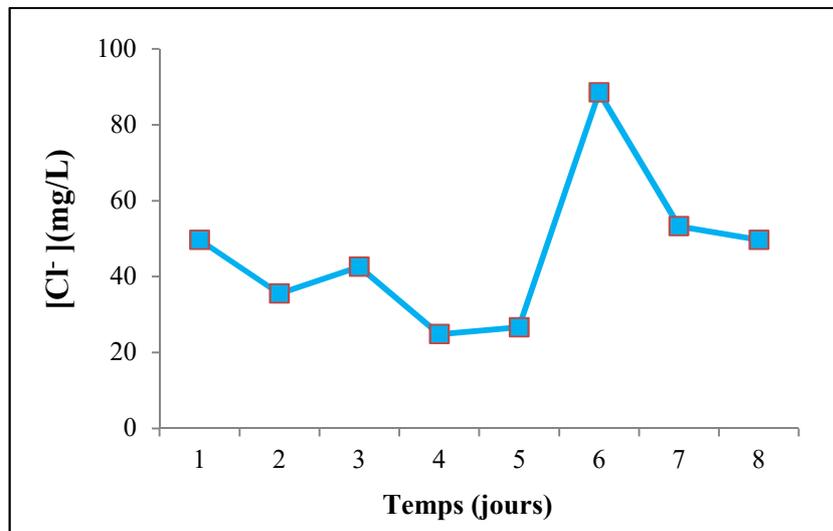


**Figure IV.8.** La variation du TAC de l'eau osmosée mitigée.

En analysant ce graphe, on remarque que les valeurs de TAC sont stables au environs de 0.5-1 °F et en les comparant avec la figure IV.4, les valeurs de TAC diminues au niveau de l'eau osmosée mitigée ce qui est expliqué par l'action des produits chimiques acides à l'entrée de l'osmoseur qui attaque les précipités précédemment déposées après le passage de l'eau brute. Cella n'empêche pas de garder la conformité des résultats à l'exigence de l'industrie.

## IV.1.2.4. Teneur en Chlorures

Les résultats de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée sont représentés sur la figure suivante :



**Figure IV.9.** La variation de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée.

En analysant ce graphe de la teneur en chlorure de l'eau osmosée mitigée, on voit que les valeurs de tous les échantillons ne sont pas stables quoique ces valeurs répondent aux normes exigées par l'entreprise. Cette différence est due généralement aux différents procédés de traitement et à l'ajoute de l'acide chlorhydrique avant le passage de l'eau dans l'osmoseur.

### IV.1.3. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux adoucies

L'eau adoucie est une eau pauvre en ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , l'influence du traitement qu'elle a subi est indiquée dans les résultats d'analyses des différents paramètres physico-chimiques qui sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.3.** Les résultats d'analyse physico-chimiques d'eau adoucie.

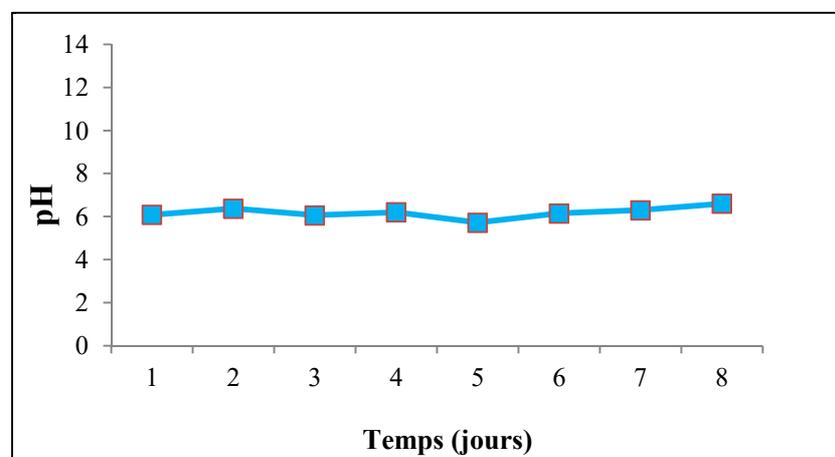
Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	TA ( $^{\circ}\text{F}$ )	TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	[Cl] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>5,5-7,5</b>	<b>100-250</b>	<b><math>\leq 01</math></b>	<b>00</b>	<b><math>\leq 01</math></b>	<b><math>\leq 100</math></b>
1	6,08	167,8	00	00	01	49,7
2	6,37	190	00	00	01	35,5
3	6,06	123,9	00	00	01	42,6
4	6,20	110	00	00	0,5	24,85
5	5,72	130,9	00	00	0,5	26,63
6	6,15	200	00	00	01	88,5
7	6,30	166,5	00	00	01	53,25
8	6,60	146,6	00	00	01	49,7

#### Remarque :

- Les valeurs du TA étant nulles dans l'eau adoucie, ce qui signifie l'absence des bases fortes qui sont  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- Les valeurs du TH sont nulles pour toutes les analyses effectuées, ce qui signifie la non présence des ions calcium et magnésique ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ).

#### IV.1.3.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Les résultats du pH de l'eau adoucie sont représentés sur la figure suivante :



**Figure IV.10.** Variation du pH de l'eau adoucie.

D'après la figure IV.10, on constate que le pH diminue au niveau de l'adoucisseur pour atteindre un pH moyen de 6. Cette diminution peut s'expliquer par l'ajout de l'acide chlorhydrique et l'antis-calant à la sortie du filtre à charbon actif pour des raisons hygiénique.

