

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. MIRA – Bejaia



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des sciences biologiques de l'environnement  
Spécialité biodiversité et sécurité alimentaire

Réf :.....

## Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme Master

## Thème

***Suivi de la qualité physico-chimique et  
microbiologique des eaux de process et  
des boissons de l'unité STAR***

Présenté par :

***Melle Ouddak Thala & Melle Ghebrioua Yamina***

Soutenu le : 25 juin 2023

Devant le jury composé de :

Dr Sidi Hachemi

Président

Dr Ben hamiche Nadir

Encadreur

Dr Mankou Nadia

Examinatrice

Année universitaire : 2022 / 2023

## **Remerciement**

*Nous remercions Dieu le tout-puissant et miséricordieux qui nous a donné la volonté, la patience et le courage de réaliser ce travail.*

*Nous adressons un vif remerciement à Monsieur BENHAMICHE N.D'avoir accepté de nous encadrer, pour ses orientations, ses conseils judicieux et ses encouragements tout au long de ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury Monsieur sidi H Madame Mankou N.D'avoir aimablement accepté d'examiner ce travail.*

*Tous les enseignants de la faculté Sciences de la Nature et de la Vie, qui nous ont encadrés durant toutes les années d'études.*

*Nous tenons également à remercier :*

*Mr.Ait Braham Mohand*

*Mr Ouhnia Abd Malek, responsable du laboratoire STAR, Mme Mammouri N, Mme Saci S, Mme Abarkan W et Mme Aftis N pour leurs dispositions, leurs conseils, leurs orientations et tous les moyens qu'ils ont mis à notre disposition.*

*Un grand merci à nos chères familles pour leur soutien et leur encouragement.*

*Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.*

*A toute la promotion BSA 2022/2023.*



## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A ma chère maman bien que vous n'êtes pas entre nous mais vous restez et vous resterez toujours dans mon cœur, que Dieu vous accueille dans son vaste paradis.*

*A mon père vous êtes un pilier solide et incontournable pour ma personne et mon parcours, que Dieu te donne la santé et longue vie.*

*A ma chère grande mère « YEMA LILI » et mon cher oncle « AB .NOUR » qui nous ont quitté- il n'ya pas longtemps. Vous resterez toujours gravé dans ma mémoire.*

*A mon cher frère «MAZIGH »*

*A mes chères sœurs « RANA » et « LINA » ainsi que leur mari « SALEM » et « SOFIANE »*

*A mes petits anges « MELINA » « DINA » et « ILYAS »*

*A ma belle-mère «GHANIA»*

*A mon oncle « SALEM » et sa femme « WARDA » et leurs enfants « CHANEZ » « RAMY » et « CHERIF »*

*A la femme de mon oncle « HAYET » ainsi ces enfants*

*A toutes mes tantes, cousins et cousines*

*A tous mes amies « YAMINA » « SYLIA » « DJADJA » « SABRINA » « LAMIA » « SALWA » « ALICIA »*

*A ma binôme « THALA » ainsi que toute sa famille*

*A mon cher ami qui m'a beaucoup aidé pendant tout mon parcours que dieu le protège*

*A tous qui ont été là lors de mes heures les plus sombres et mes moments les plus heureux,  
Qui m'ont soutenu dans tout ce que j'ai entrepris  
Qui ont veillé jour et nuit pour que je réussisse*

*Yamina*



## **Dédicace**

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, merci pour ta tendresse, tes encouragements et merci d'être toujours derrière moi : mon adorable mère « Rachida ».*

*À l'homme de ma vie, tu es mon idéal, mon soutien et la source de ma force après Dieu. Merci pour tes efforts et encouragements. C'est grâce à toi que je suis arrivé là où je suis aujourd'hui : mon cher père « Kamel ».*

*À mes meilleurs frères au monde « Khireddine », « Hakim » qui n'ont pas cessés de me conseiller et encourager. Je suis très fière d'avoir des frères comme vous. Que dieu vous protège.*

*À mes adorables sœurs « Kahina », « Thizir », « Thanina », qui n'ont pas cessées de m'encourager et soutenir tout au long de ma vie. Vous êtes ma moitié. Que dieu vous garde et vous offre la chance.*

