



Mémoire de Master

Présenté par :

-BELLACHE Massilia

- HADDAD Mohamed

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

Spécialité : Chimie analytique

Thème :

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

Soutenu le : 22/09/2021

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
BERKANI Madjid	Chimie	Président
ZAMOUCHE Abdelmalek	Génie des Procédés	Examineur
BOUNOURI Yassine	Chimie	Encadreur

2020-2021



Remerciements



Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier DIEU tout puissant de nous avoir donné courage, volonté et surtout santé pour réaliser ce travail.

Nos remerciements les plus vifs, vont tout particulièrement à nos parents qui ont joué un rôle très important dans notre vie, pour Leur soutien moral et matériel.

Nous tenons particulièrement à remercier Mr BOUNOURI, qui nous a honorées en acceptant d'être notre promoteur. Pour ses précieux conseils, la confiance qu'il nous a témoignée et pour le temps qu'il nous a consacrée pour diriger ce travail.

Nos profonds remerciements s'adressent aussi aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce travail.

Nos profonds remerciements vont également à tout le personnel de l'unité TOUDJA.

Finalement, nous exprimons nos profonds remerciements envers tous ceux et celles qui nous ont encouragé et soutenu de près ou de loin durant la réalisation de ce travail.





Dédicaces

Je dédie ce travail :

Aux deux être les plus chères au monde, mes parents qui n'ont pas cessé de m'encourager en me prodiguant de précieux conseil, sensible à leur amour et leur gentillesse, c'est avec émotion que je leurs exprime toute mon affection, mon admiration et mon profond respect.

*A mes très chères sœurs : **Dihia, Kafya** et son mari **Hamza**.*

*A mes très chers frères **Fares, Mouloud** et **Rabah**.*

*A mes grandes mères **Hadja Baya** et **Zahra**.*

A mes oncles et tantes.

*A mon fiancé **Mohamed** et toutes sa famille.*

A toute la promotion << chimie analytique >> 2020/2021

A mes amies.



Massilia





Dédicaces



Je dédie ce travail :

Aux deux être les plus chères au monde, mes parents qui n'ont pas cessé de m'encourager en me prodiguant de précieux conseil, sensible à leur amour et leur gentillesse, c'est avec émotion que je leurs exprime toute mon affection, mon admiration et mon profond respect.

*A mes sœurs : **Fadila** et son mari **Hakim**.*

***Malika** et son mari **Farid**.*

*A mon frère : **Abdel-ghani**.*

*A mes neveux : **Massi** et **Mazigh***

*A mes grands-parents maternels : **Belkacem** et **Taklit**.*

A mes oncles paternels et maternels

A mes tantes.

*A ma fiancée **Massilia** et toutes sa famille.*

A toute la promotion << chimie analytique >> 2020/2021

A mes amis



Mohamed



SOMMAIRE

Liste d'abréviations, de sigles et de symboles

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. 1. L'eau	2
I. 1. 1. Définition de l'eau.....	2
I. 1. 2. Importance de l'eau.....	2
I. 1. 3. Différentes type d'eau.....	2
I. 1. 3. 1. Les eaux de surface.....	2
I. 1. 3. 1. 1. Eaux océaniques.....	2
I. 1. 3. 1. 2. Eaux continentales.....	2
I. 1. 3. 2. Les eaux souterraines.....	3
I. 1. 3. 3. Eaux de consommation.....	3
I. 1. 4. Composition de l'eau.....	3
I. 1. 4. 1. Les constituants minéraux.....	3
I. 1. 4. 2. Les constituants organiques.....	5
I. 1. 4. 3. Les matières dissoutes.....	6
I. 1. 4. 4. Les matières colloïdales.....	6
I. 1. 4. 5. Les matières en suspension.....	6
I. 1. 5. Techniques de traitement des eaux.....	6
I. 1. 5. 1. La décantation.....	6
I. 1. 5. 2. La filtration.....	6
I. 1. 5. 3. Désinfection.....	7
I. 1. 5. 4. Adoucissement.....	7
I. 1. 5. 5 La déminéralisation.....	7
I. 1. 5. 6. L'osmose inverse.....	7
I. 1. 5. 7. Adsorption.....	8
I. 1. 5. 8. Echange d'ions.....	8
I. 1. 6. Intérêt de traitement des eaux de process agroalimentaires.....	8
I. 2. Les boissons	10
I. 2. 1. Différents types de boissons non alcoolisées.....	10

I. 2. 1. 1. Les boissons non gazeuses.....	10
I. 2. 1. 2. Les boissons gazeuses.....	11
I. 2. 2. Composition des boissons.....	11
I. 2. 2. 1. L'eau.....	12
I. 2. 2. 2. Sucre.....	12
I. 2. 2. 3. Les additifs alimentaires.....	12
I. 2. 2. 4. Les Arômes.....	13

CHAPITRE II : METHODES ET TECHNIQUES D'ANALYSES

II. 1. Présentation de l'organisme d'accueil (SARL TOUDJA).....	15
II. 1. 1. Historique et situation géographique.....	15
II. 1. 2. L'organigramme de l'entreprise TOUDJA.....	16
II. 2. Les étapes d'analyse et de traitement des eaux de process.....	17
II. 2. 1. L'échantillonnage.....	17
II. 2.2. Mesure de potentiel hydrogène pH	18
II. 2.3. Mesure de la conductivité électrique.....	18
II. 2.4. Mesure de TA et de TAC.....	19
II. 2.5. Mesure de Titre Hydrotimétrique(TH).....	20
II. 2.6. Taux des chlorures.....	21
II. 2.7. Mesure de chlore.....	21
II. 3. Processus de fabrication des boissons non gazeuses.....	22
II. 4. Processus de fabrication des boissons gazeuses.....	23
II. 5. Analyses physico-chimiques des boissons.....	23
II. 5. 1. Echantillonnage.....	23
II. 5. 2. Mesure de pH.....	24
II. 5. 3. Détermination du Brix	24
II. 5. 5. Détermination de l'acidité titrable	25
II. 5. 6. La densité.....	25
II. 5. 7. Détermination du taux de CO ₂	26

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

III. 1. L'analyse de l'eau de process.....	27
III. 1. 1. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau du perméat	27
III.1.2. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la bache C.....	29

III. 1. 3. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la bache D.....	31
III. 1. 4. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la cuve chaudière.....	33
III. 1. 5. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la chaudière.....	35
III.1.6. Evolution des valeurs moyennes du pH, TH et conductivité des différentes eaux.....	37
III.1.6.1. Les valeurs moyennes du pH.....	37
III. 1.6. 2. Les valeurs moyennes du TH.....	38
III. 1.6. 3. Les valeurs moyennes de la conductivité.....	38
III. 1.7. La variation de TA, TAC et des teneurs en chlorures pour l'eau de la chaudière.....	39
III. 1.7.1. Variation du titre alcalin (TA).....	39
III. 1.7.2. Variation du titre alcalin complet (TAC).....	40
III. 1.7.3. Variation des teneurs en chlorures.....	41
III.2. Analyse des boissons non gazeuses.....	41
III. 2. 1. La variation du pH.....	42
III. 2. 2. Acidité titrable.....	42
III. 2. 3. Degré Brix.....	43
III. 2. 4. La densité.....	44
III. 3. Analyse des boissons gazeuses.....	44
III. 3. 1. La variation de pH.....	45
III. 3. 2. Acidité titrable.....	45
III. 3. 3. Degré Brix.....	46
III. 3. 4. Taux de CO ₂	47
CONCLUSION.....	48

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANEXXE

LISTE DES SYMBOLES ET SIGLES

- **pH**: potential d'Hydrogène.
- **TA**: Titre Alcalimétrie.
- **TAC** : Titre Alcalimétrie Complet.
- **TH** : Titre Hydrométrique.
- **°C** : Degré Celsius.
- **SAA**: Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.
- **mg** : Milligramme.
- **g** : Gramme.
- **ml** : Millilitre.
- **L** : Litre.
- **μm** :Micromètre.
- **mm** : Millimètre.
- **Cm** : Centimètre.
- **Cm^2** : Centimètre Carré.
- **m^3** : Mètre cube
- **μS** : Micro siemens.
- **°F** : Degré français.
- **EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.
- **NET** : Noir Eriochrome T.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **ISO** : International Standardisation Organisation.
- **g/L, g.L^{-1}** : Gramme par litre.
- **mg/l** : Milligramme par litre.
- **mg/L, mg.L^{-1}** : Milligramme par litre.
- **m^2/g** : Mètre carré par gramme.
- **$\mu\text{S}/\text{cm}$** : Micro siemens par centimètre.
- **mol** : Mole
- **mmol/l** : Milli mole par litre.
- **°Brix** : Degré Brix.
- **BFR** : Boisson pasteurisée à gout de Fruit Rouge.
- **BPAO** : Boisson pasteurisée à gout de Pêche Abricot et Orange.
- **BM** : Boisson pasteurisée à gout de Mandarine.
- **BO** : Boisson pasteurisée à gout d'Orange.
- **BGC** : Boisson gazéifiée à gout de Citron.
- **BGO** : Boisson gazéifiée à gout d'Orange

Liste des figures

Figure I.1: Osmose inverse.....	7
Figure I.2: Phénomène d'entartrage.....	9
Figure I.3: corrosion tuyauterie.....	10
Figure II.1 : Organigramme de l'entreprise	16
Figure II.2 : L'organigramme de traitement des eaux.....	17
Figure II. 3 : Kit-chlore et pastilles DPD.	22
Figure II. 4 : Diagramme de fabrication des boissons non gazeuses	22
Figure II. 5 : Diagramme de fabrication des boissons gazeuses	23
Figure II. 6 Réfractomètre électronique portatif	24
Figure II. 7 : Testeur de pression de CO ₂ dans les bouteilles de boisson gazeuses.....	26
Figure III.1 : Variation du pH pour l'eau du perméat.	28
Figure III.2 : Variation du TH pour l'eau du perméat.	28
Figure III.3 : Variation du la conductivité pour l'eau du perméat.....	29
Figure III.4 : Variation du pH pour l'eau de la bâche C.	30
Figure III.5 : Variation du TH pour l'eau de la bâche C	30
Figure III.6 : Variation du la conductivité pour l'eau de la bâche C	31
Figure III.7 : Variation du pH pour l'eau de la bâche D.	32
Figure III.8 : Variation du TH pour l'eau de la bâche D	32
Figure III.9 : Variation de la conductivité pour l'eau de la bâche D	33
Figure III.10 : Variation du pH pour l'eau de la cuve chaudière.....	34
Figure III. 11 : Variation du TH pour l'eau de la cuve chaudière.....	34
Figure III. 12 : Variation du la conductivité pour l'eau de la cuve chaudière.....	35
Figure III. 13 : Variation du pH pour l'eau de la chaudière.....	36
Figure III. 14 : Variation du la conductivité pour l'eau de la chaudière.....	37
Figure III. 15 : Valeurs moyennes du pH.....	37
Figure III.16 : Valeurs moyennes du TH.....	38
Figure III. 17 : Valeurs moyennes de la conductivité.....	38
Figure III. 18 : La variation de TA pour l'eau de la chaudière.....	40
Figure III. 19 : Variation du TAC pour l'eau de la chaudière.....	40
Figure III. 20 : Variation des teneurs en chlorures pour l'eau de la chaudière.....	41
Figure III. 21 : Variation de pH des boissons non gazeuses.....	42
Figure III. 22 : variation de l'acidité titrable des boissons non gazeuses.....	43
Figure III. 23 : Variation du Brix des boissons non gazeuses.....	43
Figure III. 24 : Variation de la densité des boissons non gazeuses.....	44
Figure III. 25 : Variation de pH des boissons gazeuses.....	45

Figure III. 26 : Variation de l'acidité des boissons gazeuses.....	46
Figure III. 27 : Variation du degré Brix des boissons gazeuses.....	46
Figure III. 28 : Variation du taux de CO ₂ pour les boissons gazeuses.....	47

Liste des tableaux

Tableau III.1 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de perméat.	27
Tableau III.2 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la bâche C.....	29
Tableau III.3 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la bâche D	31
Tableau III.4 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la cuve chaudière	33
Tableau III.5 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la chaudière	35
Tableau III.6 : Variation de TA, TAC et les teneurs en chlorure.	39
Tableau III.7 : Résultats de l'analyse des boissons non gazeuses.....	42
Tableau III.8 : Résultats de l'analyse des boissons gazeuses.....	45

INTRODUCTION

L'eau est la matière la plus importante pour l'existence de l'homme. Elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne.

La caractérisation de l'eau a pour objet de déterminer les possibilités de son utilisation. Elle comporte des analyses physico-chimiques et des examens bactériologiques. L'analyse physico-chimique fait connaître les emplois auxquels convient une eau donnée : besoins ménagers, besoins industriels ; elle décèle les eaux qui risquent d'exercer une action chimique sur les canalisations, elle facilite la mise au point des traitements qui supprimeront les inconvénients révélés. L'examen bactériologique sert à déterminer la qualité de l'eau, notamment en vue de son emploi comme eau potable et s'il y a lieu, permet d'établir les caractéristiques du traitement à lui faire subir [1].

Les matières contenues dans l'eau sont pratiquement innombrables et de nature très diverse. L'objet du traitement est de ramener les teneurs de corps indésirables en dessous des valeurs fixées par les normes de qualité choisies, le traitement ne portera pas sur l'eau elle-même mais, sur les corps qui s'y trouve en suspension ou colloïdale en solutions; il s'agira de procéder à une élimination totale ou partielle [2].

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

Ces industries doivent assurer une bonne qualité hygiénique et satisfaire le consommateur et la législation des normes mondiale des aliments. Donc elles doivent disposer d'un laboratoire d'analyses microbiologiques, d'analyses physico-chimiques et d'un laboratoire de traitement des eaux qui joue un rôle très important.

C'est dans le cadre de la vérification de la qualité de l'eau de process et des boissons diverses de SARL TOUDJA de la commune d'El-KSEUR que nous avons entrepris ce travail, nous avons fait un suivi technique et analytique au sein de laboratoire de cette unité ; pour cela nous avons opté pour effectuer les analyses nécessaires afin de connaître la qualité des eaux utilisées dans la fabrication des différentes boissons, ainsi que les analyses nécessaires pour vérifier la qualité de ces boissons.

Ce manuscrit est subdivisé en trois chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, ou on a présenté des généralités sur les eaux et les boissons gazeuses et non gazeuses.
- Le deuxième chapitre présente les différentes méthodes et techniques d'analyses utilisées pour la réalisation de ce travail. Ce chapitre inclue également la présentation de l'organisme d'accueil (SARL TOUDJA).
- Le dernier chapitre présente les différents résultats obtenus et leurs interprétations

En fin on termine par une conclusion générale qui récapitule les principaux résultats obtenus.

CHAPITRE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. 1. L'eau

I.1. 1. Définition de l'eau

L'eau est un corps composé, sa molécule est formée de deux atomes d'hydrogènes et d'un atome d'oxygène noté (H₂O). Sous forme liquide, l'eau est incolore, inodore, insipide et transparente [3].

Le H₂O est une molécule polaire, le pôle négatif (oxygène) d'une molécule d'eau est attiré par le pôle positif (hydrogène) d'une autre molécule d'eau, formant ainsi une liaison hydrogène entre elles. L'eau bout à 100°C et se solidifie à 0°C (glace, neige) à la pression normale. Dans l'atmosphère elle se trouve sous forme de vapeur. Les eaux naturelles tiennent en dissolution des gaz, sels en suspensions, poussières et quelques fois des microbes pathogènes [3-4].

I. 1.2. Importance de l'eau

L'eau est un élément essentiel et indispensable à tous les êtres vivants au même titre que l'air. Elle constitue 70 % du poids du corps humain, elle est le véhicule des éléments figurés du sang, ainsi que celui de certaines sécrétions (larmes, sucs digestifs), comme elle est nécessaire au maintien de la température du corps (sudation) et à l'élimination des déchets solubles (urine). C'est pour cela on ne peut s'en priver plus de cinq jours et c'est la raison pour laquelle, il est recommandé de boire au moins 1 litre d'eau par jour [5].

I. 1. 3. Différents types d'eau

Il existe différents types de source d'eau dont les tailles et les caractéristiques sont différentes. Les trois sources principales d'eau brute sont :

I. 1. 3.1. Les eaux de surface

Elles représentent toutes les eaux circulantes ou stagnantes à la surface des continents. On peut y accéder facilement mais elles se polluent aisément à cause de l'activité humaine. On distingue deux types :

I. 1. 3.1.1. Eaux océaniques : Elles sont minéralisées et contiennent un très grand nombre de sels en solution, dont une forte proportion de sel sodique. La salinité totale moyenne est variable selon les mers et océans [2].

I. 1. 3.1.2. Eaux continentales

Elles représentent toutes les eaux de surface, en général ce sont des eaux douces issues d'eau de pluie, qui se trouvent à l'intérieur des terres. Cet ensemble des eaux superficielles ou souterraines, présentes et en circulation dans les terres émergées, sont ainsi une partie de l'hydrosphère, elles regroupent :

- **Eaux de pluie :** C'est des eaux très douces, qui sont de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous [2].

- **Eaux de lac** : On peut considérer un lac comme une grande étendue d'eau entourée de terre, c'est un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. Le lac est un environnement aquatique dynamique dont les propriétés chimiques, physiques et biologiques influent les unes sur les autres et interagissent entre elles. La vie à l'intérieur d'un lac, est dépendante de la nature physique et chimique du lac. Les organismes à l'intérieur du lac peuvent également influencer ses propriétés chimiques et physiques [2].

I. 1. 3.2. Les eaux souterraines : Elles constituent 22 % des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est due à l'accumulation d'infiltration dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. La composition chimique de ces eaux est liée à la nature et composition des terrains traversés (leurs fertilités). Elles sont à l'écart de la pollution ce qui reflète en générale leurs bonnes et la meilleure qualité physico-chimique [6].

I. 1. 3. 3. Eaux de consommation : Pour l'alimentation humaine on distingue quatre différents types d'eau :

- **L'eau minérale naturelle** : Elle est d'origine souterraine, protégée de toute pollution humaine, elle est microbiologiquement saine et se caractérise par sa pureté originelle et sa composition unique en sels minéraux et sa stabilité dans le temps. Elle est de fait la seule à pouvoir bénéficier des propriétés favorables à la santé reconnues par l'Académie de Médecine.

- **L'eau de source** : Elle est d'origine souterraine, potable à l'état naturel. A la différence des eaux minérales naturelles, elle n'est pas tenue à une stabilité de sa composition en minéraux.

- **L'eau filtrée** : C'est l'eau du robinet qui est rendue potable par filtration (élimination du chlore, les métaux (cuivre, plomb) et parfois les nitrates).

- **L'eau du robinet** : Elle est souvent constituée d'eaux de surface, avant qu'elle arrive jusqu'au consommateur. Elle subit de nombreux traitements pour être rendue potable.

I.1.4. Composition de l'eau

Les principaux éléments présents dans l'eau sont classés selon deux modes différents :

- Nature chimique : minérale ou organique.
- Etat physique : matière dissoutes, colloïdales, ou en suspension.

I.1.4.1. Les constituants minéraux

➤ **Les cations**

- **Calcium (Ca²⁺)** : Le calcium est un élément (métal) alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates surtout à l'état d'hydrogène-carbonaté, et en quantité moindre sous forme de sulfate et chlorures. Il est le composant majeur de la dureté de l'eau, et l'élément dominant des eaux naturelles. Lorsque sa teneur dans les eaux dépasse la norme, il provoque d'entartrage dans les canalisations. Son dosage se fait généralement par la méthode complexométrique [7].

- **Magnésium (Mg^{2+})** : Comme le calcium, il est aussi un élément dominant de l'eau, il constitue un élément significatif de sa dureté, sa teneur dépend des terrains traversés. C'est un élément indispensable pour la croissance ; il intervient comme élément plastique dans l'os et dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux. Son dosage se fait de la même manière que le calcium [7].

- **Sodium (Na^+)** : Les concentrations en sodium peuvent être extrêmement variables, indépendamment du lessivage des formations géologiques contenant du chlorure de sodium. Le sel peut provenir de la décomposition des minéraux, comme les silicates de sodium et d'aluminium. L'OMS recommande pour l'eau destinée à la consommation humaine une valeur limite de 150 mg/l. Une ingestion excessive de chlorure de sodium provoque des cas pathologiques tels que l'hyper inflammation et l'hypertension. Son dosage s'effectue par la SAA [7-8].

- **Potassium (K^+)** : La teneur en potassium est beaucoup moins importante que celle de sodium, sa présence est à peu près constante dans les eaux naturelles. Il ne présente aucun inconvénient particulier, bien qu'il soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau. Selon les normes de L'OMS, sa valeur maximale dans les eaux de consommation est de 12mg/L. Il est également dosé par la SAA [7-8].

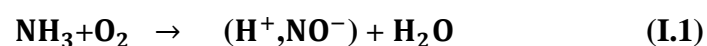
- **Fer (Fe^{2+} , Fe^{3+})** : C'est un élément très important pour la santé de l'être humain. Il peut se trouver dans l'eau sous deux formes ; le fer ferreux (Fe^{2+}) et le fer ferrique (Fe^{3+}), le premier est très soluble dans l'eau par rapport au deuxième. Il provient de la nature des terrains traversés par l'eau. Sa valeur limite selon l'OMS est de 0.3mg/l. Son dosage est effectué par la SAA [7-8].

➤ **Les anions**

- **Chlorures (Cl^-)** : L'eau naturelle contient des chlorures mais, en proportion très variable, ainsi que les eaux provenant, des régions sédimentaires en contiennent davantage. Pour les normes en chlorure, on admet qu'une concentration maximale acceptable est de 200 mg/l, au-delà elle affecte le goût de l'eau et le rend corrosive pour les canalisations et nocive pour les plantes. En ce qui concerne le dosage des ions Cl^- , la méthode la plus utilisée est celle de MOHR [7-8].

- **Les nitrates (NO_3^-)** : Elles sont rarement présentes dans l'eau, on les trouve cependant dans les eaux naturelles puisqu'elles sont le résultat normal de l'azote organique. Dans l'eau potable, la teneur maximale acceptable pour les nitrates est de 50mg/L. Elles jouent un rôle important dans le cycle de l'azote sous l'action des bactéries du type nitrobactérie.

Les nitrites sont rapidement oxydés en nitrates, ces dernières sont donc le produit de l'oxydation des dérivés azotés.