L'ensemble des résultats obtenus pour le pH de l'eau adoucie répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.3.2. Conductivité

Les résultats de la conductivité de l'eau adoucie sont représentés sur la figure suivante :

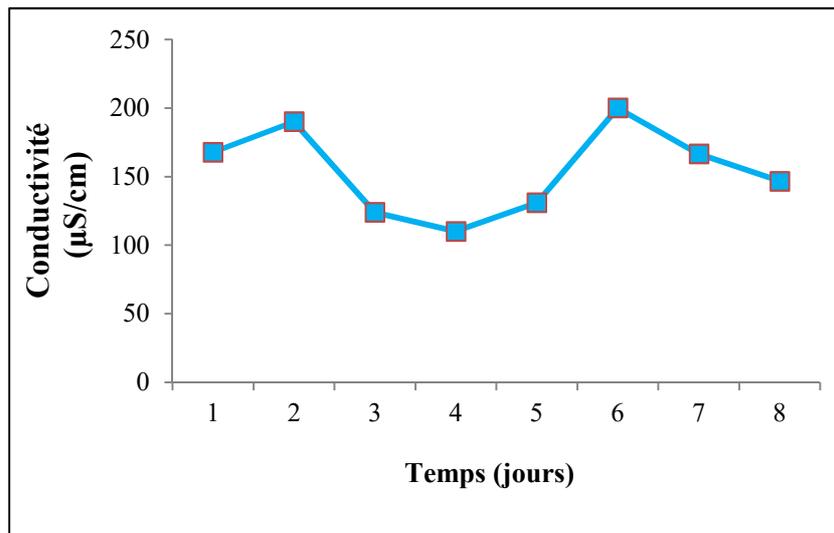


Figure IV.11. Variation de la conductivité de l'eau adoucie.

Selon la figure ci-dessus on constate que les valeurs de la conductivité diminuent au niveau de l'adoucisseur et que cette eau présente une conductivité moyenne de 150 µS/cm. Ce qui montre l'efficacité de l'adoucisseur ainsi que les filtres utilisés dans l'entreprise qui sont responsables de l'élimination de la quasi-totalité des anions et cations contenues dans l'eau.

L'ensemble des résultats de la conductivité, répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.3.3. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats du TAC de l'eau adoucie sont représentés sur la figure suivante :

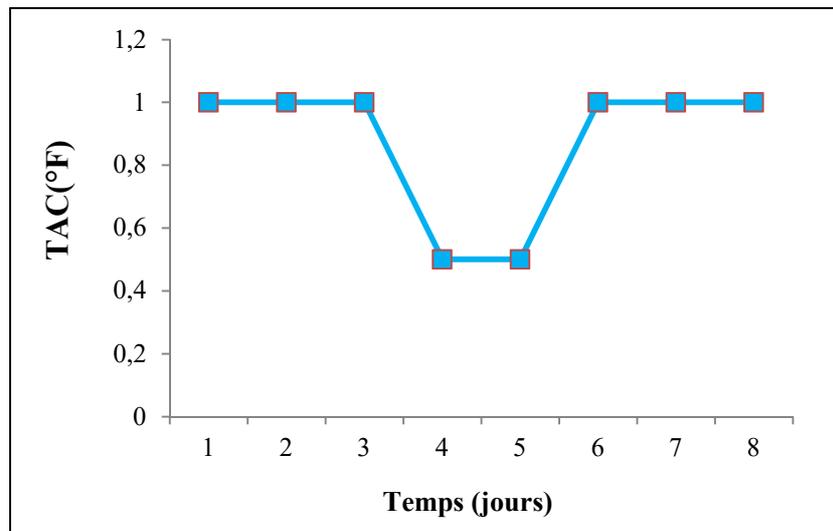


Figure IV.12. Variation du TAC de l'eau adoucie.

D'après la figure ci-dessus on constate que les valeurs du TAC de l'eau adoucie traitée sont stables, elles varient entre 0,5-1 °F. Ce qui justifie une autre fois comme l'eau osmosée par l'action des produits chimiques acides à l'entrée de l'osmoseur qui attaque les précipités précédemment déposées après le passage de l'eau brute.

L'ensemble des résultats du TAC, répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.3.5. Teneur en Chlorures

Les résultats de la teneur en chlorures de l'eau adoucie sont représentés sur la figure suivante :

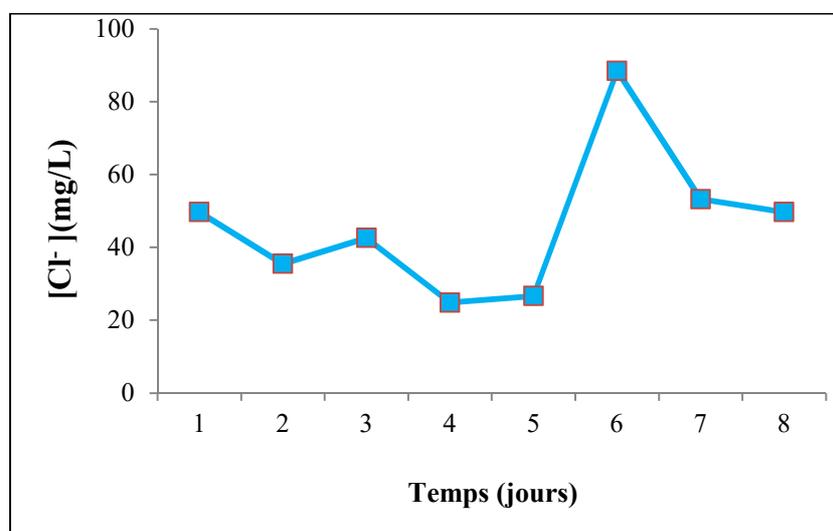


Figure IV.13. Variation de la teneur en chlorures de l'eau adoucie.

D'après la figure IV.13 il ressort que l'eau adoucie contient une faible teneur en chlorures et qui répondent aux normes exigées par l'entreprise. Cette baisse en chlorure est due au passage de cette eau par les différents filtres notamment le charbon actif et qui permet d'éliminer une grande partie de ces chlorures.

#### IV.1. 4. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des eaux de chaudière

Les eaux de chaudière ont une influence importante dans l'industrie de fabrication des boissons, c'est pour cela qu'on a effectué des analyses physico-chimiques sur ces eaux et dont les résultats sont illustrés sur le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.4.** Les résultats d'analyse physico-chimiques d'eau de chaudière.

Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	TA ( $^{\circ}\text{F}$ )	TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/L)	[SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>10,5-12,15</b>	<b><math>\leq 7000</math></b>	<b><math>\leq 01</math></b>	<b>10-60</b>	<b><math>\leq 85</math></b>	<b><math>\leq 1000</math></b>	<b>20-50</b>
1	12,02	3220	00	53	58	170,4	32
2	12,10	5400	00	49	53	211,25	50
3	11,33	2500	00	38	40	337,25	29
4	11,39	2400	00	20	25	191,7	15
5	11,9	2900	00	58	66	124,25	26
6	11,42	1395	00	11	14	117,15	30
7	11,23	2340	00	37	40	120,7	24
8	12,10	2440	00	26	31	255,6	19

#### Remarque :

- Les valeurs du TH sont nulles pour toutes les analyses effectuées, ce qui signifie la non présence des ions calcium et magnésique (Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>).

