



## Mémoire de Master

Présenté par :

- M<sup>elle</sup> : IHADDADEN Soraya
- M<sup>elle</sup> : HAMZA Malika

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

*Spécialité : Analyse*

**Thème :**

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

**Soutenu le : 27/06/2016**

**Devant le jury composé de :**

M <sup>me</sup> AIT AHMED	Nadia	présidente
M <sup>elle</sup> BOUKEHIL	Ghouzala	examinatrice
M <sup>me</sup> ISSAADI	Hamida	promotrice

## *Remerciements*

*Tous nos remerciements et le plus sincère dévouement, de la profonde foi, sont portés au premier lieu à Dieu tout puissant, qui nous a donné la prospérité, la force et le courage pour réaliser ce travail.*

*Nous remercions les membres de jury, M<sup>me</sup> AIT AHMED.N de présider notre soutenance et M<sup>elle</sup> BOUKEHIL.G d'accepter d'examiner notre mémoire.*

*Nos remerciements les plus vifs sont destinés à notre enseignante et promotrice M<sup>me</sup> ISAADI.H, pour ses conseils et ses orientations, ainsi qu'à tout le personnel du département Chimie, trouvez ici l'expression de nos sincères respects.*

*Nous remercions, M<sup>r</sup> CHABOUR.H, chef du département de qualité, de nous avoir accueilli dans son service, ainsi qu'à tout l'ensemble du personnel du laboratoire de IFRI : Kahina, Azzedine, Boualem, Djillali, Toufik, Wehab, Kamel, pour leur aide, leurs conseils et pour leurs complicités.*

*Enfin, je remercie toute personne qui m'a aidé de manière directe ou indirecte à la réalisation de cette étude.*



*Dédicaces*

*À mes chers parents, qui m'ont guidé et soutenu tout au long des étapes de ma vie. Sans vous je ne serai pas là aujourd'hui.*

*À mes frères : **Smail**, **Younes**, **Youcef** et **Billal**, à ma sœur **Saloua** et son mari ainsi qu'à ses adorables jumeaux **Youva** et **Rahim**. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je vous porte.*

*À mes oncles et tantes, cousins et cousines et à tous ceux qui me sont proches.*

*À ma chère amie et binôme **Malika** et sa famille.*

*À mes amis partout où ils se trouvent, pour leur soutien, leur aide et leur sympathie.*

*Soraya*



*Dédicaces*

*Touts avec l'aide de Dieu, on a pu réaliser ce modeste travail, que je dédie :*

*Avant tout, à mes très chers parents qui m'ont beaucoup aidé et soutenu durant  
ma vie et surtout dans mes études.*

*À mes frères : **Yazid** et son épouse, **Mouloud**, **Sofiane** et **Laaziz**.*

*À mes sœurs : **Kahina** et **Mina**.*

*À tout mes amis chacun son nom.*

*À ma très chère binôme **Soraya** et sa Famille.*

*À tous mes professeurs.*

*À toute la promotion «Analyses chimiques »2015/2016.*

*À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

*À tous ceux qui m'ont soutenu durant toute ma scolarité.*

*Malika*

## Table des matières

### Liste des abréviations

### Liste des figures

### Liste des tableaux

<i>Introduction</i> .....	1
---------------------------	---

### Chapitre I : L'eau

I.1. Généralités sur l'eau .....	2
I.1.1. Définition de l'eau .....	2
I.1.2. Différentes sources d'eau .....	3
I.1.3. Quelques appellations d'eau de consommation .....	4
I.1.4. Composition de l'eau .....	4
I.2. Traitement des eaux .....	6
I.2.1. Importance du traitement des eaux de process agroalimentaires .....	7
I.2.2. Les techniques de traitement des eaux .....	9

### Chapitre II : Les boissons

II.1. Les différents types de boissons .....	13
II.1.1. Les boissons gazeuses .....	13
II.1.2. Les boissons non gazeuses .....	14
II.2. Composition des boissons .....	15
II.2.1. L'eau .....	15
II.2.2. Sucre .....	15
II.2.3. Arôme .....	16
II.2.4. Les additifs alimentaires .....	16

### Chapitre III : Méthodes et techniques d'analyses

III.1. Présentation de l'organisation d'accueil SARL IFRI .....	18
III.1.1. La situation géographique .....	18
III.1.2. Historique de l'entreprise .....	18
III.1.3. Activité .....	18
III.1.4. Présentation des chaînes de production et gammes de reproduction .....	19
III.2. Les étapes de traitement des eaux .....	21
III.3. Processus de fabrication des boissons .....	22
III.3.1. Processus de fabrication des sodas en emballage PET .....	22
III.3.2. Processus de fabrication des JFBC en emballage verre .....	23

III.4.Echantillonnage .....	24
III.5.Techniques d'analyses physico-chimiques .....	24
III.5.1.Analyses physico-chimiques des eaux de process .....	24
III.5.2.Analyses physico-chimiques des boissons .....	34

#### **Chapitre IV : Résultats et interprétations**

IV.1. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux de process .....	37
IV.1.1. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux brutes .....	37
IV.1.2. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux osmosées mitigées : .....	41
IV.1.3. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux adoucies .....	44
IV.1. 4. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux de chaudière..	48
IV.2. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des boissons.....	53
<i>Conclusion</i> .....	57

#### **Bibliographie**

#### **Annexe A**

#### **Annexe B**

## *Liste des abréviations*

- **cm** : Centimètre.
- **cm<sup>2</sup>** : Centimètre Carré.
- **°C** : Degré Celsius.
- **EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.
- **°F** : Degré Fahrenheit.
- **°f** : Degré français.
- **g**: Gramme.
- **ISO** : International standardization organization
- **JFBC**: Jus de fruit à base concentrée
- **m<sup>3</sup>** : Mètre cube.
- **mg/L, mg.L<sup>-1</sup>** : Milligramme par litre.
- **mg/mol**: Milligramme par mole.
- **mL**: Millilitre.
- **mmol/L**: Milli mole par litre.
- **NF** : Normalisation AFNOR
- **nm** : Nanomètre.
- **NET** : Noir ériochrome Toluène.
- **N**: Normal.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **PET** : Polyéthylène téréphtalate.
- **pH** : Potentiel Hydrogène.
- **pHs** : Potentiel Hydrogène de Saturation.
- **P** : Pression.
- **TA**: Titre Alcalimétrique Simple.
- **TAC** : Titre Alcalimétrique Complète.
- **TH** : Titre Hydrotimétrique.
- **UV-VIS** : Ultraviolet –Visible.
- **UE** : Union Européenne.
- **µg.L<sup>-1</sup>** : Microgramme par litre.
- **µm** : Micromètre.
- **µS/cm** : Micro Siemens par centimètre.



## *Liste des figures*

Figure 1. La structure et les états de la molécule d'eau.....	2
Figure 2. Phénomène d'entartrage sur les canalisations.....	7
Figure 3. La corrosion des tuyauteries. ....	8
Figure 4. Schéma représentant la technique d'osmose et d'osmose inverse. ....	11
Figure 5. Organigramme de l'unité IFRI.....	20
Figure 6. Les étapes de traitement des eaux. ....	21
Figure 7. Diagramme de fabrication des sodas en emballage PET. ....	22
Figure 8. Diagramme de fabrication des JFBC en emballage verre. ....	23
Figure 9. Spectromètre UV-VIS (DR 6000).....	31
Figure 10. Réfractomètre mesurant le Brix d'une boisson. ....	34
Figure 11. Steinfurth TS 91.7. ....	36
Figure 12. Variation du pH de l'eau brute.....	38
Figure 13. Variation de la conductivité de l'eau brute. ....	38
Figure 14. Variation du TH de l'eau brute. ....	39
Figure 15. Variation du TAC de l'eau brute.....	39
Figure 16. Variation de la teneur en chlorures de l'eau brute. ....	40
Figure 17. Variation du pH de l'eau osmosée mitigée. ....	42
Figure 18. Variation de la conductivité de l'eau osmosée mitigée.....	42
Figure 19. Variation du TH de l'eau osmosée mitigée.....	43
Figure 20. Variation du TAC de l'eau osmosée mitigée. ....	43
Figure 21. Variation de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée.....	44
Figure 22. Variation du pH de l'eau adoucie. ....	45
Figure 23. Variation de la conductivité de l'eau adoucie. ....	45
Figure 24. Variation du TH de l'eau adoucie. ....	46
Figure 25. Variation du TAC de l'eau adoucie. ....	46
Figure 26. Variation de la teneur en chlorures de l'eau adoucie.....	47
Figure 27. Variation du pH de l'eau de chaudière.....	48
Figure 28. Variation de la conductivité de l'eau de chaudière. ....	49
Figure 29. Variation du TH de l'eau de chaudière. ....	49
Figure 30. Variation du TA de l'eau de chaudière. ....	50
Figure 31. Variation du TAC de l'eau de chaudière.....	50
Figure 32. Variation de la teneur en chlorures de l'eau de chaudière.....	51
Figure 33. Variation de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière. ....	51
Figure 34. Variation de la teneur du fer tota dans l'eau de chaudière. ....	52
Figure 35. Variation de la quantité du cuivre de l'eau de chaudière. ....	52
Figure 36. Variation du pH des boissons.....	53
Figure 37. Variation du Brix des boissons. ....	54
Figure 38. Variation de l'acidité des boissons.....	55
Figure 39. Variation de la Teneur en CO <sub>2</sub> pour le soda.....	55

## *Liste des tableaux*

Tableau 1. Classification de l'eau à partir du pHs.....	8
Tableau 2. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau brute.....	37
Tableau 3. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée mitigée.....	41
Tableau 4. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie.....	44
Tableau 5. Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de chaudière.....	48
Tableau 6. Variation d'analyses physico-chimiques des boissons.....	53

# *Introduction*

Il est admis que l'apparition de la vie sur terre est liée à la présence d'une importante molécule, c'est la substance la plus répandue à la surface du globe, il s'agit de la molécule de l'eau, sa composition est fonction du milieu avec lequel elle a été en contact, elle présente un nombre plus ou moins important de paramètres à ajuster ou à éliminer auxquels correspondent une ou plusieurs techniques de traitement nécessaires (filtration, déferisation et démanganisation, osmose inverse, adoucissement).

Son utilisation est très vaste, que ce soit pour produire une eau propre à la consommation humaine ou à des usages spécifiques industriels, ou pour limiter les rejets de pollution dans le milieu naturel.

L'eau traitée est utilisée aussi pour la production des boissons diverses, ces dernières sont importantes sources de profits pour l'industrie agro-alimentaire.

C'est dans le cadre de la vérification de la qualité de l'eau de process et des boissons diverses de SARL IFRI de la commune d'Ouzellaguen que nous avons entrepris ce travail qui portera sur trois parties :

- La première partie est consacrée à la recherche bibliographique concernant les :
  - ✓ Généralités sur les eaux et leurs traitements ;
  - ✓ Généralités sur les boissons.
- La deuxième partie présente les différentes méthodes et techniques d'analyses utilisées, on cite :
  - ✓ Méthodes électrochimiques : Consiste à mesurer le pH et la conductivité ;
  - ✓ Méthodes titrimétriques : Consiste à mesurer TH, TA, TAC, dosage des chlorures, dosage des sulfites de sodium et détermination de l'acidité des boissons ;
  - ✓ Méthodes spectrométriques : Consiste à doser le fer total et le cuivre ;
  - ✓ Méthode réfractométrique : Brix.

Elle inclue aussi la présentation de l'organisme d'accueil SARL IFRI.

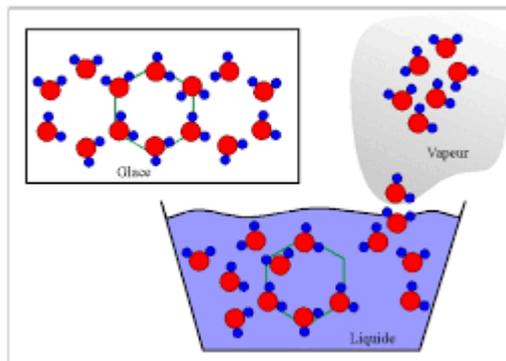
- La dernière partie présente les résultats et leurs interprétations, on termine par une conclusion générale.

## I.1. Généralités sur l'eau

### I.1.1. Définition de l'eau

L'eau est un corps composé de molécules. La molécule d'eau est formée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène que l'on note  $H_2O$ . C'est une molécule polaire, c'est-à-dire qu'une extrémité de la molécule est chargée positivement et l'autre négativement. Le pôle négatif (oxygène) d'une molécule d'eau est attiré par le pôle positif (hydrogène) d'une autre molécule d'eau, formant une liaison hydrogène entre elles. 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 ( $100^{\circ}C$ ,  $212^{\circ}F$ ) [1].

Cette eau, suivant les conditions de pression et de température, peut se retrouver sous trois états : solide (neige et glace), liquide (eau pure ou chargée en solutés), gazeux (vapeur d'eau). Le passage d'une forme à l'autre (changement de phase) s'accompagne d'échanges thermodynamiques avec le milieu [2].



**Figure 1.** La structure et les états de la molécule d'eau.

On appelle parfois l'eau « solvant universel ». Même si cela est exagéré, de nombreuses substances sont solubles dans l'eau [1].

### **I.1.2. Différentes sources d'eau**

Il existe différents types de sources d'eau dont les tailles et les caractéristiques sont différentes :

#### **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 [3].

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 surface**

Les eaux de surface sont toutes eaux circulantes ou stagnantes à la surface des continents. On peut y accéder facilement mais elles se polluent rapidement et aisément à cause de l'activité humaine.

La qualité des eaux de surface dans les pays industrialisés a généralement été améliorée en ce qui concerne certains polluants au cours des 20 dernières années, mais les nouveaux produits chimiques sont de plus en plus un problème [4].

#### **I.1.2.3. Eaux de mer**

Les eaux de mer sont caractérisées par leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels.

La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000mg/L [3]. Cette valeur varie fortement selon les saisons et les régions des eaux de mer.

C'est un autre moyen de s'approvisionner d'eau potable surtout pour les pays dont leurs sources en cette eau est en grande pénurie.

#### **I.1.2.4. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m<sup>3</sup>. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique [5].

## Chapitre I : L'eau

---

La composition chimique de ces eaux est liée à la nature et composition des terrains traversés c'est-à-dire à leur fertilité. Elles sont à l'écart de la pollution ce qui reflète en générale la bonne et meilleure qualité physico-chimique de ces eaux.

### **I.1.3. Quelques appellations d'eau de consommation**

#### **I.1.3.1. Les 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 multilatérales, comme l'OMS, qui définissent la potabilité [6].

#### **I.1.3.2. Les 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 douées de propriétés thérapeutiques reconnues [7].

Elles sont reconnues comme des eaux stables chimiquement dans le temps, c'est la condition pour qu'elle soit ainsi.

#### **I.1.3.3. Les 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 physique [8]. Sa composition peut varier au cours du temps.

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

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents :

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale ;
- Suivant leur état physique : matière dissoutes, colloïdales, ou en suspension.

### I.1.4.1. Les 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 [9].

Les composés minéraux présents dans l'eau sont :

*Certains métaux* : Dans la plupart du temps, ils engendrent des corrosions des canalisations et certains peuvent aussi provoquer une coloration pour l'eau. On cite le cuivre, l'aluminium, le zinc, le fer et le manganèse.

*Nitrates et nitrites* : On constate une augmentation générale de concentration dans les eaux brutes, elles doivent être éliminées si cette concentration est supérieure à la norme.

*Fluor* : Une concentration en fluor trop importante provoque des taches de l'émail des dents et la fluorose des os. Il faut la réduire par un traitement spécifique lorsqu'elle est supérieure à environ  $1\text{mg.L}^{-1}$  [7].

*Chlorure* : Les eaux souterraines contiennent des traces de chlorure, alors que les eaux de mer sont riches en cet élément.