*À mon cher fiancé « Farid », je remercie Dieu qui t'a mis sur mon chemin. Dans chaque embûche ou perte d'espoir, tu m'encourages à progresser, et tu m'as donné des ailes pour réaliser mes ambitions, que dieu te protège et t'offre la chance et le bonheur. À toute la famille Sebki.*

*À la femme de mon frère « KENZA » qui est comme ma sœur. Merci énormément pour tes conseils et encouragements.*

*À toutes mes chères amies « Dihya », « Lydia », « Asma », « Souhila », « Yasmina », « Tinhinane » et ma chère cousine « KENZA ».*

*À toute ma famille Ouddak.*

*À ma binôme « Yamina » ainsi que toute sa famille.*

*A tous qui ont été là lors de mes heures les plus sombres et mes moments les plus heureux,  
Qui m'ont soutenu dans tout ce que j'ai entrepris  
Qui ont veillé jour et nuit que je réussisse*

*Thala*

## *Table des matières*

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

<b>Introduction</b>	1
<b>Chapitre I : Généralités sur l'eau et les boissons</b>	
<b>I.1. Généralités sur l'eau</b>	2
I.1.1. Définition de l'eau	2
I.1.2. Cycle de l'eau	2
I.1.3. Propriétés de l'eau	3
I.1.3.1. Propriétés physiques de l'eau	3
I.1.3.2. Propriétés chimiques de l'eau	3
I.1.3.3. Propriétés biologiques de l'eau	4
I.1.4. Approvisionnement en eau	4
I.1.4.1. Les eaux de surface	4
I.1.4.2. Les eaux souterraines	4
I.1.4.3. Les eaux des pluies	4
I.1.4.4. Répartition des ressources en eau dans la nature	5
I.1.5. Les types d'eau selon l'usage	5
I.1.6. Définition de qualité de l'eau potable selon OMS	6
I.1.7. Pollution de l'eau	6
I.1.7.1. Origine de pollution	6
I.1.7.2. Les principaux polluants	6
I.1.8. L'eau et sécurité alimentaire	7
I.1.9. Les eaux de process	8
I.1.9.1. Définition eau de process	8
I.1.9.2. L'importance de traitements des eaux de process	8
<b>I.2. Généralités sur les boissons</b>	8
I.2.1. Définition des boissons	8
I.2.2. Classifications des boissons	8
I.2.2.1. Les boissons gazeuses	9
I.2.2.2. Les boissons non gazeuses	9
I.2.3. Composition des boissons	10
I.2.3.1. Le gaz carbonique (CO <sub>2</sub> )	10
I.2.3.2. L'eau	10
I.2.3.3. Les additifs	10
I.2.3.4. Les sucres	10
<b>Chapitre II. Matériel et méthodes</b>	
II.1 Matériel	11
II.1.1. Présentation de l'organisme d'accueil	11
II.1.2. Echantillonnage	12
II.2. Méthodes d'analyses	14
II.2.1. Analyses physico-chimiques des eaux de process	15
II.2.1.1. Détermination du potentiel d'Hydrogène (pH)	15
II.2.1.2. Détermination de la conductivité	16
II.2.1.3. Détermination de la dureté totale (titre hydrométrique ou TH)	16
II.2.1.4. Détermination du calcium (Ca <sup>2+</sup> )	17
II.2.1.5. Détermination du magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	18
II.2.1.6. Détermination de Chlorure	18