#### IV.1.4.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Les résultats du pH de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :

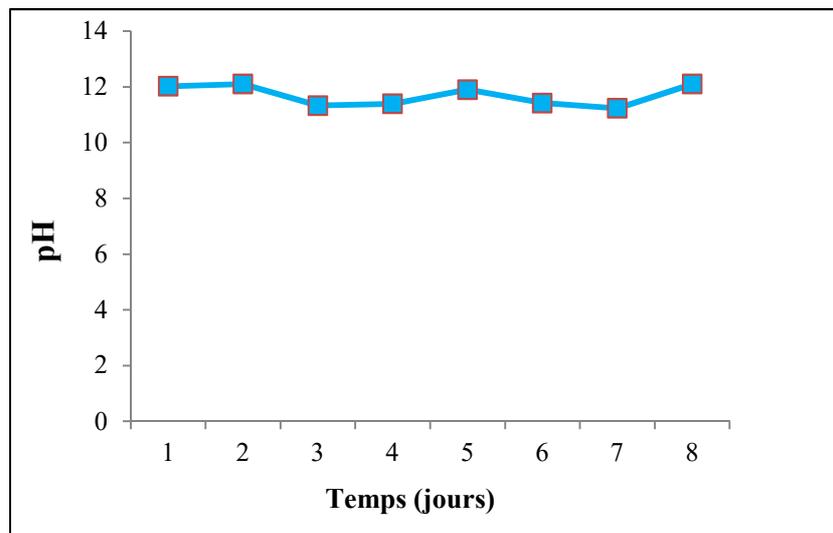


Figure IV.14. Variation du pH de l'eau de chaudière.

D'après la figure ci-dessus on observe que les valeurs du pH de l'eau de chaudière sont élevées et varient entre  $\text{pH} = 11$  et  $12$  donc on dit que ces valeurs du pH sont basiques. Cette augmentation du pH au niveau de la chaudière est expliquée par l'ajout d'un antitartre et inhibiteur de corrosion, connue pour sa basicité est nommé « Cétamine ».

L'ensemble des résultats du pH, répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.4.2. Conductivité

Les résultats de la conductivité de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :

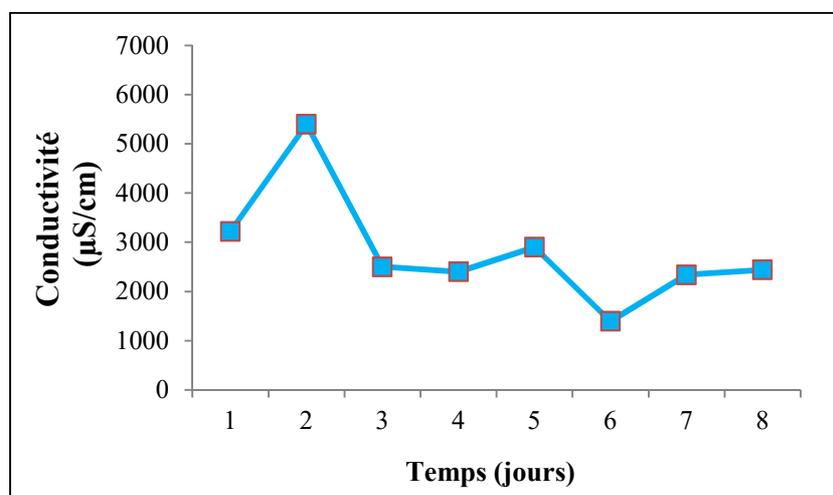


Figure IV.15. Variation de la conductivité de l'eau de chaudière.

D'après la figure IV.15, on constate que les valeurs de la conductivité au niveau de la chaudière sont élevées et varient entre 1500-5400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette augmentation est expliquée par l'influence de la température qui est élevée résultant d'une augmentation de la mobilité des ions (anions et cations) ce qui entraîne directement l'augmentation de la conductivité. L'ensemble des résultats de la conductivité répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.4.3. Titre alcalimétrique (TA)

Les résultats du TA de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :

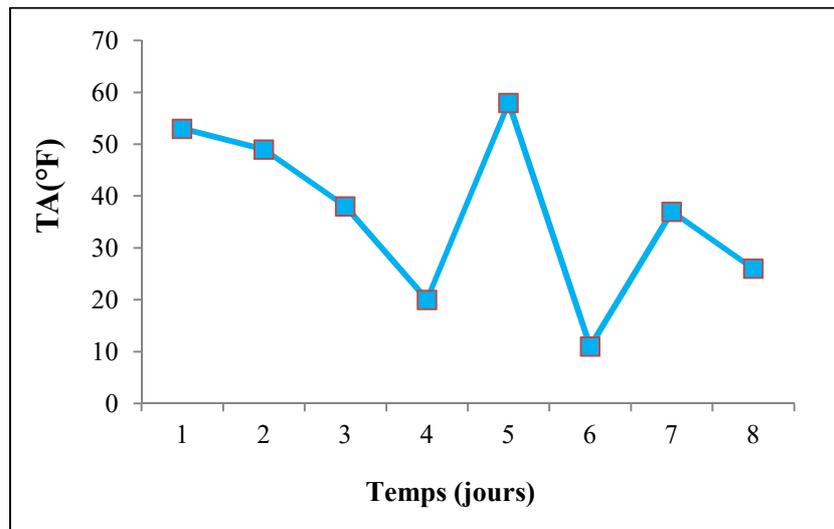


Figure IV.16. Variation du TA de l'eau de chaudière.