L'augmentation de la concentration d'une eau en  $\text{Cl}^-$  accroît la probabilité de la corrosion par piqûres mais c'est l'effet synergique des ions  $\text{Cl}^-$  et de l'oxygène qui peut être très grave [7].

*Sélénium* : très répandu mais toxique pour l'homme au niveau du foie, des angles et des cheveux, le sélénium est limité dans l'eau potable à une concentration de  $10\mu\text{g.L}^{-1}$  (OMS, UE...) [7].

### I.1.4.2. Les matières organiques

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'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 [9].

### **I.1.4.3. Les matières dissoutes**

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées [9].

Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques, décantations et filtration. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates, il faudra utiliser des méthodes chimiques ou biologiques [9].

### **I.1.4.4. Les matières colloïdales**

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissous et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargés négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide. Aussi, leur élimination de l'eau à traiter est difficile car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On devra utiliser des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation [9].

### **I.1.4.5. Les matières en suspension**

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10  $\mu\text{m}$ , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle [9].

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation [10].

## **I.2. Traitement des eaux**

L'eau recouvre de nombreux aspects importants dans la vie. Elle est nécessaire à l'humanité. Elle a de multiples fonctions :

- Dans l'utilisation domestique : tâches ménagères, assainissement, loisirs...etc ;
- Dans l'agriculture : l'eau est l'élément essentiel pour la photosynthèse des végétaux ;
- Dans l'industrie: pour la production agroalimentaire, pour la réalisation des réactions chimiques spécialement dans l'industrie chimique et pour la production de l'énergie.

Pour toute utilisation de l'eau, cette dernière doit être appropriée, donc elle doit être avant tout bien traitée.

L'eau peut subir soit un traitement physique, qui n'influence pas sa composition, soit un traitement chimique, qui modifie ses constituants, soit un traitement physico-chimique.

### **I.2.1.Importance du traitement des eaux de process agroalimentaires**

Les industries utilisent généralement l'eau dans la fabrication des produits agroalimentaires, pour l'alimentation de chaudière, ou encore dans les circuits de refroidissement, donc ces eaux doivent être pures pour ne pas endommager leurs canalisations lors de son passage et pour cela elles doivent être traitées par différentes techniques suivant l'eau de process souhaitée.

Les principaux problèmes causés par l'eau dans les canalisations sont:

#### **I.2.1.1.Entartrage**

Le tartre est le nom donné à un dépôt cristallin adhérent, constitué majoritairement de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  [11].

Les eaux de distribution ont des compositions très différentes suivant leur origine. Plusieurs facteurs peuvent aussi avoir une influence sur le pouvoir entartrant de l'eau ; parmi ces facteurs on cite : la dureté en calcium, l'alcalinité, la température, le pH et la qualité de l'eau [11].



**Figure 2.** Phénomène d'entartrage sur les canalisations.

### I.2.1.2. Corrosion

La corrosion est une dégradation du matériau ou de ses propriétés par réaction chimique avec l'environnement. Cette définition admet que la corrosion est un phénomène nuisible : elle détruit le matériau ou réduit ses propriétés, le rendant inutilisable pour une application prévue [12].



**Figure 3.** La corrosion des tuyauteries.

Le pH de saturation (pH auquel elle ne serait ni entartrante ni corrosive). Ce pH de saturation  $pH_s$  s'obtient à partir de la température, la dureté calcaire, l'alcalinité (TA) ou l'alcalinité complète (TAC) et la teneur en solides totaux dissous [11].

La relation de pH de saturation est donnée comme suit:

$$pH_s = pCa + palc + C$$

Tel que:

**pH<sub>s</sub>**: pH de saturation.

**pCa**: Logarithme négatif de la concentration de calcium.

**palc**: Logarithme négatif de la concentration de l'alcalinité.

**C**: Valeur variante qui est déterminée à partir de la teneur en sels et la température suivant le diagramme de Langelier.

**Tableau 1.** Classification de l'eau à partir du pHs.

<b>pH de saturation</b>	<b>Tendance de liant</b>
$\text{pH} - \text{pH}_s > 0$	Eau entartrante
$\text{pH} = \text{pH}_s$	Eau neutre
$\text{pH} - \text{pH}_s < 0$	Eau corrosive

## **I.2.2. Les techniques de traitement des eaux**

Il existe plusieurs techniques de traitement de l'eau, elles correspondent aux usages auxquels cette eau est destinée et parmi ces techniques, spécialement pour le traitement de l'eau de process, on rencontre :

### **I.2.2.1. Filtration**

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. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente [3]. Le lavage des filtres est réalisé en inversant le sens d'écoulement de l'eau [5].

La filtration membranaire est une technique largement utilisée en traitement des eaux. Elle utilise une membrane considérée comme une barrière physique, sélective qui permet de séparer deux phases : le perméat et l'alimentation [13].

Cette technique fait appelle à des membranes de porosité différentes :

➤ Membranes à microfiltration :

La microfiltration s'applique à la séparation de particules de 10 à 0,1  $\mu\text{m}$ . Elle n'altère pas la composition de la solution filtrée, seuls matières en suspension, colloïdes, bactéries et parasites sont rejetés [14].

➤ Membranes à ultrafiltration :

L'ultrafiltration s'applique à la séparation de particules de 0,1  $\mu\text{m}$  à 0,001  $\mu\text{m}$ . Ces membranes sont ainsi capables de retenir, sans ajout de réactifs, la quasi-totalité des matières

en suspension, les solutés les plus grossiers (macromolécules organiques), les colloïdes, les parasites, les bactéries et environ 80% des entérovirus [14].

➤ Membranes à nanofiltration :

Il s'agit d'une variante de la technique d'osmose inverse mettant en œuvre des membrane dont la porosité s'étage entre 0,003  $\mu\text{m}$  et 0,0005 $\mu\text{m}$  [14].

### I.2.2.2. Déferisation et démanganisation

Le fer et le manganèse étant présents dans la plupart des sols sous forme de minéraux, la solubilisation de ces derniers est responsable des concentrations élevées de fer et de manganèse dans les eaux. Le fer est l'un des éléments les plus abondants dans les sols ; on le retrouve donc plus fréquemment et en concentration plus élevée que le manganèse. Les concentrations de fer sont rarement supérieures à 10mg/L et celles de manganèse, à 2mg/L [3].

En solution dans l'eau, le fer et le manganèse sont toujours présents sous forme de  $\text{Fe}^{2+}$  et de  $\text{Mn}^{2+}$  [3]. On peut noter que le fer sous forme  $\text{Fe}^{3+}$  ne se rencontre que dans les eaux naturelles très acides [7].

On utilise les échangeurs d'ions pour traiter les eaux contenant de faibles concentrations de  $\text{Fe}^{2+}$  et de  $\text{Mn}^{2+}$  [3].

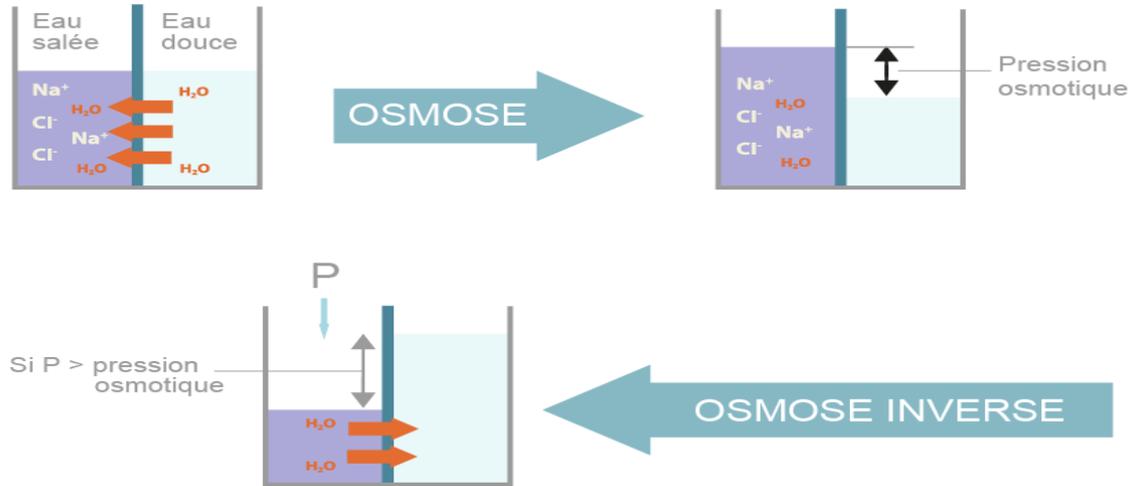
### I.2.2.3. Osmose inverse

Rappelons qu'on appelle osmose le transfert de solvants (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration [15].

Dans ces conditions la solution la moins concentrée traverse la membrane et vient diluer la solution la plus concentrée. Ce phénomène se poursuit jusqu'à ce que la pression, dans le compartiment de la solution la plus concentrée, vienne équilibrer la tendance de la solution la moins concentrée à diffuser à travers la membrane. Cette pression s'appelle « pression osmotique » pour un système donné [14].

Si l'on applique une force supérieure à la pression osmotique à la solution concentrée, le système va fonctionner à l'envers et 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 [14]. Autrement dit, Le procédé d'osmose inverse permet d'éliminer quasiment tout composé de l'eau [5].



**Figure 4.** Schéma représentant la technique d'osmose et d'osmose inverse.

### I.2.2.4. Adoucissement

La dureté d'une eau est due à la présence d'ions métalliques bivalents,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , etc [3].

Les eaux dures présentent cependant deux inconvénients principaux qui, dans certains cas, justifient un traitement d'adoucissement. Etant donné que les ions responsables de la dureté réagissent avec les savons, il y'a augmentation de la quantité de savon nécessaire pour la lessive. De plus, les ions calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ , ont tendance à précipiter dans les bouilloires sous forme de carbonate de calcium [3].

L'échange d'ion est un procédé par lequel, dans certaines conditions, une substance insoluble (résine) attire un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un autre ion de même signe. la réaction générale sur laquelle repose ce phénomène est la suivante [3]:



Ou  $\text{R}^-$  = radical anionique faisant partie de la résine échangeuse d'ions

$\text{A}^+$  = ions fixés sur la résine neuve

$\text{B}^{n+}$  = ions en solution

## Chapitre I : L'eau

---

On peut classer les échangeurs d'ions en deux catégories : les résines échangeuses de cations (R-H) et les résines échangeuses d'anions (R-OH).

➤ Echangeurs de cations :

Ils peuvent se classer en deux groupes :

- Echangeurs fortement acides :

Ils sont caractérisés par la présence de radicaux sulfoniques  $\text{HSO}_3^-$  ayant des acidités voisines de celle de l'acide sulfurique [7].

- Echangeurs faiblement acides :

Ce sont des résines polyacryliques caractérisées par la présence de radicaux carboxyliques  $\text{HCO}_2^-$ , pouvant s'apparenter à certains acides organiques tels que l'acide formique ou acétique [7].

➤ Echangeurs d'anions :

On distingue :

- Echangeurs fortement basiques :

Les échangeurs fortement basiques fixent les acides faibles comme l'acide carbonique ou la silice. Ils peuvent également libérer les bases de leurs sels. Ils sont caractérisés par la présence d'ammoniums quaternaires [3].

- Echangeurs faiblement basiques :

Les échangeurs faiblement basiques, quant à eux, ne fixent pas les acides faibles comme l'acide carbonique ou la silice [3].

Ces produits sont des amines généralement tertiaires. Les amines primaires sont rarement utilisées et ont une basicité très faible [7].

## Chapitre II : Les boissons

---

La consommation moyenne en eau, pour un homme adulte est de 2 à 3 litres par 24 heures. Cette ration est couverte à environ 82% par les repas et à 18% par les boissons [16].

Une boisson est un liquide destiné à apaiser la soif et à maintenir l'équilibre en eau de l'organisme humain, elle est nutritive et représente une bonne source d'eau et de calories.

### II.1.Les différents types de boissons

Les boissons sont classées en deux catégories, les boissons gazeuses et les boissons non gazeuses.

#### II.1.1.Les boissons gazeuses

On appelle boisson gazeuse tout liquide contenant de l'acide carbonique en dissolution, les plus consommées sont :

##### II.1.1.1.Eau gazeuse

C'est une eau qui contient un gaz dissout donnant un goût caractéristique.

Lavoisier appelle alors ce gaz acide carbonique. Il prendra ensuite le nom de dioxyde de carbone, l'acide carbonique désignant alors le composé  $H_2CO_3$  qui se forme par ajout de  $CO_2$  dans l'eau [17].

##### II.1.1.2.Sodas

Un soda est défini comme une boisson gazeuse (eau chargée de  $CO_2$ ) additionnée d'extraits de fruits et généralement de sucre [8].

##### II.1.1.3.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 [18].

### II.1.1.4. 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 (15mg/100mL) ou sans caféine [19].

### II.1.1.5. Les bitters

Better signifie amer en anglais. Ils sont fabriqués à partir de jus d'agrumes ou d'extraits d'agrumes ou de végétaux [19].

### II.1.1.6. 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 [19].

## II.1.2. Les boissons non gazeuses

Selon le décret européen n°2003-838 du 1<sup>er</sup> septembre 2003, les jus de fruits sont classés en trois catégories : jus de fruits, nectar de jus de fruits et jus de fruits à base de concentré.

### II.1.2.1. 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 [8].

### II.1.2.2. Nectar de jus de fruits

Ce sont des produits fabriqués à partir de jus de fruits ou de jus de fruits concentrés ou de purée de fruits ou de purée de fruits concentrée ou d'un mélange de ces produits...avec addition d'eau et souvent de sucre ou de miel [19].

L'addition de sucres et/ou de miel est autorisée dans une quantité des proportions inférieures à 20% du poids total du produit fini [20].

### II.1.2.3. Jus de fruits à base de concentré

Produit obtenu, à partir de jus de fruits concentré, après restitution de la proportion d'eau extraite du jus lors de la concentration [8], ainsi qu'en restituant les arômes et le cas échéant, les pulpes et les cellules que le jus a perdus 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 [21].

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 [20].

La teneur en jus doit être  $\geq 10\%$ . Elle est souvent de 25 à 35% et pour certains produits de 45% [8].

## II.2. Composition des boissons

Chaque boisson a sa saveur et sa composition spécifiques mais chacune englobe les ingrédients principaux suivants:

### II.2.1. L'eau

L'eau intervient sur les propriétés sensorielles des aliments (texture, saveur, comportement des arômes...) en agissant comme agent structurant, plastifiant ou encore comme agent dispersant dans le milieu réactionnel d'un grand nombre de réactions chimiques impliquées au cours de la conservation et de la transformation des aliments [22].

L'eau constitue environ 87 à 92% du volume de la boisson [23]. Si l'eau utilisée provient de source souterraine, elle est souvent traitée (filtration, enlèvement du fer, osmose inverse, adoucissement,...) pour pouvoir être utilisée comme ingrédient dans la boisson, l'eau joue aussi le rôle de solvant pour tous les autres ingrédients. La composition de l'eau reflète la qualité de la boisson [22].

### II.2.2. Sucre

Si l'eau est le constituant principal des fruits, le jus du fruit représente l'eau plus les composés solubles du fruit, principalement les sucres [20].

Le sucre de commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante (prismes rhomboïdaux) qui n'est pas hygroscopique. Il est inodore et de saveurs

## Chapitre II : Les boissons

---

caractéristiques. Son humidité est très faible (de l'ordre de 0.05 %) et sa stabilité au stockage très grande [24].

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 [25]. C'est un sucre de formule chimique  $C_{12}H_{22}O_{11}$  appartenant au groupe des glucides.

La pureté du saccharose cristallisé s'élève généralement à plus de 99.9 % les "non sucre" présents étant constitués pour l'essentiel de l'eau. D'un coût relativement faible, le saccharose est ainsi un ingrédient de haute pureté qui présente des caractéristiques chimiques, physiques et microbiologiques très importantes pour l'industrie alimentaire et l'industrie des boissons [26].