II.2.1.7.	Mesure du titre alcalimétrique complet (TAC)	19
II.2.1.8.	Détermination du bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )	20
II.3	Prétraitement d'eau au niveau de l'industrie STAR	20
II.4.	Analyse microbiologique des eaux process	22
II.4.1.	Recherche des germes aérobies	22
II.4.2.	Recherche/dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux	23
II.4.2.1.	Définition des coliformes totaux	23
III.4.2.2.	Définition des coliformes fécaux	23
II.4.3.	La recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	24
II.4.4	Recherche des streptocoques D	25
II.5.	Analyse physico-chimique des boissons	25
II.5.1.	potentiel Hydrogène (pH)	25
II.5.2.	Détermination du Brix	26
II.5.3.	La densité	26
II.5.4.	L'acidité	27
II.5.5.	Détermination le volume de $\text{CO}_2$	27
II.6.	Analyses microbiologique des boissons	28
II.6.1.	La recherche des germes aérobies	28
II.6.2.	La recherche des levures et des moisissures	29
<b>Chapitre III. Résultats et Discussions</b>		
III.1.	Résultats et discussion des analyses physico-chimique des eaux de process et les eaux adoucis	30
III.1.1	Potentiel d'hydrogène (pH)	31
III.1.2.	La conductivité	31
III.1.3.	la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)	32
III.1.4.	Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	33
III.1.5.	Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	33
III.1.6.	Chlorure	34
III.1.7.	Titre alcalimétrique complet (TAC)	34
III.1.8.	Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )	35
III.2.	Résultats et discussion des analyses microbiologiques des eaux de process et les eaux adoucis	36
III.3.	Résultats et discussion d'analyses physico-chimiques des boissons	36
III.3.1	Potentiel hydrogène (pH)	36
III.3.2.	Brix	37
III.3.3.	La densité	38
III.3.4.	L'acidité	38
III.3.5.	La teneur en $\text{CO}_2$	39
III.4.	Résultats et discussions des analyses microbiologiques des boissons	39
<b>Conclusion</b>		41
<b>Références bibliographiques</b>		42
<b>Annexes</b>		
<b>Résumé</b>		

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b>	Photo représentant le cycle de l'eau	2
<b>Figure 2.</b>	Photo représentant la distribution des ressources en eau dans la nature.	5
<b>Figure 3.</b>	Diagramme de l'évolution de la consommation mondiale d'eau (en km <sup>3</sup> )	5
<b>Figure 4.</b>	situation géographique de l'entreprise STAR Ouzellaguene Bejaia	11
<b>Figure 5.</b>	Photo représentant le prélèvement de l'eau de process de l'appareil ultra violet	13
<b>Figure 6.</b>	Photo représentant le prélèvement de l'eau de process pour analyse microbiologique : (a) désinfection par alcool (b) désinfection par la flamme	14
<b>Figure 7.</b>	pH-mètre de paillasse	15
<b>Figure 8.</b>	Photo représentant le conductimètre	16
<b>Figure 9.</b>	Photos montrant la détermination de la dureté totale : (a) avant titrage avec EDTA et (b) après titrage avec EDTA	17
<b>Figure 10.</b>	Photos montrant la détermination du calcium : (a) Avant titrage avec EDTA et (b) Après tirage avec EDTA	18
<b>Figure 11.</b>	Photos montrant la détermination de calcium: (a) Avant titrage et (b) Après tirage avec du chromate de potassium K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	19
<b>Figure 12.</b>	Photos montrant la détermination de l'alcalinité totale et la concentration en ions hydrogénocarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) : (a) Avant titrage et (b) Après tirage avec la solution H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20
<b>Figure 13.</b>	Photo représentant le filtre à sable	21
<b>Figure 14.</b>	Photo représentant filtration sous pression	21
<b>Figure 15.</b>	Photo représentant le générateur et le module UV	22
<b>Figure 16.</b>	photo représentant les deux Adoucisseurs	22
<b>Figure17.</b>	Lecture après incubation des germes aérobies : (a) germes aérobies à 22°C, (b) germes aérobies à 37°C	23
<b>Figure18.</b>	Lecture après incubation des coliformes totaux et fécaux (D/C, S/C) à 37°C	24
<b>Figure19.</b>	Lecture après incubation des clostridium sulfito-réducteurs forme sporulé et forme végétatif	24
<b>Figure20.</b>	Lecture après incubation des streptocoques fécaux	25
<b>Figure 21.</b>	Réfractomètre à paillasse	26
<b>Figure 22.</b>	Réfractomètre oculaire	27
<b>Figure 23.</b>	Photos représentant les instruments de mesure de la pression : (a) manomètre, (b) thermomètre et (c) règle de température et pression	28
<b>Figure 24.</b>	Lecture après incubation des germes aérobies	28
<b>Figure 25.</b>	Lecture après incubation des levures et moisissures	29
<b>Figure 26.</b>	Variations du pH des eaux échantillonnées (a) pHdes eaux de process (b) pH des eaux adoucies.	31
<b>Figure 27.</b>	Photo représentant les valeurs enregistrées de la conductivité (a) eau de process, (b) eau adoucie	31
<b>Figure 28.</b>	Variations du TH des eaux de process (a) et eaux adoucis (b).	32
<b>Figure 29.</b>	Variations des concentrations en calcium des eaux process (a) et adoucis (b).	33
<b>Figure 30.</b>	Les variations des concentrations du magnésium des eaux de process	33
<b>Figure 31.</b>	Les variations de la teneur en chlorures des eaux process (a) et adoucis (b)	34
<b>Figure 32.</b>	Les variations de la teneur en TAC des eaux de process (a) et adoucis (b)	35