#### IV.1.4.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats du TAC de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :

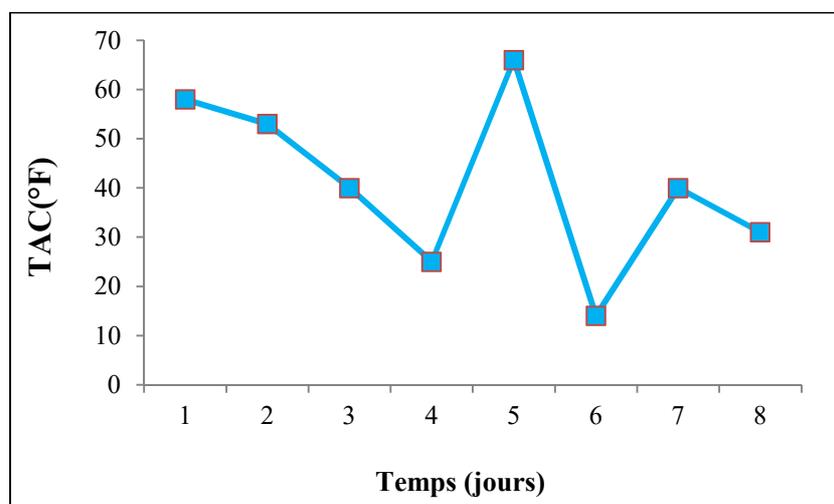


Figure IV.17. Variation du TAC de l'eau de chaudière.

D'après les figures IV.16 et IV.17, on distingue que les valeurs du TA et TAC au niveau de l'eau de chaudière sont élevées par rapport à l'eau brut, osmosée et adoucie, l'eau chaude présente une augmentation significative qui peut être expliquée par la charge des substances contenues dans l'eau évaporée qui reste dans la partie inférieure de la chaudière.

L'ensemble des résultats du TA et TAC, répondent aux normes fixées par l'entreprise.

#### IV.1.4.5. Teneur en Chlorures

Les résultats de la teneur en chlorures de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :

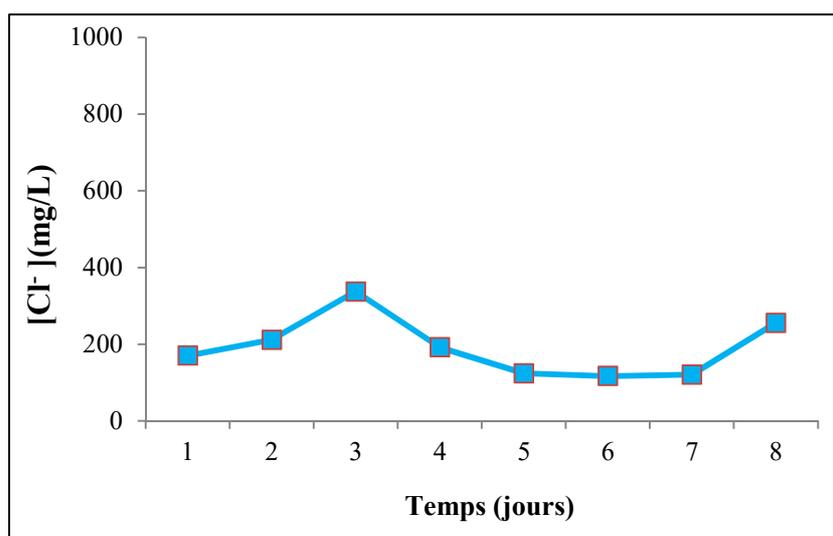


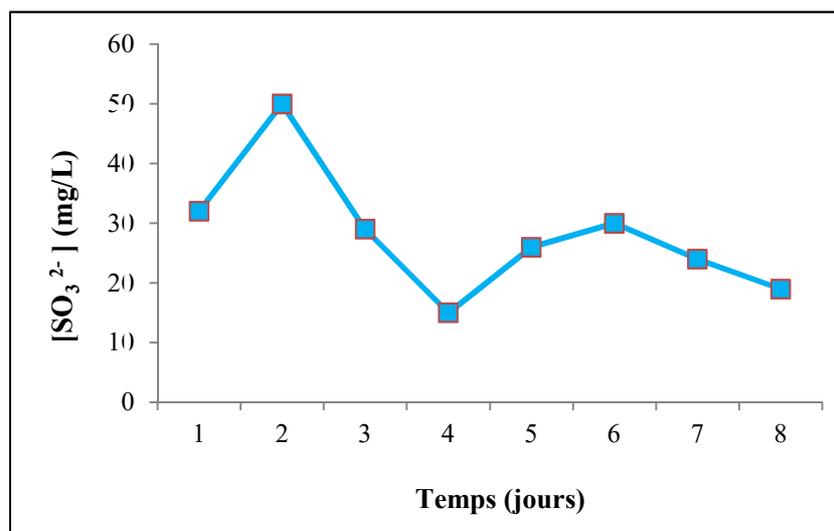
Figure IV.18. Variation de la teneur en chlorure de l'eau de chaudière.

D'après la figure IV.18, on constate que les valeurs de la teneur en chlorure sont un peu élevées au niveau de l'eau de chaudière pourtant l'ensemble des valeurs des chlorures [Cl<sup>-</sup>] répondent aux normes fixées par l'entreprise. Cette augmentation est due à la présence des sels ajoutés au niveau de l'adoucisseur.

#### IV.1.4.6. Teneur en sulfite de sodium

Afin de réduire et limiter le problème de la corrosion, les sulfites de sodium sont transfusés dans l'eau chaudière et cela pour éliminer le maximum d'oxygène dissout au niveau des chaudières.

Les résultats de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière sont représentés sur la figure suivante :



**Figure IV.19.** Variation de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière.

D'après le tracé représentant l'alternance de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière sur quelques jours, l'aspect décrit des hauts et des bas. Pour le 4<sup>ème</sup> échantillon on remarque que la valeur de la teneur en sulfites ( $[\text{SO}_3^{2-}] = 15 \text{ mg/L}$ ) n'est pas conforme aux normes et peut être expliquée par des erreurs de manipulation, par contre le reste des échantillons sont conformes aux normes exigées par l'entreprise.