- **Les nitrites (NO_2^-)**

Ils constituent une forme intermédiaire de l'azote, et résultent de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action de bactéries nitreuses. Généralement la teneur en nitrites est très faible ou même nulle, sauf dans le cas des eaux du sol ou on utilise les engrais azotés. Les nitrites sont toxiques, ils causent la méthémoglobinémie (une maladie du sang). La méthode la plus utilisée pour les doser et la méthode colorimétrique [9-10].

- **Les phosphates (PO_4^{3-})** : Ils sont d'origines organique ou minérale, le plus souvent leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additif dans les détergents et comme agent de traitement des eaux de chaudière.

A l'état naturel ils se trouvent à un degré d'oxydation (+5), ainsi on trouve le phosphate dans un grand nombre de roches et de minerais sous forme d'apatites (phosphate de calcium) ou de fluoro-apatites ($\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Il n'y a pas de normes qui limitent la teneur en phosphate dans l'eau, il peut même être ajouté à l'eau potable pour combattre la corrosion des réseaux de distribution.

- **La silice (SiO_2)** : La silice est un élément abondant dans les régions granitiques, dans les eaux naturelles la silice peut se trouver à des teneurs de 1mg/L à 50mg/L environne, mais aucune norme ne limite sa teneur dans l'eau potable. La silice se présente sous forme covalente ($(\text{SiOH})_4$), elle peut être utilisée comme acide coagulant ou pour prévenir des dépôts tenaces sur les parois des chaudières. La silice est également dosée par colorimétrie [7].

- **Les Sulfates (SO_4^{2-})** : Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates en proportion très variable. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches. Selon les normes de l'OMS, on admet une concentration maximale acceptable pour les eaux de consommations de 500 mg/L. Dépassée cette concentration, les sulfates provoquent des troubles gastro-intestinaux et donnent un goût désagréable à l'eau comme elles créent des dépôts tenaces dans les conduites [8].

- **Bicarbonates (HCO_3^-)** : L'ion de bicarbonate est le principal constituant alcalin des eaux courantes, on le trouve souvent à une concentration de 5 à 50 mg/L. Sa présence dans l'eau est due essentiellement à l'action dissolvante des bactéries qui fournissent de CO_2 à partir de minerais contenant du carbonate [8 -11].



I.1.4.2. Les constituants organiques

Les matières organiques proviennent essentiellement de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des

plantes et des animaux), et des de composés issus de l'activité humaine [2]. Elles peuvent être présentes sous trois formes :

I.1.4.3. Les matières dissoutes

Ce sont des matières organiques solides dissoutes de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides). Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques (décantation et filtration [11]).

I.1.4.4. Les matières colloïdales

Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargée négativement, elles se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide. Leur élimination de l'eau à traiter est difficiles car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On utilise généralement des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation [11].

I.1.4.5. Les matières en suspension

Ce sont des particules solides avec une taille supérieure à 10 µm (déchets végétaux, plancton...), elle dispersées dans l'eau sans êtres chimiquement liées avec elle, leurs déterminations dans l'eau s'effectuent par filtration ou par centrifugation [12-13].

I.1.5. Techniques de traitement des eaux

Il existe plusieurs techniques de traitement des eaux, elles correspondent aux usages auxquels cette eau est destinée, parmi les techniques appliquées pour le traitement de l'eau de process de fabrication des boissons, on rencontre :

I.1.5.1. La décantation

C'est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, elle a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration [2].

I.1.5.2. La filtration

C'est un procédé physique destiner à séparer un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux (filtre). Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; et le filtre doit être nettoyé d'une façon continue ou intermittente. La filtration permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité, et indirectement de certains goûts et odeurs [2].

I.1.5.3. Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés pour la désinfection sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultraviolets ou rayons gamma [2].

I.1.5.4. Adoucissement

C'est un procédé de traitement destiné à réduire la dureté de l'eau qui est due à la présence des sels alcalino-terreux : carbonates, sulfates et chlorures de calcium et de magnésium). La dureté d'une eau peut être réduite en favorisant la précipitation des ions calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}) ou en utilisant des résines échangeuses d'ions [2].

I.1.5.5 La déminéralisation

C'est un procédé physico-chimique de traitement de l'eau (eau déminéralisée), elle est destinée à l'élimination totale ou partielle de certains ions gênants (Ca^{2+} et Mg^{2+} (dureté), CO_3^{2-} (Alcalinité) ou SO_4^{2-} (agressivité)). Les méthodes les plus utilisées pour éliminer ces ions sont : échange d'ions, électrodialyse, osmose inverse et la distillation [14].

I.1.5.6. L'osmose inverse

C'est un procédé de purification de l'eau mettant en œuvre des membranes semi-perméables qui laissent passer facilement l'eau pure et retiennent les différents sels. C'est un phénomène réversible, il suffit d'appliquer à la solution la plus concentrée une pression mécanique supérieure à la pression osmotique pour inverser le sens du flux d'eau. C'est le phénomène d'osmose inverse [15].



Figure I.1 : Osmose inverse

I.1.5.7. Adsorption

L'adsorption est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des atomes, des ions ou des molécules (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant). Ce procédé est couramment utilisé pour éliminer les substances responsables de la couleur, du goût, d'odeur ainsi que de plusieurs substances toxiques non dégradables tels que les phénols et les crésols. Pour le traitement des eaux, l'adsorption est considérée comme étant le procédé le plus utilisé en raison de sa rapidité et des capacités remarquables de certains adsorbants ainsi que la possibilité de leurs régénérations. Le charbon actif les zéolithes et les argiles sont les adsorbants les plus utilisés dans ce procédé [16-18].

I.1.5.8. Echange d'ions

L'échange d'ions est un procédé chimique dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (par exemple des cations) sont éliminés de cette solution par adsorption sur un matériau solide (l'échangeur d'ions), pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide sans affecter les ions de charge opposée [19].

Un échangeur d'ions est un sel, un acide ou une base, solide et insoluble dans l'eau, mais hydraté (gonflé d'eau comme une éponge). La teneur en eau d'un matériau apparemment sec peut être de plus de 50 % de sa masse totale et les réactions d'échange se déroulent dans cette eau, dite eau de gonflement ou d'hydratation, à l'intérieur de l'échangeur. L'échange d'ions peut se classer en trois catégories principales :

Substitution : un ion noble (le cuivre) est récupéré dans la solution et remplacé par un autre sans valeur. De façon analogue, un ion nocif (un cyanure) est retiré de la solution et remplacé par un autre inoffensif.

Séparation : une solution contenant un certain nombre d'ions différents (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , tous sous forme de chlorures) est passée au travers d'une colonne de billes de résine. Les ions sont séparés et émergent par ordre croissant d'affinité pour la résine.

Élimination : en utilisant une combinaison de résine échangeuse de cations (sous forme H^+) et de résine échangeuse d'anions (sous forme OH^-), tous les ions sont enlevés et remplacés par de l'eau (H_2O) et la solution est ainsi déminéralisée [12].

I.1.6. Intérêt de traitement des eaux de process agroalimentaires

En industrie agro-alimentaire, les usages d'eau sont multiples. Elle peut être utilisée dans le processus de fabrication (alimentation des chaudières et les circuits de fabrication) et ainsi être mise au contact direct des denrées alimentaires et/ou est incorporée directement comme

ingrédient lors de la préparation des aliments, sous forme liquide, de glace ou de vapeur. Comme elle sert aussi pour le nettoyage du matériel et des locaux et pour l'hygiène du personnel de l'entreprise.

L'eau de process ou eau de production doit être exempte de microorganismes pathogènes et d'éléments chimiques pouvant présenter un danger pour le consommateur et les installations de fabrication, pour cela l'eau de process doit avoir les mêmes propriétés que l'eau de consommation. Avant son utilisation dans les établissements alimentaires, l'eau doit faire l'objet d'un traitement (stockage, filtration, adoucissement, chauffage, désinfection...etc.).

La mauvaise qualité des eaux de process est à l'origine de certains phénomènes tel que :

➤ **L'entartrage** : C'est la formation sur membrane d'une couche de tartre (dépôt généralement dur et adhérent, quelque fois poreux) constitué essentiellement de sels [13].

L'entartrage peut se manifester à l'intérieur des chaudières, lors de l'utilisation particulières de l'eau ; sur les réseaux de distribution, dans les circuits de chauffage, de refroidissement et plus précisément dans les échangeurs de température. Les différents dépôts de sels minéraux responsables de l'entartrage des membranes d'osmose inverse sont :

- Carbonates de calcium (CaCO_3).
- Hydroxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$).
- Sulfate de calcium (CaSO_4).
- Sulfate de baryum (BaSO_4).
- Silice (SiO_2) et les différents silicates associés.
- Fluore de calcium (CaF_2).
- Sulfate de strontium (SrSO_4) [20].



Figure I.2 : Phénomène d'entartrage.

- **La corrosion** : Qui est la conséquence de l'oxydation du métal par suite d'une réaction d'un oxydant présent dans le milieu environnant, c'est-à-dire l'eau. On distingue trois types :
- La corrosion électrochimique : qui est la plus fréquente, et qui se traduit par une dissolution du métal à la suite de la formation de micropiles.
 - La corrosion chimique : qui est dû à la dissolution de métal dans une solution.
 - La corrosion d'origine biologique : qui est liée à la présence de certaines bactéries, cas de l'action des bactéries sulfato-réductrices dans la corrosion du fer en milieu anaérobie.



Figure I.3 : corrosion tuyauterie

I.2. Les boissons

Une boisson, est un liquide destiné à la consommation. On trouve des boissons froides ou chaudes, gazeuses ou non gazeuses, alcoolisées ou non alcoolisées.

I.2.1. Différents types de boissons non alcoolisées

Les boissons non alcoolisées sont des boissons qui ne contiennent pas d'alcool, elles sont classées en deux catégories, les boissons non gazeuses et les boissons gazeuses.

I.2.1.1. Les boissons non gazeuses

Les boissons non gazeuses sont des boissons non alcoolisées sans dioxyde de carbone et sans goût pétillant. Elles comprennent les punches aux fruits, les boissons aux fruits, le thé glacé, le café avec sucre et les boissons pour sportifs. Selon le décret européen n°2003-838 du 1^{er} septembre 2003, les jus de fruits sont classés en trois catégories :

- **Jus de fruits** : C'est un 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 [21].
- **Nectar de jus de fruits** : Ce sont des produits fabriqués à partir de jus de fruits, de jus de fruits concentrés, de purée de fruits, de purée de fruits concentrée ou d'un mélange de ces produits avec addition d'eau et souvent de sucre ou de miel. L'addition de sucres et/ou de miel est autorisée dans des proportions inférieures à 20% du poids total du produit fini [21-22].

➤ **Jus de fruits à base de concentré** : C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits concentré, après restitution de la proportion d'eau extraite du jus lors de la concentration (élimination du liquide dans le fruit pressé au moyen d'une évaporation par chauffage)[21], ainsi qu'en restituant les arômes et le cas échéant, les pulpes et les cellules que le jus a perdu 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. 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. La teneur en jus est souvent entre 25 et 35% [21, 23].

➤ I.2.1.2. Les boissons gazeuses

Les boissons gazeuses, appelées également boissons carbonatées en raison de la présence d'ions hydrogencarbonate et carbonate dans l'eau, sont des boissons constituées majoritairement d'eau qui contiennent du dioxyde de carbone (CO₂) provenant directement d'une source minérale, obtenu par fermentation ou ajouté artificiellement.

La décision interministérielle N° 50301 du 22/10/1986 définit les différents types de boissons gazeuses comme suit :

➤ **Le soda** : C'est une boisson gazéifiée, sucrée, additionnée d'arômes de fruit, d'arômes de végétaux ou de jus de fruits et éventuellement acidulée au moyen d'acide citrique, malique ou lactique ou de citrate de sodium.

➤ **La limonade** : Est une boisson gazéifiée incolore faite de jus de limon ou de citron, d'eau et de sucre. Elle était destinée à activer les fonctions digestives ou à servir de boisson aux malades, à la façon des tisanes.

➤ **Le cola** : C'est une boisson préparée à partir d'extraits naturels de fruits ou de plantes, et qui se différencie des sodas par l'addition de la caféine et des colorants. La boisson cola la plus populaire dans le monde est le Coca-Cola qui a été inventée en 1885 par le pharmacien John Pemberton.

➤ **Le bitter** : Est une variété de soda dont l'amertume est due à l'addition d'extrait d'agrumes.

➤ **Le tonic** : Est une boisson gazeuse contenant de l'eau additionnée de quinine, ce qui lui confère un goût légèrement amer.

➤ **Eau gazeuse** : C'est une eau dans laquelle un ou plusieurs gaz sont dissous donnant ainsi un goût caractéristique. Elle est également appelée eau acidulée, eau effervescente, eau pétillante ou eau gazéifiée [24].

I.2.2. Composition des boissons

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

I.2.2.1. L'eau

L'eau est la composante principale utilisée pour la production des boissons gazeuses. Elle est soit potable soit minérale naturelle. L'eau provenant d'une source ou d'un réseau de distribution d'eau, subi souvent un traitement afin de la rendre bactériologiquement et chimiquement propre à la consommation humaine. Une fois traitée, elle peut ensuite être reminéralisée pour lui donner la teneur désirée en minéraux [25].

I.2.2.2. Le Sucre

Le sucre est l'un des composants les plus importants des boissons car, il leur donne le goût désiré. Le sucre de commerce se présente sous la forme d'une matière cristalline blanche et brillante qui n'est pas hygroscopique, il est inodore et de saveur caractéristique. Son humidité est très faible (de l'ordre de 0.05 %) et sa stabilité au stockage est très grande.

Dans son sens le plus commun, et le sens réglementaire, le terme sucre correspond essentiellement au saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) extrait à partir de la betterave ou de la canne à sucre, et par extension aux produits donnant une sensation du goût sucré. Le saccharose peut être ajouté par deux méthodes, soit sous forme de solution concentrée, soit à l'état solide. La teneur en sucre des boissons gazeuses est généralement comprise entre 8 et 13 % [26 - 28].

I.2.2.3. Les additifs alimentaires

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées aux aliments destinés à l'alimentation humaine et/ou animale pour préserver ou améliorer leur innocuité, leur fraîcheur, leur goût, leur texture ou leur aspect. Il peut s'agir de produits d'origine naturelle, ou de produits de synthèse [29]. Seuls les additifs alimentaires évalués et jugés sans risque sanitaire peuvent être utilisés dans les aliments entrant dans le commerce international.

Les additifs alimentaires sont regroupés comme suit :

➤ Régulateurs d'acidité

Ils sont utilisés pour augmenter l'acidité d'une denrée alimentaire et/ou lui donner une saveur acide, comme ils ont le rôle d'agent conservateur et d'antioxydant. 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, l'acide citrique et l'acide tartrique. Les proportions de ces différents acides dans le fruit varient selon les espèces, la maturité, l'ensoleillement...etc. [28].

➤ 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 [27].

➤ Conservateurs

C'est des substances chimiques essentielles utilisées pour prolonger la durée de conservation des aliments en les protégeant contre les altérations dues aux micro-organismes. Le choix des agents de conservation varie selon le pH, l'humidité, les conditions de la transformation, les conditions d'emballage, la température d'entreposage et les exigences en matière de distribution. Dans le domaine 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 [30].

➤ Colorants

C'est des substances utilisées principalement pour normaliser la couleur d'un aliment ou d'une boisson et pour leur aspect attractif. Ces composés organiques peuvent être synthétiques (fabriqués par l'industrie chimique) ou naturels (présent dans les produits naturels animaux, végétaux ou minéraux)[29, 31].

➤ Agent de carbonatation CO₂

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 CO₂ dans l'eau, lequel se retrouve sous forme d'acide carbonique [24].

I.2.2.4. Les arômes

Les arômes alimentaires sont des ingrédients qui apportent un goût et/ou une odeur spécifique à l'aliment auquel ils sont incorporés. Ils sont utilisés en faibles quantités dans une grande diversité d'aliments tel que, les confiseries, les sodas, les céréales, les pâtisseries et les yaourts. Ils ne représentent pas de véritable danger à la santé du consommateur [27].

La législation de l'Union européenne divise les arômes en plusieurs catégories :

- **Arômes naturels** : sont des arômes d'origine végétale ou animale, qui n'ont subi qu'un nombre limité de transformations autorisées tel que l'extraction, la concentration, la distillation, la torréfaction, la fermentation ou bien la réaction enzymatique.

- **Arômes identiques naturels** : C'est des arômes composés des substances aromatisantes identiques au naturel, et qui est obtenues par synthèse. Cette substance aromatisante est chimiquement identique à la substance aromatisante naturelle présente dans les plantes, fruits, épices, viandes, poissons, fromages,... Avec une odeur et un goût également identique.

- **Arômes artificiels** : c'est des arômes composés de substances aromatisantes artificielles, qui sont des molécules non-découvertes dans la nature. En Europe, il suffit d'une seule molécule artificielle dans un arôme naturel pour que celui-ci devienne artificiel et soit étiqueté arôme

artificiel. L'Organisation internationale de l'industrie des arômes alimentaires (IOFI) met régulièrement à jour une liste de composés considérée comme artificiels.

- **Arômes de transformation** : sont des arômes obtenus par réaction de Maillard, qui sont des réactions chimiques que l'on peut observer lors de la cuisson d'un aliment et correspondent à l'action des sucres sur les protéines. Ces arômes sont utilisés dans l'élaboration de la plupart des produits industriels tels que les soupes, les sauces, les plats cuisinés, les produits à base de viande (jambon, nuggets, burger...), les biscuits,...

- **Arômes de fumée** : sont des arômes obtenus par combustion de bois, tel que le hêtre ou bien le bouleau, où l'on récupère la fumée. Ils sont indispensables à l'élaboration de certains produits tels que les saucisses, les sauces barbecue, les chips goût fumé,...

CHAPITRE II**CHAPITRE II : METHODESET TECHNIQUES EXPERIMENTALES**

Ce travail a été réalisé dans un laboratoire de contrôle de qualité des eaux et des boissons non alcoolisées de la SARL TOUDJA basée à la wilaya de Bejaia. Les analyses sont été effectuées sur plusieurs échantillons, et les prélèvements des échantillons ont été faits sur une période qui s'étale sur plusieurs jours. Les différentes analyses ont été réalisées selon des modes opératoires conformes aux normes internationales.

II.1.Présentation de l'organisme d'accueil (SARL TOUDJA)**II.1.1. Historique et situation géographique**

TOUDJA est une entreprise agroalimentaire basée à Bejaia, c'est une marque commerciale donnée aux produits des eaux minérales de boissons fruités et des boissons gazéifiées.

La limonadière Sarl SPC GB est fondée en 1936 par Monsieur GADOUCHE Boualem. Les héritiers de la marque GB (les frères GADOUCHE), se sont lancés à partir de 1992 dans la commercialisation d'eau gazéifiée et de jus de fruits. En créant la marque TOUDJA.

- En 1996 l'entreprise inaugure une usine moderne de production et d'embouteillage des eaux minérales naturelles à TOUDJA, dénommée société de l'eau de TOUDJA SET.

- En 2003 l'entreprise inaugure une unité spécialisée dans la production des boissons fruitées et des boissons gazéifiées embouteillée dans des bouteilles en verre à El-Kseur, dénommé la Sarl SPC GB.

- En 2015 l'entreprise inaugure une unité spécialisée dans la production des boissons fruitées et des boissons gazéifiées embouteillée dans des bouteilles en PET à El-Kseur, dénommé Sarl UNILAIT.

Le groupe TOUDJA compte actuellement les principales unités suivantes :

- Unité spécialisée dans la production de jus 1L et 2L avec un emballage en titra pack située dans la zone industrielle de Bejaia ;
- Unité de production d'eau minérale naturelle et de jus de fruits en bouteille de PET de 0.5L et 1.5L située à TOUDJA ;
- Unité de production de concentrés de fruit et émulsion située à Toudja nommée AGHEM;
- Deux unités de production de jus de fruits, les sodas et d'eau gazéifiée aromatisée conditionnés des bouteilles de 0.25L en verre et en PET en plusieurs format 2L, 1.25L, 1L, 0.33L située à la zone industrielle d'El-Keur ;

Notre étude a été réalisée au niveau de la Sarl TOUDJA spécialisée dans la production des boissons gausseuses et des boissons fruitées conditionnés dans des bouteilles en verre. Cette unité est localisée dans la commune d'El-KSEUR située à 25 Km à l'ouest de la ville de Bejaia. Elle est limitée à au nord par la commune de TOUDJA, à l'est par la commune

d'OUED-GHIR, au sud par la commune d'AMIZOUR, à l'ouest par la commune de FENAÏA ILMATEN.