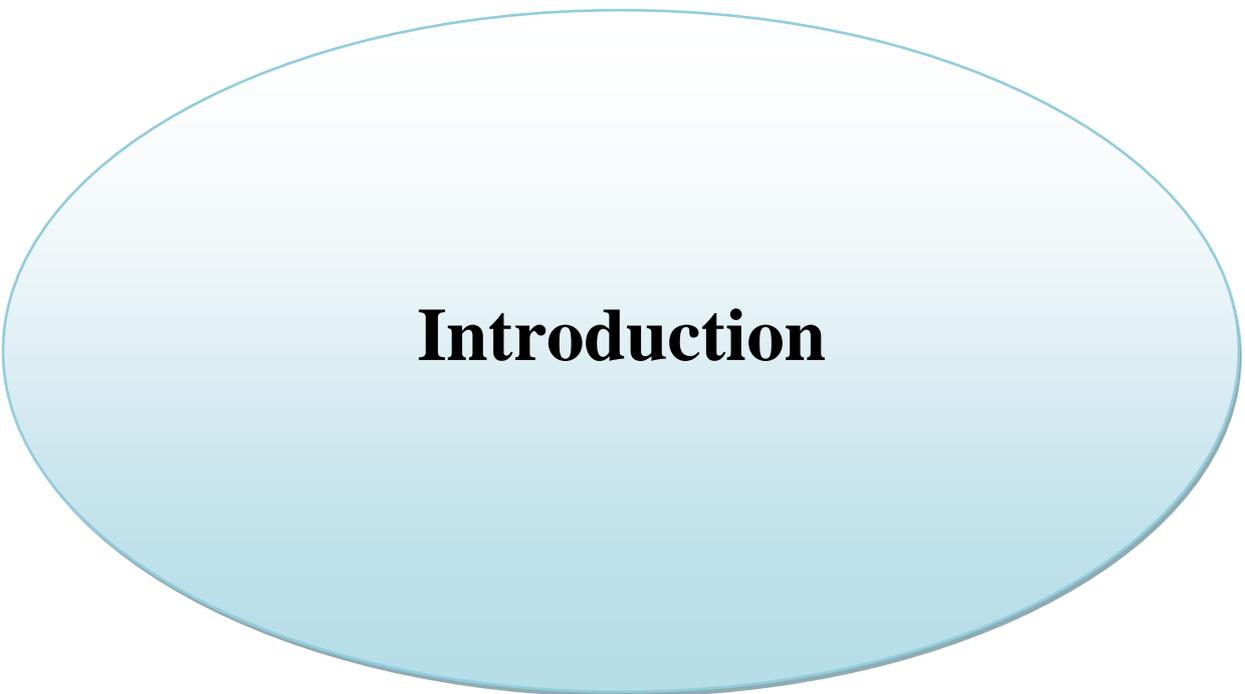
<b>Figure 33.</b>	Les variations des concentrations du bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux de process.	35
<b>Figure 34.</b>	Variations de pH des jus d'orange (a) et sodas grenadine (b).	37
<b>Figure 35.</b>	Variations de degrés de Brix des jus d'orange (a) et les sodas grenadins (b)	37
<b>Figure 36.</b>	Variations de la densité des jus d'orange (a) et les sodas grenadins (b).	38
<b>Figure 37.</b>	Variations le taux d'acidité des jus d'orange (a) et les sodas grenadins (b).	39
<b>Figure 38.</b>	Photo représentant les variations du taux de $\text{CO}_2$ pour les boissons gazeuses	39

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.</b>	Nombre de prélèvement par date et heure de l'eau de process et l'eau adoucie.	12
<b>Tableau II.</b>	Nombre d'échantillons des boissons analysés.	13
<b>Tableau III.</b>	Matériels et produits utilisés.	14
<b>Tableau IV.</b>	Résultats physico-chimiques de l'eau de process.	30
<b>Tableau V.</b>	Résultats physico-chimiques de l'eau adoucie.	30
<b>Tableau VI.</b>	Résultats microbiologique des eaux.	36
<b>Tableau VII.</b>	Résultats physico-chimiques des boissons	36
<b>Tableau VIII.</b>	Résultats microbiologique des boissons	40