### IV.2. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques des boissons

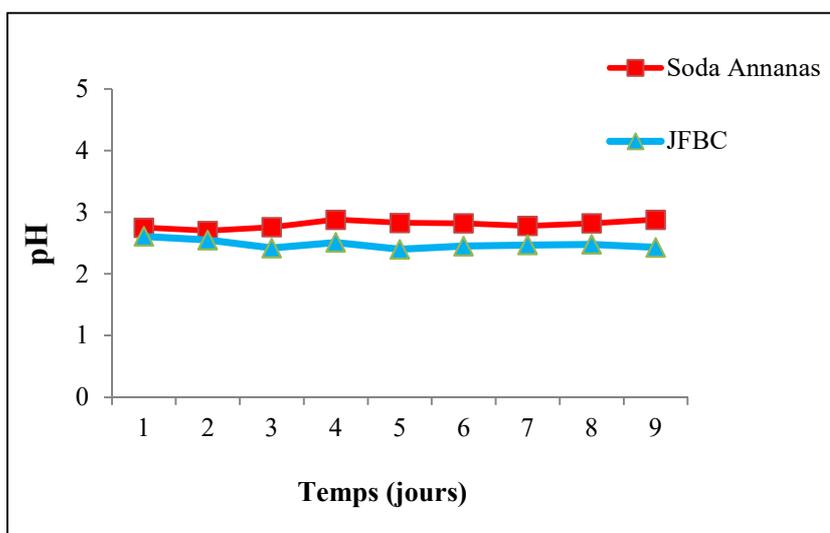
Le tableau ci-dessous recouvre toutes les analyses physico-chimiques effectuées sur deux modèles de boissons, le soda ananas et le jeu de fruit à base concentrée (Jus d’ananas et orange). Ces analyses sont effectuées pendant 09 jours et pour chaque production.

**Tableau IV.5.** Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les boissons.

Paramètres Echantillons	Soda				Jus de fruit à base concentrée		
	pH	Brix (%)	Acidité (g/L)	[CO <sub>2</sub> ] (g/L)	pH	Brix (%)	Acidité (g/L)
<b>Normes</b>	<b>1,79-3,39</b>	<b>11,5-13,1</b>	<b>0,84-2,4</b>	<b>7-7,8</b>	<b>2,2-3,8</b>	<b>10,7-12,3</b>	<b>2,6 -4</b>
1	2,75	12,2	1,65	7,45	2,61	12	3,59
2	2,70	12,2	1,70	7,33	2,55	11,2	3,66
3	2,76	12,1	1,55	7,36	2,42	11	3,60
4	2,88	12	1,62	7,24	2,51	10,8	3,58
5	2,83	11,9	1,80	7,22	2,40	11,1	3,55
6	2,82	11,8	1,67	7,30	2,45	10,9	3,71
7	2,78	11,9	1,73	7,29	2,47	11,1	3,75
8	2,82	12	1,79	7,33	2,48	10,8	3,82
9	2,88	11,9	1,70	7,29	2,43	10,9	3,66

#### IV.2.1. Potentiel Hydrogène (pH)

Les résultats du pH des boissons sont représentés sur la figure suivante :



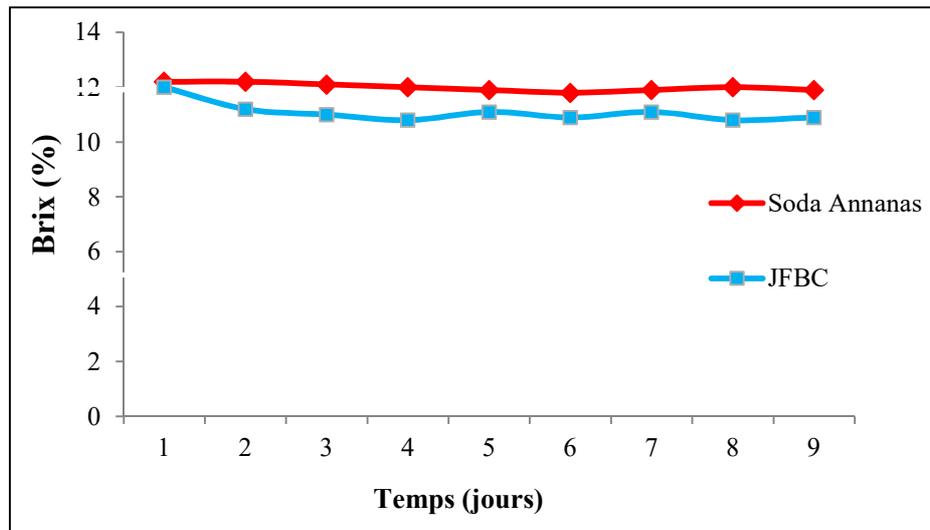
**Figure IV.20.** Variation du pH des boissons analysées.

La Figure IV.20 représente les variations du pH des deux boissons étudiées (Soda Ananas et jus de fruit d'ananas et orange), en interprétant les deux courbes obtenues, on remarque que les valeurs du pH des deux boissons sont proches. Il est remarquable que le pH de la boisson jus d'ananas orange est légèrement acide comparativement à celui de la boisson gazeuse ananas, ce qui peut être expliqué par l'activité des ions  $H^+$ .

Les valeurs obtenues dans les deux cas sont conformes aux normes de production.

#### IV.2.2. Le Brix

Les résultats du Brix des boissons sont représentés sur la figure suivante :



**Figure IV.21.** Variation du Brix des boissons analysées.

En analysant les deux courbes des variations du Brix, on constate que pour les deux produits analysés, leur résultat varie légèrement dans un intervalle très petit, ce qui indique que le Brix des deux produits est généralement stable et ils sont conformes aux normes exigées par l'entreprise. Le degré Brix du jus est inférieur par rapport au soda, cela peut être justifié par l'acidité élevée du jus qui a dû donner un caractère moins sucré pour ce dernier.

IV.2.3. L'acidité

L'acidité est un paramètre d'importance primordiale pour la qualité organoleptique d'un aliment. La figure ci-dessous nous montre la variation de l'acidité des deux boissons analysées et les résultats obtenus sont représentés sous forme de courbes.