II.1.2. L'organigramme de l'entreprise TOUDJA

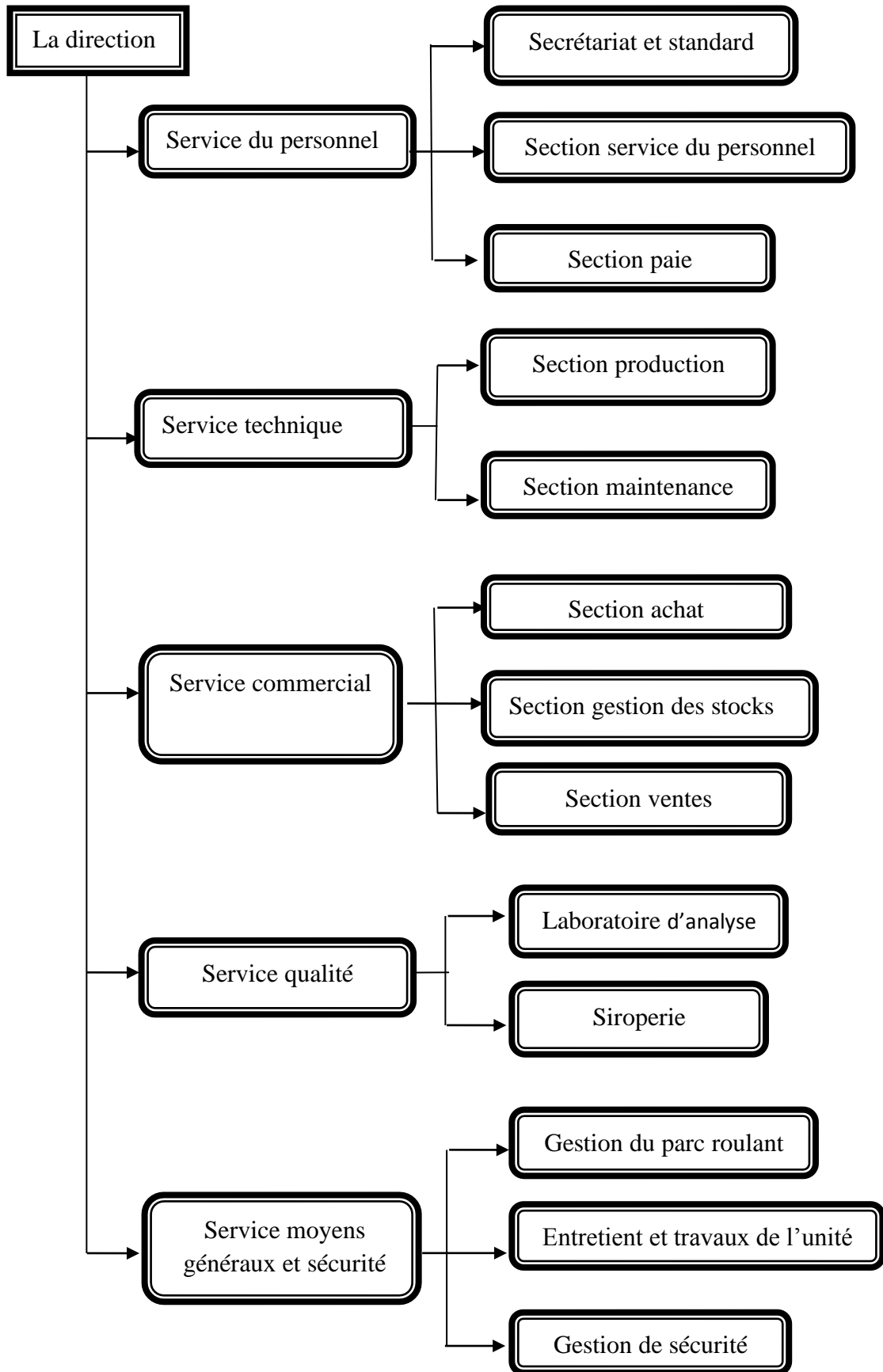


Figure II.1 : Organigramme de l'entreprise.

II.2. Les étapes d'analyse et de traitement des eaux de process

➤ Organigramme de traitement de l'eau de l'unité

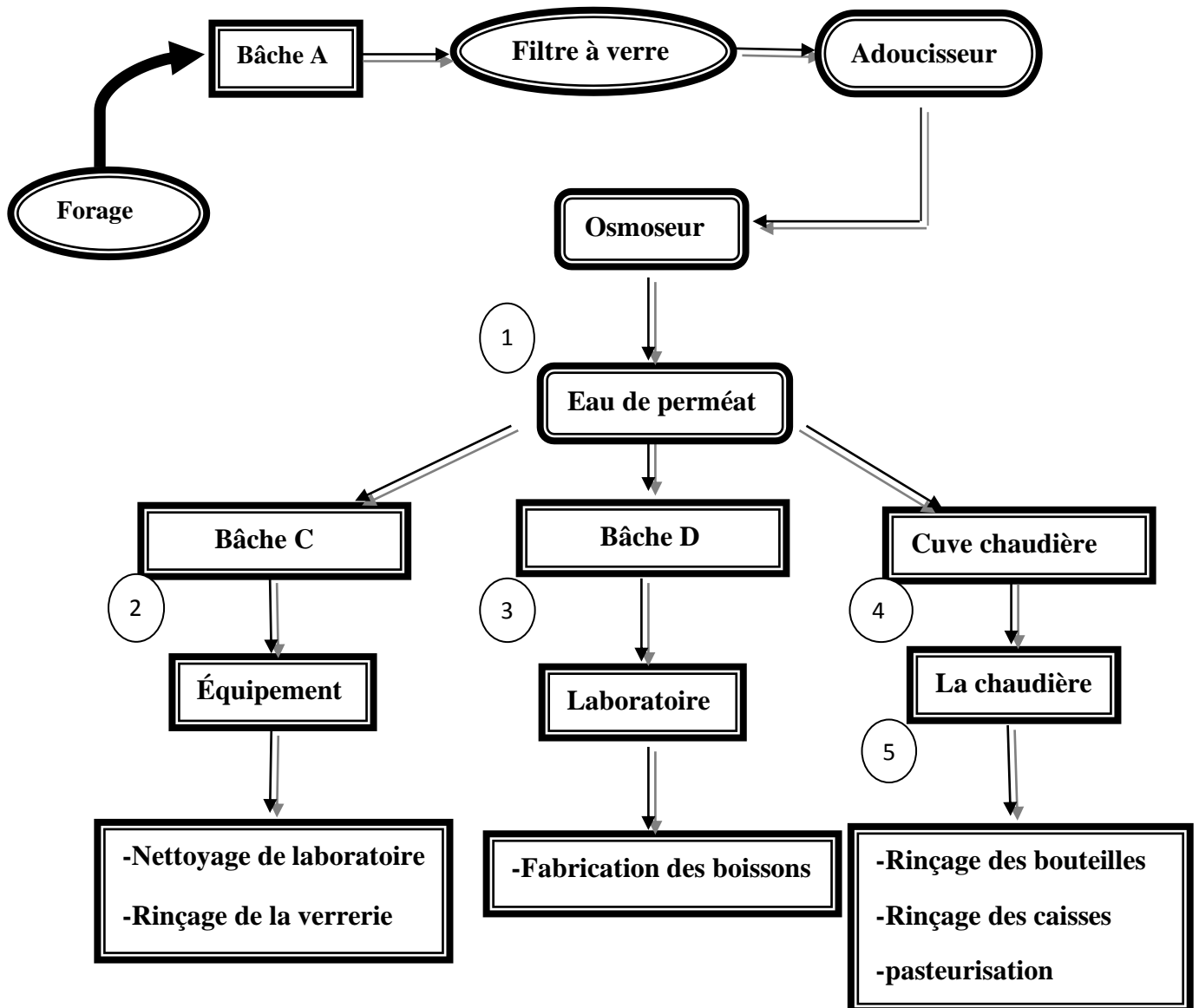


Figure II. 2 : L'organigramme de traitement des eaux.

II.2.1. L'échantillonnage

L'échantillonnage est une action qui consiste à prélever une partie considérée comme représentative d'une masse d'eau qu'en vue analyser.

Il est recommandé d'utiliser des échantillons distincts pour les analyses physico-chimiques en raison des différences entre les modalités et équipements de prélèvement et de manipulation [35]. Les différentes analyses effectuées au cours de notre travail ont été effectuées sur différents prélèvements réalisés au niveau de l'installation de traitement de l'eau de l'unité.

Le prélèvement s'effectue dans des bouteilles en verre étiquetée et bien propre, il consiste à ouvrir une vanne de sortie d'eau, puis laisser couler l'eau quelques instants et puis faire le prélèvement, les échantillons récupérés sont ensuite acheminés au laboratoire pour l'analyse.

Les eaux concernées par les prélèvements sont : l'eau de perméat (1), l'eau de la bêche C (2), l'eau de la bêche D (3), l'eau de la cuve chaudière (4) et l'eau de la chaudière (5). L'analyse s'effectue au moins sur un prélèvement (un échantillon) par 24h.

II.2.2. Mesure de potentiel hydrogène pH

La détermination du pH 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 a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre étalonné.

➤ Principe

La détermination du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre l'électrode de mesure (électrode de verre) et une électrode de référence à potentiel connu (électrode au calomel à concentration saturée en KCl) [10].

➤ Mode opératoire

- Brancher le pH mètre après avoir installé l'électrode à l'entrée correspondante sur l'appareil, et le laisser réchauffer quelques minutes ;
- Etalonner l'appareil à l'aide des deux solutions tampon (pH= 4 et pH= 7) ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée en introduisant la sonde à l'intérieur de bécher qui contient l'eau à analyser ;
- Laisser l'électrode se stabiliser pendant quelque seconde ;
- Noter la valeur affichée sur l'écran de pH-mètre.

II. 2.3. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique représente la capacité d'une solution à conduire le courant électrique par les ions. Celle-ci varie en fonction de la nature et de la concentration des ions présents dans la solution.

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, cet ensemble est appelé cellule conductimétrique.

➤ Mode opératoire

Les mesures de conductivité s'effectuent sous agitation magnétique.

- Remplir un bécher de 50 ml avec l'eau 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.2.4. Mesure de TA et de TAC

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 (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-).

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

➤ Le principe

La détermination du TA et TAC, permet d'évaluer les teneurs en bicarbonate et hydroxyde alcalin et alcalino-terreux. La décoloration de la phénolphthaléine se produit à un pH inférieur à 8,3, c'est-à-dire lorsque l'anhydride carbonique à l'état libre (CO_2) commence à apparaître dans la solution [10].

• Titre alcalimétrique (TA)

Le TA permet de connaître la teneur en hydroxydes et la moitié de la teneur en carbonates présents [10]

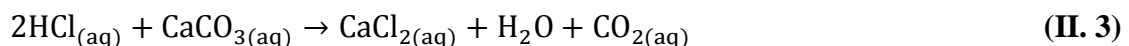
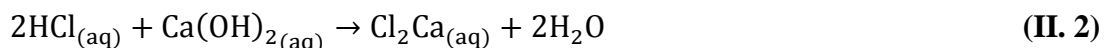
$$TA = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2}[\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{II.1})$$

➤ Mode opératoire

- Introduire 20mL d'eau de la chaudière dans un bêcher ;
- Ajouter 03 gouttes de solution d'indicateur coloré (phénolphthaléine) ;
- Titrer avec l'acide chloridrique HCl (0,5N) jusqu'à la disparition de la couleur rose ;
- Noter le volume d'acide versé.

Remarque : la solution est conservée pour la détermination de l'alcalinité totale.

➤ Les réactions chimiques



➤ Expression des résultats

$$TA(^{\circ}\text{F}) = \text{chute de la burette} \times 250 \quad (\text{Voir l'annexe}) \quad (\text{II. 4})$$

• Titre alcalimétrique complet

Le TAC permet de connaître la teneur totale en hydroxydes, carbonates, hydrogencarbonates alcalins et alcalino-terreux [10].

$$TAC = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad (\text{II. 5})$$

➤ Mode opératoire

- Ajouter quelques gouttes de solution d'indicateur de méthyle orange à la solution sur laquelle a été déterminée le TA ;
- Continuer à titrer avec la solution d'acide chloridrique HCl (0,5N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique ;
- Noter le volume total d'acide versé.

Expression des Résultats

$$TH(^{\circ}F) = \text{chute burette} \times 4 \quad (\text{Voir l'annexe}) \quad (\text{II. 11})$$

II.2.6. Taux des chlorures

La détermination de taux de des chlorures se fait par un titrage au nitrate d'argent avec chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)

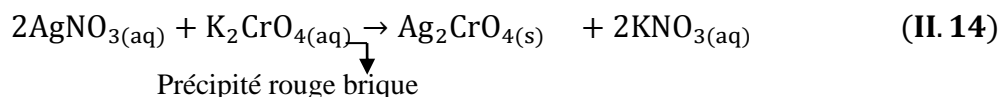
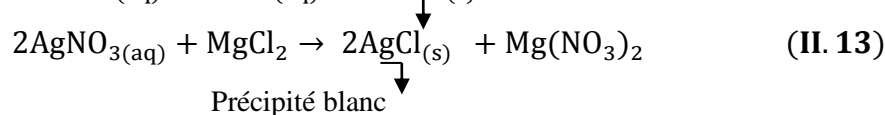
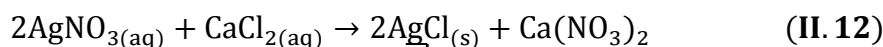
➤ Principe

Le principe est de précipiter les chlorures par la solution de nitrate d'argent AgNO_3 en présence de chromate de potassium en donnant un précipité rouge de chromate d'argent.

Le nitrite d'argent en excès réagit avec le chrome de potassium en donnant un précipité rouge de chromate d'argent [12].

➤ Mode opératoire

- Introduire 20mL d'échantillon dans un bêcher ;
- Ajouter quelques gouttes de phénophtaléine ;
- Titrer avec l'HCl jusqu'à la décoloration ;
- Ajouter quelques gouttes de bichromate de potassium K_2CrO_4 comme indicateur colorée ;
- Titrer avec le nitrate d'argent AgNO_3 jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique et un précipité blanc.

➤ Réactions chimiques**➤ Expression des résultats**

$$\text{Cl}^-(\text{mg/l}) = \text{chute de la burette} \times 4 \quad (\text{voir l'annexe}) \quad (\text{II.15})$$

II. 2.7. Mesure de chlore**• Principe**

Le Kit-chlore permet de mesurer instantanément le taux de chlore dans l'eau par colorimétrie (comparaison avec une échelle de couleurs témoins). Il contient également les pastilles DPD pour l'analyse de chlore. Les comprimés sont emballés individuellement, afin de les extraire sans les toucher pour ne pas fausser les résultats.

• Mode opératoire

- Remplir le contenant avec l'eau à tester ;
- Mêtrer un comprimé (chlore) dans le contenant ;
- Assurer une bonne agitation ;
- Comparer la couleur obtenue à l'échelle des couleurs imprimées.



Figure II.3 : Kit-chlore et pastilles DPD.

II.3. Processus de fabrication des boissons non gazeuses

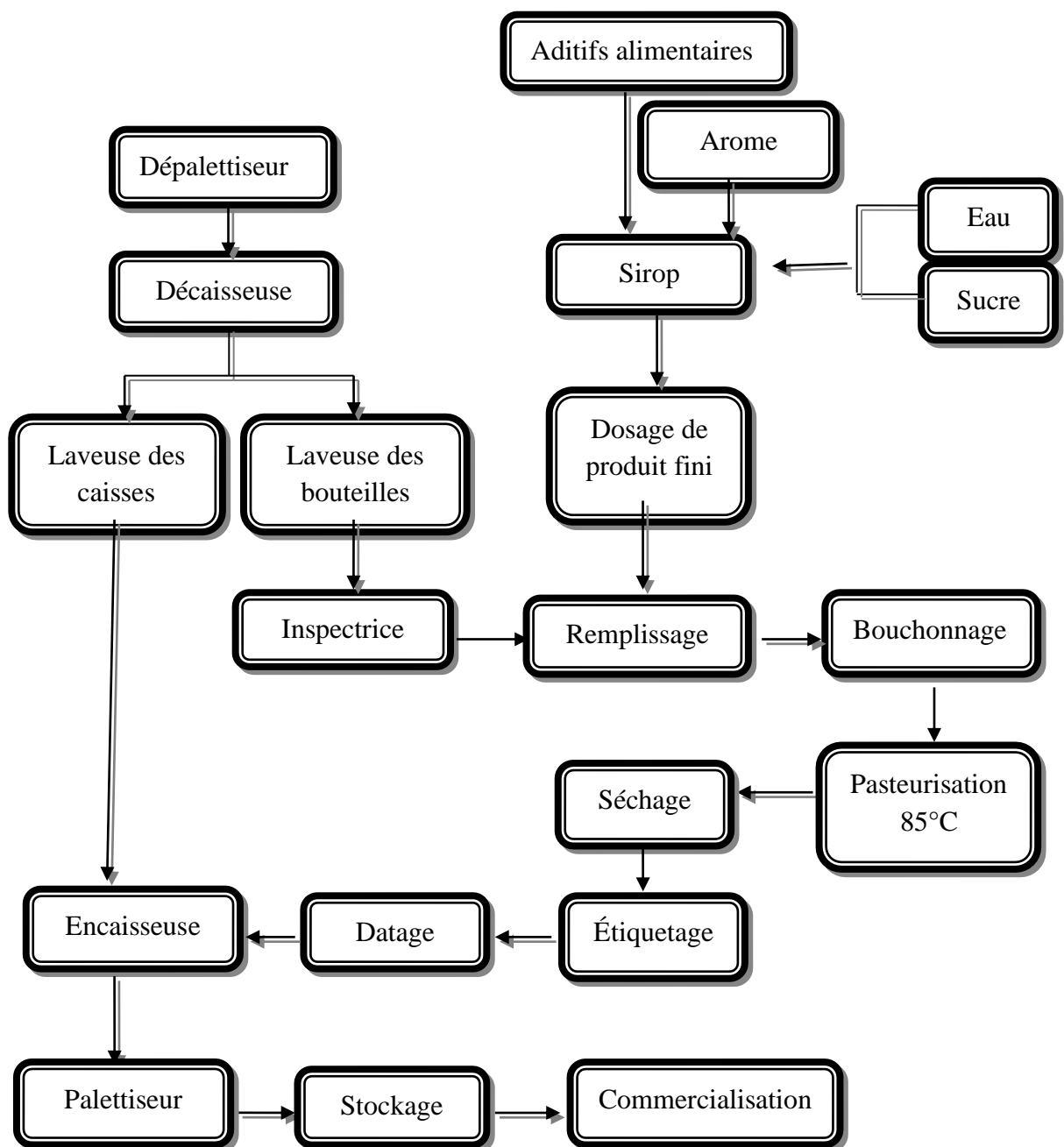


Figure II.4 : Diagramme de fabrication des boissons non gazeuses

II.4. Processus de fabrication des boissons gazeuses

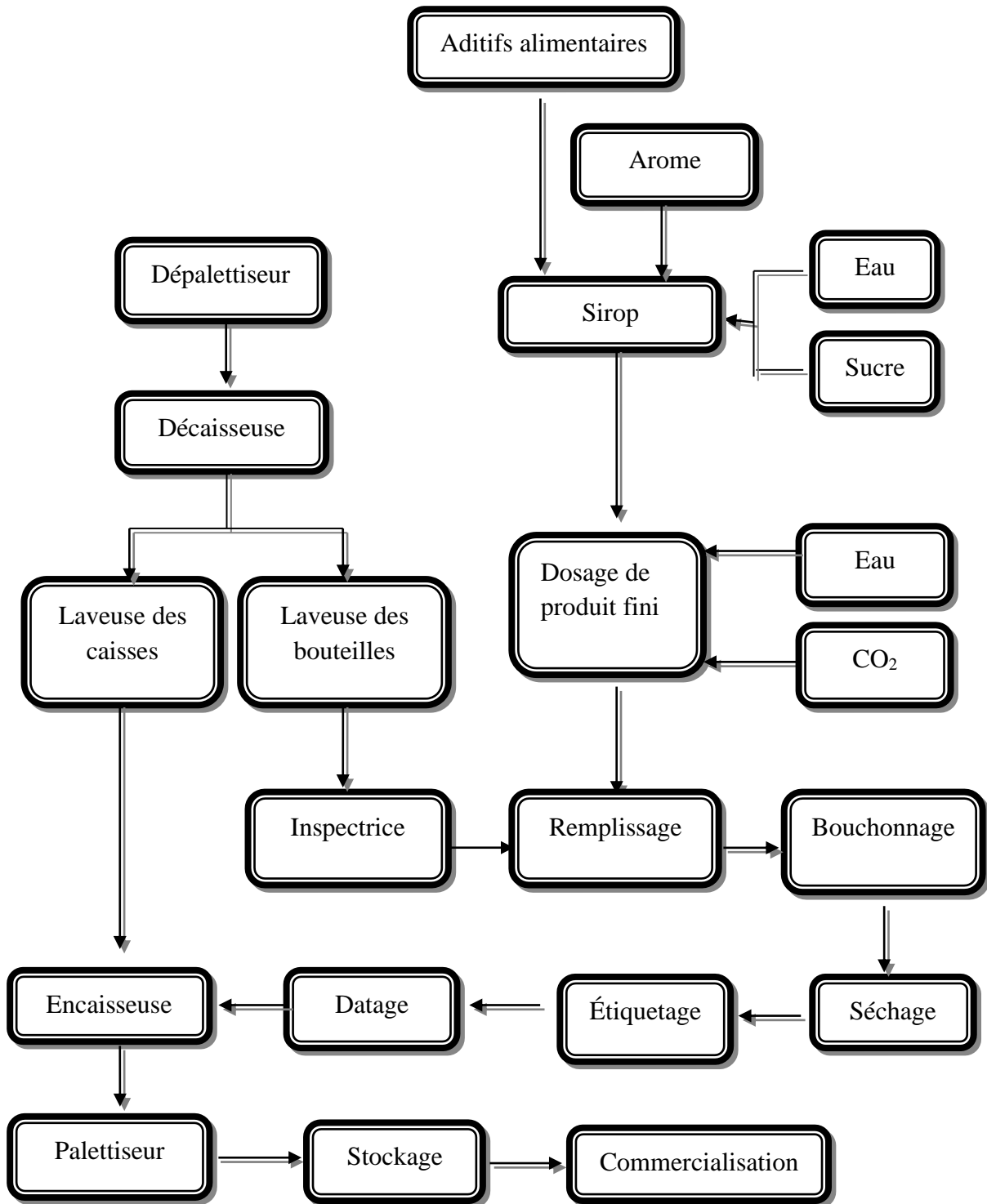


Figure II.5 : Diagramme de fabrication des boissons gazeuses.

II.5. Analyses physico-chimiques des boissons

II.5.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est une étape importante dans l'analyse des denrées alimentaires, du fait qu'il influence en partie la fiabilité des résultats.

Pour cela, on a effectué un échantillonnage au hasard en prélevant des bouteilles de différentes heures de fabrication à partir de la ligne de production. La taille de l'échantillon est de 5 bouteilles par jour pour les analyses physico-chimiques des boissons.

II.5.2. Mesure de pH

• Mode opératoire

- Plonger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon à analyser ;
- Laisser stabiliser l'électrode pendant quelques secondes ;
- Noter la valeur affichée.

II.5.3. Détermination du Brix

Le degré Brix est la quantité du sucre en gramme contenu dans 100 g de solution, sa détermination est réalisée à l'aide d'un réfractomètre (figure II. 6).