### II.2.3.Arôme

Les arômes sont des ingrédients d'une nature très particulière ayant de tout temps bénéficié d'un traitement réglementaire également particulier : ils sont volontairement ajoutés aux denrées alimentaires dans un but technologiques (leur conférer une saveur particulière), mais ce ne sont pas des additifs, certains d'entre eux sont des produits chimiques et d'autres sont des arômes naturels (provenant de fruits, de légumes, de noix, d'écorces, de feuilles, d'épices,...) [25].

### II.2.4.Les additifs alimentaires

On entend par additif alimentaire toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive [27]. Les additifs peuvent être des extraits naturels ou synthétisés.

#### II.2.4.1.Régulateurs d'acidité

Les acides utilisés en industrie des boissons sont inoffensifs, ils doivent impérativement avoir un effet analogue à celui des acides contenus dans les jus de fruit.

Les acides les plus représentés dans les fruits sont l'acide malique et l'acide citrique. L'acide tartrique est notamment trouvé dans le raisin. Les proportions de ces différents acides dans le fruit varient selon les espèces, la maturité, l'ensoleillement...etc [20].

### **II.2.4.2. Conservateurs**

Comme substances chimiques essentielles utilisées pour la conservation des boissons, on trouve l'anhydride sulfureux, l'acide benzoïque, l'acide sorbique ainsi que les sels de ces substances et quelques nouveaux types de produits chimiques conservateurs. On exige que ces substances soient aptes à exercer une action antiseptique sur tous les microorganismes nuisibles des boissons et inoffensives pour l'organisme humain [16].

### **II.2.4.3. Colorants**

Substances qu'on utilise principalement pour normaliser la couleur d'un aliment ou d'une boisson et, secondairement pour leur aspect attractif [28].

Ces composés organiques peuvent être synthétiques obtenu à partir de constituants chimiques ou naturels présent dans les produits naturels animaux, végétaux ou minéraux [27].

### **II.2.4.4. Agents de texture**

Les agents de texture comprennent les émulsifiants, les épaississants, les gélifiants, les stabilisants et les amidons chimiquement modifiés. Ils sont utilisés pour maintenir ou améliorer la consistance des produits alimentaires [25].

### **II.2.4.5. Agent de carbonatation 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 de l'eau, lequel se retrouve sous forme d'acide carbonique [17].

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

#### III.1.1.La situation géographique

L'entreprise IFRI est située à Ighzer Amokrane, chef-lieu de commune et de daïra (sous préfecture) d'IFRI- Ouzellaguen, dans la wilaya (département) de Bejaia, dans le nord d'Algérie, elle est implantée à l'entrée de la vallée de Soummam, en contrebas du massif montagneux du Djurdjura qui constitue son réservoir d'eau.

#### III.1.2.Historique de l'entreprise

IFRI est une entreprise industrielle alimentaire spécialisée dans le domaine des boissons divers, L'organisation de cette société remonte à l'année 1986, cette dernière à été créée par **MONSIEUR IBRAHIM LAID**, sous la dénomination « Limonadrie IBRAHIM ». Ce n'est que dix ans plus tard, en 1996, que la société hérite un statut juridique d'une SNC société en nom collectif puis de statut de Sarl société à responsabilité limitée.

La Sarl produit cinq millions de bouteilles en 1996, la production atteignait le chiffre de cinquante-six millions de bouteilles vendues en 1999, environ de 170 millions de bouteilles en 2006, puis 700 millions de bouteilles en 2014.

Aujourd'hui, IFRI est réputée pour ses produits, à savoir les eaux minérales, les boissons, et les boissons fruitées.

#### III.1.3.Activité

L'entreprise IFRI a pour mission de produire une gamme diversifiée à savoir :

- L'eau minérale naturelle ;
- L'eau minérale naturelle gazéifiée ;
- Les sodas ;
- Les jus de fruits à base de concentré ;
- Les eaux fruitées lactées.

### III.1.4. Présentation des chaînes de production et gammes de reproduction

Il existe huit (08) chaînes de production qui sont :

- Une chaîne de production SIDEL d'eau minérale naturelle de 0.5L et 0.33L et 01L d'une capacité 12 000 bouteilles / heure.
- Une chaîne de production COMBI d'eau minérale naturelle de 1.5L d'une capacité 16 000 bouteilles / heure.
- Une chaîne de production KRONES d'eau minérale naturelle de 0.5L et 1.5L d'une capacité 46 000 bouteilles / heure.
- Une chaîne de production KRONES de boissons gazeuses en emballage verre 1L et 0.25L de capacité 15000L / heure.
- Une chaîne de production KRONES des eaux fruitées en emballage verre 0.25L et 01L de capacité 15000L / heure.
- Une chaîne de production COMBI de boissons gazeuses en emballage PET 0.33L; 01L et 02L de capacité 36000 / heure.
- Une chaîne de production KRONES d'eau minérale naturelle gazéifiée en emballage verre 1L et 0.25L de capacité 12000 / heure.
- Une chaîne de production KRONES d'eau minérale naturelle gazéifiée en emballage PET 1L de capacité 12000 / heure.

# Organigramme de l'unité IFRI

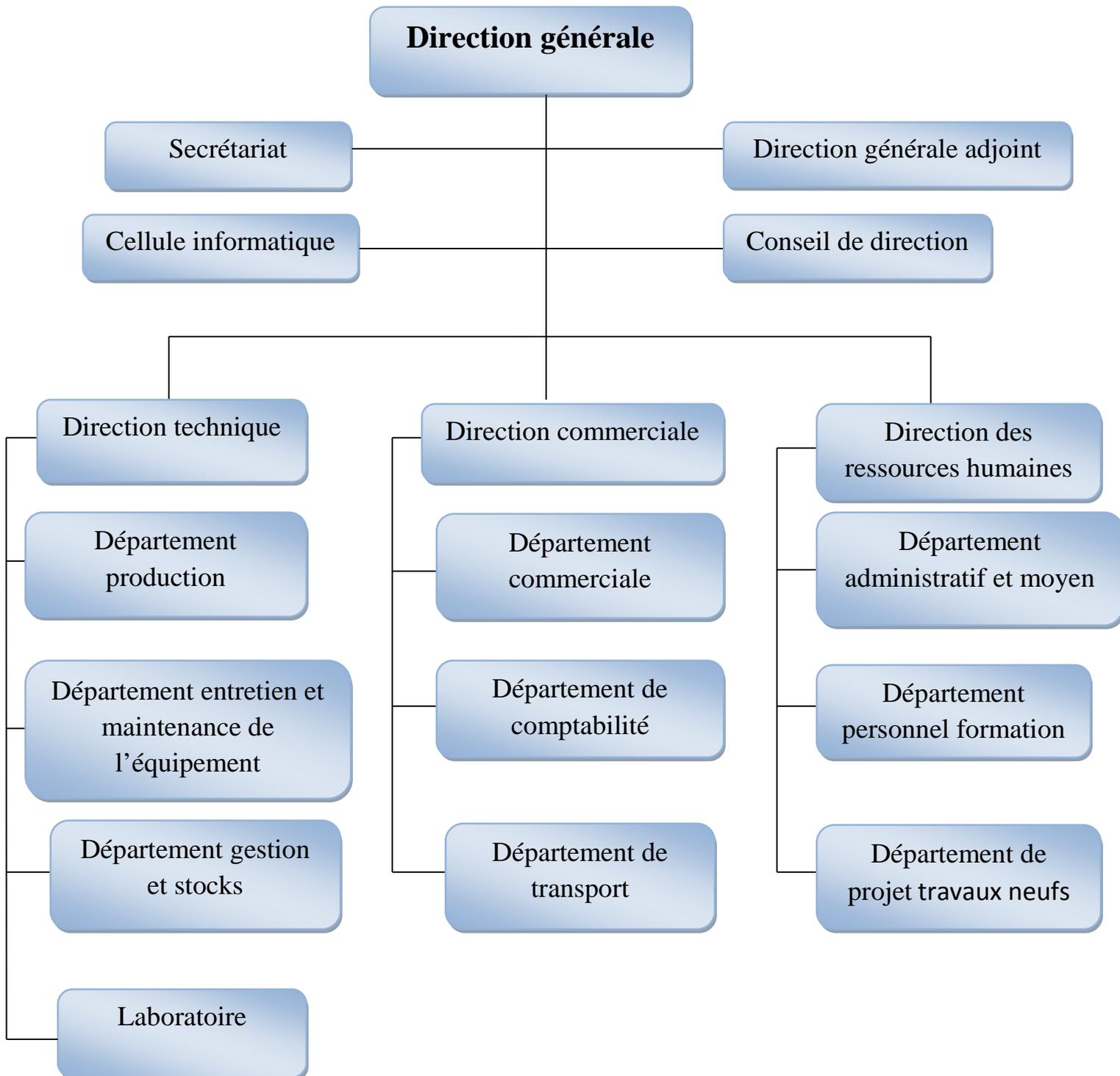


Figure 5. Organigramme de l'unité IFRI.

III.2. Les étapes de traitement des eaux

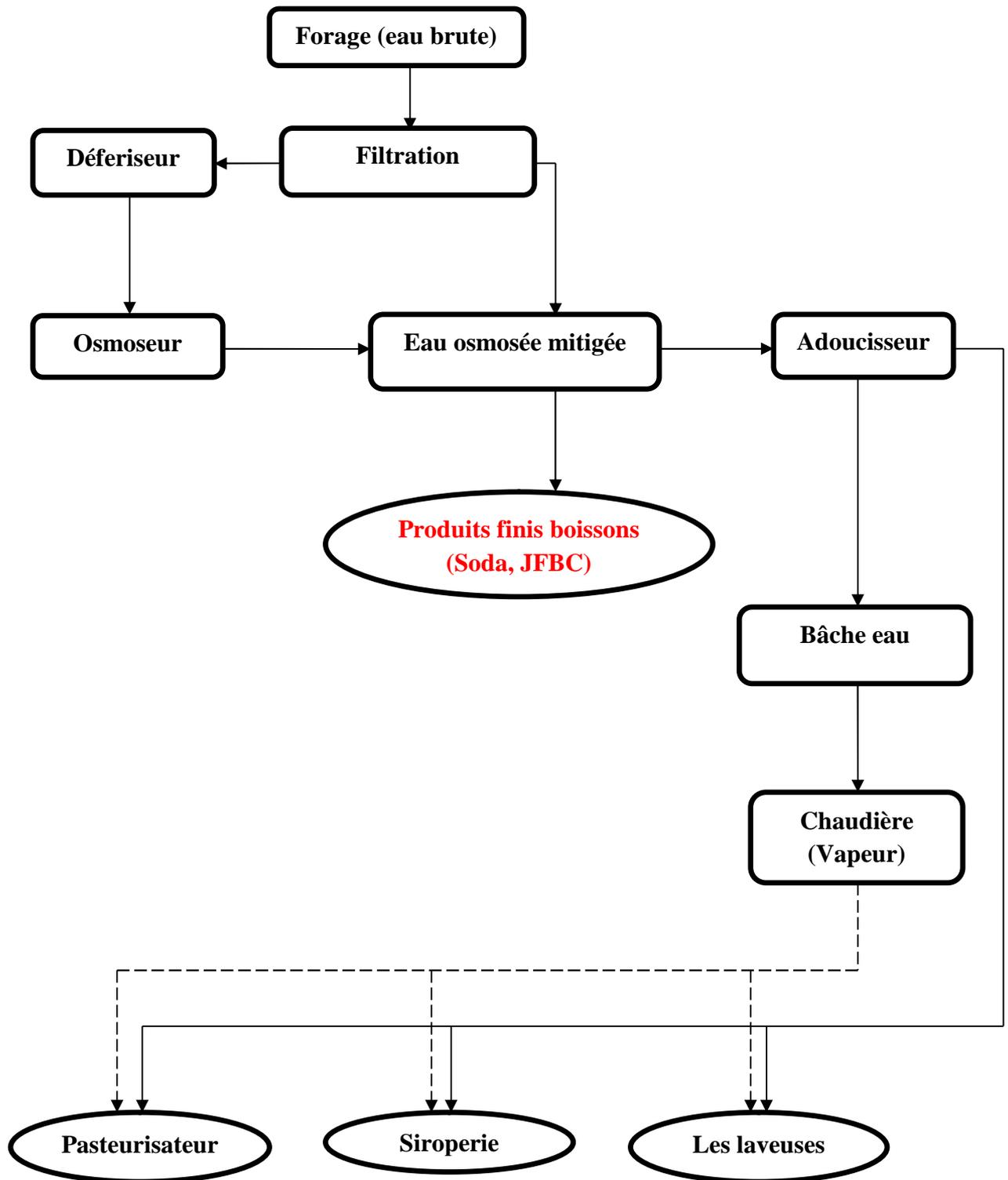


Figure 6. Les étapes de traitement des eaux.

III.3.Processus de fabrication des boissons

III.3.1. Processus de fabrication des sodas en emballage PET

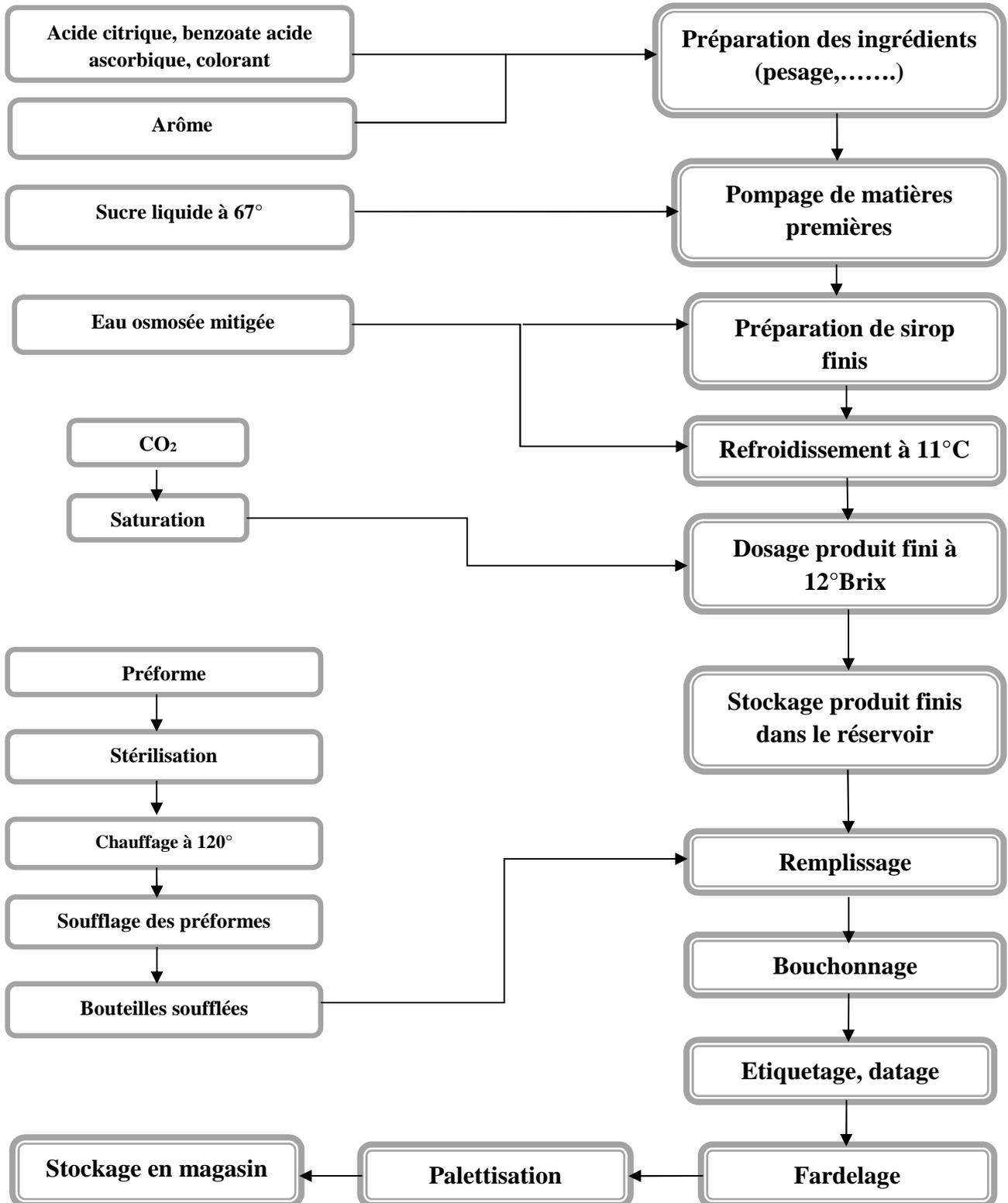


Figure 7. Diagramme de fabrication des sodas en emballage PET.