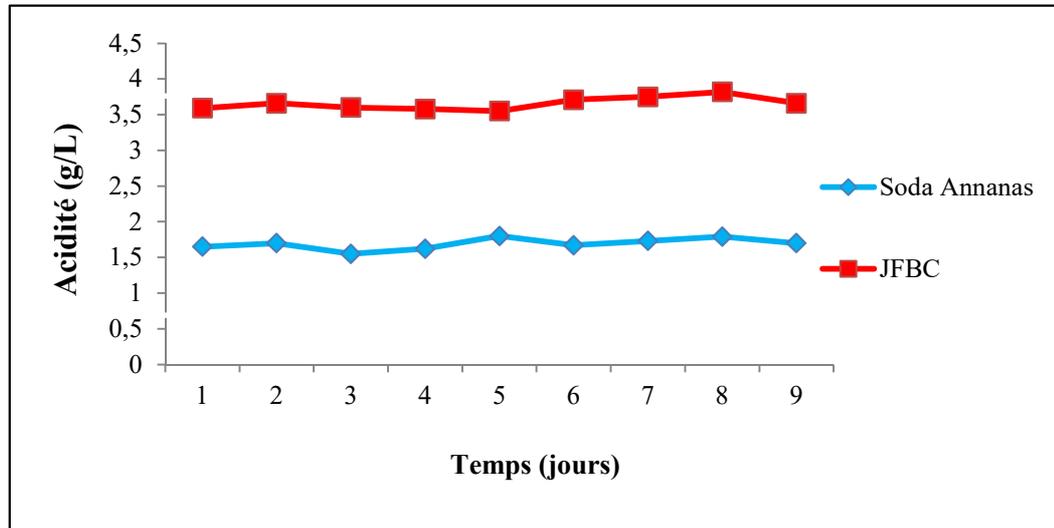


Figure IV.22. Variation de l'acidité des boissons analysées.

D'après la figure IV.22, on constate que le taux d'acidité des deux boissons étudiées apparait stable, on remarque aussi que le jus de fruit ananas orange est plus acide que le soda ananas et cela peut être expliqué par l'acide citrique et ascorbique ajoutés qui est généralement présents dans les jus d'orange ananas. Les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par l'entreprise.

IV.2.4. Teneur en CO<sub>2</sub>

Le caractère qui diffère entre le soda et le jus de fruit à base concentré est la teneur en CO<sub>2</sub> qui est due à la présence de dioxyde de carbone dans les sodas. Les résultats de la teneur en CO<sub>2</sub> pour le soda sont représentés sur la figure suivante :

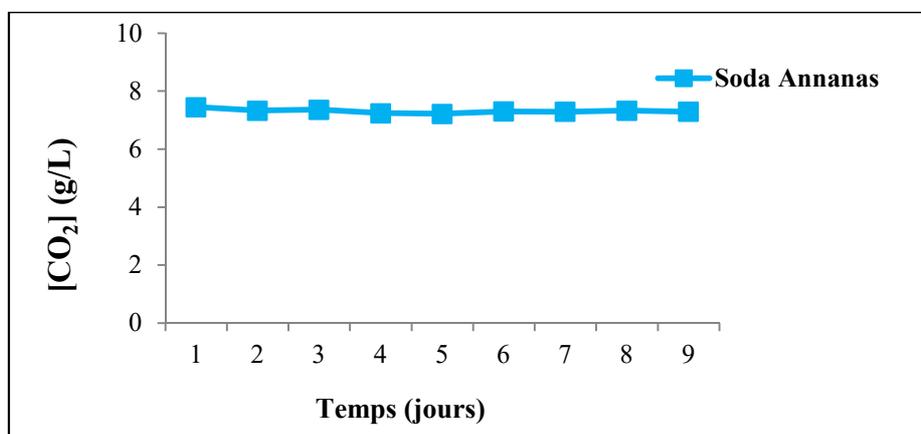


Figure IV.23. Variation de la Teneur en CO<sub>2</sub> pour le soda.

En analysant le graphe obtenu dans le cas de la teneur en CO<sub>2</sub> dans le cas des sodas, on observe que le graphe est stable sur un intervalle très clair et que l'ensemble des valeurs de la teneur en CO<sub>2</sub> répondent aux normes fixées par l'entreprise. Le caractère gazeux est dû à la présence de dioxyde de carbone qui est un additif alimentaire exclusif au soda.

# Conclusion

---

A travers la période de stage effectué au sein de l'entreprise SARL IFRI, on est arrivé à tirer pas mal d'informations concernant le thème étudié.

Les résultats de l'analyse physico-chimique effectuée sur les eaux de l'entreprise montrent que la méthode de traitement par osmose inverse (OI) de l'eau de forage donne des résultats très satisfaisants et en général répond aux normes en vigueur. La méthode d'osmose inverse nous permet d'éliminer les bactéries, les microbes, les virus, le calcaire, le chlore, les métaux et tous polluants chimiques présents dans l'eau. Ce système permet une filtration de 90 à 99.9% des contaminants.

Cette période nous à permis de mieux comprendre le traitement des eaux, le process de fabrication des boissons, et maitriser les techniques d'analyse utilisées au cours des manipulations et de suivre le comportement des paramètres étudiés sur les différentes catégories des eaux telle que le pH, la conductivité, TA, TAC, TH, les chlorure et les sulfites, et les paramètres suivie sur les boissons telle que le pH, le Brix, l'acidité et la teneur en CO<sub>2</sub> pour les sodas.

En vérifiant les résultats obtenus aux normes exigées par l'entreprise IFRI on peut dire que :

✓ Pour les eaux de process :

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques répondent aux normes fixées par l'entreprise, cependant que il y a une petite variation et dépassement de valeurs, mais elles sont négligeables, elles sont suivies par des corrections immédiates, on site : nettoyage des résines, augmentation des taux de purge sur les chaudières.

✓ Pour les boissons :

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques répondent aux normes fixées par l'entreprise.

A la fin, nous pouvons dire que l'objectif de l'entreprise est de chercher les meilleurs solutions et moyens pour fabriquer des produits de qualité et pour satisfaire une large gamme de la clientèle. Pour faire face le seul moyen d'atteindre cette satisfaction passe par des normes techniques, moyens humains et financiers.