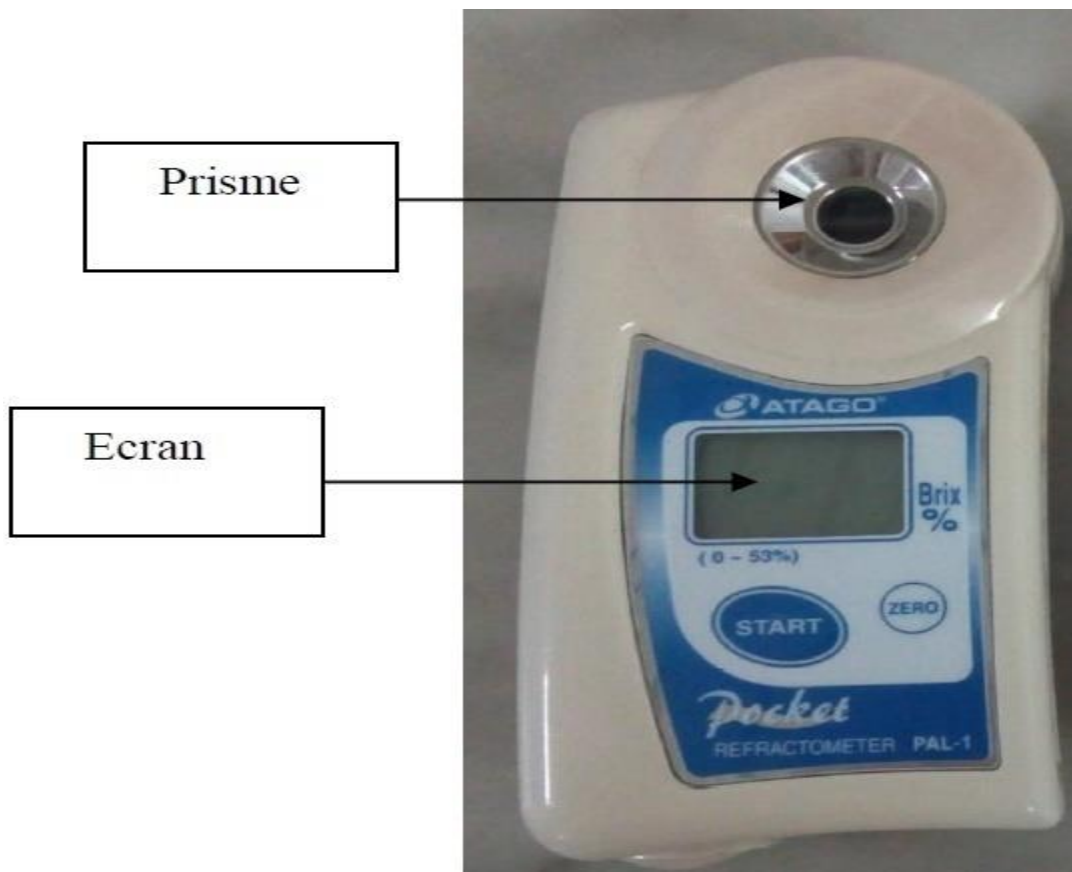


Figure II.6 : Réfractomètre électronique portable.

• Principe

L'appareil utilisé pour la mesure du degré Brix est un réfractomètre qui sert à déterminer l'indice de réfraction. Il doit être préalablement étalonné. L'analyse consiste à déposer sur le prisme du réfractomètre quelques gouttes de l'échantillon à analyser et le résultat est directement lu sur l'écran de l'appareil.

• Mode opératoire

- Tout d'abord, on étalonne le réfractomètre avec l'eau distillée, puis on le sèche avec du papier absorbant ;
- Déposer une quantité de l'échantillon à analyser sur le prisme du réfractomètre ;
- Laisser stabiliser pendant quelques secondes ;
- Noter la valeur affichée sur l'écran (% massique).

II.5.5. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable représente la concentration totale d'acide présent dans le produit, elle est déterminée par titrage avec une base. Tous les ions hydrogène sont neutralisés qu'ils soient ionisés ou non. L'acidité totale d'une boisson gazeuse est la somme des acides existant dans celle-ci.

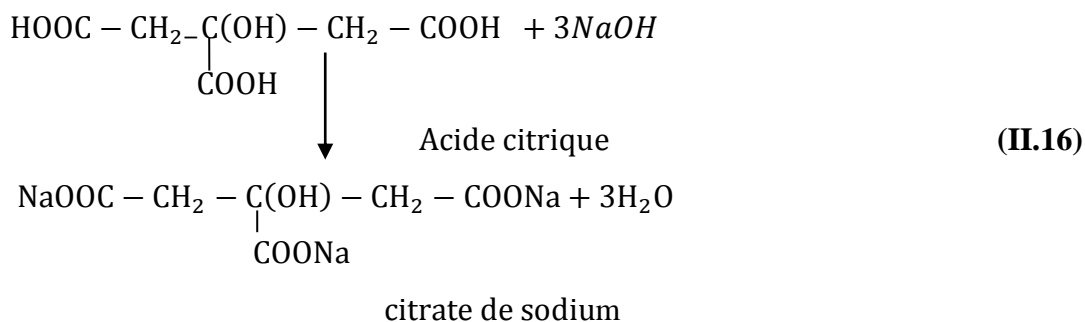
• Principe

Le titrage de l'échantillon de boisson une fois dégazéifiée (dans le cas des sodas) se fait avec une solution de soude (NaOH), le point équivalent est déterminé en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.

• Mode opératoire

- Introduire 10mL d'échantillon à l'aide d'une pipette dans un bécher, et ajouter 40mL de l'eau distillée ;
- Ajouter quelques gouttes de phénolphaléine ;
- Mètre la sonde de pH-mètre dans la solution ;
- Titrer avec la soude NaOH (0,1N) jusqu'à l'obtention d'un pH = 8.32.

• Réaction chimique



• Expression de résultat

$$\text{Ac} = \text{chute de burette} \times 0,64 \quad (\text{Voir l'annexe}) \quad (\text{II.17})$$

II.5.6. La densité

• Principe

La mesure de la densité se fait à l'aide d'un densitomètre plongé directement dans la solution.

• Mode opératoire

- Introduire 250ml de la boisson dans l'éprouvette ;
- Introduit le densitomètre soigneusement dans l'éprouvette sans toucher les parois ;
- Laisser le densitomètre se stabiliser pendant quelque seconde ;
- Lire la valeur.

II.5.7. Détermination du taux de CO₂ (dans le cas des sodas)

➤ Principe

Le principe consiste à mesurer en g/l la quantité de CO₂ présente dans les boissons gazeuses.

• La mesure de la pression

Un dispositif spécial a été utilisé pour vérifier la pression de CO₂ à l'intérieur des bouteilles scellées, cet appareil est formé d'un corps, une partie mobile, un anneau en caoutchouc, une aiguille de perçage, un manomètre et un mécanisme d'étanchéité (figure II.7).

Le corps du manomètre est maintenu sur la partie supérieure de la bouteille, verticalement, permettant à l'anneau en caoutchouc et l'aiguille à se fixer sur le bouchon de la bouteille. En appuyant sur le mécanisme d'étanchéité, l'aiguille pénètre dans le bouchon jusqu'à l'espace au-dessus du liquide. Sur ce chemin, le manomètre indique la pression de cet espace [32].



Figure II.7 : Testeur de pression de CO₂ dans les bouteilles de boisson gazeuses.

• Mesure de la température

Pour déterminer la température de l'échantillon, on introduit le thermomètre et on attend quelques secondes avant la lecture. La température est donnée en °C. Cette mesure peut se faire également par le testeur de dioxyde de carbone qui mesure au même temps la pression totale et la température.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Toutes les denrées alimentaires se détériorent normalement pendant le stockage, notamment les boissons qui comportent un produit très sensible aux altérations.

La détérioration de la qualité du produit peut être le résultat d'effets de changement des facteurs physico-chimiques et la qualité d'eau utilisée pendant la fabrication des boissons.

Les résultats d'analyses physico-chimiques réalisées pour l'eau de process et les boissons de la SARL Toudja sont exposés dans ce chapitre.

III. 1. L'analyse de l'eau de process

Pour vérifier la qualité de l'eau de process et l'efficacité des techniques de traitement appliquées au sein de l'entreprise, nous avons effectués plusieurs analyses sur les différentes eaux du process, les résultats de ces analyses sont regroupés dans les tableaux ci-dessous qui regroupent les résultats d'analyses de pH, TH, de la conductivité, TA, TAC et les chlorures pour les différentes eaux du procédé de fabrication.

III.1.1. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau du perméat

Les analyses de ces différents paramètres pour les différentes eaux de process ont été réalisées sur plusieurs échantillons prélevés dans des journées différentes.

Tableau III.1 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de perméat.

Echantillon	PH	TH (°F)	Conductivité (µs/cm)
Norme	5 - 6	0 - 2	
17/02/2021	5,85	2	276
18/02/2021	5,7	1,6	270
21/02/2021	5,31	2	271
22/02/2021	5,82	2	295
23/02/2021	5,81	0,8	279
24/02/2021	5,56	2	278
25/02/2021	5,59	2	270
28/02/2021	6	1,2	/
01/03/2021	5,59	2	/
02/03/2021	5,55	1,2	/
03/03/2021	5,41	1,2	/
04/03/2021	5,66	1,6	/

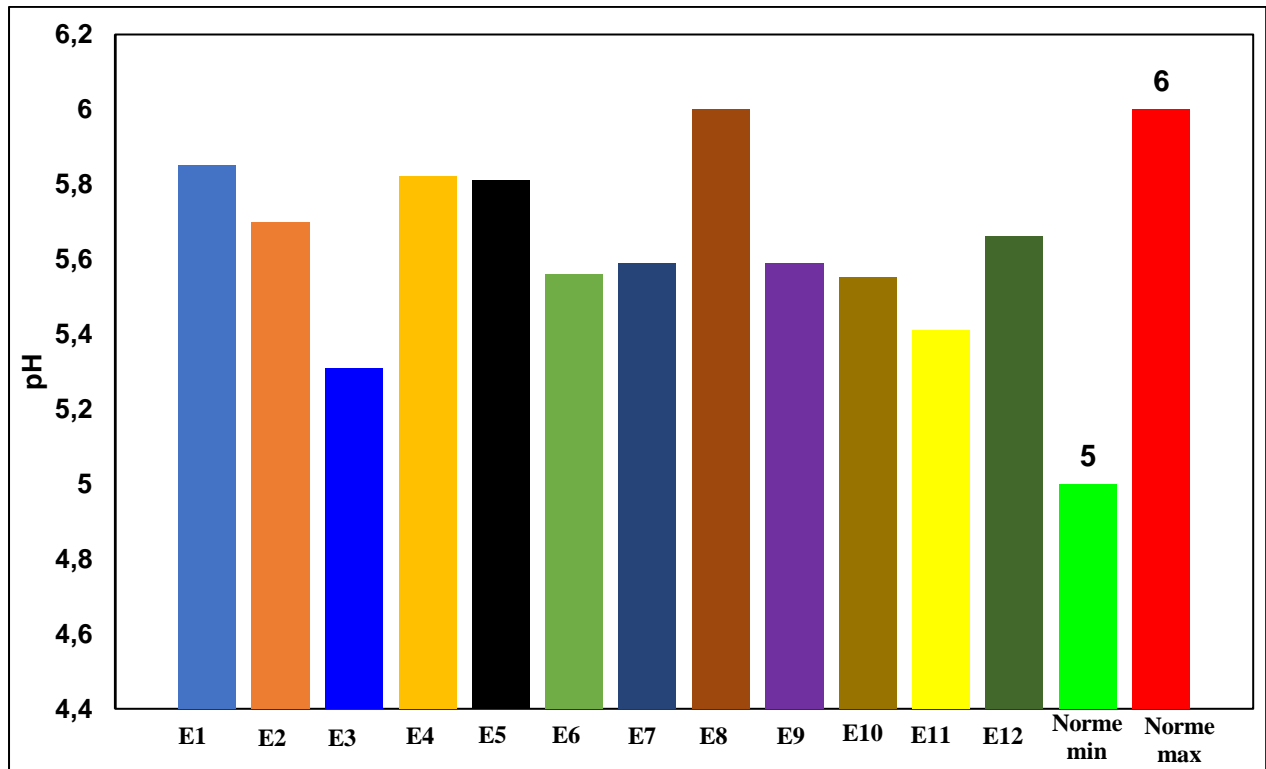


Figure III. 1 : Variation du pH pour l'eau du perméat.

A partir de la [figure III.1](#), on constate que les valeurs du pH des différents échantillons varient entre 5,31 et 6. Ces valeurs sont toutes dans l'intervalle de la norme exigé par l'organisme (5 – 6). Les valeurs de pH inférieures à 6 signifient que l'eau de perméat est acide et que cette eau est pauvre en sels minéraux et riche en H^+ .

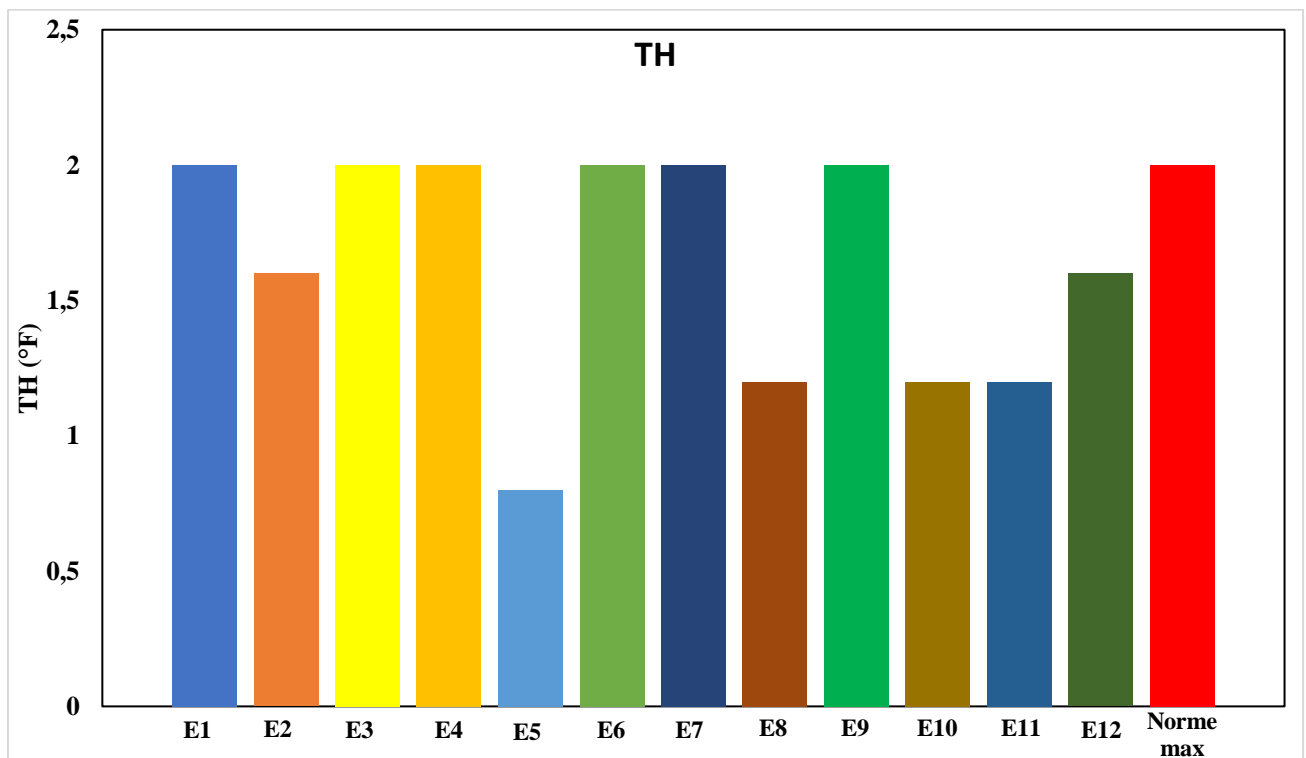


Figure. III. 2 : Variation du TH pour l'eau du perméat.

La figure.III.2 qui représente la variation de TH de l'eau de perméat, montre clairement que les valeurs de TH des 12 échantillons analysés sont conformes à la norme exigée par l'organisme 0 - 2 °F, avec des valeurs qui varient entre 0.8°F et 2°F.

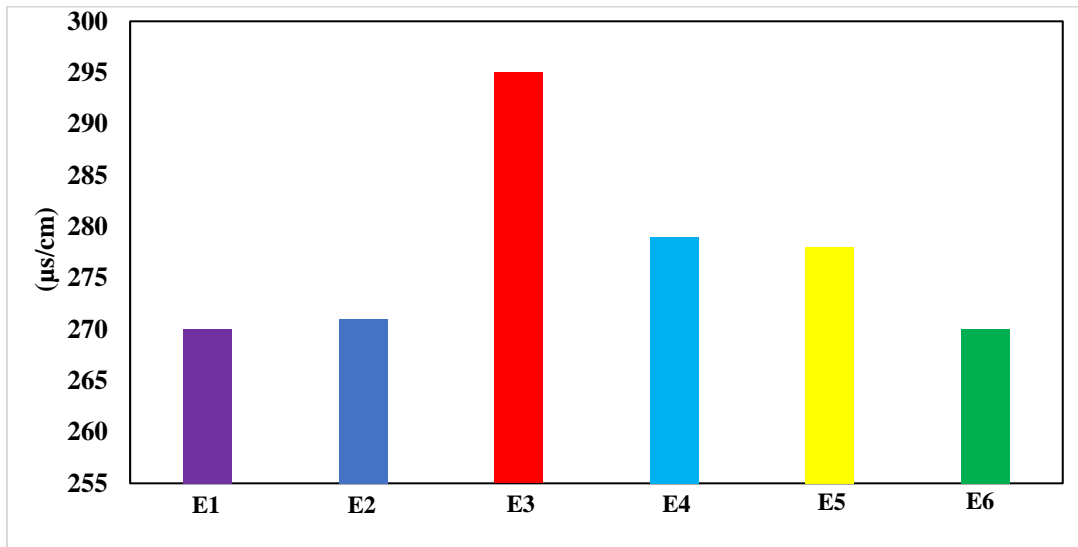


Figure III. 3 : Variation de la conductivité pour l'eau du perméat.

Toutes les mesures de la conductivité des différentes eaux de process ont été réalisées sur six à sept échantillons. Sur la figure.III.3 on remarque une variation de la conductivité des échantillons d'eau de perméat entre 270 et 295(µs/cm), cette légère variation peut être expliquée par le changement de la concentration en ions de cette eau.

III.1.2. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la bache C

Tableau III. 2 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la bache C.

Echantillon	PH	TH (°F)	Conductivité (µs/cm)
Norme	6-8	8-9	
17/02/2021	6,58	10	671
18/02/2021	6,43	6,4	527
21/02/2021	6,39	8,8	590
22/02/2021	6,51	8,8	606
23/02/2021	6,33	8	595
24/02/2021	6,08	6	493
25/02/2021	6,05	10	540
28/02/2021	6,16	7,2	/
01/03/2021	6,15	8,8	/
02/03/2021	6,28	6,8	/
03/03/2021	6	6,8	/
04/03/2021	6,25	6,4	/

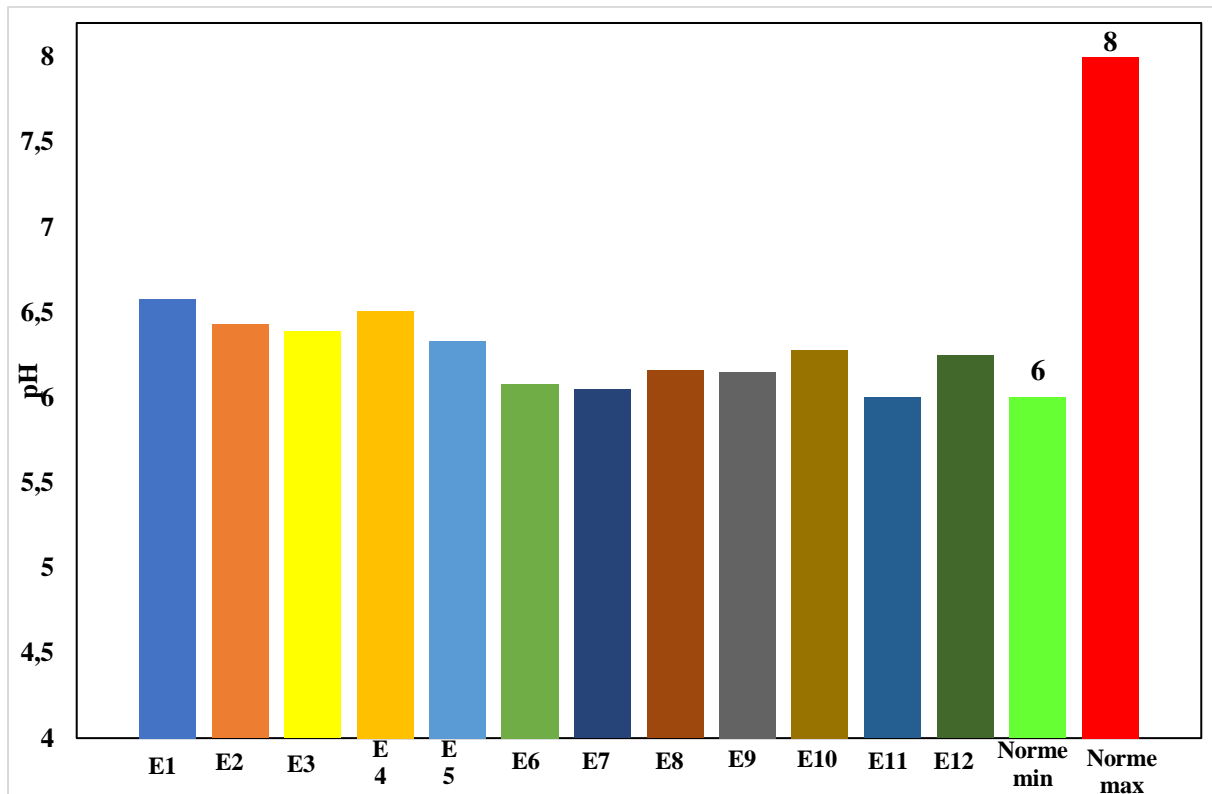


Figure. III. 4 : Variation du pH pour l'eau de la bache C.

La figure III.4, montre clairement que les valeurs du pH des douze échantillons analysés sont conformes à la norme de l'entreprise (6 – 8), avec des valeurs qui varient entre 6 et 6,58 (eau peut acide).