## Liste des abréviations

- ✓ **PCA** : Plate Count Agar.
- ✓ **BCPL** : Gélose Lactosée au Bromocrésol-Pourpre.
- ✓ **ROTHER** : Bouillon Glucosé à l'Azote de sodium.
- ✓ **VF** : Viande Foie.
- ✓ **SAB** : Sabouraud agar.
- ✓ **EDTA** : Acide Ethylène- Diamine -Tétra -Acétique.
- ✓ **°Brix** : Degré de Brix
- ✓ **NET** : Noir eriochrome Toluène.
- ✓ **μS** : Micro Siemens.
- ✓ **PET** : Polyéthylène téréphtalate.
- ✓ **ISO**: International Organization for Standardization.
- ✓ **Ω.cm**: Ohm centimètre.
- ✓ **NA**: Norme Algérienne
- ✓ **JORADP** : journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire



# **Introduction**

# Introduction

---

L'eau est source de vie. Elle est le dénominateur commun de tous les enjeux du développement durable (**Vaillant, 2014**).

L'eau est la richesse des pays. Elle constitue la pierre angulaire du développement économique et social. Les études et recherches menées autour de l'évolution humaine sont unanimes sur l'importance des points d'eau dans la naissance des civilisations et leur prospérité. Les spécialistes de l'eau et de l'environnement, les géologues, les géographes ainsi que les économistes et le monde politique concluent que le troisième millénaire est celui de l'or bleu (de l'eau) (**Touidjeni et Benarab, 2014**).

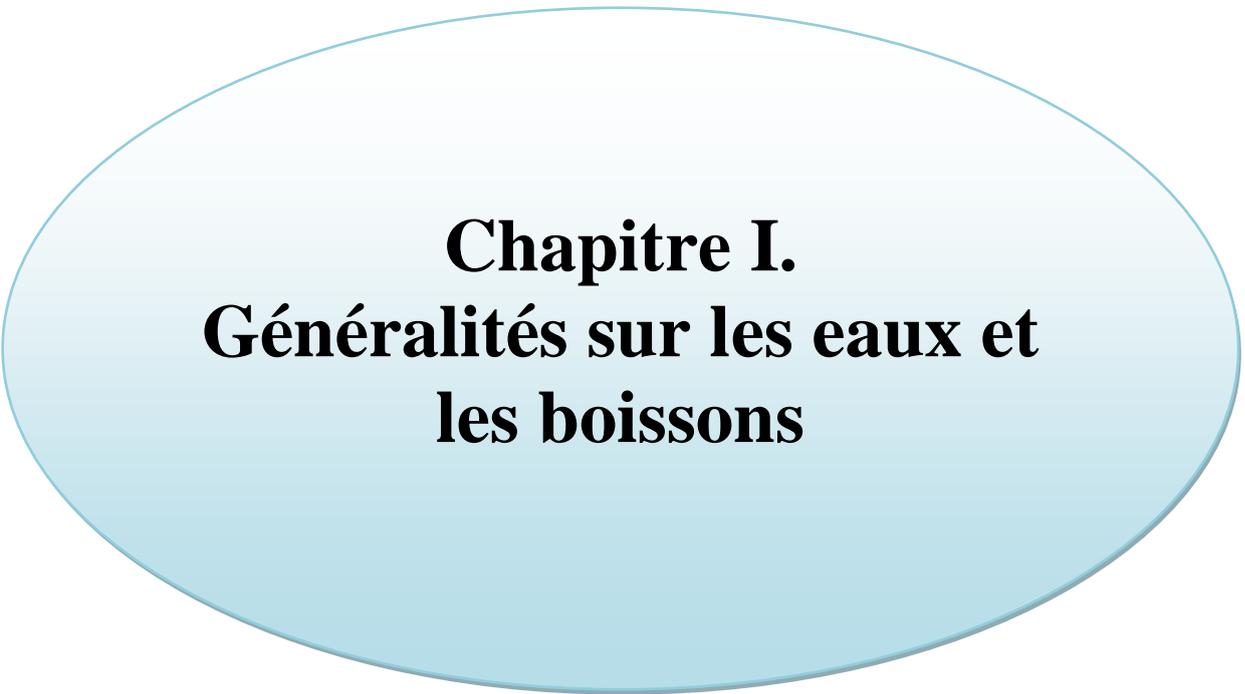
Cette eau est généralement issue, soit d'une ressource naturelle (eau de surface, eau profonde, voire eau de mer), soit du réseau local de distribution d'eau potable. Elle subit des traitements spécifiques (filtration, osmose inverse, adoucissement, etc.) sur site en fonction des qualités requises pour les différents usages. Les usages de l'eau pour l'industrie agroalimentaire sont liés aux opérations de transformation des produits industriels. L'eau est utilisée comme matière première d'un processus de fabrication comme la production des boissons diverses (**Degrémont, 2005**).