## Références bibliographiques

---

- [1]: C.F. Lindberg, «*Control and estimation strategies applied to the activated sludge process.* », Stockholm, Uppsala University, édition 1997.
- [2]: U. Jeppsson, «*Modelling aspects of wastewater treatment processes.* », Sweden, Lund Institute of Technology, édition 1996.
- [3]: D.Jenkins, MG Richard, GT Daigger, «*Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems.* » Crc Press, manuel 2003.
- [4]: P.Raven, L.Berg, D.Hassenzahl, « Environnement », De Boeck Supérieur, Belgique, édition 2009.
- [5]: J.M.Clement, «*Larousse agricole.* », édition Larousse, France, 1979.
- [6]: L.Sigg, P.Behra, W.Stumm, «*Chimie des milieux aquatiques.* » Dunod, édition 2001.
- [7]: M.Tardat-Henry, JP. Beaudry, «*Chimie des eaux, Edition le griffon d'argile.* » INC, Canada, édition 1984.
- [8]: M.Prévost, C.Gauthier, L.Hureïki, *et al*, «*Removal of amino acids, biodegradable organic carbon and chlorine demand by biological filtration in cold water* », Environmental technology, édition 1998.
- [9]: C.Claude, «*Les traitements de l'eau : Procédés physico-chimiques et biologiques.* », édition Ellipses. édition 2013.
- [10]: K.Rassou, «*Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia.* », Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 2009.
- [11]: S.Guergazi, S.Achour, «*Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration.* », Larhyss Journal, 2005.
- [12]: M.Bohy, «*Caractérisation de sources de pollution composées d'un mélange de solvants chlorés en aquifère alluvial: Expérimentations en laboratoire et sur site contrôlé associées à la simulation numérique.* », Thèse de doctorat. Strasbourg 1, 2003.
- [13]: J.Rodier, «*L'analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer* », 8<sup>ème</sup> édition, 2005.

## Références bibliographiques

---

- [14]: A.S.Maiga, « *Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribué par l'EDMSA dans la ville de Bamako* », Doctorat en pharmacie, université de Bamako, 2005.
- [15]: V.Tharreau, « *Techniques du traitement de l'eau dans les bâtiments.* », 3<sup>ème</sup> édition, paris, 2009.
- [16]: M.Tardart, « *La chimie de l'eau* », Edition Griffon d'argile, Québec, 1994.
- [17]: Savary, « *Guide des analyses de la qualité de l'eau.* », Territorial Voiron, 2010.
- [18]: M. Renard et Cojan, « *Sédimentologie.* », Edition Dunod, France, 2003.
- [19]: J. Rodier, « *L'analyse de l'eau.* », 8<sup>ème</sup> édition, Paris, 1996.
- [20]: N.Kemmlerf. (1984). Manuel de l'eau, Techniques & Documentation Lavoisier. ISBN 2-85206-220-8.
- [21]: F.Rejsek, « *Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques CRDP d'Aquitaine.* », Bordeaux (France), édition 2002.
- [22]: J. Rodier, « *L'analyse de l'eau.* », 9<sup>ème</sup> édition, paris, 2009.
- [23]: R.Desjardins, « *traitement des eaux* », 2<sup>ème</sup> Edition, Édition de l'école polytechnique de Montréal, 1988.
- [24]: Olivier, A. T. T. E. I. A, « *Chimie et pollutions des eaux souterraines.* », Lavoisier, édition 2015.
- [25]: C.Cardot, « *Les Traitements de l'eau.* », Ellipse, France, édition 2005.
- [26]: E.Blondiaux, « *Recyclage du CO<sub>2</sub> : une alternative à la pétrochimie pour la synthèse de molécules azotées.* », Université Paris-Sud, France, 2015.
- [27]: A.Boudra, « *Industrie des boissons et des jus de fruits.* », Algérie, citation 2007.
- [28]: E.Fredol, « *Connaissance des aliments.* ». Tec & Doc, Lavoisier, édition 2005.
- [29]: E.Vierling, « *Aliments et boissons (Filières et produits).* », Doin éditions, France (2008).
- [30]: Unies, organisation des nations et mondiale, organisation. Commission du codex alimentarius, 1984.

## Références bibliographie

---

- [31]: C.Berlinet, « *Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange.* », Dissertation doctorale, ENSIA (AgroParisTech), 2006.
- [32]: A.Cendres, « *Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde: viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus.* ». Dissertation doctorale, Université d'Avignon, 2010.
- [33]: J.L.Multon, « *Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les industries agroalimentaires.* », Tec & Doc/Lavoisier, Paris, édition 1992.
- [34]: J.L.Multon, « *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires.* », TEC & DOC, Paris, édition 2002.
- [35]: H.Dupin, « *Alimentation et nutrition humaines.* », ESF éditeur, Paris, 1992.
- [36]: C.Alias, G.Linden et L.Miclo, « *Biochimies alimentaires.* », DUNOD, Paris, édition 2008.
- [37]: J.Louis, « *Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau.* », Edi-science international, France ,1998.
- [38]: L.Andri amirado, A. Memento, « *Technique de L'eau, Tome1.* », Degremont, France, édition 2005.
- [39]: E.Vierling, « *Aliments et boissons (Filières et produits).* », Doin éditions, France (2008).
- [40]: C.Cardot, « *les traitements de l'eau : Procédés physico-chimiques et biologiques.* ». Ellipses, édition 2010.
- [41]: J.Rodier, Ch.Geoffray et L. Rodi « *l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.* », Paris , Dunod, édition 1984.
- [42]: E.P.Dinnat, « *la détermination de la salinité de surface des océans à partir de mesures radiométriques hyperfréquences en bande L.* », Dissertation doctorale. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 2003.
- [43]: B.Degrange, « *Piscines Fonctionnement Entretien.* », International Media Communication, 2006.

## ***Références bibliographie***

---

[44]: G. Mériguet, « *filtration technologie.* », technique de l'ingénieur, doc J3510,(licence) 1997.

[45]: C.Khiar, « *Analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux à usage pharmaceutique.* », Thèse de doctorat, UMMTO, 2013.

[46]: W.J.Masschelein, « *Processus unitaires du traitement de l'eau potable.* » Cebedoc, édition 1996.

[47]: R.Desjardins, « *le traitement des eaux.* », Deuxième édition revue, Montréal ,1997.

[48]: A.Maurel, « *Techniques séparatives à membranes Considérations théoriques, techniques de l'ingénieur.* », Paris, édition 1993.

## Annexes

---

### *Annexe A*

#### Préparation des solutions

##### N.E.T.

- ◆ 0,5 g N.E.T ( $C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$ ) ;
- ◆ 100 ml d'éthanol ( $C_2H_6O$ ) (96%);
- ◆ 4,5 g de chlorure d'hydroxylamine ( $(NH_3OHCl)$ ).

##### K<sub>10</sub>

- ◆ 570 ml d'ammoniac ;
- ◆ 67,5 g de chlorure d'ammonium ;
- ◆ 3,05 g de sel di-sodique EDTA ;
- ◆ 1,95 g de sulfate de magnésium ;
- ◆ Ajuster avec l'eau distillée jusqu'à 1 L.