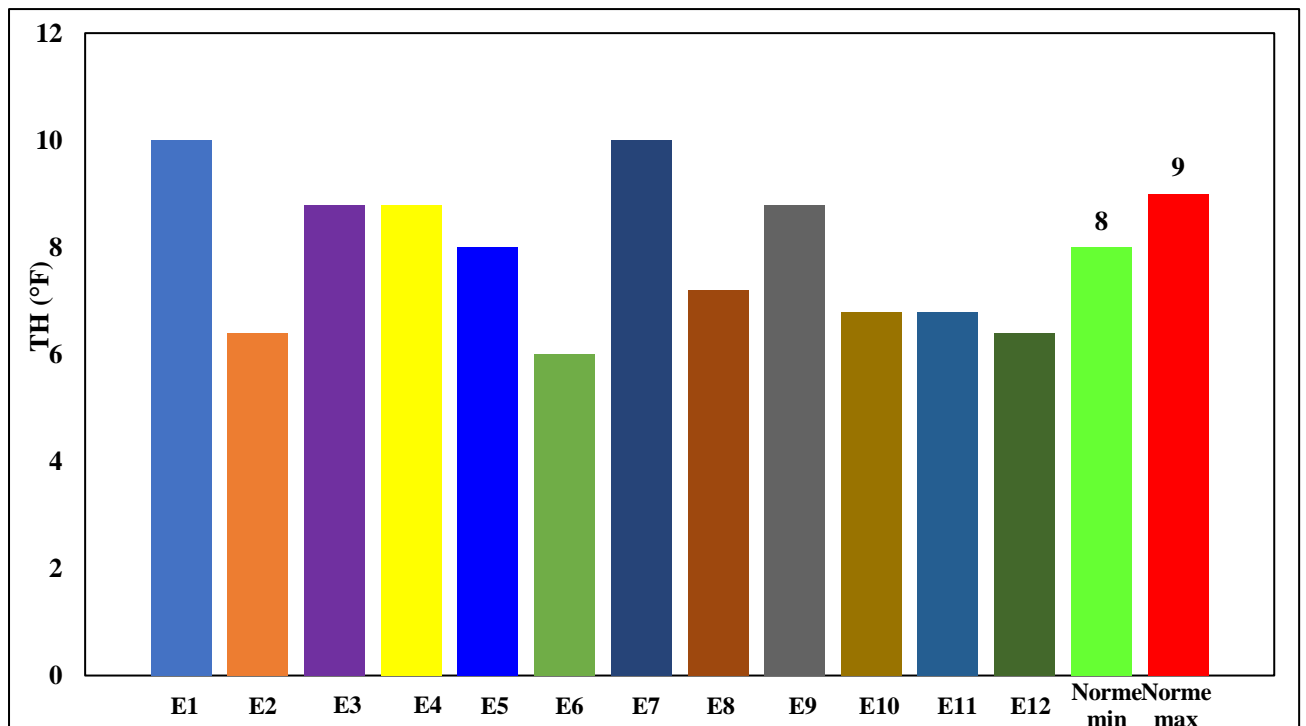


Figure. III. 5 : Variation du TH pour l'eau de la bache C.

Sur la figure III.5 qui représente la variation du TH de l'eau de la bache C, on remarque que les résultats varient entre 6 et 10°F. Pour cette bache, il est clair que les valeurs du TH ne sont

pas conformes à la norme de l'entreprise pour la majorité des échantillons analysés (9/12), avec des valeurs soit inférieures à la norme min (8°F), soit supérieures à la norme max (9°F).

Cela peut être expliqué par le problème de régénération de la résine de l'adoucisseur.

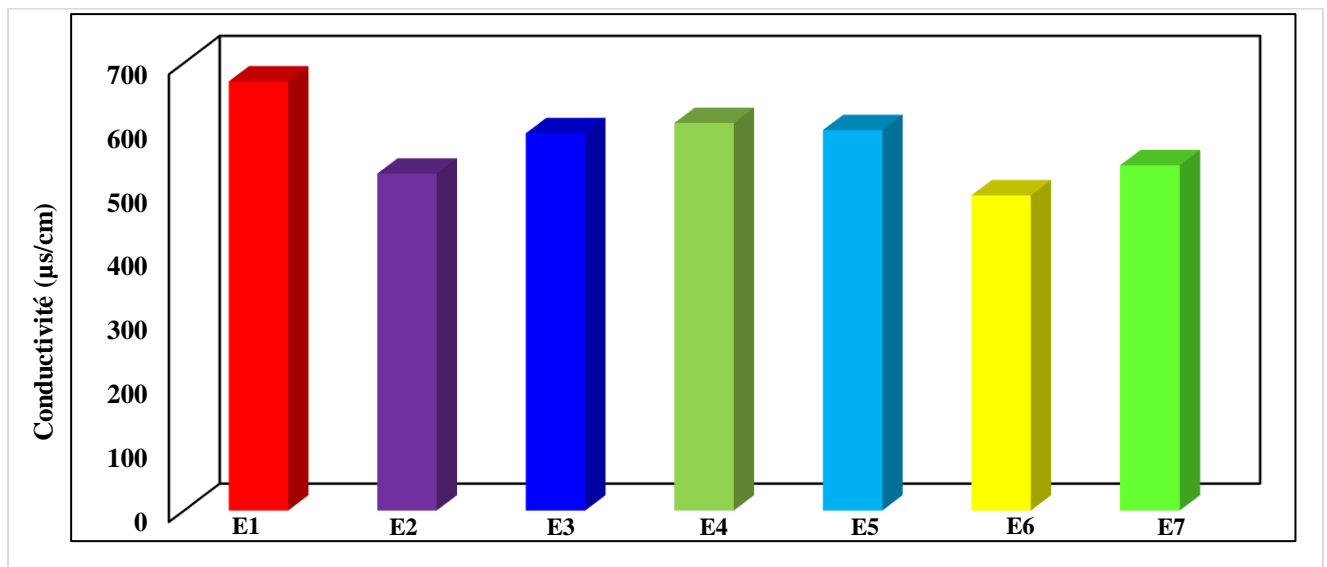


Figure. III. 6 : Variation de la conductivité pour l'eau de la bache C.

D'après la figure III.6, les mesures de la conductivité réalisées sur les sept échantillons d'eau de la bache C varient entre 493 et 671 (µs/cm). Ces valeurs sont supérieures à celle de l'eau du perméat, cela peut être expliqué par la présence de sels sous forme ionique.

III.1.3. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la bache D

Tableau III.3 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la bache D.

Echantillon	PH	TH (°F)	Conductivité (µs/cm)
Norme	6-7	0-2	
17/02/2021	6,83	2,4	303
18/02/2021	6,26	1,6	356
21/02/2021	6,55	2	301
22/02/2021	6.65	2,4	293
23/02/2021	6,69	1,2	296
24/02/2021	6,76	2,4	295
25/02/2021	6,69	2,8	291
28/02/2021	7	1,6	/
01/03/2021	6,39	2,4	/
02/03/2021	6,82	3,2	/
03/03/2021	6,66	2,4	/
04/03/2021	6,74	2,4	/

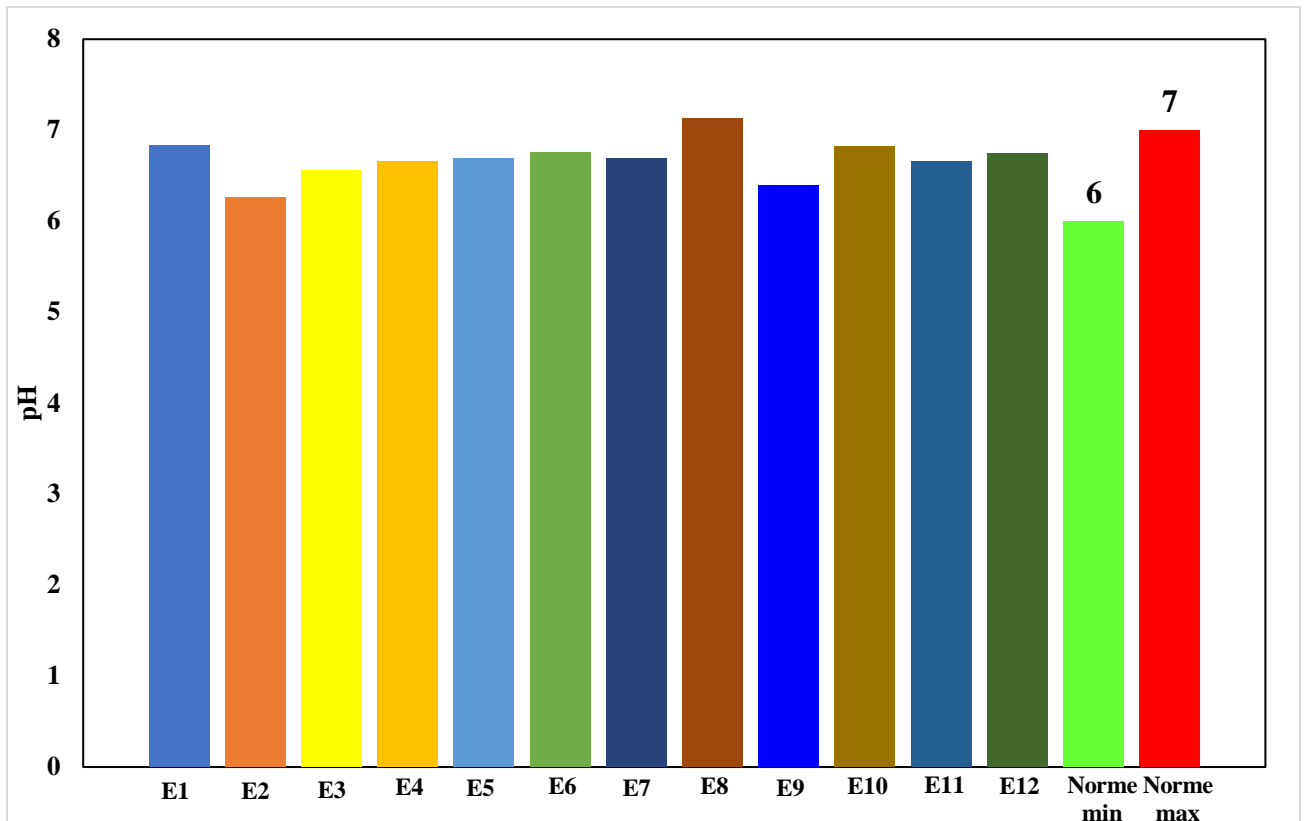


Figure III. 7 : Variation du pH pour l'eau de la bache D.

D'après la figure III.9, on remarque que les mesures du pH réalisées sur les douze échantillons d'eau de la bache D varient entre 6,26 et 7,12, elles sont toutes conformes à la norme de l'entreprise (6 - 7) sauf celle des 8èmes jours qui est légèrement supérieure à la norme.

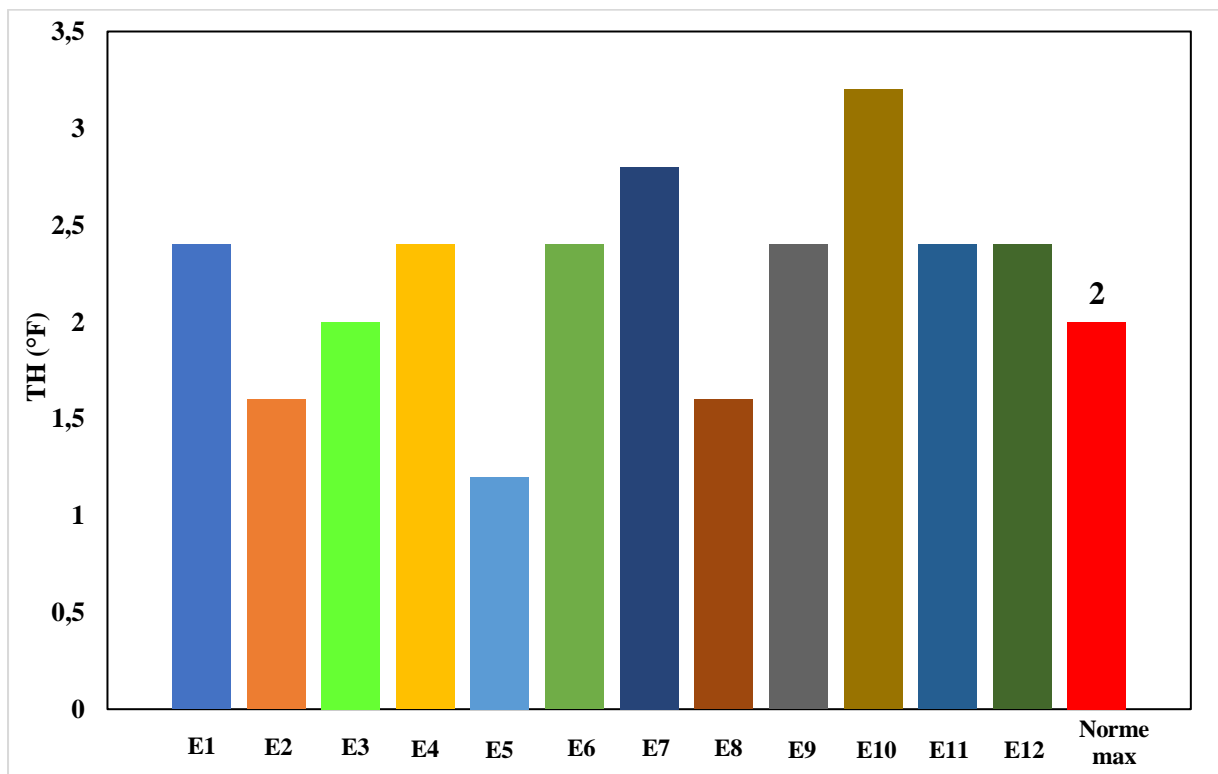


Figure III. 8 : Variation du TH pour l'eau de la bache D.

Sur la [figure III.8](#) qui représente la variation du TH de l'eau de la bache D, on remarque que les résultats varient entre 1,2 et 3,2°F. Pour cette bache on constate également que la majorité des résultats (8/12) sont supérieurs à la norme maximale fixée par l'entreprise, cela peut être également expliqué par le problème de régénération de la résine de l'adoucisseur.

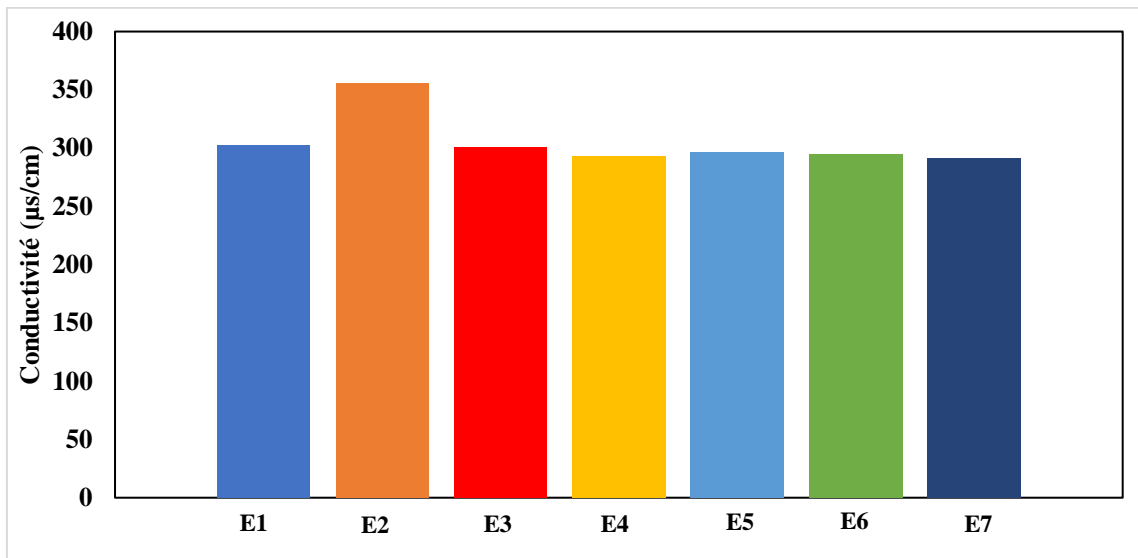


Figure. III. 9 : Variation de la conductivité pour l'eau de la bache D.

D'après la [figure III.9](#), les mesures de la conductivité réalisées sur les échantillons d'eau de la bache D varient entre 291 et 356 (µs/cm), ces valeurs sont comprises entre celles de l'eau du perméat et de la bache C.

III.1.4. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la cuve chaudière

Tableau III. 4 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la cuve chaudière.

Echantillon	pH	TH (°F)	Conductivité (µs/cm)
Norme	8-9	0-2	
17/02/2021	8,85	2,4	
18/02/2021	9,65	1,6	365
21/02/2021	8,8	2	349
22/02/2021	7,62	2	323
23/02/2021	6,26	1,2	282
24/02/2021	6,76	1,2	448
25/02/2021	10,25	1,6	439
28/02/2021	10	1,6	/
01/03/2021	10,22	1,2	/
02/03/2021	10	1,2	/
03/03/2021	10	1,6	/
04/03/2021	10,30	2,4	/

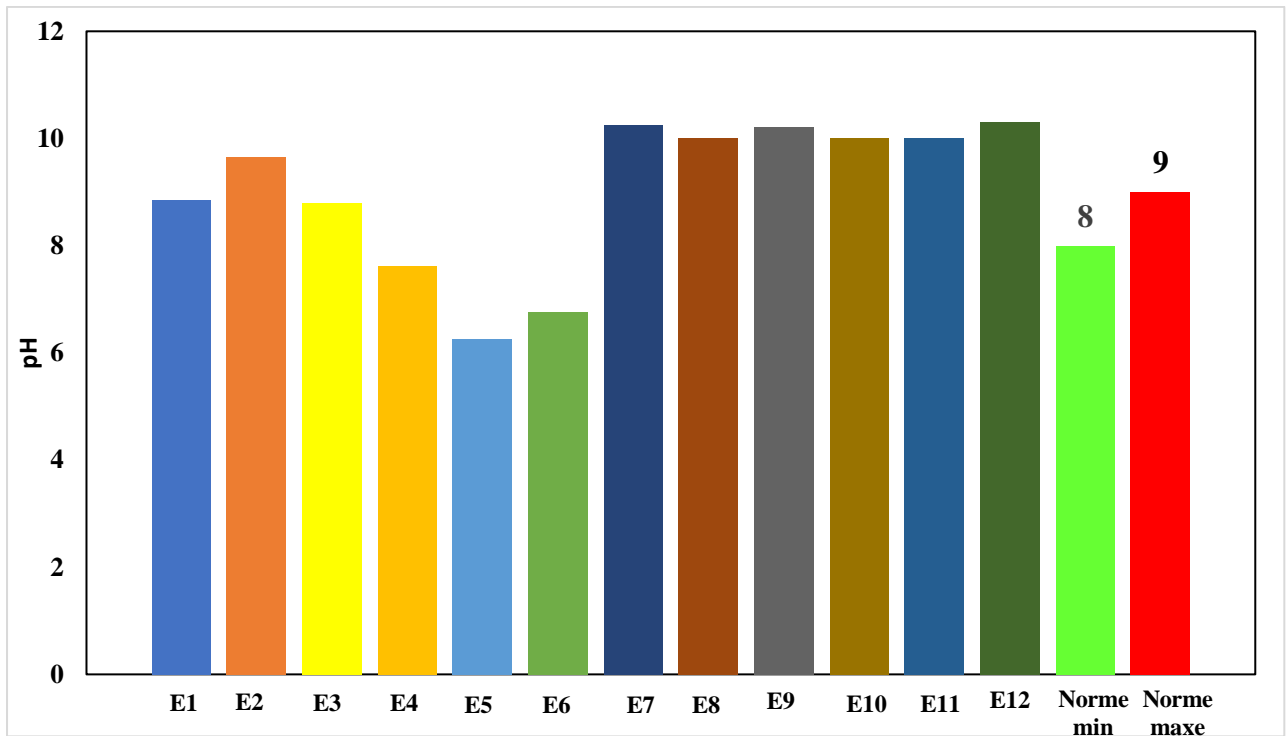


Figure III. 10 : Variation du pH pour l'eau de la cuve chaudière.

D'après cette figure (figure III.10), les mesures de pH réalisées sur les douze échantillons d'eau de la cuve chaudière varient entre 6,26 et 10,3. On remarque que (10/12) de ces échantillons sont hors norme, avec 7/12 d'échantillons supérieurs à la norme max fixée par l'entreprise, et 3/12 d'échantillons inférieurs à la norme min fixée par l'entreprise. Cette variation peut être expliquée par le fait qu'ils ajoutent pour cette cuve deux produits chimiques pour maintenir le pH de cette eau stable par l'utilisation d'une pompe doseuse pour chaque produit mais, des fois ces dernières ne fonctionnent pas convenablement ce qui induit la variation aléatoire du pH avec des valeurs hors intervalle de norme.

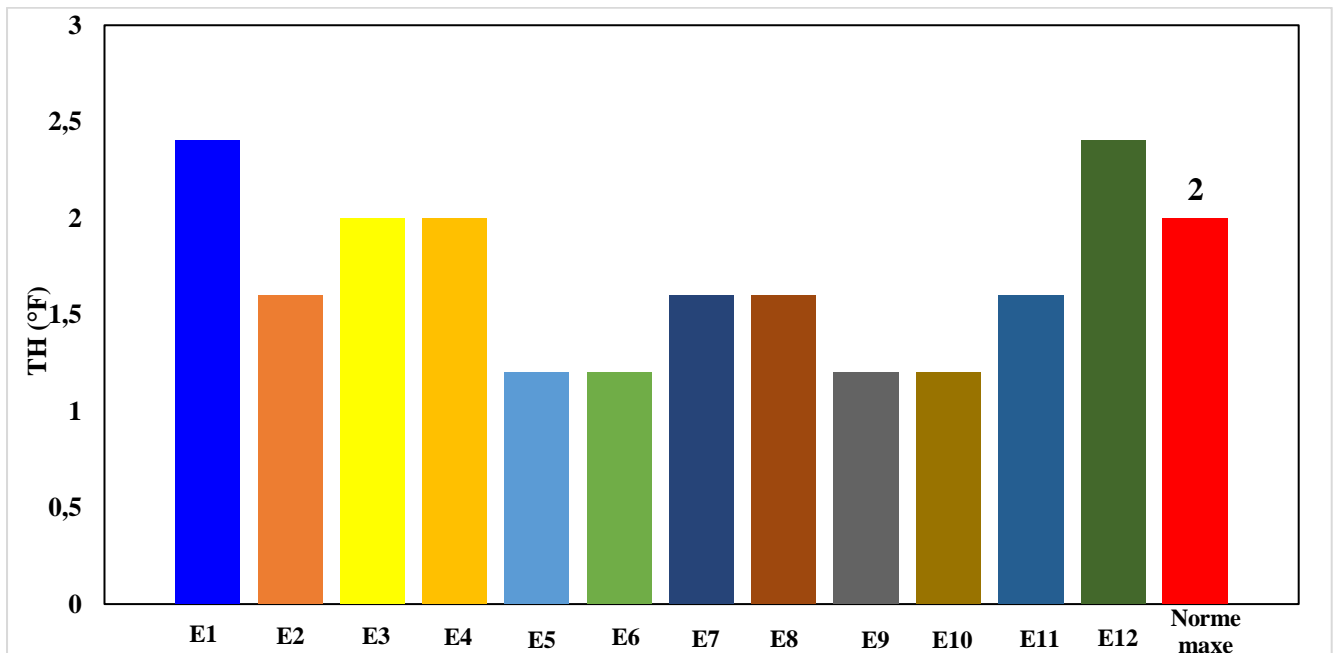


Figure III. 11 : Variation du TH pour l'eau de la cuve chaudière.