III.3.2. Processus de fabrication des JFBC en emballage verre

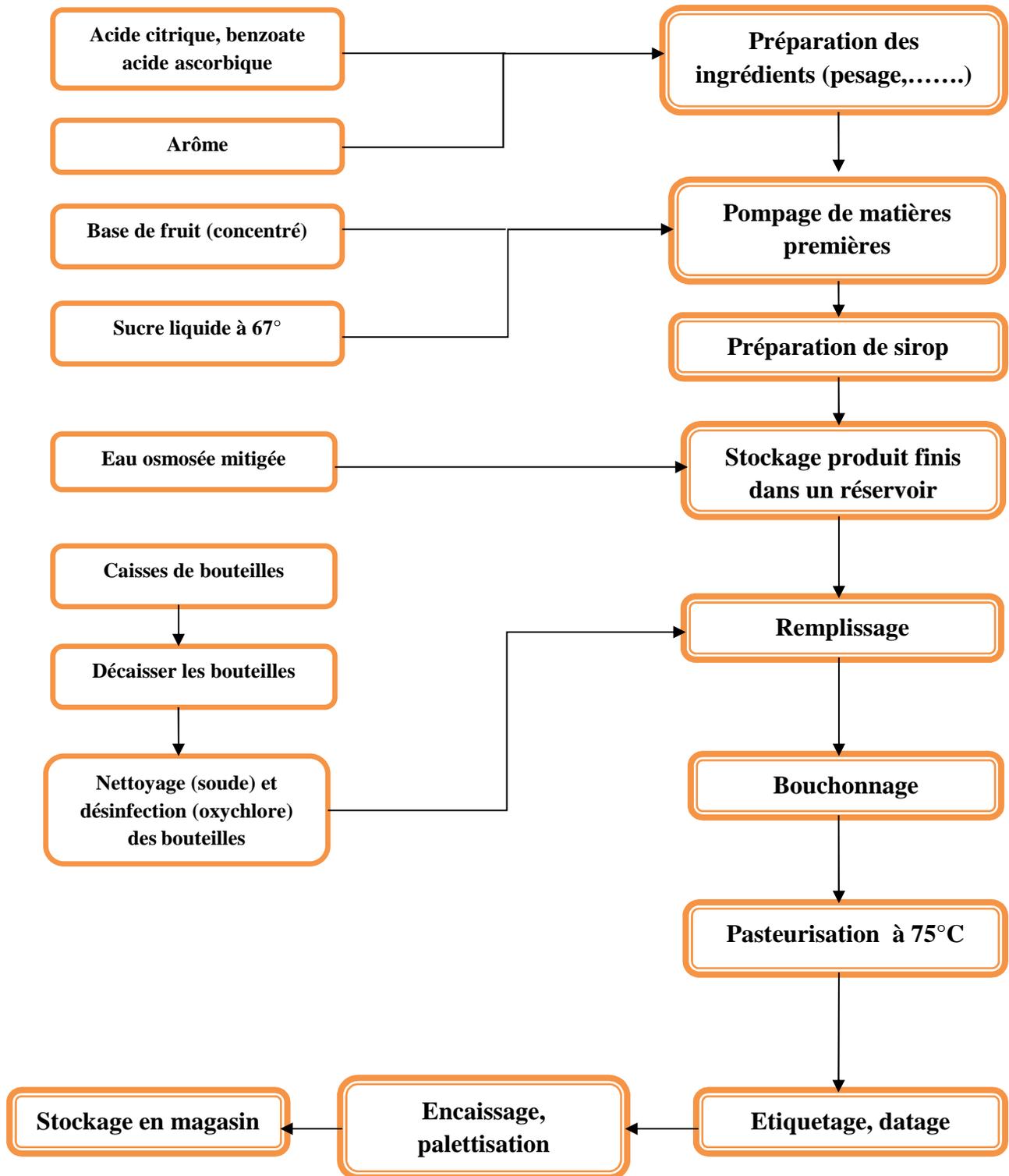


Figure 8. Diagramme de fabrication des JFBC en emballage verre.

### III.4. Echantillonnage

L'échantillonnage est une partie très essentielle dans les analyses physico-chimiques d'où le prélèvement doit apporter soigneusement à des résultats bien précises.

Les analyses physico-chimiques se font pour chaque étape de traitement et cela par prélèvement des échantillons.

L'échantillon est un ensemble de composé d'un ou plusieurs unités de prélèvements sélectionnés de différentes façons dans une importante quantité de matière ou d'un lot. Il est destiné à fournir une information caractéristique de la population étudiée, et éventuellement à servir de base à une décision concernant cette population ou le procédé qui l'a produite.

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

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

Le prélèvement s'effectue dans des bouteilles en verre étiquetées bien propres, directement d'une vanne branché à la conduite d'eau de process après avoir laissé couler ce dernier pendant quelques minutes.

### III.5. Techniques d'analyses physico-chimiques

#### III.5.1. Analyses physico-chimiques des eaux de process

##### III.5.1.1. Potentiel hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'acidité des ions  $H^+$ . Il représente chimiquement, l'acidité ou l'alcalinité d'une solution ou d'un liquide. L'échelle de pH s'étend de 0 (milieu très acide) à 14 (milieu très basique), en passant par 7 (milieu neutre).

La détermination du pH par la méthode potentiométrique est réalisée à l'aide d'un pH-mètre étalonné.

### Principe :

La mesure du pH est basée sur la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence 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.

### Mode opératoire :

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

**Référence :** Selon le manuel de l'instrument.

### III.5.1.2. Conductivité

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, magnésium,...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente. Elle est effectuée à l'aide d'un conductimètre.

### 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.

### Mode opératoire :

Les mesures de conductivité s'effectuent sous agitation magnétique.

- Remplir un bécher de 500 mL d'échantillon à analyser ;
- Placer la cellule au centre du bécher. Dans le cas contraire les parois du bécher peuvent perturber les lignes de courant et la précision de la mesure ;
- Noter la valeur affichée sur le conductimètre en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



### 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 rouge foncé ou 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 :

Chute de la burette $\times 1^{\circ}f$
-----------------------------------------

**Référence :** NF T 90-003 Aout 1984.

### III.5.1.5. 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).

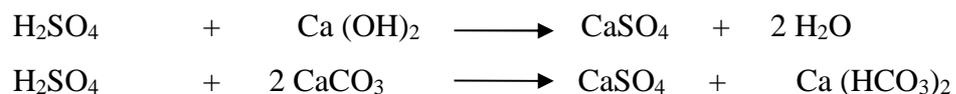
#### ➤ Titre alcalimétrique simple (TA)

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, 100mL d'échantillon (eau à analysée) dans un erlenmeyer de 500mL ;
- Ajouter 03 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  $H_2SO_4$  (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 :

$$TA = \frac{[H_2SO_4] \times V_{eq} \times 1000}{V}$$

$[H_2SO_4]$  : concentration réelle, exprimée en moles par litre, de la solution de l'acide sulfurique utilisée.

$V_a$  : est le volume en mL de la solution d'acide sulfurique consommé pour atteindre un pH de 8,3.

$V$  : est le volume en mL de la prise d'essai.

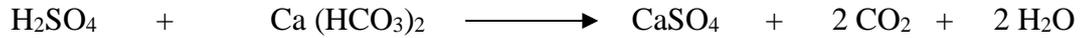
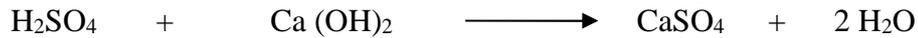
#### ➤ Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC correspond donc à la somme des concentrations des ions d'hydrogencarbonates ( $HCO_3^-$ ), carbonates ( $CO_3^{2-}$ ) et des ions hydroxydes ( $OH^-$ ).

### Principe :

Cette détermination est basée sur la neutralisation du volume d'eau utilisée dans la détermination de TA par un acide minéral dilué, en présence du méthyle orange comme indicateur coloré.

### Réactions chimiques :



### Mode opératoire :

- Ajouter 03 gouttes de solution d'indicateur de rouge de méthyle à la solution sur laquelle a été déterminée l'alcalinité titrable à pH 8,3 ;
- Continuer à titrer avec la solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,1N) appropriée jusqu'à l'apparition de la couleur rose ;
- Noter le volume total d'acide consommé.

### Résultats :

$$\text{TAC} = \frac{[\text{H}_2\text{SO}_4] \times V_t \times 1000}{V}$$

$V_t$ : est le volume en mL de la solution de l'acide sulfurique consommé pour atteindre un pH de 4,5.

**Référence** : NF EN ISO 9963-1 Février 1996

### III.5.1.6 Dosage des chlorures

Titration au nitrate d'argent avec chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)

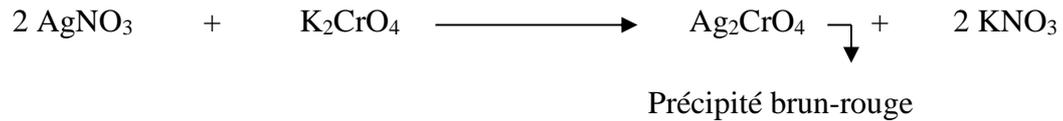
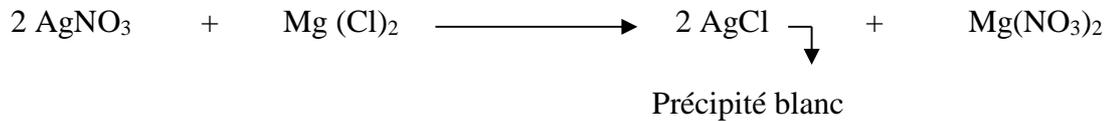
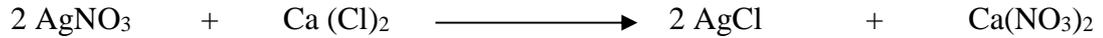
#### Principe :

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ion argent est formation du 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.

## Chapitre III : Méthodes et techniques d'analyses

---

### Réactions chimiques:



### Mode opératoire :

- Introduire 100mL d'échantillon dans un erlenmeyer de 500mL ;
- Ajouter 03gouttes de bichromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (10%) comme indicateur colorée ;
- Titrer avec le nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  (0,02N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

### Résultat :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{(\text{Vs} - \text{Vb})\text{Cf}}{\text{V}}$$

$[\text{Cl}^-]$  : est la concentration en mg/L de chlorure.

$\text{Vs}$  : est le volume en mL de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

$\text{Vb}$  : est le volume en mL de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.

$\text{C}$  : est la concentration réelle en mol/L de la solution de nitrate d'argent.

$f$  : est le facteur de conversion :  $f=35453 \text{ mg/mol}$ .

**Référence** : NF ISO 9297-1 Février 2000

### III.5.1.7. 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 :

- Verser 100mL d'un échantillon dans un erlenmeyer à 500mL ;
- Acidifier avec 3mL d'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (25%) ;
- Ajouter ensuite 1mL de solution d'amidon (1%) ;
- Titrer avec la solution d'iode  $\text{I}_2$  (0,1N) jusqu'à l'obtention d'une coloration bleue.

#### Résultats :

Chute de la burette  $\times 6,3$

**Référence :** selon la fiche technique du fournisseur et document technique de la chaudière.

### III.5.1.8. Détermination de la teneur du fer total

La détermination est effectuée avec un spectromètre UV-VIS (DR 6000).



**Figure 9.** Spectromètre UV-VIS (DR 6000).

### Méthode FerroVer

#### Principe:

Le fer ferreux réagit avec le réactif FerroVer pour former un complexe indiqué par une coloration orange proportionnelle à la concentration du fer.

#### Mode opératoire :

Verser 25mL d'échantillon dans une fiole de 100mL, transférer le contenu d'une pochette de réactif FerroVer dans l'échantillon ;

- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie puis sur OK, une période de réaction de 3min va commencer. (Ne pas remuer la fiole durant cette période) ;
- Remplir une cuve carrée jusqu'au trait de 10mL avec l'échantillon, lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve et raser ;
- Prélever 10mL du 1<sup>er</sup> échantillon préparé dans une autre cuve et l'introduire directement dans le compartiment de cuve ;
- Noter le résultat affiché sur l'écran.

Remarque : La longueur d'onde appropriée à l'analyse du fer est 510nm.

### III.5.1.9. Détermination de la teneur du cuivre

De même pour le cuivre, sa détermination est effectuée avec un spectromètre UV-VIS (DR 6000).

### Méthode CuVer

#### Principe :

Le réactif CuVer réagit avec tout le cuivre dissout dans l'échantillon, pour former un complexe qui sera ensuite détecté à l'aide d'un spectromètre.

#### Mode opératoire :

- Remplir une cuve carré jusqu'au trait de 10mL avec l'échantillon, transférer le contenu d'une pochette de réactif CuVer dans l'échantillon ;

### Chapitre III : Méthodes et techniques d'analyses

---

- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie puis sur OK, une période de réaction de 2min va commencer. (Ne pas remuer la fiole durant cette période) ;
- Remplir une autre cuve carrée jusqu'au trait de 10mL avec l'échantillon, lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc et l'introduire dans le compartiment de cuve et raser ;
- Introduire ensuite la première cuve préparée dans le compartiment de cuve ;
- Noter le résultat affiché sur l'écran.

Remarque : La longueur d'onde appropriée à l'analyse du cuivre est 560nm

### III.5.2. Analyses physico-chimiques des boissons

#### III.5.2.1. pH

##### Mode opératoire :

- Plonger l'électrode dans la boisson à analysée ;
- Laisser stabiliser l'électrode pendant quelques secondes ;
- Noter la valeur affichée.

#### III.5.2.2. 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.

##### Principe :

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 :

- Soulever la lamelle, essuyer la surface du prisme avec une flanelle ou du coton doux ;
- Verser une à deux gouttes de la solution à mesurer ;
- Rabaisser la lamelle, la presser légèrement, puis lire la valeur correspondante sur la ligne de séparation clair/sombre.

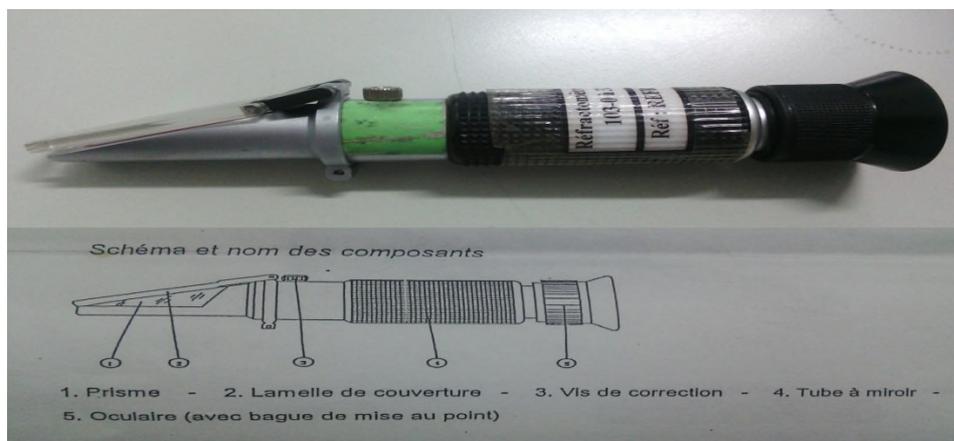


Figure 10. Réfractomètre mesurant le Brix d'une boisson.