##### Phénolphtaléine

- ◆ 10 g de phénolphtaléine ;
- ◆ 1 L d'éthanol.

##### E.D.T.A.

- ◆ 3,725 g d'EDTA dans un litre d'eau distillée.

##### Nitrate d'Argent

- ◆ 3,3974 g d'EDTA dans un litre d'eau distillée.

##### H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 N)

- ◆ 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10N) dans 1 L d'eau distillée.

##### H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10 N)

- ◆ 277,4 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96 % (36N) et ajuster jusqu'à 1 L avec l'eau distillée.

## Annexes

---

### K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub> (10%)

- ◆ 10 g dans 100 ml d'eau distillée.

### Préparation de l'Iode 1N

- ◆ 12,7 g d'Iode + 3,8 g de KI (iodure de potassium) dans 1L d'eau distillée → I<sub>2</sub> (1N)
- ◆ I<sub>2</sub> (0,1N) → 100 ml d'I<sub>2</sub> (1N) dans 1 L d'eau distillée.

### NaOH (0,1 N)

- ◆ 4 g de NaOH dans 1 L d'eau distillée.

### H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (25%)

- ◆ 100 ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (85 %) dans 500 ml d'eau distillée.

### HCl 0,1 mol/L

- ◆ 13,03 ml HCl dans 1 L d'eau distillée.

### Rouge de méthyle

- ◆ 50 mg d'acide diméthylamino-4phényazo-2-benzoïque (C<sub>15</sub>H<sub>15</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) ;
- ◆ 2 ml de la soude (NaOH 0,1N) ;
- ◆ 50 ml d'alcool éthylique C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH ;
- ◆ 1 L d'eau distillée.

### Amidon (1%)

- ◆ 1g d'amidon ;
- ◆ 100 ml d'eau distillée.

## Annexes

---

### *Annexe B*

#### **L'étalonnage du pH-mètre :**

Avant manipulation, il faut étalonner le pH-mètre et l'étalonnage s'effectue avec deux solutions de pH différents de la manière suivante :

- Sortir la sonde de l'eau distillée et l'essuyer délicatement avec du papier.
- Plonger la sonde dans une solution tampon de pH = 7. Régler le bouton de température pour que le pH-mètre affiche la valeur 7.
- Sortir la sonde de la solution tampon, la rincer avec de l'eau distillée et l'essuyer délicatement avec du papier.
- Plonger la sonde dans une solution tampon de pH = 4 (ou 11 pour faire des mesures en milieu basique). Régler le bouton d'étalonnage pour que le pH-mètre affiche 4.
- Sortir la sonde de la solution tampon, la rincer avec de l'eau distillée et l'essuyer délicatement avec du papier.
- Eventuellement, répéter ces deux opérations pour un étalonnage plus précis.
- Plonger la sonde dans l'eau distillée en attendant de faire les mesures.

#### **L'étalonnage du conductimètre :**

Pour avoir des mesures précises de conductivité, il faut effectuer un étalonnage pour l'appareil, en utilisant une solution étalon (du KCl) dont on connaît la conductivité en fonction de la température, et l'étalonnage s'effectue de la manière suivante :

- Régler le bouton de température du conductimètre sur la température de la pièce.
- Rincer (avec de l'eau distillée) et essuyer délicatement (avec du papier Joseph) la sonde.
- Plonger la sonde dans la solution d'étalonnage (solution dans la valeur de la conductivité pour des températures entre 15 et 30°C est donnée par le fabricant).
- Régler le bouton d'étalonnage du conductimètre pour que la valeur affichée coïncide avec la valeur donnée par le fabricant de la solution d'étalonnage (à la température de la pièce).
- Sortir la sonde de la solution d'étalonnage, la rincer, la replacer dans l'eau distillée.

## Annexes

---

### **Etalonnage du réfractomètre :**

Pointer l'extrémité avant du réfractomètre en direction d'une lumière brillante et mettre au point la bague jusqu'à la vision nette du réticule.

Ajustement du zéro : soulever la lamelle, mettre une ou deux gouttes d'eau distillées sur le prisme, rabaisser la lamelle et presser légèrement. Puis ajuster la vis. Pour mettre en coïncidence la ligne de séparation clair/sombre jusqu'à la valeur 0. Faire cet ajustement à température de 20°C.

Après chaque mesure, nettoyer tout le liquide adhérent à la surface du prisme et de la lamelle avec une gaze humide. Après séchage, l'appareil doit être conservé soigneusement en lieu sec.

## Résumé

Le travail exposé dans ce mémoire est appuyé sur l'analyse physico-chimique des eaux de process et des boissons au sein de la SARL IFRI et nous nous sommes intéressées dans notre étude à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques (le pH, la conductivité, le TH, TA, TAC, la teneur en chlorures  $[Cl^-]$  et la teneur en sulfites de sodium  $[SO_3^{2-}]$ ), sur différents points d'eau tels que : Eau de forage (brute), eau osmosée, eau adoucie et l'eau de chaudière.

Nous avons pu constater à travers les différents paramètres physico-chimiques étudiés que les résultats montrent que tous les paramètres analysés sont conformes aux normes que se soit pour les eaux de process ou pour les boissons, où on peut dire que les performances de la station de traitement des eaux sont plus que satisfaisantes ceci est due au maintien d'une part et au système de prétraitement appliqué d'une autre part.

**Mots clés :** Analyses physico-chimiques, traitement des eaux, eau de process, boissons, eau brute, eau osmosée, eau adoucie, eau de chaudière.

## Abstract

The work presented in this thesis is based on the physicochemical analysis of process water and beverages within the LLC n IFRI and we were interested in our study in the analysis of certain physicochemical parameters (pH, conductivity, TH, TA, TAC, chloride content  $[Cl^-]$  and sodium sulphite content  $[SO_3^{2-}]$ ), on different water points such as: Borehole water (raw water), osmotic water, softened water and boiler water.

We were able to observe through the various physicochemical parameters studied that the results show that all the parameters analyzed comply with the standards whether for process water or for beverages, where we can say that the performance of the water treatment are more than satisfactory this is due to the maintenance on the one hand and the pre-treatment system applied on the other hand.

**Key words:** Physico-chemical analyzes, water treatment, process water, beverages, raw water, osmotic water, boiler water.