D'après la [figure III.11](#), les mesures de TH réalisées sur les douze échantillons d'eau de la cuve chaudière varient entre 1,2 et 2,4°F. Un excès de TH est enregistré les 1ers et 12èmes jours. Cela peut être expliqué pareillement par le problème de régénération de la résine de l'adoucisseur.

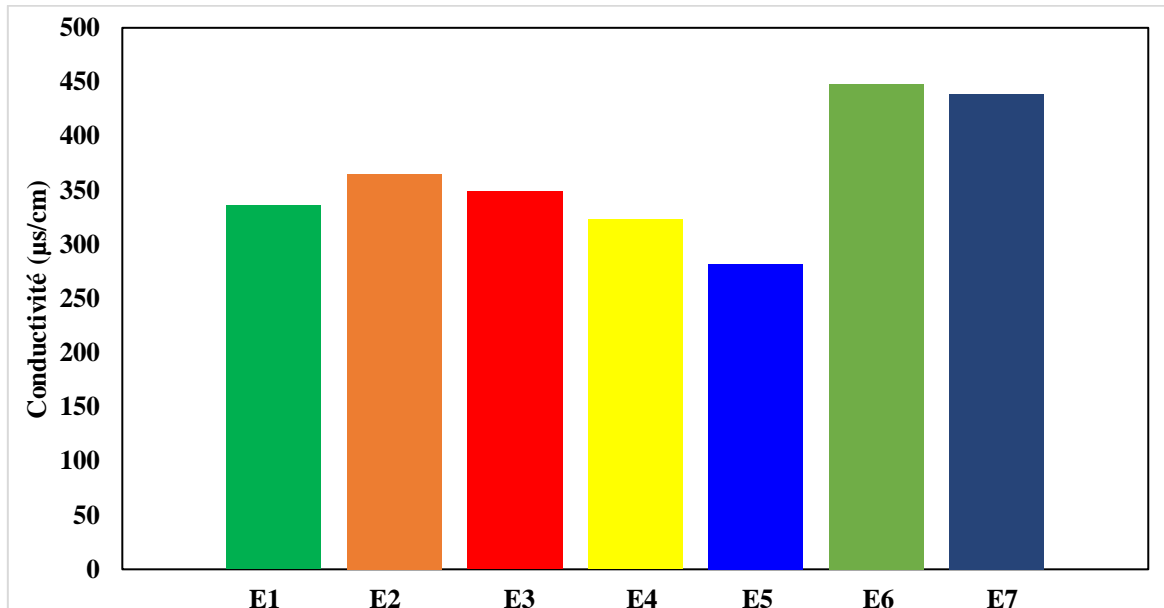


Figure III.12 : Variation de la conductivité pour l'eau de la cuve chaudière.

D'après la [figure III.12](#), les mesures de la conductivité réalisées sur les échantillons d'eau de la cuve chaudière varient entre 282 et 448(µs/cm). Ces valeurs sont moyennes par rapport aux précédentes.

III.1.5. La variation du pH, TH et la conductivité pour l'eau de la 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 III. 5 : Résultat d'analyse physico chimique de l'eau de la chaudière.

Jours	pH	TH (°F)	Conductivité (µs/cm)
Norme	10,5-12	0	
1	11,51	0	1607
2	11,22	0	1228
3	11,12	0	1215
4	11,53	0	1962
5	11,29	0	2410
6	11,65	0	3190
7	11,7	0	/
8	11,91	0	/
9	11,98	0	/
10	11,99	0	/
11	11,93	0	/
12	12,18	0	/

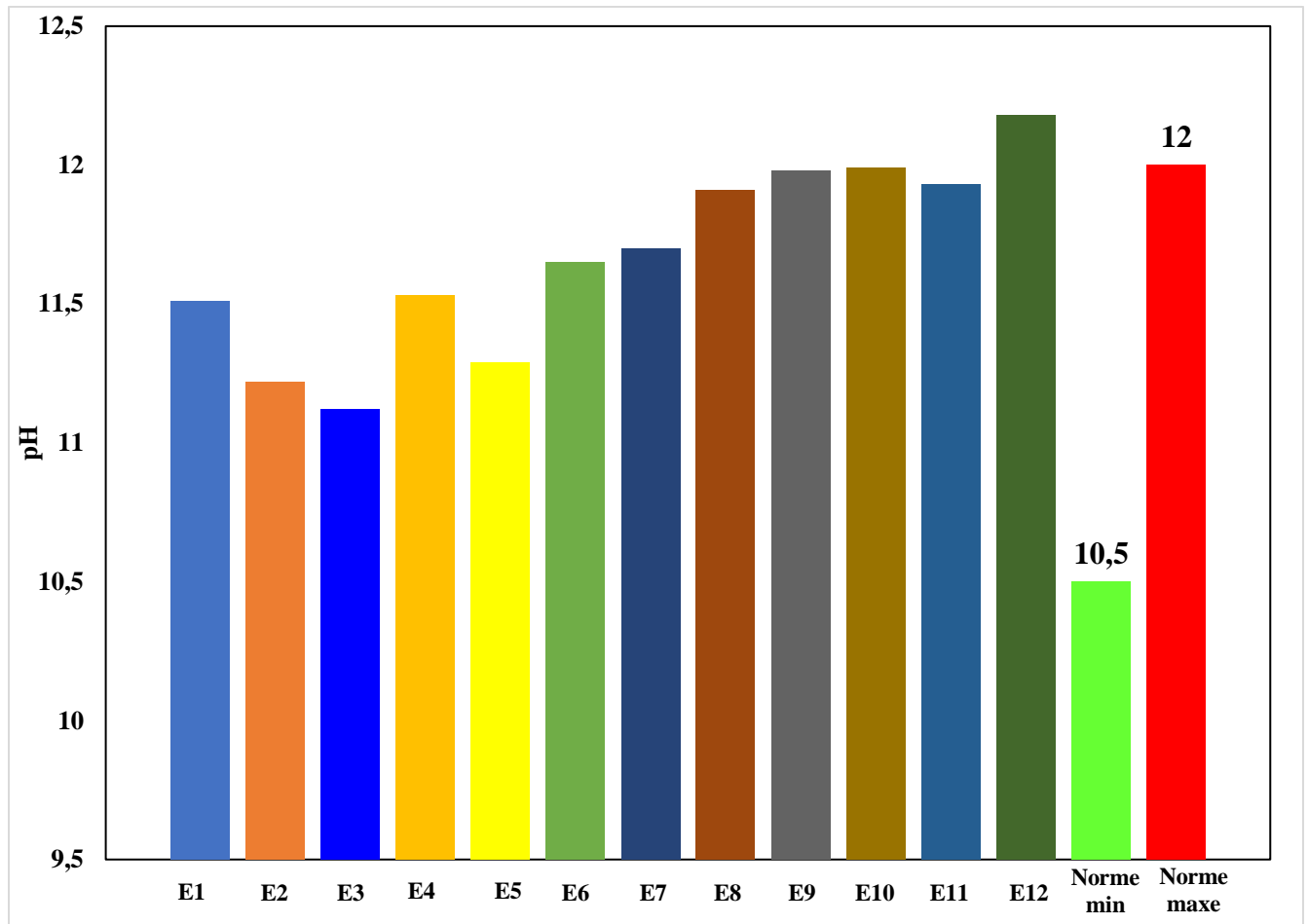


Figure III. 13 : Variation du pH pour l'eau de la chaudière.

La [figure III.13](#) qui représente la variation du pH de l'eau de la chaudière pour les douze échantillons analysés montre clairement que la valeur de pH sont toutes conformes à la norme de l'entreprise, sauf la 12^{ième} journée qui présente un très léger dépassement. D'après ces résultats on constate que l'eau de la chaudière est une eau basique, c'est une eau qui a pour effet de favoriser la formation du tartre.

Pour les mesures du TH, on remarque que la valeur du titre hydrotimétrique est nulle (0°F) pour tous les échantillons analysés, cela signifie que l'eau de la chaudière est une eau très douce. Donc la formation de tartre n'est pas favorisée.

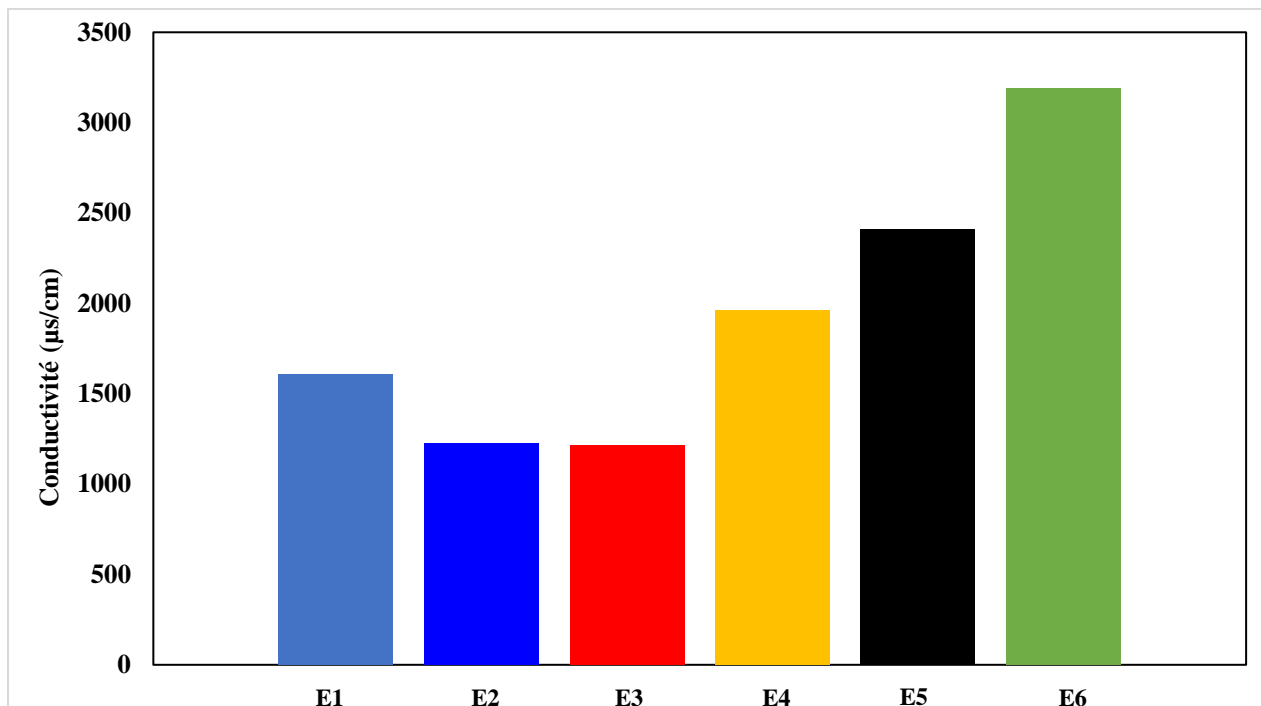


Figure III. 14 : Variation de la conductivité pour l'eau de la chaudière.

Comme le montre la figure III.14, la conductivité des eaux de la chaudière des six échantillons analysés varie entre 1215 et 3190 µS/cm, elle est très élevée on la comparant à la conductivité des différentes eaux analysées auparavant, cela peut être expliqué par la concentration élevée en sels dissous dans cette eau.

III.1.6. Evolution des valeurs moyennes du pH, TH et conductivité des différentes eaux

III.1.6.1. Les valeurs moyennes du pH

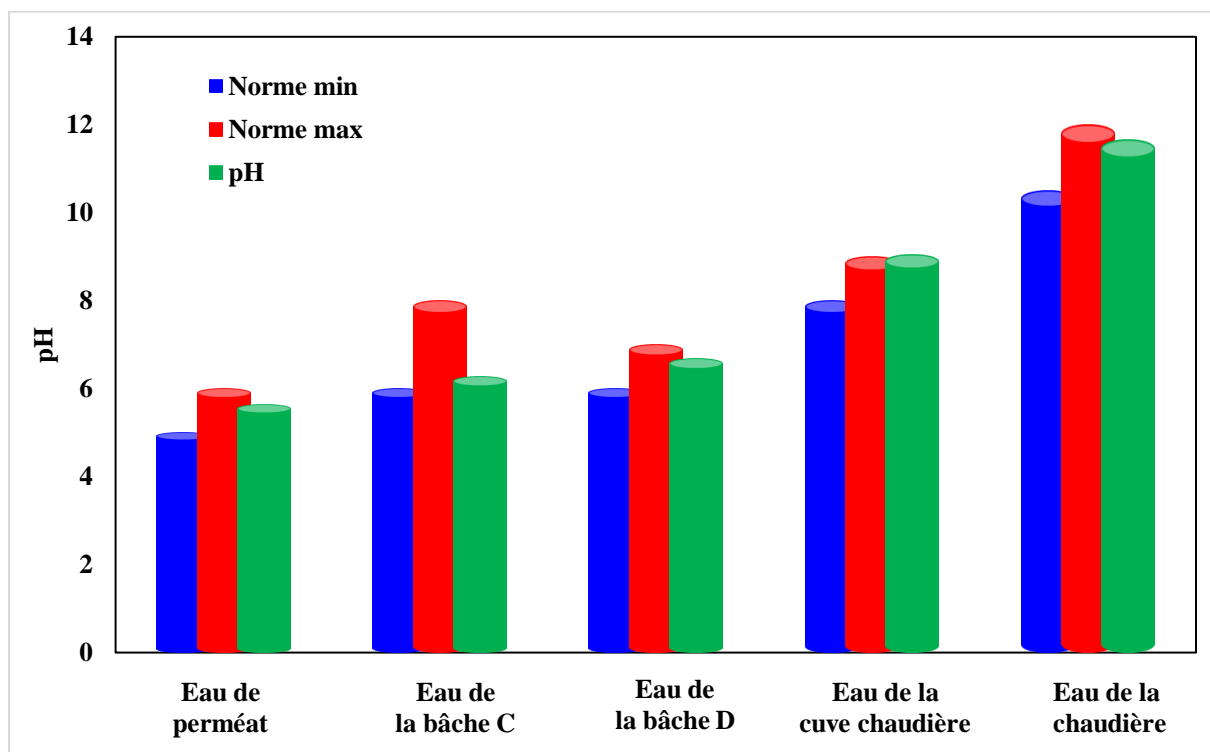


Figure III. 15 : Valeurs moyennes du pH.

Les propriétés des eaux dépendent du pH, ce dernier dépend des concentrations en ions d'hydrogène présent dans l'eau. La figure III. 15 représente les valeurs moyennes du pH pour les différentes eaux analysées, on remarque que la valeur moyenne du pH est dans la norme pour les différentes eaux.

III.1.6. 2. Les valeurs moyennes du TH

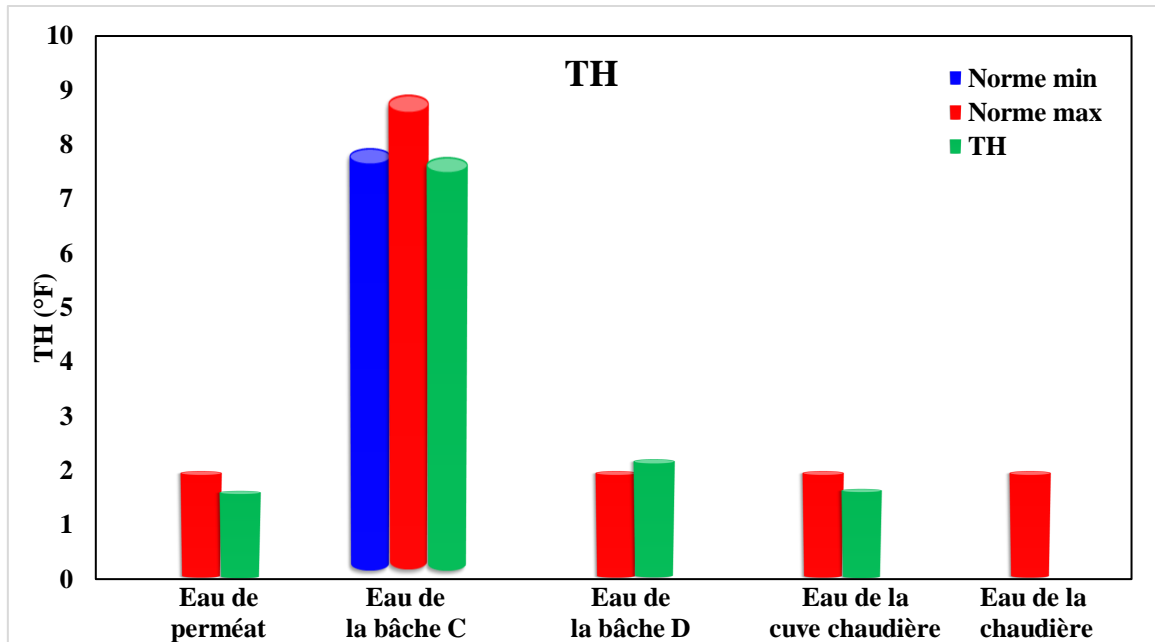


Figure III.16 : Valeurs moyennes du TH.

D'après la figure III.16 qui montre la dureté moyenne des différentes eaux analysées, il est clair que la dureté de toutes les eaux analysées est dans la norme fixée par l'entreprise. Le TH de la bache C est très élevé par rapport aux autres types d'eaux, cela revient à la nature de l'eau de la région, en revanche la dureté de l'eau chaudière est nulle, cela peut être expliqué par l'effet de l'adoucisseur qui élimine les sels.

III.1.6. 3. Les valeurs moyennes de la conductivité

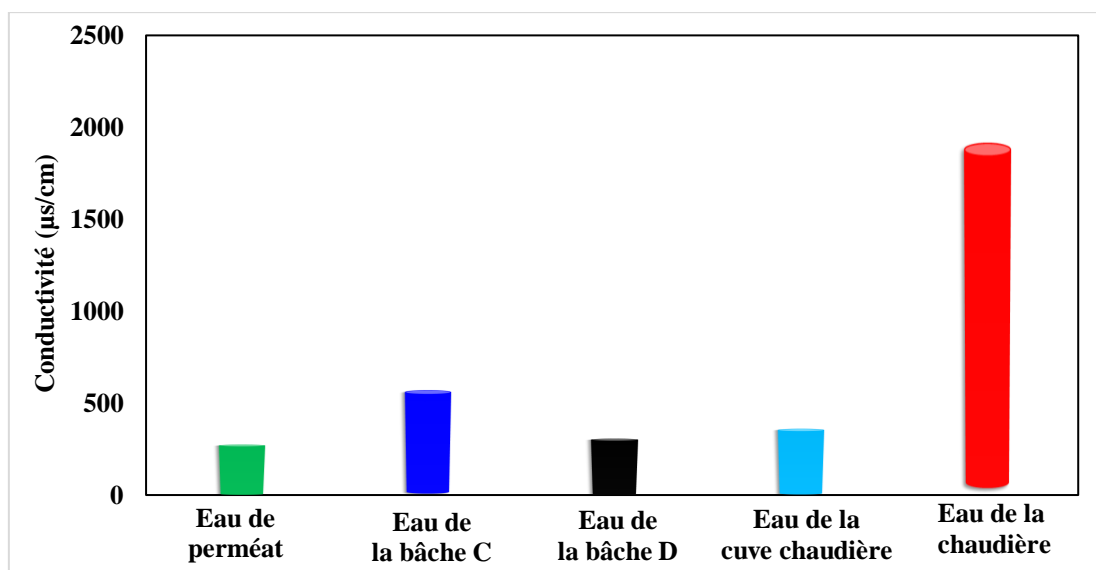


Figure III. 17 : Valeurs moyennes de la conductivité.

D'après cette figure (figure III.17), on constate des valeurs de conductivité faibles pour l'eau de perméat, l'eau de la bâche D et l'eau de la cuve chaudière, cela nous amène à déduire que les produits chimiques utilisés sont efficaces. Toutefois, on observe que la conductivité de l'eau de la chaudière révèle des valeurs très élevées, cela peut être dû à la concentration élevée des sels dissous dans cette dernière.

III.1.7. La variation de TA, TAC et des teneurs en chlorures pour l'eau de la chaudière

Dans ce travail, on s'est intéressé beaucoup plus aux valeurs de TA et TAC de l'eau de la chaudière, qui doivent être conformes aux normes exigées par l'organisme, car une valeur élevée de ces paramètres influence négativement sur les chaudières. Les valeurs élevées de TA peuvent provoquer le dépôt de tartre dans les chaudières, néanmoins une valeur très faible de TAC peut introduire la corrosion.

III. 1.7.1. Variation du titre alcalin(TA)

Les différents résultats obtenus pour la variation de TA, TAC et teneurs en chlorure sont regroupés dans le tableau III. 6.

Tableau III. 6 : Variation de TA,TAC et les teneurs en chlorure.