La boisson est un liquide servant à la réhydratation par la bouche, que l'on boit pour se rafraîchir. C'est un liquide destiné à la consommation ou à être ingéré par l'homme. Elle est aussi un liquide comestible qui joue spécialement le rôle de lubrifiant de l'organisme. Autrement dit, tout ce qu'on boit, tout liquide qui se boit, tout liquide dont on a coutume de boire pour apaiser la soif ou pour se procurer un plaisir. Boisson échauffante, boisson glacée, boisson tiède ou froide (**Kalonji, 2014**).

L'eau est une composante importante qui fait partie du processus de production des boissons. Du fait de sa provenance (source, forage, secteur géographique), l'eau a des propriétés physiques et chimiques qui diffèrent. Toutes les industries de boissons ont besoin d'une eau saine et dépourvue de polluants pour la fabrication des boissons, le remplissage ou le conditionnement des boissons (**Timeridjine, 2022**).

C'est dans le cadre de la vérification de la qualité de l'eau de process et des boissons diverses fabriquées par EURL STAR de la commune d'Ouzellaguene que nous avons entrepris ce travail qui comprend trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique ou sont exposées les généralités sur les eaux et les boissons ;
- Le deuxième chapitre comprend la présentation de l'organisme EURL STAR, et les différentes méthodes et techniques d'analyses utilisées ;
- Le dernier chapitre présente les résultats et les discussions.



**Chapitre I.  
Généralités sur les eaux et  
les boissons**

## I.1. Généralités sur l'eau

### I.1.1. Définition de l'eau

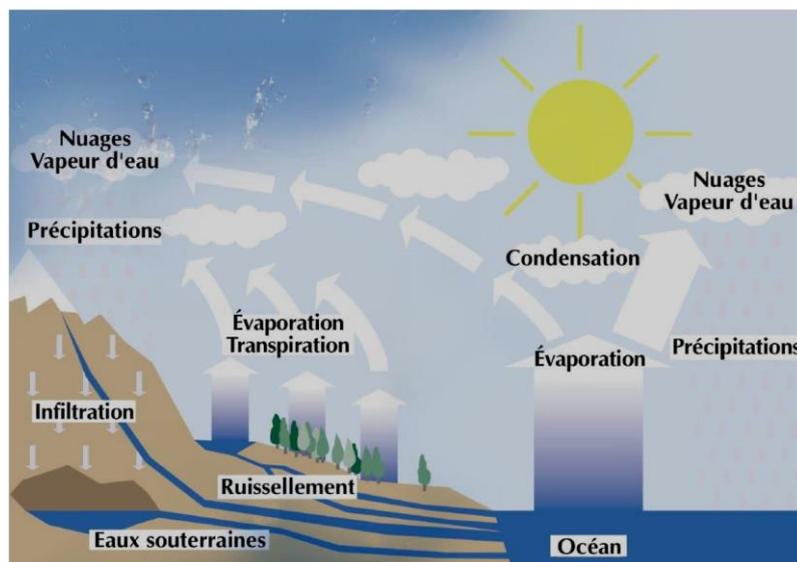
Dans tout l'univers, il est une molécule que l'homme recherche avidement car sa découverte à la surface ou dans l'atmosphère d'une planète lointaine libérerait aussi tôt les rêves les plus fous de l'humanité. L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe et aussi un élément majeur du monde minérale et biologique. Elle en constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à  $1\,385.10^6$  km<sup>3</sup>. Sa formule peut s'écrire de façon très simple : H<sub>2</sub>O, Ce qui signifie que cette molécule résulte de l'union d'un atome d'oxygène avec 2 atomes d'hydrogène (**Degrément, 2005**).