### III.5.2.3.Détermination de l'acidité

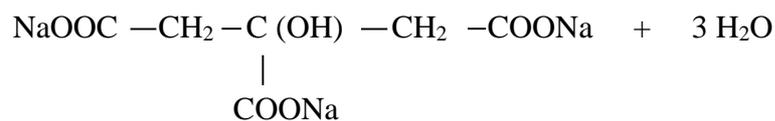
#### Principe :

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



Citrate de sodium

#### Mode opératoire :

- Verser 10mL d'échantillon 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/mL de NaOH dépensé pour le titrage.

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

### III.5.2.4. Détermination du taux de CO<sub>2</sub> (dans le cas des sodas)

#### Principe :

La détermination du taux de CO<sub>2</sub> est réalisée à l'aide d'un mesureur de CO<sub>2</sub> (Steinfurth TS 91.7, figure).

#### Mode opératoire:

- Mettre 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 col (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 11.** Steinfurth TS 91.7.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

Dans ce chapitre, des résultats d'analyses physico-chimiques d'eau de process et des boissons sont exposés.

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

Pour vérifier la qualité de l'eau de process et l'efficacité des techniques de traitement, les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

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 le fer, le cuivre et les sulfites de sodium.

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

L'eau de départ que SARL IFRI utilise 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 2.** Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau brute.

Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu$ S/cm)	TH (°f)	TA (°f)	TAC (°f)	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>6,8-7,5</b>	<b><math>\leq</math>1240</b>	<b>50-54</b>	<b>0</b>	<b>&lt;30</b>	<b><math>\leq</math>180</b>
1	7,2	1236	50	0	25	131,87
2	7,22	1220	52	0	26	129,03
3	6,98	1224	51	0	25	153,1
4	7	1104	50	0	28	124,78
5	6,92	1116	52	0	28	126,2
6	7,12	1106	51	0	26	131,87
7	7,08	1104	50	0	28	102,09
8	6,96	1146	51	0	25	129,03
9	7,03	1121	51	0	27	112,6
10	7,36	1162	51	0	25	155,98

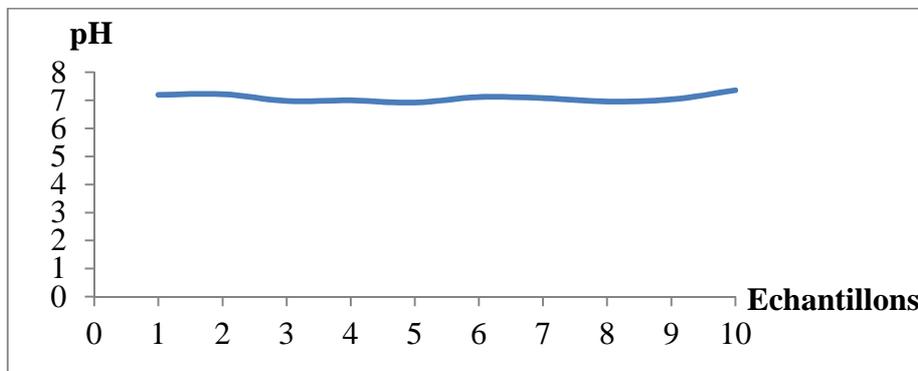
### Remarque :

- Chaque échantillon correspond à une journée (exp : échantillon N° 01 correspond à la première journée d'analyse).
- Les valeurs de TA étant nulles dans l'eau brute, ce qui signifie l'absence des bases fortes ( $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ ).

Par la suite, nous allons détailler ces résultats et les exposer sous forme de graphe avec leurs interprétations.

#### IV.1.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous représente les résultats du pH de l'eau brute :

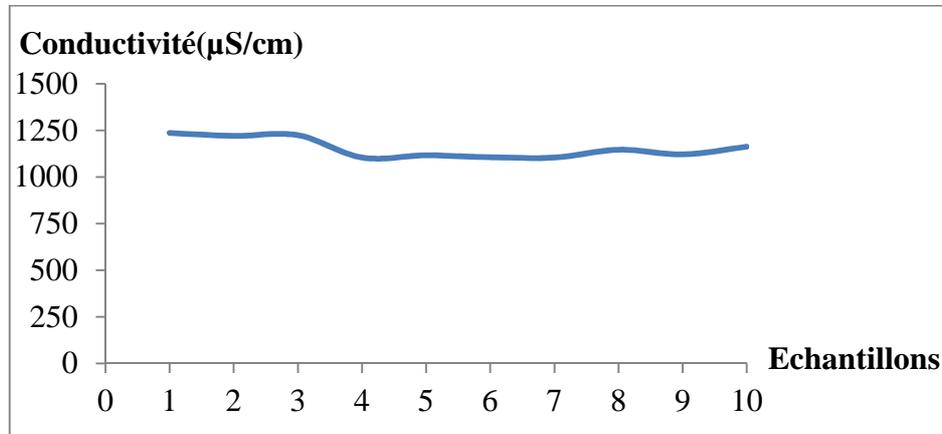


**Figure 12.** Variation du pH de l'eau brute.

On constate d'après cette figure que les valeurs du pH de l'eau brute sont constantes et ont une valeur moyenne de 7.

### IV.1.1.2. Conductivité

La figure ci-dessous représente les résultats de la conductivité de l'eau brute :

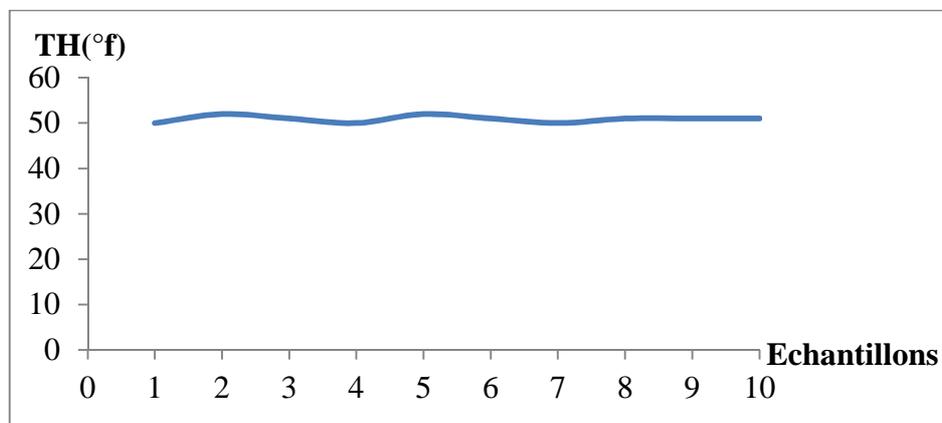


**Figure 13.** Variation de la conductivité de l'eau brute.

Sur la figure 13, on constate une légère variation de la conductivité des échantillons d'eau brute, cette variation change entre [1104 ; 1236].

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

La figure ci-dessous représente les résultats du TH de l'eau brute :

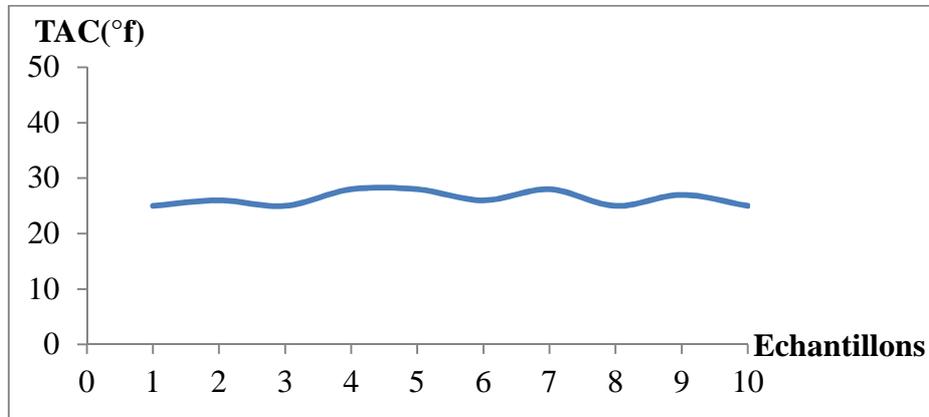


**Figure 14.** Variation du TH de l'eau brute.

La courbe sur la figure 14 représente la variation de TH de l'eau brute, sa moyenne est de 51°f.

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

La figure ci-dessous illustre les résultats du TAC de l'eau brute :

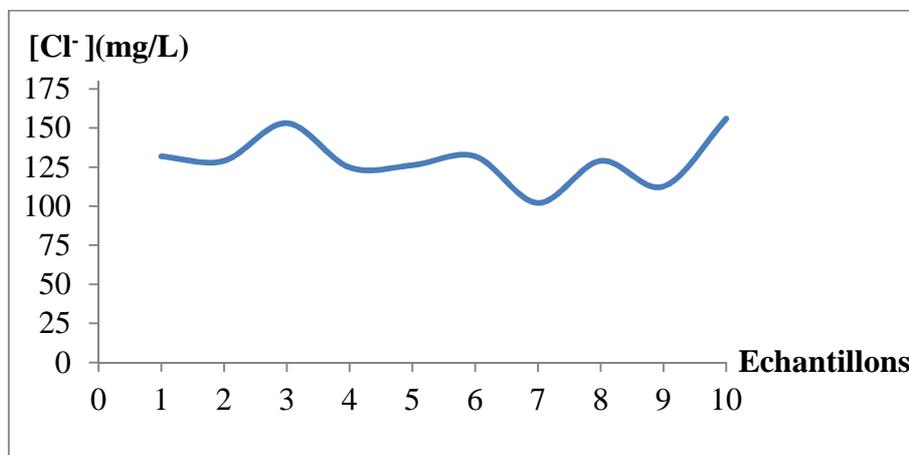


**Figure 15.** Variation du TAC de l'eau brute.

D'après la figure 15, on observe que les résultats du TAC de l'eau brute varient légèrement entre 25 et 28, cette variation est inférieure à **30°f**.

### IV.1.1.5. Teneur en Chlorures

La figure ci-dessous représente les résultats de la teneur en chlorures de l'eau brute :



**Figure 16.** Variation de la teneur en chlorures de l'eau brute.

La figure 16 nous montre que les mesures de la teneur en chlorures de l'eau brute varient de 102,09 jusqu'à 155,98mg/L.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

### IV.1.2. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques des eaux osmosées mitigées :

L'eau osmosée mitigée est utilisée pour la fabrication des boissons, c'est une eau qui a subi un traitement d'osmose inverse au quelle on a mélangé de l'eau brute.

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

**Tableau 3.** Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau osmosée mitigée.

Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TH (°f)	TA (°f)	TAC (°f)	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>6,8-7,5</b>	<b><math>\leq 1240</math></b>	<b>8-13</b>	<b>00</b>	<b>&lt;30</b>	<b><math>\leq 180</math></b>
1	7,2	1125	0,4	0	22	159,9
2	7,03	907	2,6	0	23	119,12
3	6,98	930	0,2	0	22	90,75
4	6,75	1024	1,4	0	24	89,33
5	7,12	1106	0,8	0	25	130,17
6	7,32	1096	10	0	23	138,9
7	7,26	975	3	0	22	127,75
8	7,21	980	5	0	21	106,35
9	7,09	1013	2,8	0	23	119,12
10	7,14	972	0,8	0	25	90,43

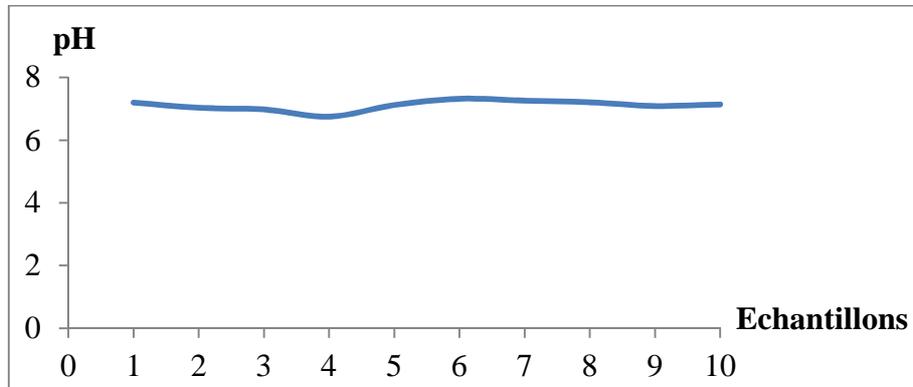
#### Remarque :

- Les valeurs de TA étant nulles dans l'eau brute, ce qui signifie l'absence des bases fortes qui sont OH<sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

Par la suite nous avons traduit nos résultats sous forme de courbe.

### IV.1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous illustre les résultats du pH de l'eau osmosée mitigée :

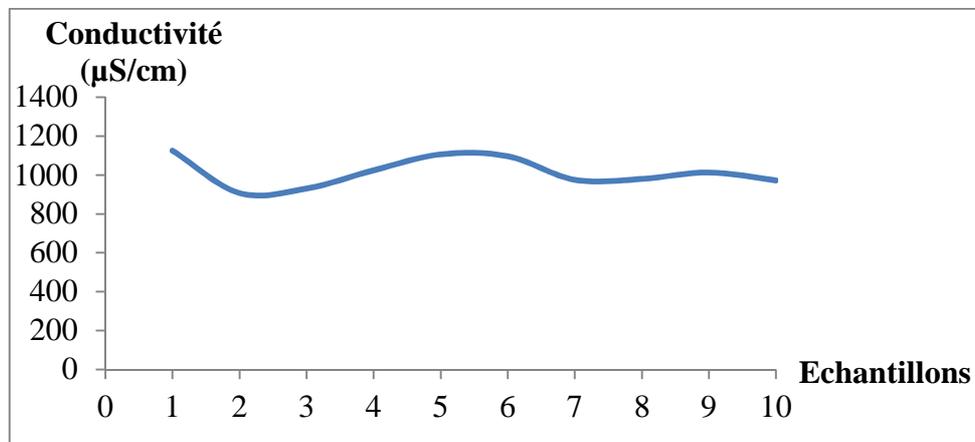


**Figure 17.** Variation du pH de l'eau osmosée mitigée.

Sur cette figure, on observe que la variation du pH de l'eau osmosée mitigée est faible, les valeurs sont aux alentours de 7.