Paramètre	TA (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (mg/l)
Norme	<84	<120	<1000
1	75	100	1740
2	37,5	50	1200
3	50	75	450
4	75	100	1740
5	62,5	75	720
6	50	62,5	780
7	62,5	75	1500
8	75	100	900
9	87,5	100	990
10	87,9	120	900
11	75	100	930
12	75	87,5	540

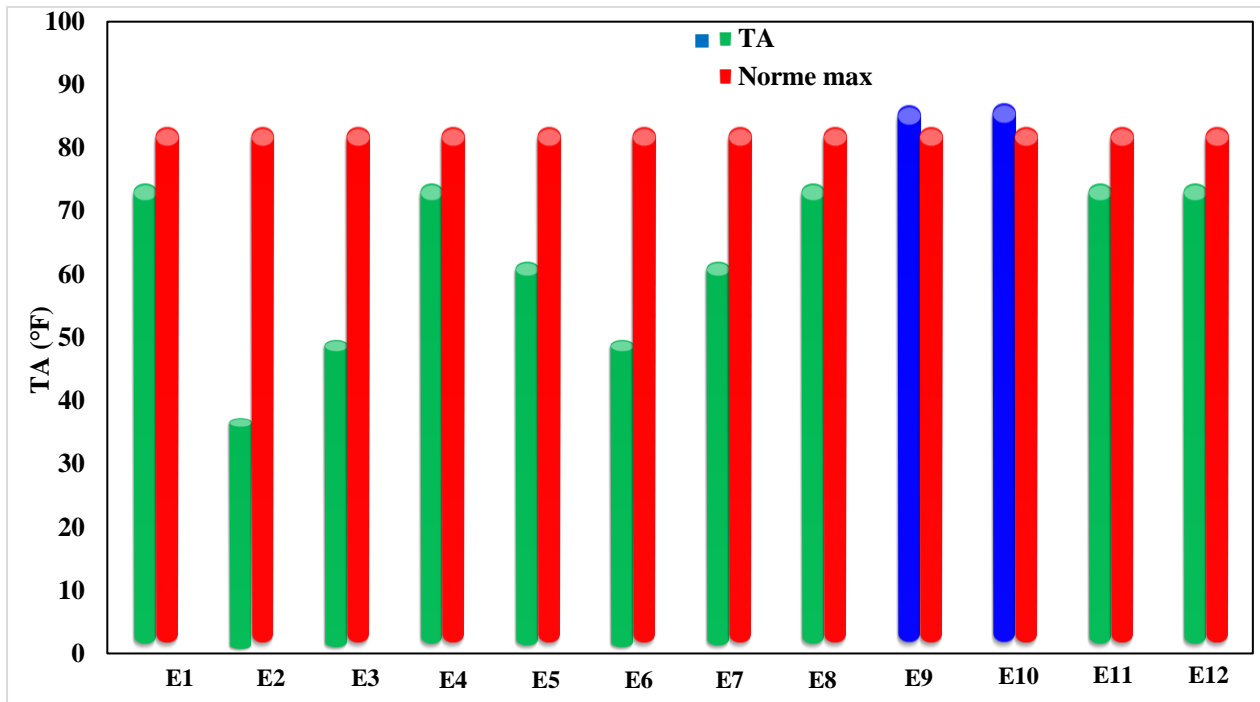


Figure III. 18 : La variation de TA pour l’eau de la chaudière.

D’après la figure III. 18, qui représente la variation de TA on remarque que le TA de l’eau de chaudière varie entre 37,5 et 71°F. Sur les douze échantillons analysés, les résultats obtenus sont dans la norme < 84, sauf pour le 9^{ième} et 10^{ième} jours pour lesquelles on constate un léger dépassement à la norme max qui peut être due aux erreurs de mesure.

III. 1.7.2. Variation du titre alcalin complet (TAC)

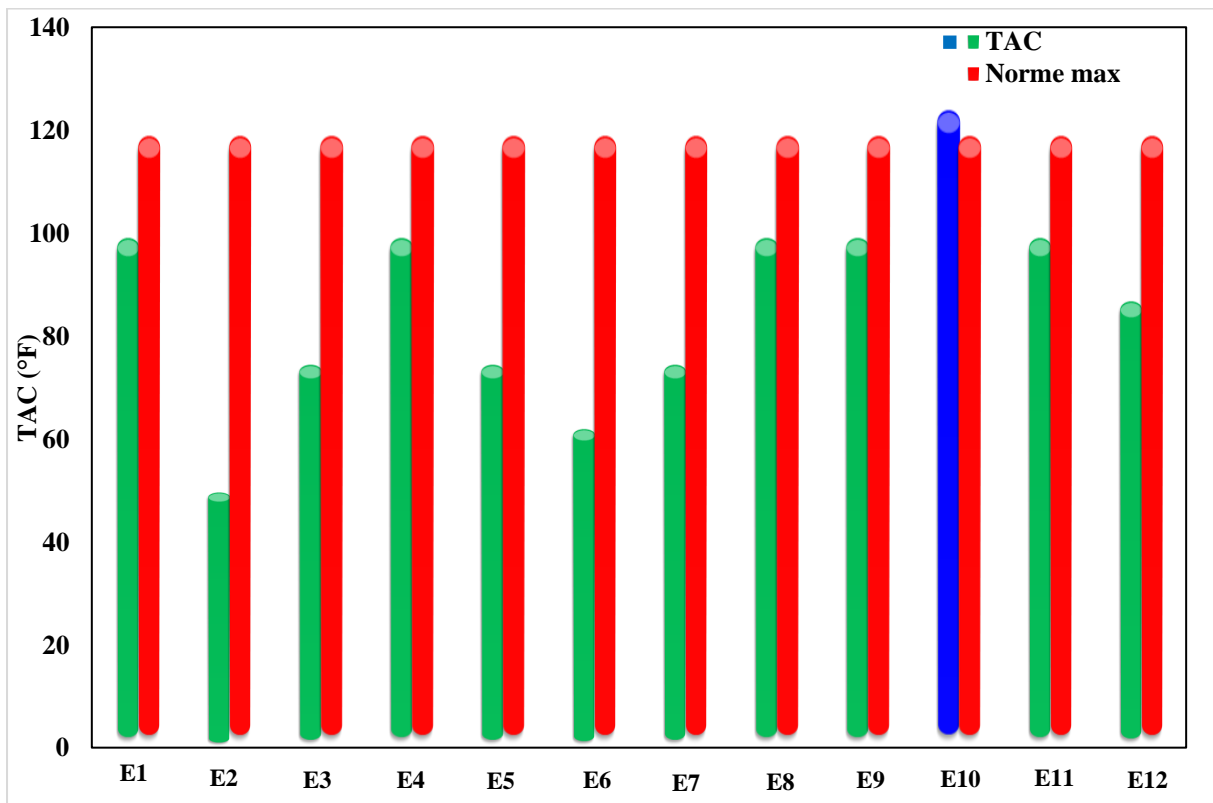


Figure III. 19 : Variation du TAC pour l’eau de la chaudière.

D'après la [figure III.19](#), les mesures de TAC réalisées sur les douze échantillons d'eau de chaudière varient entre 62,5 et 120°F, toutes les valeurs sont conformes à la norme max de l'entreprise (<120), à l'exception de la dixième journée qui est légèrement supérieur à cette norme.

III. 1.7.3. Variation des teneurs en chlorures

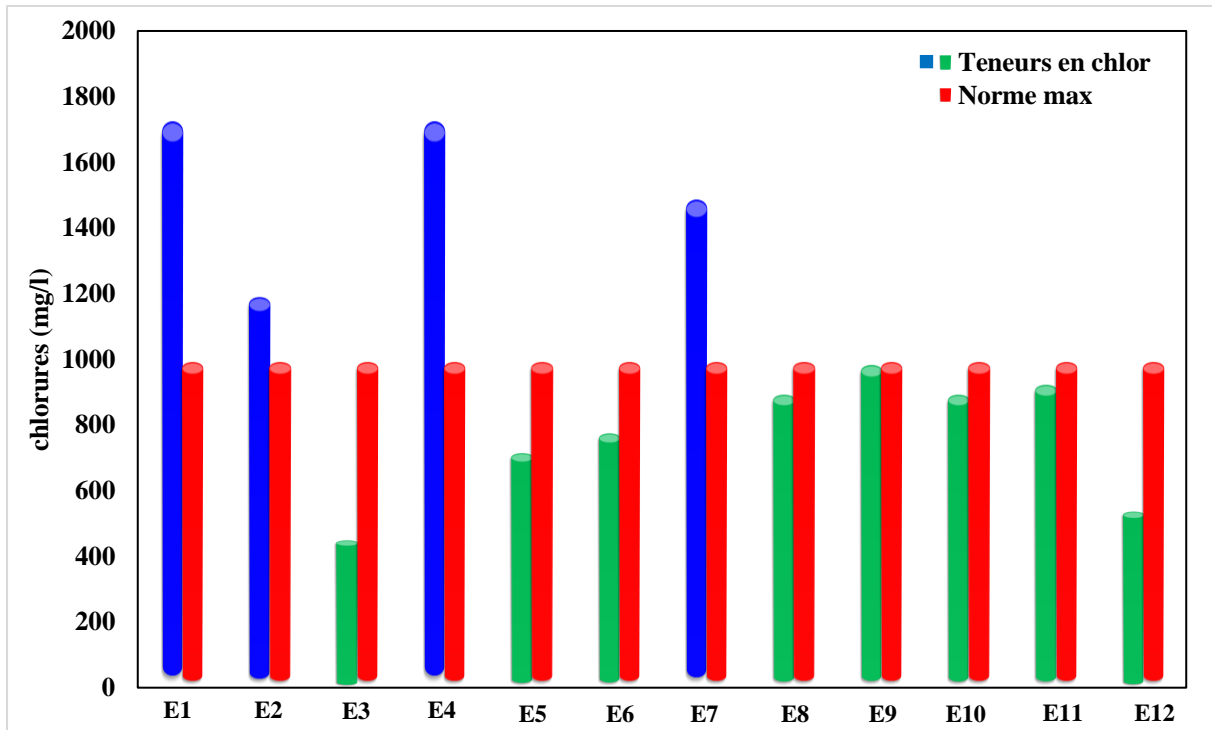


Figure III. 20 : Variation des teneurs en chlorures pour l'eau de la chaudière.

A partir de la [figure.III.20](#), qui représente la variation des teneurs en chlorures pour l'eau de la chaudière, on constate que quatre échantillons parmi les douze analysés ont une teneur en chlorures qui dépassent largement la norme max exigée par, cela, est peut-être dû au dépôt des chlorures dans la chaudière, qui peut être évoqué par l'effet de la température élevée durant toute la journée, et qui provoque l'évaporation continue des eaux de chaudière, ou bien par le mal rinçage de la résine. La présence des chlorures en quantité élevée dans les chaudières provoque une corrosion généralisée.

III.2.Analyse des boissons non gazeuses

Pour les boissons non gazeuses, quatre analyses ont été effectuées sur quatre types de boissons, à savoir : boisson fruit rouge (BFR), boisson pomme-abricot-orange (BPAO), boisson mandarin (BM) et boisson orange (BO). Les différents résultats obtenus sont regroupés dans le [tableau III. 7](#).

Tableau III. 7 : Résultats de l'analyse des boissons non gazeuses.

Boisson	BFR	BPAO	BM	BO
pH	2,79	3.2	2.86	3,63
Norme	2,1 – 3,9	3 - 4	2,4 – 3,8	2,5 - 4
Brix	12.3	11.9	11.63	11.85
Norme	10 - 13			
Acidité	4,08	3,56	3,66	3,36
Norme	3-4,9	3,2 – 4.5	3 – 4,8	2,5 - 5
Densité	1,05	1,05	1 ,05	1,05
Norme	1,04 – 1,052			

III. 2. 1. La variation de pH

Les résultats de mesure du pH pour les quatre boissons sont représentés sur la [figure III. 21](#).

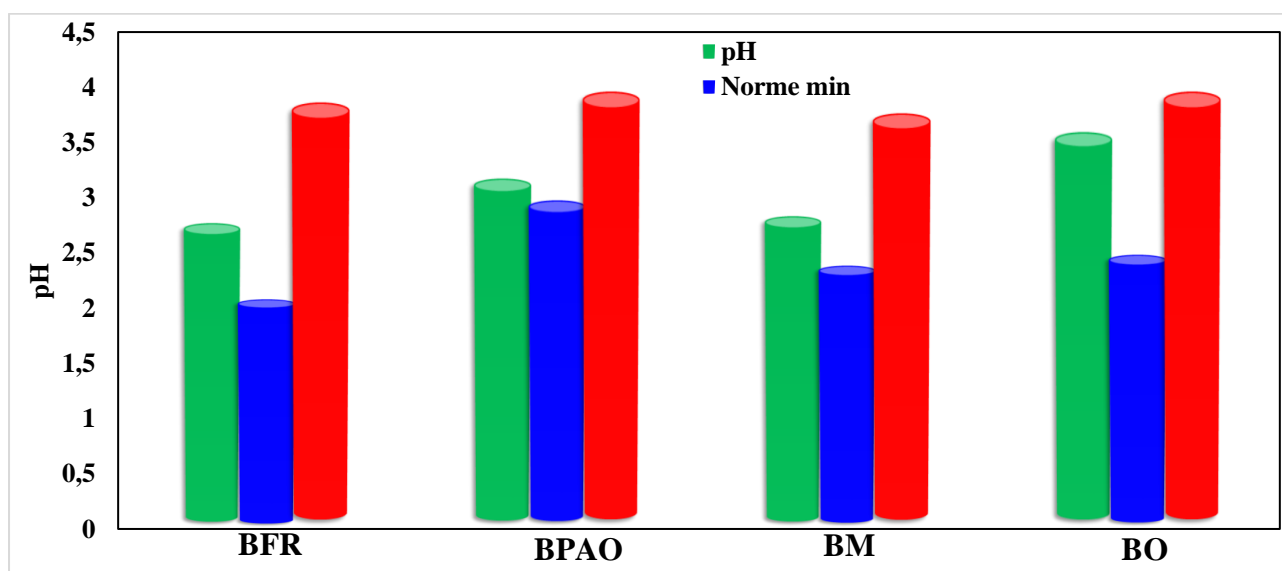


Figure III. 21 : Variation de pH des boissons non gazeuses.

A partir de la [figure III. 21](#), on remarque que les valeurs du pH des différentes boissons pasteurisées analysées varient entre 2,79 et 3,63. On remarque également que toutes les valeurs sont conformes aux normes fixées par l'entreprise pour chaque boisson.

De cette figure on constate que la valeur du pH la plus élevée est enregistrée pour la boisson BM, suivi de la boisson BO, puis celle de la boisson BPAO et en fin celle de la boisson BFR. Cette différence de pH est due à la différence de composition de ces boissons en acide citrique.

III. 2. 2. Acidité titrable

Les résultats de la détermination de l'acidité titrable pour les quatre boissons sont représentés sur la [figure III. 22](#).

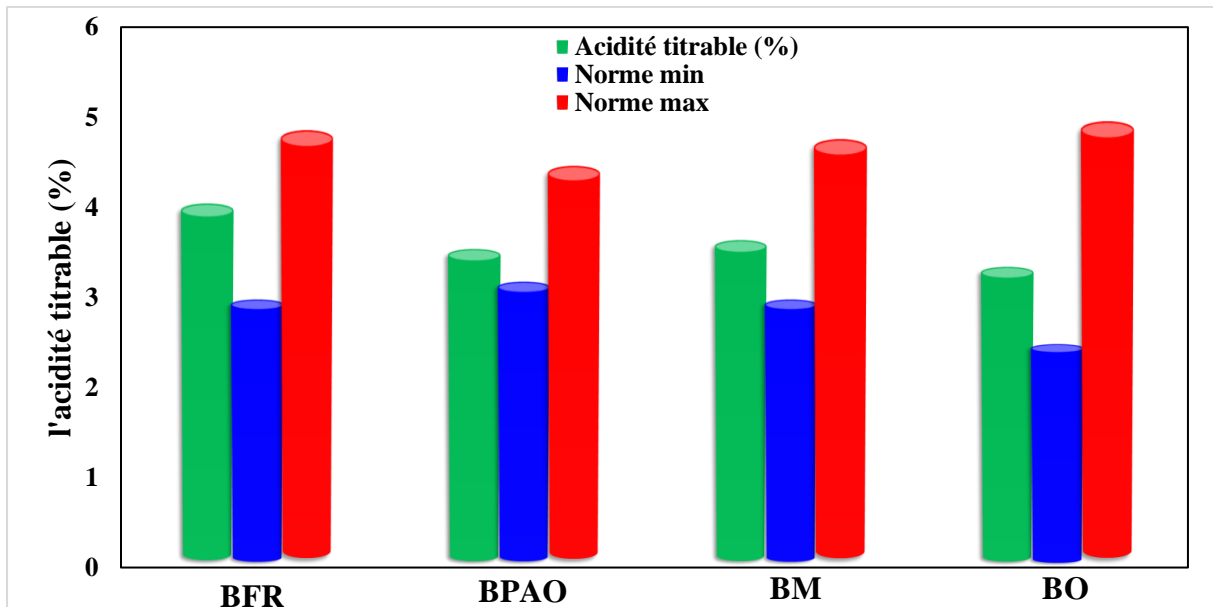


Figure III. 22 : variation de l’acidité titrable des boissons non gazeuses.

La figure III. 22 montre clairement que l’acidité titrable des quatre boissons pasteurisées analysées est conforme à la norme de l’entreprise, avec des valeurs qui varient entre 3,31 et 4,08g/l.

La valeur de l’acidité titrable la plus élevée est notée pour la boisson BFR, suivi de celle de BPAO, ensuit de BM puis celle de la boisson BO. Cela est peut-être dû à la composition des concentrés et à la quantité d’acides organiques contenus dans les fruits, mais aussi à la quantité d’acide citrique ajouté pour chaque recette.

III. 2.3.Degré Brix

Les résultats de la détermination du degré Brix pour les différentes boissons sont représentés sur la figure III. 23.

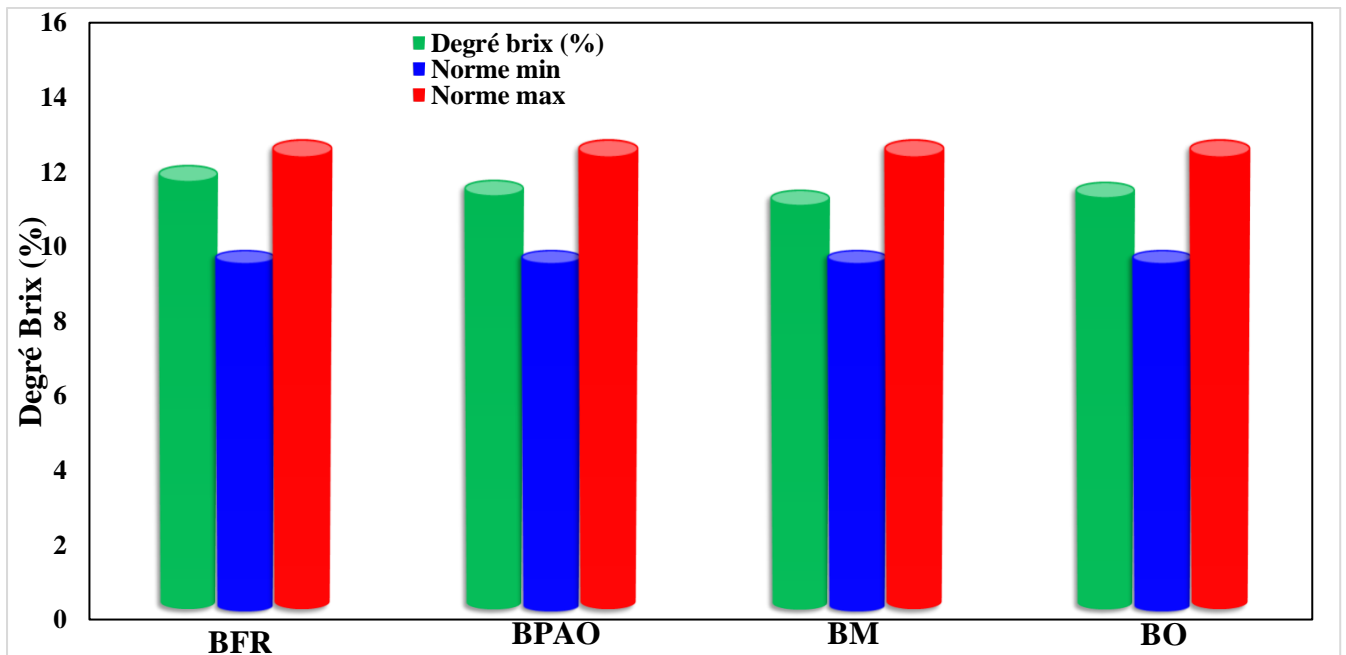


Figure III.23 : Variation du Brix des boissons non gazeuses.

La figure III. 23 montre que les valeurs du degré Brix enregistrées varient entre 11,3 et 11,88 %, et elles sont toutes conformes aux normes fixées par l'organisme pour les différents boissons.

Le degré Brix le plus élevé est celui de la boisson BO suivie de BM et de BPAO puis celui de la BFR. Ces variations peuvent être dues à la composition du concentré des fruits, et également à la quantité de sucre (sirop) apportée pour chaque recette.

III. 2. 4. La densité

Les résultats de mesure de la densité pour les quatre boissons analysées sont représentés sur la figure III. 24.