- **Les trois états de l'eau**

Sur Terre, l'eau est présente sous la forme de 3 états qui dépendent de la température et de la pression atmosphérique : état liquide, état solide (glace) et état gazeux (vapeur). La structure de l'eau dépend de son état physique (**Degrément, 2005**).

### I.1.2. Cycle de l'eau

Afin de mieux comprendre l'origine, le stockage et l'écoulement des eaux souterraines, il est nécessaire d'appréhender les modalités du cycle de l'eau, c'est-à-dire, la répartition et la circulation de l'eau sur terre. Le cycle global commence par l'évaporation de l'eau, qui, sous l'influence de l'énergie solaire qui va transformée en vapeur d'eau. L'évaporation a lieu à partir des surfaces d'eau libre (océans, mers, lacs, fleuves) et de la végétation. Dans ce dernier cas, on parle de transpiration. Ces deux phénomènes, évaporation et transpiration, sont regroupés sous un seul terme : l'évapotranspiration. Dans un deuxième temps cette vapeur se condense sous forme de nuages qui donnent naissance aux précipitations (pluies et neiges). Celles-ci représentent la quasi-totalité des apports d'eau au sol (**Detey, 1993**). La figure 1 représente le cycle de l'eau.



**Figure1.** Photo représentant le cycle de l'eau (Google, 04/04/2023).

### I.1.3. Propriétés de l'eau

#### I.1.3.1. Propriétés physiques de l'eau

##### ✚ Masse volumique

Par tassement de l'édifice moléculaire, la masse volumique varie avec la température et la pression. Aux pressions rencontrées en pratique hydraulique, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais, en fait, c'est un fluide élastique (**Degrément, 1989**).

##### ✚ Propriétés thermique

On parle de la chaleur massique et la chaleur latente, leur importance fait que les grandes étendues d'eau à la surface de la terre constituent de véritables volants thermiques. C'est également la raison de l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur (**Degrément, 1989**).

##### ✚ Propriétés optiques

La transparence de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière qui la traverse. Cette transparence est souvent utilisée pour apprécier certaines formes de pollution et, en conséquence, l'efficacité des traitements d'épuration (**Degrément, 1989**).

##### ✚ Viscosité

C'est la propriété qu'a un liquide d'opposer une résistance aux divers mouvements soit internes, soit globaux, comme l'écoulement. Elle est la base des pertes de charge et joue donc un rôle important en traitement des eaux. Elle diminue lorsque la température croît. Par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous ; l'eau de mers est donc nettement plus visqueuse que l'eau de rivière. La pression agit d'une façon tout à fait particulière sur la viscosité absolue de l'eau (**Degrément, 1989**).

##### ✚ Tension superficielle

Elle caractérise une propriété des interfaces. Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température (**Degrément, 1989**).

#### I.1.3.2. Propriété chimique de l'eau

##### ✚ Solvant

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout (**Degrément, 2005**).

##### ✚ Solubilité

La solubilité dans l'eau dépend de la nature du corps ou tout au moins de certains de ces groupements constitutifs : hydrophiles, hydrophobes (**Degrément, 2005**).

### ✚ Ionisation

Un composé minéral dissous dans l'eau se dissocie plus ou moins avec apparition d'ions chargés négativement (anions) et positivement (cations). Le corps dissous est appelé électrolyte. Il transporte le courant électrique (**Degrément, 2005**).

### ✚ Oxydoréduction

Les phénomènes d'oxydo réductions présentent une grande importance dans tous les domaines du traitement de l'eau (**Degrément, 2005**).

## I.1.3.3. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges. L'eau est un élément majeur de la constitution des êtres vivants et compose la plus grande partie de nos aliments (**Boeglin, 2008**).

## I.1.4. L'approvisionnement en eau

### I.1.4.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface, aussi appelées parfois eaux superficielles, sont celles qui se trouvent sur la terre et qui sont au contact de l'atmosphère (avec la surface). Pour les identifier facilement, on peut dire que les eaux de surface sont celles qu'on peut voir facilement. Les eaux de surface regroupent ainsi les eaux des pluies, des sources et du ruissellement d'autres sources d'eau. Les eaux de surface cheminent toutes afin d'arriver à un plus grand plan d'eau. Pour exemple, les rivières qui se jettent dans l'océan. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisées par une surface de contact eau/atmosphère toujours en mouvement. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours (**Valiron, 1994**).