### IV.1.2.2. Conductivité

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

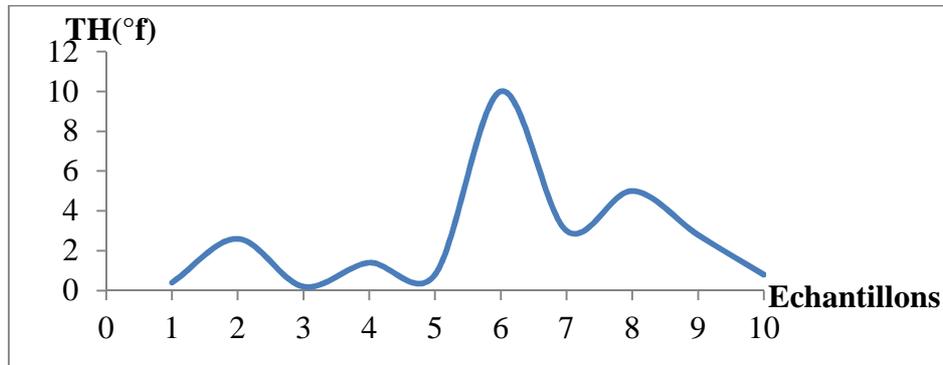


**Figure 18.** Variation de la conductivité de l'eau osmosée mitigée.

D'après la courbe présentée sur la figure ci-dessus, les résultats de la conductivité des échantillons d'eau osmosée mitigée, présentent une fluctuation dont les valeurs sont au voisinage de 907 et 1125  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### IV.1.2.3. Titre hydrotimétrique (TH)

La figure ci-dessous illustre les résultats du TH de l'eau osmosée mitigée :

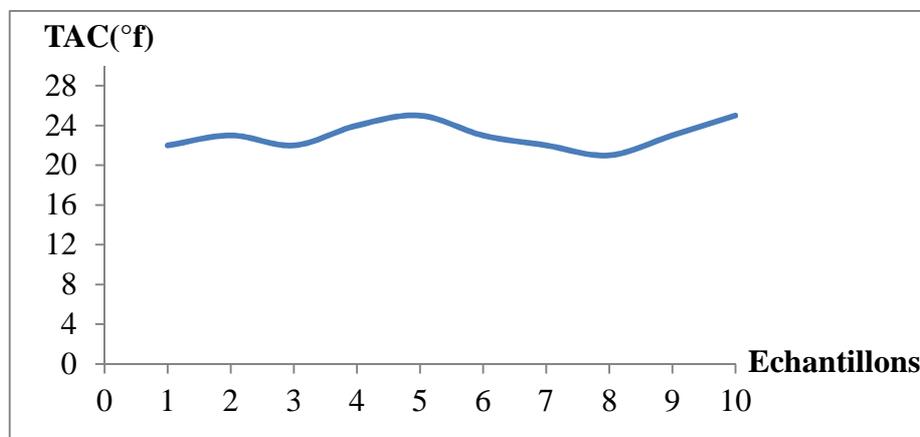


**Figure 19.** Variation du TH de l'eau osmosée mitigée.

D'après la courbe, on remarque que toutes les valeurs de TH de l'eau osmosée mitigée sont inférieures à 13°f.

### IV.1.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure ci-dessous représente les résultats du TAC de l'eau osmosée mitigée :



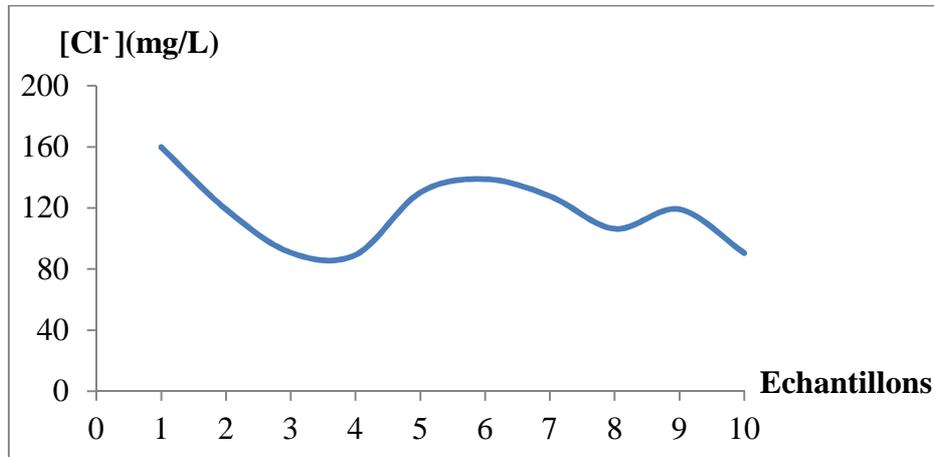
**Figure 20.** Variation du TAC de l'eau osmosée mitigée.

Les mesures du TAC de l'eau osmosée mitigée présentées sur la figure 20 varient entre 21 et 25°f.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

### IV.1.2.5. Teneur en Chlorures

La figure ci-dessous traduit les résultats de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée :



**Figure 21.** Variation de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée.

La figure 21 enregistre une grande variation de la teneur en chlorures de l'eau osmosée mitigée, ces analyses réalisées sur 10 jours sont inférieures à **180 mg/L**.

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

L'eau adoucie est une eau appauvrie des 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 4.** Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eau adoucie.

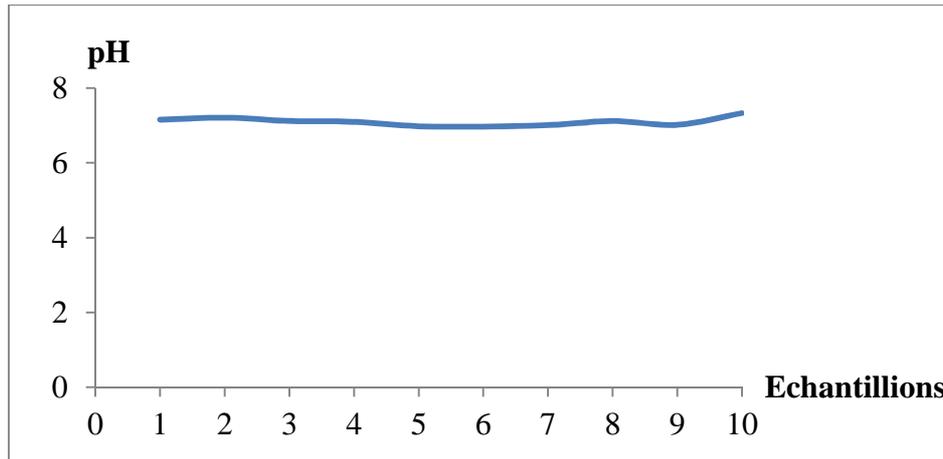
Paramètres Echantillons	pH	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	TH ( $^{\circ}\text{f}$ )	TA ( $^{\circ}\text{f}$ )	TAC ( $^{\circ}\text{f}$ )	[Cl <sup>-</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>6,8-7,5</b>	<b><math>\leq 1240</math></b>	<b><math>\leq 1</math></b>	<b>00</b>	<b>&lt;30</b>	<b><math>\leq 180</math></b>
1	7,16	1000	1,8	0	22	110,6
2	7,21	1002	1	0	22	106,36
3	7,12	668	0,6	0	21	131,87
4	7,1	976	1	0	24	131,8
5	6,98	943	0,4	0	25	102,09
6	6,97	870	0,2	0	23	102,09
7	7,01	886	2	0	22	83,66
8	7,12	995	0	0	22	117,69
9	7,02	939	1,4	0	23	89,33
10	7,33	981	2	0	23	109,18

### Remarque :

- Les valeurs de TA étant nulles dans l'eau brute, ce qui signifie l'absence des bases fortes qui sont  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ .

### IV.1.3.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous résume les résultats du pH de l'eau adoucie :

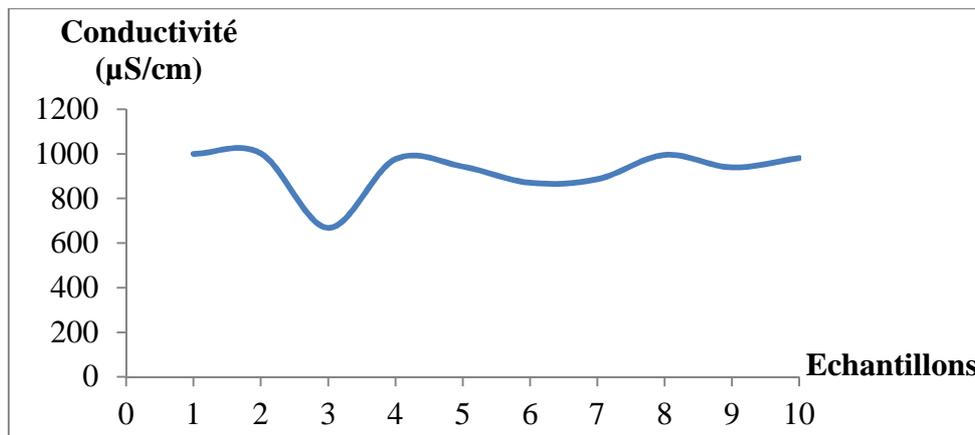


**Figure 22.** Variation du pH de l'eau adoucie.

On observe dans la figure 22 que la quasi-totalité des résultats du pH de l'eau adoucie sont constants, ils représentent un pH neutre.

### IV.1.3.2. Conductivité

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



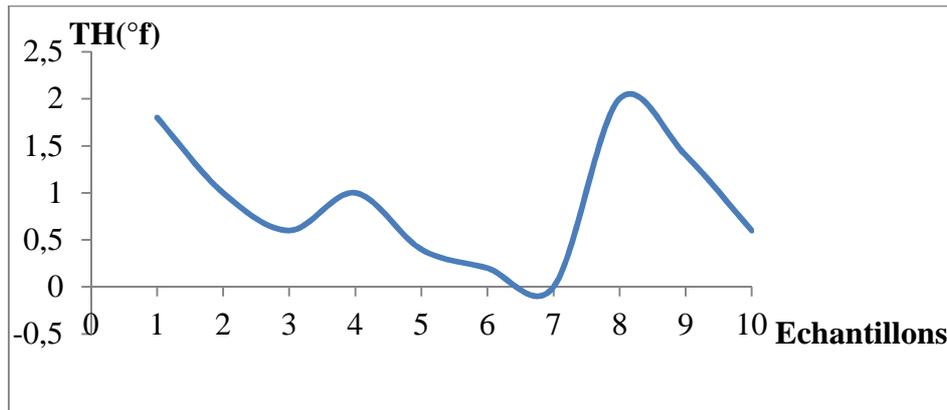
**Figure 23.** Variation de la conductivité de l'eau adoucie.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

La courbe sur la figure 23 représente la variation de la conductivité des échantillons d'eau adoucie. Ses valeurs sont de l'ordre de  $900\mu\text{S}/\text{cm}$  jusqu'à  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ , elles sont inférieures à  $1240\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### IV.1.3.3. Titre hydrotimétrique (TH)

La figure ci-dessous traduit les résultats du TH de l'eau adoucie :

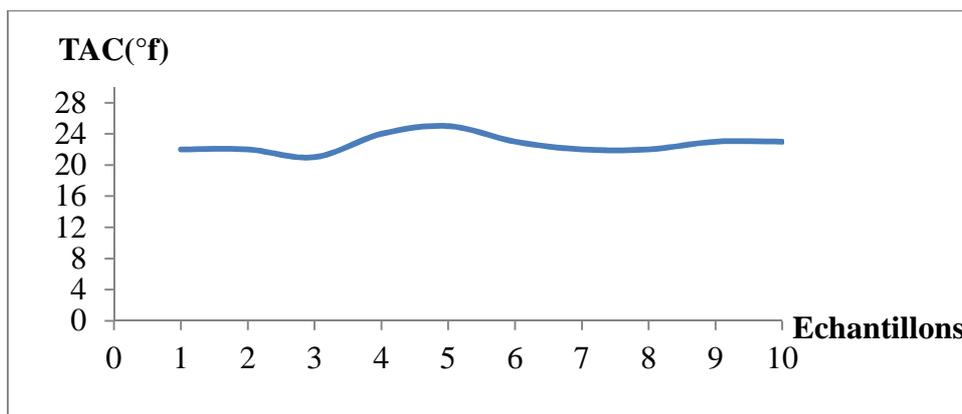


**Figure 24.** Variation du TH de l'eau adoucie.

Sur la figure 24 qui représente la variation du TH de l'eau adoucie, on remarque un excès de TH pour les résultats obtenus le 1<sup>er</sup> et 8<sup>ème</sup> jour. Cela peut être expliqué par le problème de régénération de la résine de l'adoucisseur (saturation de la résine).

### IV.1.3.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure ci-dessous résume les résultats du TAC de l'eau adoucie :

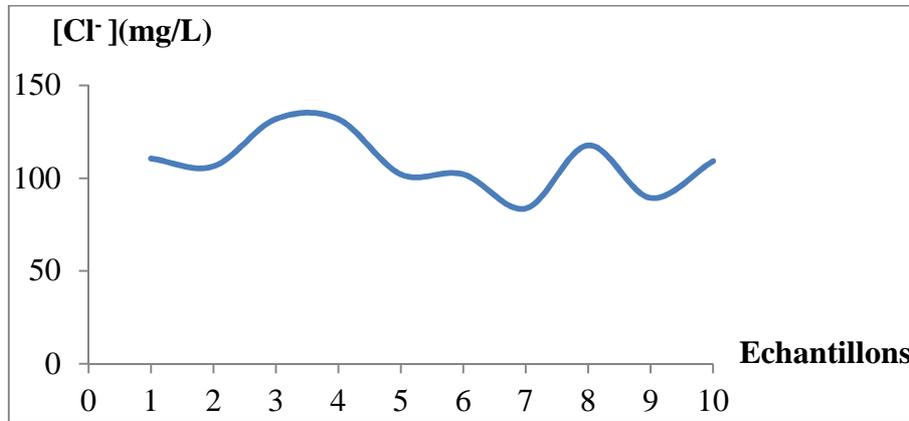


**Figure 25.** Variation du TAC de l'eau adoucie.

D'après la figure 25, la courbe est quasiment invariable, les mesures du TAC de l'eau adoucie sont à proximité de  $21^{\circ}\text{f}$  et  $25^{\circ}\text{f}$ .

### IV.1.3.5. Teneur en Chlorures

La figure ci-dessous résume les résultats de la teneur en chlorures de l'eau adoucie:



**Figure 26.** Variation de la teneur en chlorures de l'eau adoucie.

La figure ci dessus montre que la variation de la teneur en chlorures de l'eau adoucie se situ dans un intervalle [83,66 ; 131,87], elle est inferieur à **180 mg/L**.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

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

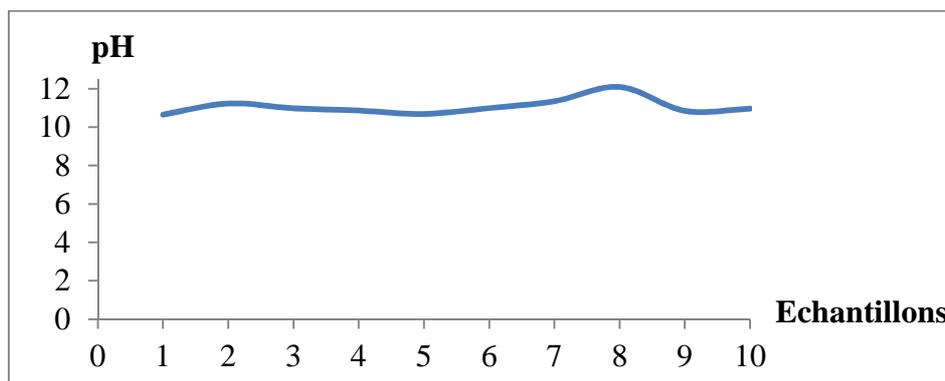
Les eaux de chaudière ont un rôle important dans l'industrie agroalimentaire, c'est pour cela qu'on a effectué des analyses physico-chimiques sur ces eaux, et dont les résultats sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5.** Les résultats d'analyses 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)	[Fe <sup>2+</sup> ] (mg/L)	[Cu <sup>2+</sup> ] (mg/L)
<b>Normes</b>	<b>10,5-12,15</b>	<b>3000-8000</b>	<b><math>\leq 1</math></b>	<b>50-80</b>	<b>80-140</b>	<b><math>\leq 100</math></b>	<b>20-50</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>&lt;0,01</b>
1	10,65	3600	1,2	71	120	144,63	50	0,05	0,01
2	11,23	3970	1	42	60	211,28	69,3	0,04	0,01
3	10,98	4140	0,8	60	83	258,58	56,7	0,03	0,01
4	10,86	3220	0,2	40	60	157,39	47,3	0,05	0,03
5	10,69	3300	0	45	58	106,67	37,8	0,02	0,01
6	10,99	3690	0	57	68	110,6	53,6	0,08	0,03
7	11,35	3280	0,2	46	65	165,9	41,6	0,02	0,009
8	12,09	3800	1,6	58	92	324,72	63	0,01	0,009
9	10,85	3080	0,2	50	70	287,85	45,4	0,05	0,01
10	10,96	3790	0	49	67	110,6	50,4	0,06	0,01

#### IV.1.4.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous représente les résultats du pH de l'eau de chaudière :

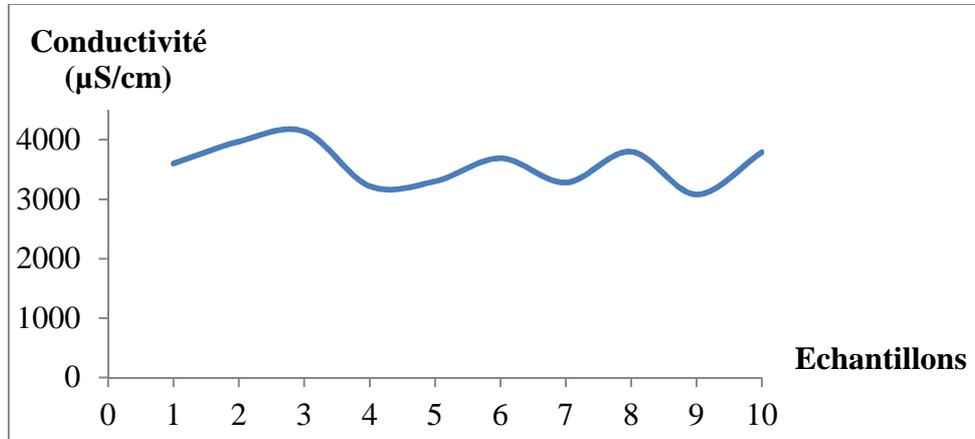


**Figure 27.** Variation du pH de l'eau de chaudière.

La figure 27 représente la variation du pH de l'eau de chaudière, qui est quasiment fixe, pour tous les échantillons, la valeur de pH est basique, elle a pour effet de favoriser la formation du tartre.