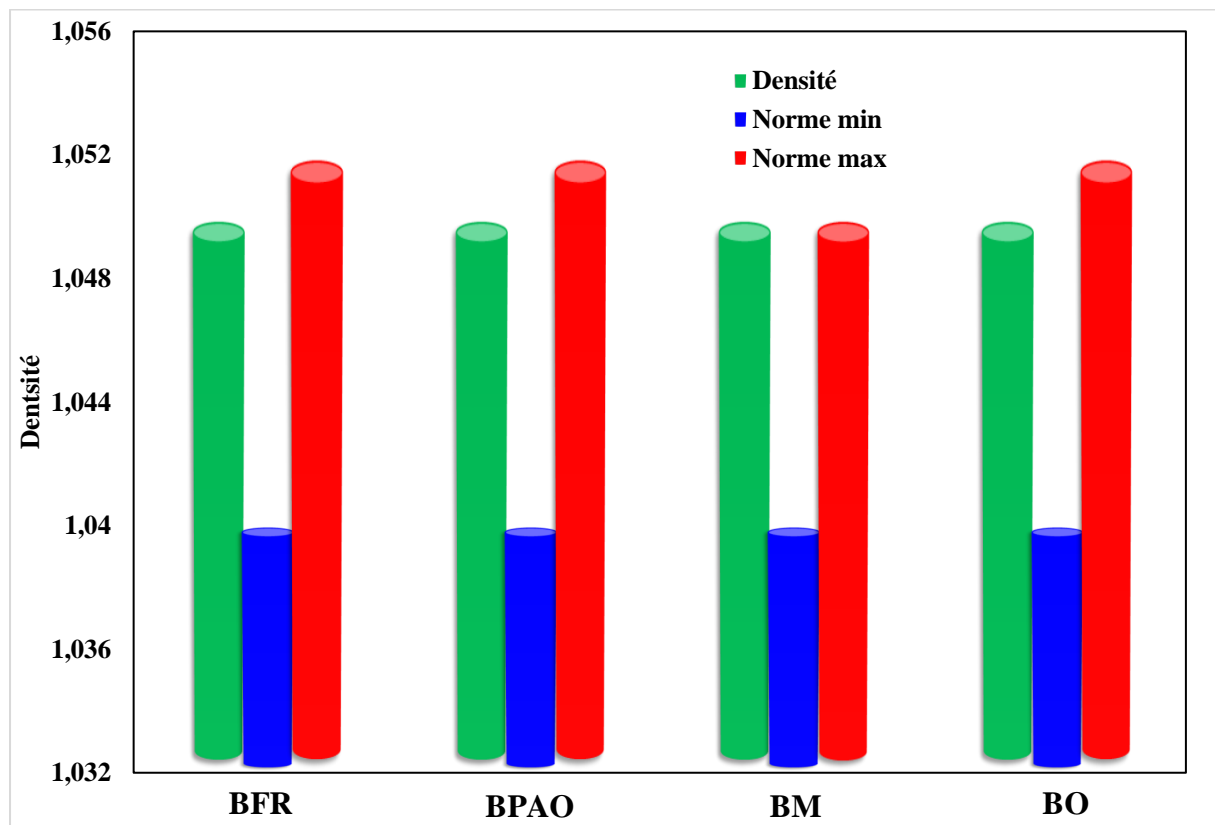


Figure III.24 : Variation de la densité des boissons non gazeuses.

La figure III. 24 montre que les valeurs de la densité mesurées pour les différentes boissons sont toutes conformes aux normes fixées par l'entreprise pour chaque boisson.

Les valeurs de la densité mesurée sont très proches pour les quatre boissons, avec une différence de 0,003. Cette légère variation peut être due également à la composition du concentré de fruits, apportée pour chaque recette.

III.3. Analyses des boissons gazeuses

Pour les boissons gazeuses, quatre analyses également ont été effectuées sur deux types de boissons, à savoir : boisson gazeuse citron (BGC) et boisson gazeuse orange (BGO).

Les différents résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III. 8.

Tableau III. 8 : Résultats de l'analyse des boissons gazeuses.

Boisson	BGC	BGO
pH	2,62	3,16
Norme	2 – 3,1	
Brix	10,37	11,73
Norme	8 - 11	
Acidité	2,18	2,92
Norme	1,5 - 3	
CO ₂ (g/L)	6,5	6,08
Norme	6 - 9	

III.3.1. La variation de pH

Les résultats de mesure du pH pour les deux boissons gazeuses sont représentés sur la figure III. 25.

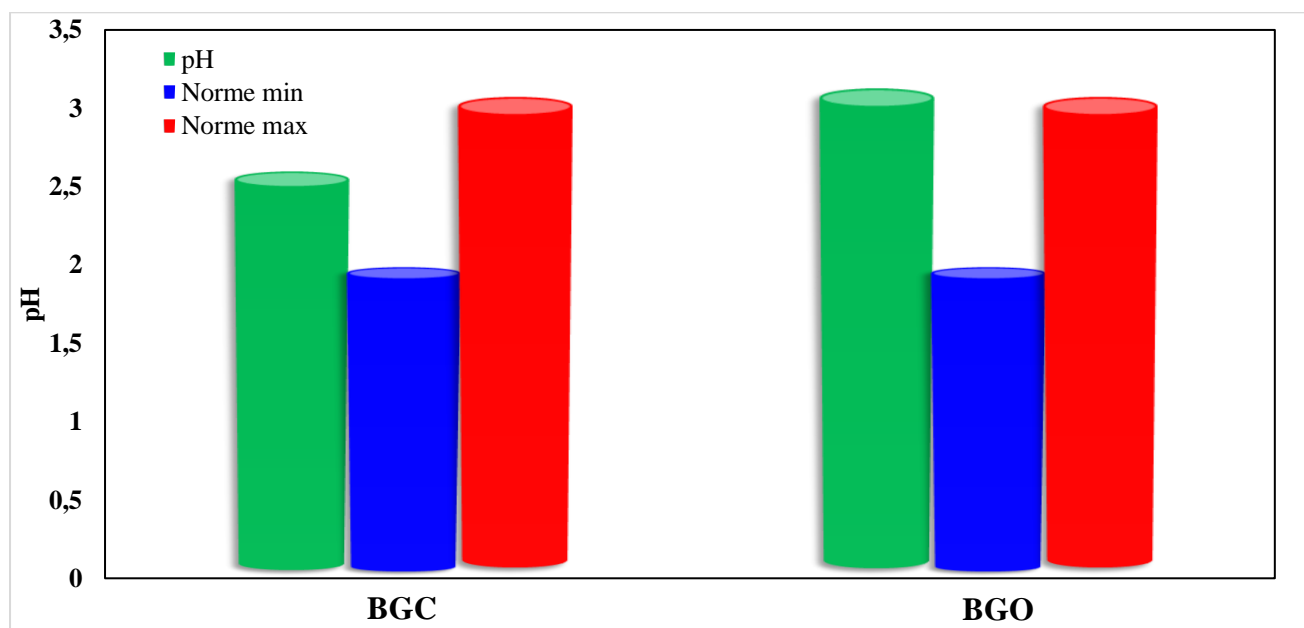


Figure III. 25 : Variation de pH des boissons gazeuses.

La figure III. 25 qui représente la variation du pH pour les deux boissons montre que la boisson BGC est plus acide que la boisson BGO, et que les valeurs du pH des deux boissons sont conformes à la norme exigée par l'organisme. La différence de pH entre les deux boissons peut être due à la composition de chaque boisson.

III. 3. 2. Acidité titrable

Les résultats de la détermination de l'acidité titrable pour les deux boissons gazeuses sont représentés sur la figure III. 26.

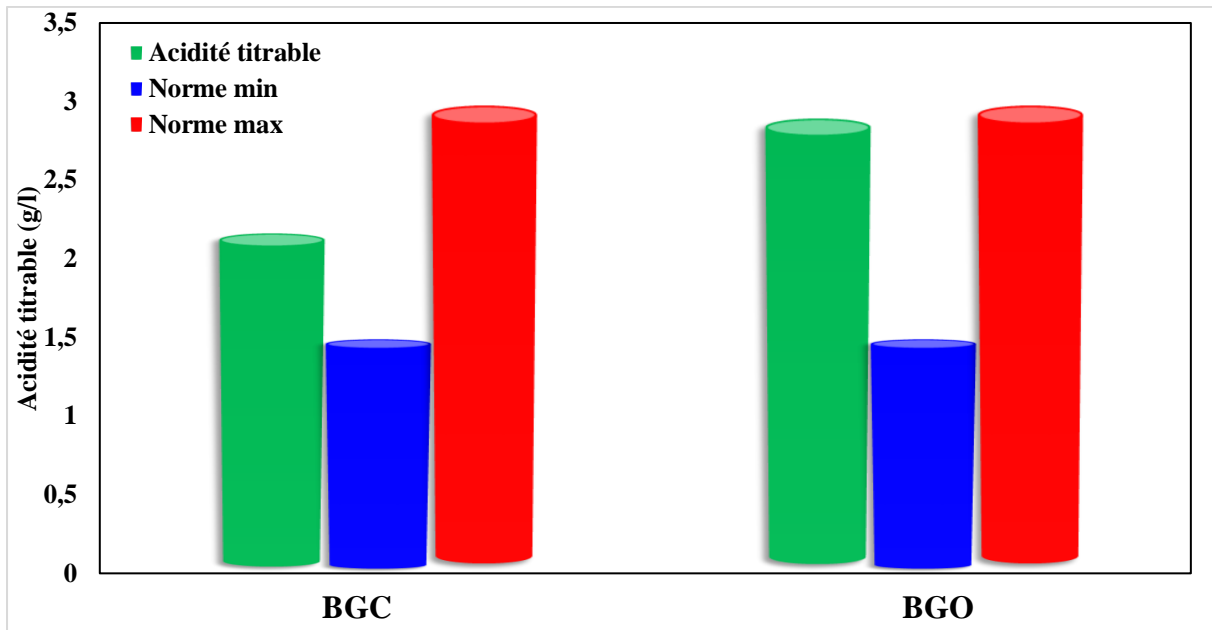


Figure III. 26 : Variation de l'acidité des boissons gazeuses.

La [figure III. 26](#) qui représente le taux d'acidité titrable pour les deux boissons, montre que les deux valeurs sont conformes à la norme exigée par l'organisme, et elles sont approximativement très proche, même si la BGO est plus acide que la BGC.

III. 3. 3. Degré Brix

Les résultats de mesure du degré Brix qui pour les deux boissons sont regroupés sur la [figure III. 27](#).

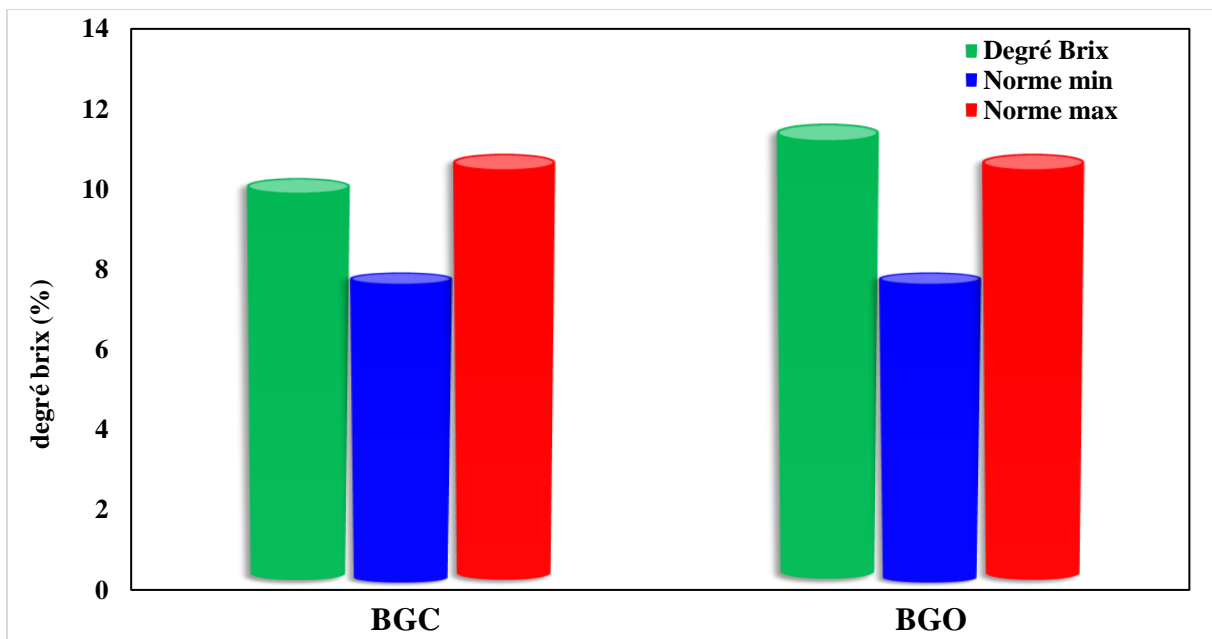


Figure III. 27 : Variation du degré Brix des boissons gazeuses.

A partir de la [figure III. 27](#), on remarque que la valeur du degré Brix pour la BGC est conforme à la norme, par contre celle de la BGO elle est supérieur à la norme exigée par l'entreprise. Cela peut être dû à la quantité de sucre (sirop) apportée pour la boisson BGO.

III. 3. 4. Taux de CO₂

Les résultats de mesure du taux de CO₂ pour les deux boissons gazeuses sont représentés sur la figure III. 28.

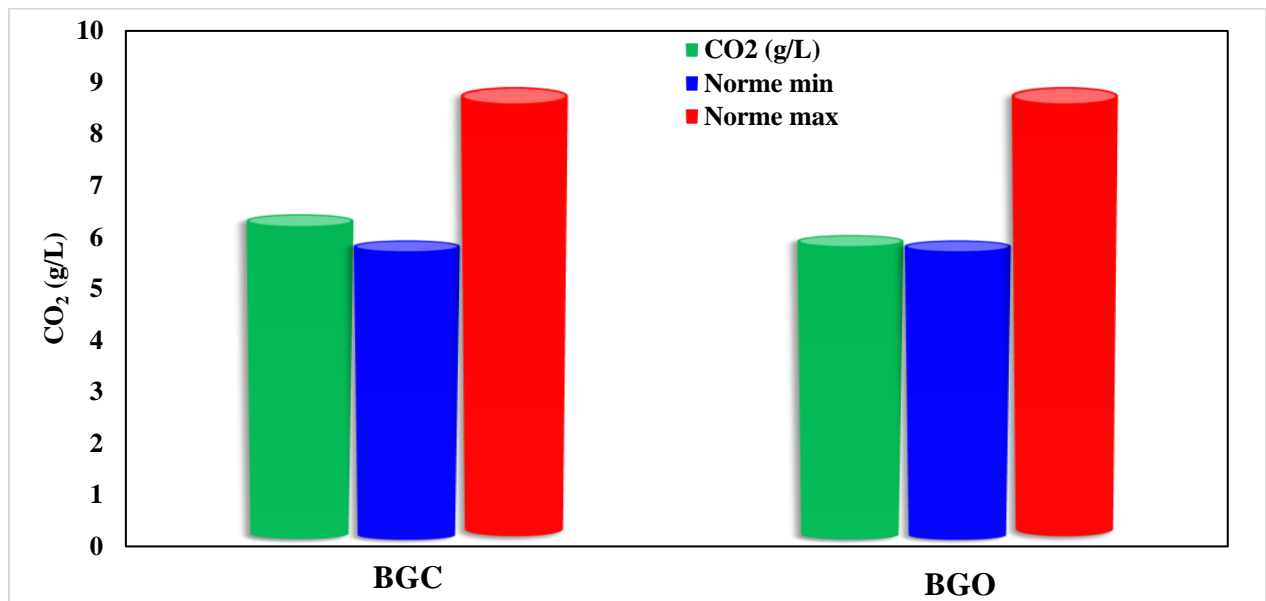


Figure III. 29 : Variation du taux de CO₂ pour les boissons gazeuses.

La figure III. 28 montre clairement que le taux de CO₂ dans les deux boissons est conforme à la norme de l'entreprise, avec des valeurs très proches pour les deux boissons.

CONCLUSION

La production des denrées alimentaire est basée sur la qualité et la sécurité alimentaire qui est devenue un label important dans la vie quotidienne de toute l'humanité et ceci à l'échelle nationale et internationale.

A cet effet, notre contact direct avec le milieu industriel à travers l'usine de la SARL TOUDJA nous a permis d'une part d'appliquer et d'enrichir nos connaissances scientifiques, et d'autre part d'avoir une idée sur le monde professionnel.

Au cours de ce travail, nous avons effectué des analyses, qui nous ont permis de bien caractériser les eaux de process et les boissons fabriquées par cette entreprise.

Les résultats obtenus sur les différents échantillons d'eau analysés sont conformes aux normes fixées par l'entreprise, cela est dû au bon fonctionnement des appareils de l'installation de leur traitement, tel que les osmoseurs, les adoucisseurs, les filtres à charbon et les micro- filtres. Les dépassements enregistrés sur certains échantillons sont suivis par des corrections immédiates.

La bonne qualité des eaux de process c'est traduit par une bonne qualité des différentes boissons fabriquées, et les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur ces dernières sont fréquemment conformes aux normes exigées par l'organisme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Rodier. J**, Bernard. L, Nicole. M. L'analyse de l'eau-10e éd. Dunod (2016).
- [2] **Desjardins. R**. Le traitement des eaux. Presses inter Polytechnique (1997).
- [3] **Larousse. P**. Nouveau petit Larousse : dictionnaire encyclopédique pour tous. Librairie Larousse(1969).
- [4] **Berg. L. R**, Raven. P. H, Hassenzahl. D. M. Environnement. De Boeck Supérieur (2009).
- [5] **Mahlan. L. K**, Escott-Stump. S. Food, Nutrition, and Diet Therapy 11th, Edition (2004).
- [6] **TOUHAMI. A**. Etude physico-chimique et bactériologique de deux eaux différentes. Mémoire d'ingénieur agronome, INA, ELHARRACHE (1986).
- [7] **Tardat-Henry. M**, Beaudry. J. P. Chimie des eaux. Édition les griffons d'argiles, 1984.
- [8] **SABRINA. S**, SMAIL. T. Analyse physico-chimique des eaux de consommation de la ville de Bejaia, mémoire de fin d'étude D. E .U.A (2004).
- [9] **Rodier. J**. L'analyse de l'eau; Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème Edition, Dunod, Paris (1984).
- [10] **Tardat-Henry. M**, Beaudry. J. P. Chimie des eaux. Éditions Le Griffon d'argile (1992).
- [11] **AFNOR**. Collectif. La qualité de l'eau, tome II, Analyses organoleptiques. Mesures physico-chimiques. Paramètres globaux. Composés organiques, NFT (1999).
- [12] **Rejsek. F**. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques CRDP d'Aquitaine. Bordeaux (France) (2002).
- [13] **Rodier. J**, Legube. B, Merlet. N. L' Analyse de l' Eau. Dunod (2009).
- [14] **Koller. E**. Aide-mémoire de génie chimique. 4e éd. Dunod (2013).
- [15] **Berné. F**. Traitement des eaux. Editions OPHRYS (1991).
- [16] **Daifullah. A. A. M**, Girgis. B. S. Removal of some substituted phenols by activated carbon obtained from agricultural waste." Water research 32.4 (1998): 1169-1177.
- [17] **Jung. M. W**, et al. Adsorption characteristics of phenol and chlorophenols on granular activated carbons (GAC)." Microchemical journal 70.2 (2001): 123-131.
- [18] **CARDOT. C**. Les traitements de l'eau, Procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus. Ellipses, 1999.
- [19] **Thomas. V**, ARDEN. F. DARDEL. Échange d'ions, techniques de l'ingénieur (1986).
- [20] **Gomella. C**, Guerrée. H. Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Eyrolles (1978).
- [21] **Cendres. A**. Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus, Thèse, Universitaire d'Avignon, France (2010).
- [22] **Fredot. E**. Connaissance des aliments. Tec & Doc Lavoisier (2005).
- [23] **Berlinet. C**. Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange (Doctoral dissertation, ENSIA (AgroParisTech))(2006).

- [24] **Khederlarian. C.** Jermouk :eau gazeuse (1998).
- [25] **Hazzab. A.** Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Comptes Rendus Geoscience 343.1 (2011): 20-31.
- [26] **Multon. J. L.** sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charge dans les IAA. APRIA (1992).
- [27] **Multon. J.** Additifs et Auxiliaires de Fabrication dans les Industries Agroalimentaires (Collection Sciences et techniques agroalimentaires)(French) (2002).
- [28] **Mathlouthi. M,** Reiser. P. Le saccharose propriété et application. Polytechnica, (1995).
- [29] **Moll. M.** Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques (1998).
- [30] **Benamara. S,**Agougou. A. Production des jus alimentaires : technique des industries agroalimentaires, Office des Publication Universitaire, Algérie (2003).
- [31] **Alais. C.** Biochimie alimentaire (1994).

Annexe

$$\mathbf{TA} = \frac{V_{\text{versée}} \times N_{\text{HCl}} \times 1000}{V} \times 10 = V_{\text{versée}} \times 250$$

$$\mathbf{TAC} = \frac{V_{\text{versée1}} \times N \times 1000}{V} \times 10 = V_{\text{versée1}} \times 250$$

-V : c'est le volume d'eau a analysé (20ml)

- $V_{\text{versée}}$: c'est le volume d'HCl versée

-N: c'est la normalité d'HCl (0,5N)

- $V_{\text{versée1}}$: c'est le volume d'HCl versée après l'ajoute de méthylorange.

$$\mathbf{Cl^-} = \frac{V_{\text{versé}} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}^-} \times 1000}{V} = V_{\text{versé}} \times 300$$

-V : c'est le volume d'eau a analysé (20ml).

- $V_{\text{versé}}$: c'est le volume d' AgNO_3 versée.

- N_{AgNO_3} : c'est la normalité d' AgNO_3 (0,169N).

- M_{Cl^-} : c'est la masse molaire de Cl (35,5 mol/l).

$$\mathbf{TH} = \frac{V_{\text{verse}} \times \text{molarité} \times 1000}{V} \times 10 = V_{\text{versé}} \times 4$$

-V : c'est le volume d'eau a analysé (50ml).

- $V_{\text{versée}}$: c'est le volume d'EDTA versé.

-molarité : C'est la molarité d'EDTA (0,02N).

$$\mathbf{AC} = V_{\text{versé}} \times 0,64$$

- $V_{\text{versé}}$: c'est le volume d'EDTA versé.

-0,64 : c'est le coefficient de l'acide citrique.

Résumé

Ce travail a été réalisé au sein de l'organisme « SARL TOUDJA» dans le but d'évaluer la qualité des eaux de process et des boissons fabriquées par cette entreprise par le suivi de plusieurs paramètres physicochimiques.

Les eaux de process subissent plusieurs traitements pour préserver les installations des problèmes d'entartrage et de corrosion, et d'assurer des boissons de bonne qualité.

Les résultats obtenus ont montré qu'en général les paramètres analysés sont conformes aux normes que ce soit pour les eaux de process ou pour les boissons.

Mots clés : Eau, boissons, analyse physico-chimique, normes.

Abstract

This work was carried out within the organization "SARL TOUDJA" with the aim of evaluating the quality of process water and beverages manufactured by this company by monitoring several physicochemical parameters.

The process water undergoes several treatments to preserve the installations from scaling and corrosion problems, and to ensure good quality drinks.

The results obtained showed that in general the analyzed parameters are in conformity with the standards, both for the process water and for the drinks.

Key words : Water, beverages, physico-chemical analysis, standards.