### IV.1.4.2. Conductivité

La figure ci-dessous résume les résultats de la conductivité de l'eau de chaudière:

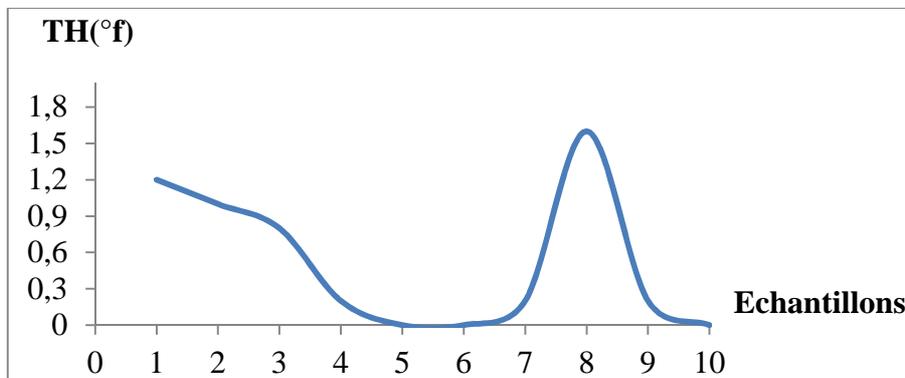


**Figure 28.** Variation de la conductivité de l'eau de chaudière.

Pour les eaux de chaudière, la conductivité varie entre  $3080\mu\text{S/cm}$  et  $4140\mu\text{S/cm}$ , comme le montre la figure 28, elle est comprise entre  $3000\mu\text{S/cm}$  et  $8000\mu\text{S/cm}$ .

### IV.1.4.3. Titre hydrotimétrique (TH)

La figure ci-dessous résume les résultats du TH de l'eau de chaudière :

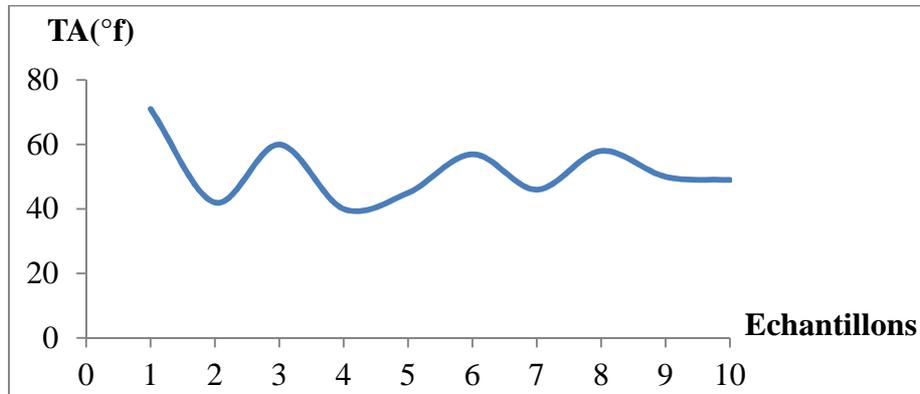


**Figure 29.** Variation du TH de l'eau de chaudière.

La figure 29 représente la variation de TH de l'eau de chaudière, comme pour l'eau adoucie, on observe un petit dépassement des valeurs de TH des eaux de la chaudière, on a enregistré un excès de dureté  $\text{TH}=1,2^\circ\text{f}$  et  $\text{TH}=1,6^\circ\text{f}$  dans le premier et le 8<sup>ème</sup> échantillons, cela est dû au problème du dysfonctionnements de l'adoucisseur.

### IV.1.4.4. Titre alcalimétrique (TA)

La figure ci-dessous représente les résultats du TA de l'eau de chaudière :

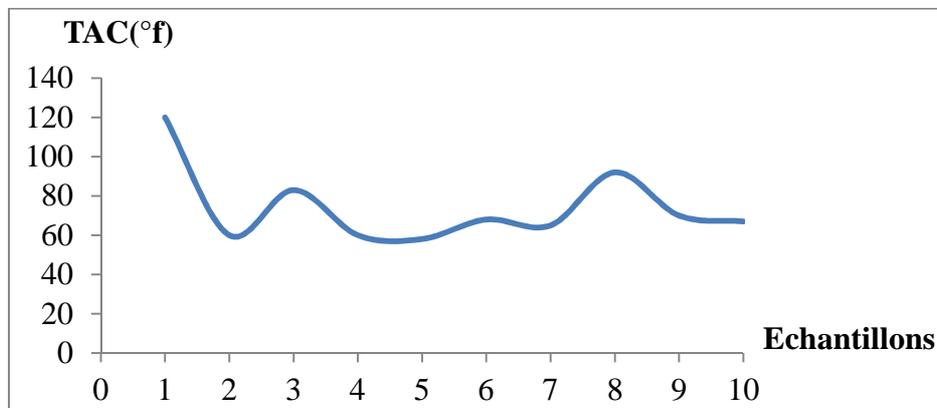


**Figure 30.** Variation du TA de l'eau de chaudière.

D'après cette figure, On observe une variation du TA de l'eau de chaudière dans un intervalle [42 ; 71] sur les 10 échantillons analysés.

### IV.1.4.5. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure ci-dessous illustre les résultats du TAC de l'eau de chaudière :

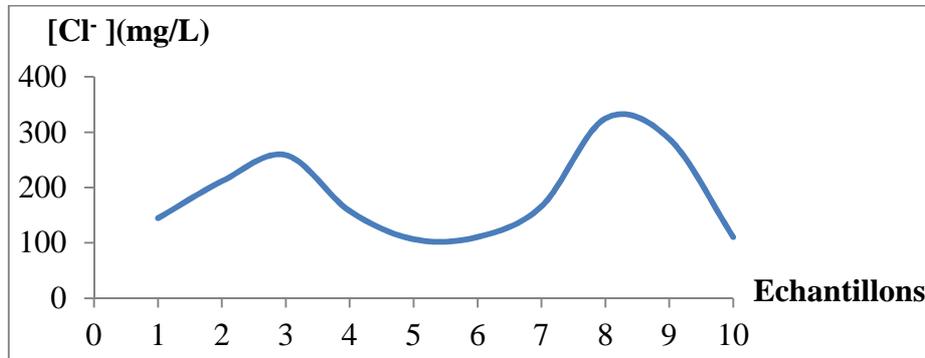


**Figure 31.** Variation du TAC de l'eau de chaudière.

D'après la courbe, les mesures de TAC réalisées sur les échantillons d'eau de chaudière varient entre 58°f et 120°f.

### IV.1.4.6. Teneur en Chlorures

La figure ci-dessous représente les résultats de la teneur en chlorures de l'eau de chaudière :



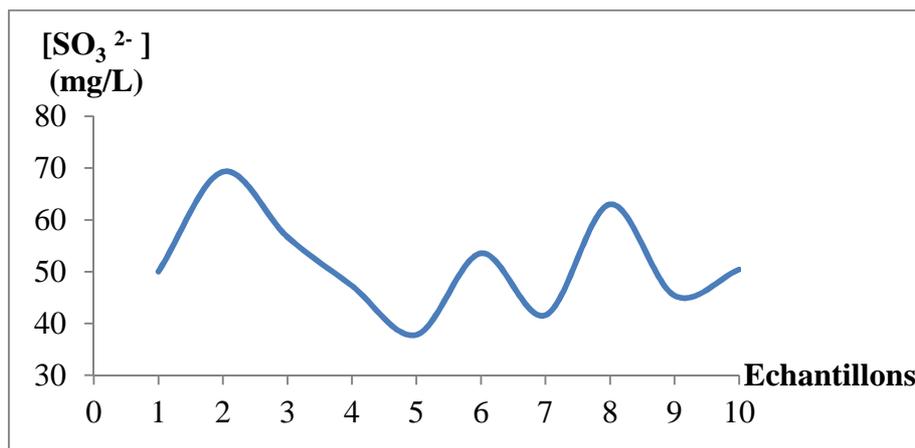
**Figure 32.** Variation de la teneur en chlorures de l'eau de chaudière.

On voit sur la figure 32 une courbe instable, qui représente la variation de la teneur en chlorures de l'eau de chaudière, tous les résultats obtenus sont  $>100\text{mg/L}$ .

### IV.1.4.7. Teneur en Sulfites de Sodium

Dans le but de minimiser le problème de corrosion, les sulfites de sodium sont injectés dans l'eau de chaudière.

La figure ci-dessous résume les résultats de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière :

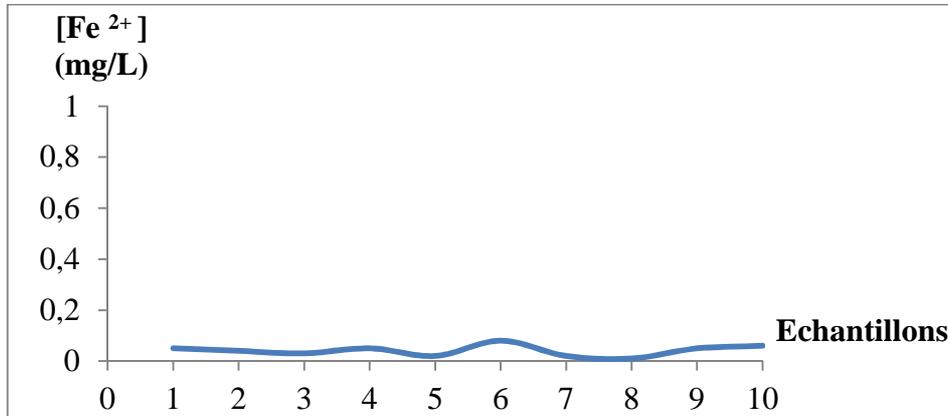


**Figure 33.** Variation de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière.

D'après le graphique représentant la variation de la teneur en sulfites de sodium de l'eau de chaudière sur 10 jours, l'allure représente des hauts et des bas, les légers dépassements peuvent être expliqués par des erreurs de manipulation.

### IV.1.4.8. Teneur du fer total

La figure ci-dessous représente les résultats de la teneur du fer total dans l'eau de chaudière :

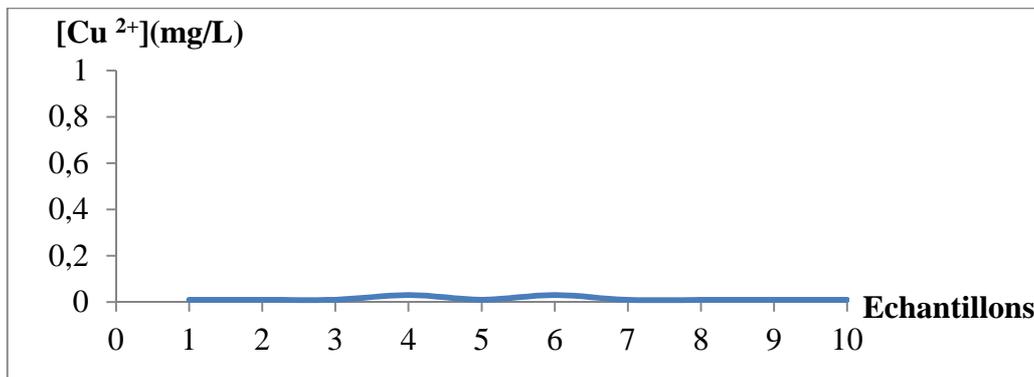


**Figure 34.** Variation de la teneur du fer total dans l'eau de chaudière.

La teneur du fer total de l'eau de la chaudière sur la figure 34 est présentée sous forme de courbe qui est presque stable, et les valeurs ont des dépassements plus au moins négligeables.

### IV.1.4.8. Teneur du Cuivre

La figure ci-dessous représente les résultats de la teneur du cuivre de l'eau de chaudière :



**Figure 35.** Variation de la quantité du cuivre de l'eau de chaudière.

Dans la figure 35, la courbe qui représente la variation de la teneur du cuivre de l'eau de chaudière est presque une droite, malgré les petits excès présents dans l'échantillon 4 et 6, on remarque que les valeurs sont quasiment nulles.

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

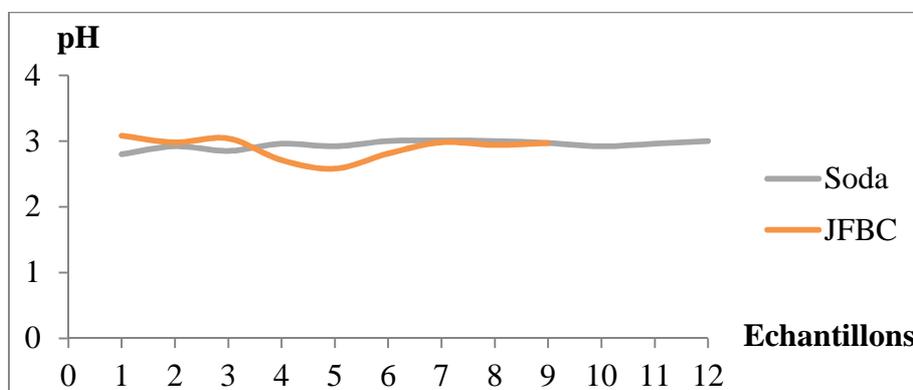
On a effectué des analyses des différents paramètres physico-chimiques sur le soda (ananas) et jus de fruit à base concentrée JFBC (pêche orange). Les résultats sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 6.** Les résultats d'analyses physico-chimiques des 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)
Normes	2,05-3,65	11,2-12,8	1,1-2,7	6,5-7,5	2,6 - 4	12,7-14,3	2,6 - 4
1	2,8	11,8	1,53	7,04	3,08	13	2,81
2	2,92	11,8	1,92	7,1	2,98	13,1	2,75
3	2,85	11,9	1,85	7,15	3,04	13,2	3,13
4	2,96	12	2,04	7,23	2,71	13,4	2,88
5	2,92	11,9	1,72	7,04	2,58	13	3
6	3	12	1,98	7,12	2,81	13,3	3,2
7	3,01	11,8	1,53	7,2	2,98	13,6	2,94
8	3	12	1,72	6,98	2,94	13,8	3,07
9	2,97	12	1,66	7,15	2,97	13,4	3,16
10	2,92	11,9	1,85	7,12			
11	2,96	11,8	1,72	7,1			
12	3	11,8	1,6	7			

#### IV.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure ci-dessous représente les résultats du pH des boissons :



**Figure 36.** Variation du pH des boissons.

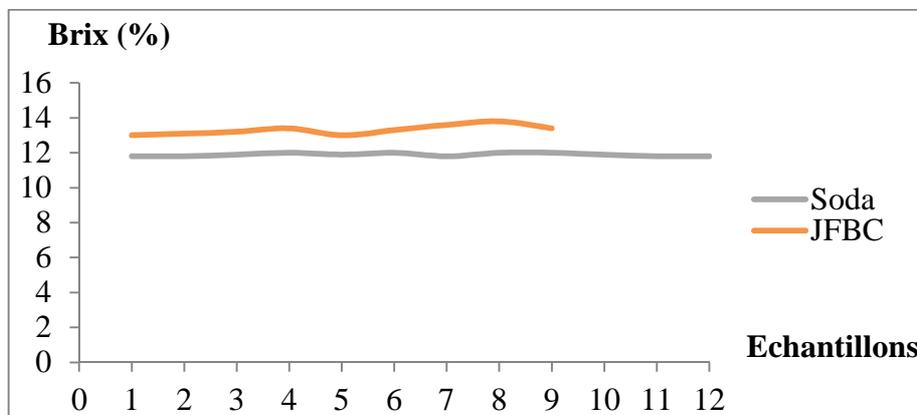
## Chapitre IV : Résultats et interprétations

La figure 36 représente deux courbes de la variation du pH, celle du soda est à peu près stable, et celle du JFBC varie légèrement, mais elles représentent des valeurs proches l'une de l'autre, les résultats des deux boissons sont conformes à la norme exigée par l'organisme.

### IV.2.2.Brix

Le brix représente la quantité de sucre dans les boissons, ce dernier est un élément essentiel dans la composition des boissons.

La figure ci-dessous représente les résultats du brix des boissons :

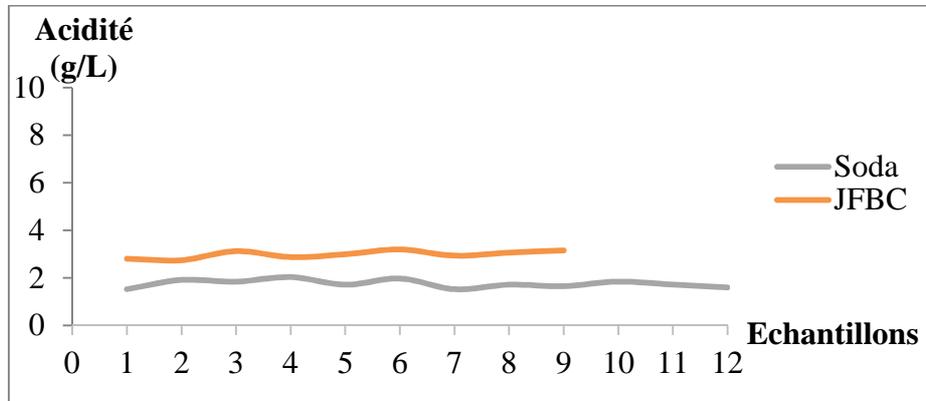


**Figure 37.** Variation du Brix des boissons.

Cette figure représente aussi deux courbes, elles sont invariable, les valeurs du brix pour les sodas sont de l'ordre de 12% et celle des JFBC est aux alentours de 13,5%, malgré que le soda est plus sucré que le JFBC, les résultats sont conformes à la norme exigée par l'organisme.

### IV.2.3. Acidité

La figure ci-dessous illustre les résultats d'acidité des boissons :



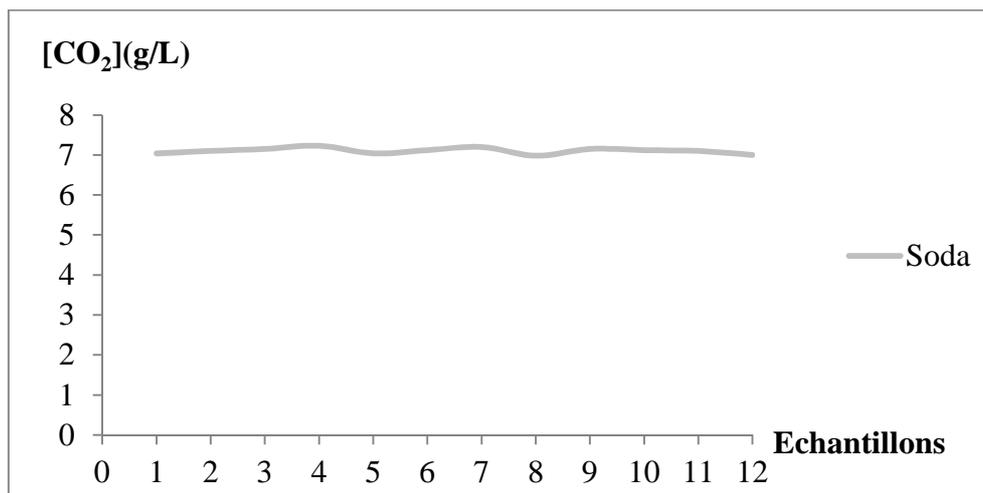
**Figure 38.** Variation de l'acidité des boissons.

Les deux courbes de la figure 38 représentent le taux d'acidité des boissons, elles sont approximativement invariables, on constate que tous les résultats sont conformes et les JFBC sont plus acide que les sodas.

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

Le CO<sub>2</sub> est un additif alimentaire ajouté pour les sodas et qui n'est pas présent dans le JFBC étudié.

La figure ci-dessous représente la variation de la Teneur en CO<sub>2</sub> pour le soda :



**Figure 39.** Variation de la Teneur en CO<sub>2</sub> pour le soda.

## Chapitre IV : Résultats et interprétations

---

Cette dernière figure représente une courbe de variation de la teneur en CO<sub>2</sub> pour le soda, elle est de l'ordre de 7, on déduit que tous les résultats sont conformes à la norme exigée par l'organisme **6,5-7,5 (g/L)**.

### *Conclusion*

Durant notre stage, nous avons fixés plusieurs objectifs :

Premièrement, l'initiation au monde de travail nous a permit de faire une inspection au sein des unités de production, pour mieux comprendre et bien détailler le traitement de l'eau et le process de fabrication des boissons.

Deuxièmement, nous avons pu acquérir des connaissances dans la rédaction méthodologique de ce mémoire.

En dernier, nous avons exploité nos connaissances et la théorie que nous avons pu voir durant notre cycle universitaire au niveau du laboratoire, nous avons effectué des analyses, qui nous ont permit de bien caractériser quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de process et des boissons.

En comparant les résultats obtenus aux normes cédées par le fournisseur de l'entreprise IFRI on peut dire que :

➤ Pour les eaux de process :

Les analyses physico-chimiques sont conformes, quoi qu'il y a des dépassements, elles sont négligés à court terme, et à long terme, elles sont suivies par des corrections immédiates, on site : nettoyage des résines, augmentation des taux de purge sur les chaudières, réglage de la pompe doseuse.

➤ Pour les boissons :

Les analyses physico-chimiques sont conformes aux normes exigées.

Enfin il est de notre devoir de relever le mérite de l'entreprise qui est un exemple à suivre par les autres entreprises de la région.

## Bibliographie

---

### *Bibliographie*

- [1] P. Raven, L. Berg, D. Hassenzahl, Environnement, De Boeck, Belgique (2009).
- [2] P. Behra, Chimie et Environnement, DUNOD, France (2013).
- [3] R. Desjardins, Le traitement des eaux. Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, France (1997).
- [4] A. Assaad, Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux, Thèse, Université de Lorraine, France (2014).
- [5] C. Cardot, Les Traitements de l'eau, Ellipese, France (2005).
- [6] J. Louis, Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ediscience international, France (1998).
- [7] L. Andriamirado et all, Memento Technique de L'eau Tome1, Degrémont, France (2005).
- [8] E. Vierling, Aliments et boissons (Filières et produits), Doin éditions, France (2008).
- [9] F. Rejsek, Analyse des Eaux, CRDP d'Aquitaine, France (2002).
- [10] J. Rodier, L'analyse de l'eau, DUNOD, Paris (2009).
- [11] B. Koriba, Prévention et lutte contre le phénomène d'entartrage dans les conduites d'eau dans la région de Ouargla-Touggourt : étude sur site, Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie (2007).
- [12] D. Landolt, Corrosion et chimie de surfaces des métaux, Presses polytechniques et universitaire Romandes, Oxford (2003).
- [13] G. Collet, Étude et modélisation du colmatage de membrane d'ultrafiltration par des suspensions de matières organiques et de particules minérales, Thèse Chimie et microbiologie de l'eau, Université de Poitiers, France (2013).
- [14] R. Vilaginès, Eau, Environnement et Santé publique, TEC & DOC/Lavoisier, France (2010).
- [15] A. Maurel, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, TEC & DOC, France (2008).
- [16] S. Benamara et A. Agougou, Production des jus alimentaires : technique des industries agroalimentaires, Office des Publication Universitaire, Algérie (2003).

## Bibliographie

---

- [17] E. Blondiaux, Recyclage du CO<sub>2</sub> : une alternative à la pétrochimie pour la synthèse de molécules azotées, Thèse, Université Paris-Sud, France (2015).
- [18] A. Boudra, Industrie des boissons et des jus de fruits, EDPme, Algérie (2007).
- [19] E. Fredol, Connaissance des aliments : base alimentaire et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc/Lavoisier, Paris (2005).
- [20] A. Cendres, Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus, Thèse, Universitaire d'avignon et des pays de vaucluse, France (2010).
- [21] C. Berlinet, Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange, Thèse, l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires (ENSIA), Paris (2006).
- [22] A. Dilmi-Bouras, Biochimie alimentaire, Office des Publications Universitaire, Algérie (2004).
- [23] Association des Producteurs Algériens de Boissons, Guide des bonnes pratiques d'hygiène, EDPme, Algérie (2011).
- [24] J.L. Multon, Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les industries agroalimentaires, Tec & Doc/Lavoisier, Paris (1992).
- [25] J.L. Multon et all, Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires, TEC & DOC, Paris (2002).
- [26] M. Mathlouthi et P. Reiser, Le saccharose propriété et application. Par coordinateur, Edition polytechnica, Paris (1995).
- [27] M. Moll et N. Moll, Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques, DUNOD, Paris (1998).
- [28] C. Alias, G. Linden et L. Miclo, Biochimies alimentaires, DUNOD, Paris (2008).

### *Annexe A*

#### **Préparation des solutions**

##### **E.D.T.A. (0,02N)**

- ♦ 3,725 g d'EDTA  $2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH}) (\text{CH}_2\text{COONa})$  ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

##### **N.E.T**

- ♦ 0,5 g N.E.T ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$ );
- ♦ 100 ml d'éthanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) (96%);
- ♦ 4,5 g de chlorure d'hydroxylamine ( $(\text{NH}_3\text{OH}) \text{Cl}$ ).

**Remarque** : conserver à l'abri de la lumière pendant 7 jours pour éviter la dégradation.

##### **Solution tampon à pH=10**

- ♦ 570 ml d'ammoniac (25%) ;
- ♦ 67,5 g de chlorure d'ammonium ;
- ♦ 3,05 g de sel disodique EDTA ;
- ♦ 1,95 g de sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ );
- ♦ Ajuster avec l'eau distillée jusqu'à 1 L.

##### **Phénolphtaléine**

- ♦ 4 g de phénolphtaléine ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ ) ;
- ♦ 1 L d'éthanol.

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

- ♦ 10 ml d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 N) ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

### Rouge de méthyle

- ♦ 50 mg d'acide diméthylamino-4phényazo-2-benzoïque ( $C_{15}H_{15}N_3O_2$ ) ;
- ♦ 2 ml de la soude ( NaOH 0,1N) ;
- ♦ 50 ml d'alcool éthylique  $C_2H_5OH$  ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

### Nitrates d'Argent (0,1N)

- ♦ 3,3974 g nitrates d'argent ( $AgNO_3$ ) ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

### $K_2CrO_7$ (10 %)

- ♦ 10 g de bichromate de potassium ( $K_2CrO_7$ ) ;
- ♦ 100 ml d'eau distillée.

### Iode $I_2$ (0,1N)

- ♦ 10 ml d'iode ( $I_2$ ) ;
- ♦ 1L d'eau distille.

### Amidon (1%)

- ♦ 1g d'amidon ;
- ♦ 100 mL d'eau distillée.

**Remarque :** la solution sera chauffée pendant quelques minutes.

### $H_3PO_4$ (25%)

- ♦ 25g de l'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ) ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

### NaOH (0,1 N)

- ♦ 4 g de NaOH ;
- ♦ 1 L d'eau distillée.

### *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 :

Rincer les électrodes, une pour mesurer la température et l'autre pour le pH, les sécher et les mettre dans la première solution tampon ensuite calibrer en appuyant sur le bouton CAL, attendre la stabilisation de pH de la solution.

Rincer et sécher les électrodes à nouveau et mettre en place la deuxième solution tampon, attendre la stabilisation de pH de la solution. Le pH-mètre sera ensuite prêt à utilisé.

Après avoir rincé plusieurs fois la cellule du pH-mètre (L'électrode), avec l'eau distillée, régler le pH-mètre à une température identique à celle de l'échantillon à analyser. Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser, suivi d'une petite agitation, afin de chasser les bulles d'air emprisonnées. La lecture sera faite après la stabilisation de la valeur du pH.

A la fin de l'analyse, retirer l'électrode de la solution, la rincer et la sécher, à l'aide d'un papier absorbant.

#### **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.

Plonger la cellule dans la solution étalon, mesurer la température de la solution étalon et régler la constante de cellule sur le conductimètre de façon à avoir la conductivité à la température mesurée puis rincer la cellule.

#### **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

## Annexes

---

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.

### **Spectromètre DR 6000**

Le DR 6000 est un spectromètre de type UV-VIS présentant une plage de longueurs d'onde comprises entre 190 et 1000 nm. L'instrument est livré avec une série complète de programme.

Pour les mesures d'échantillon à longueur d'onde unique, il est possible de programmer l'instrument pour mesurer la concentration de l'analyse. L'activation du facteur de concentration permet la sélection d'un multiplicateur spécifique pour convertir les mesures d'absorption en concentration.

## **Résumé**

Ce travail analyse les eaux de process et les boissons fabriquées par IFRI. D'intérêt industriel et sanitaire, les eaux de process subissent plusieurs traitements (filtration, déferisation, osmose inverse, adoucissement..) pour préserver les installations des problèmes d'entartrage et de corrosion.

Les eaux de process et les boissons ont subi un ensemble d'analyses physico-chimiques par différentes techniques (spectrométriques, titrimétriques, électrochimiques et réfractométrique). Les résultats montrent que tous les paramètres analysés sont conformes aux normes que se soit pour les eaux de process ou pour les boissons.

### **Mots clés :**

**Eau, boissons, eau de process, eau osmosée mitigée, eau adoucie, eau de chaudière, analyse physico-chimique.**

## **Abstract**

This work analyzes the process water and beverages made by IFRI. For industrial and sanitary purposes, process water undergoes several treatments (filtration, iron and manganese removal, reverse osmosis, softening .. ) to protect the facilities from scaling and corrosion problems.

Process water and beverages undergoes a series of physical and chemical analyses using different techniques (spectroscopic, titrimetric, electrochemical and refractometric). The results show that all analyzed parameters meet standards whatsoever for process waters or beverages.

### **Keywords:**

**Water, beverages, process water, mixed osmosis water, softened water, boiler water, physico- chemical analysis.**