### I.1.4.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des ressources naturelles qui font partie d'un cycle global, actif en permanence et qui est représenté par les eaux à la surface du globe et de l'atmosphère, en trois phases : solide, liquide et gazeuse (**Banton et Bangoy, 1999**).

L'eau souterraine provient essentiellement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui atteint les nappes aquifères en traversant les couches souterraines. L'origine de l'infiltration est due à l'état et la structure du sol et sa porosité (le sol complètement saturé empêchera l'infiltration de l'eau) (**Anctil, 2016**).

### I.1.4.3. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels magnésium et de calcium. Elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie

peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau. Gibraltar constitue, à cet égard, un cas isolé (Desjardins., 1997).

**I.1.4.4. Répartition des ressources en eau dans la nature**

Selon le figure 2, l'eau douce ne représente que 2,75% de la masse d'eau sur terre, 75% de cette eau douce est emprisonnée dans les calottes glaciaires et la glace (Touidjeni et Benarab, 2014).

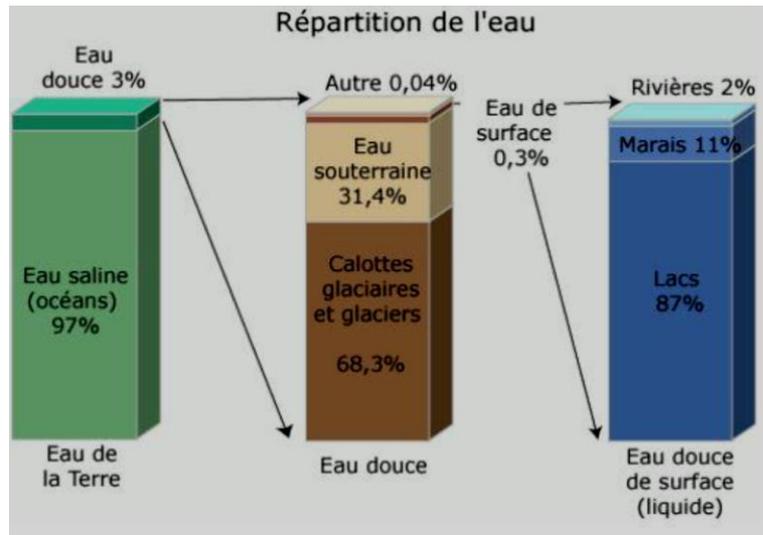


Figure 2. Photo représentant la distribution des ressources en eau dans la nature.

**I.1.5. Les types d'eau selon son usage**

L'eau est indispensable aux activités humaines. Au-delà des besoins physiologiques quotidiens et quasi incompressibles. Il faut environ 3 litres par jour pour une personne. On distingue les usages domestiques, agricoles et industriels. Cette classification générale ne doit pas faire oublier un certain nombre d'utilisations importantes dont la caractéristique commune est d'employer l'eau comme support : la navigation et le transport par voie d'eau, la pêche, le tourisme et les loisirs ou encore la production d'énergie électrique. La répartition de l'eau selon les usages est représentée sur la figure 3 (Deléage, 2023).

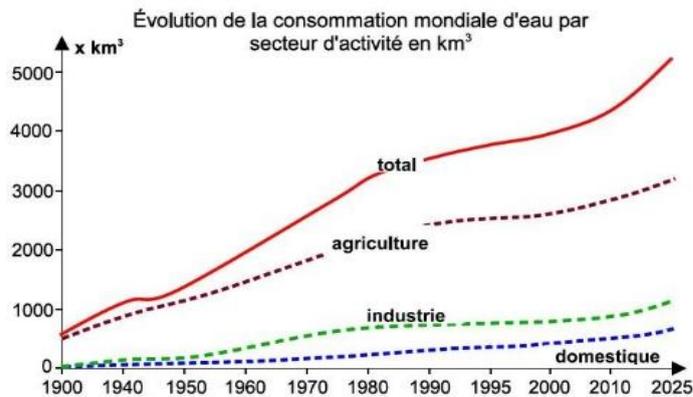


Figure3. Diagramme représentant l'évolution de la consommation mondiale de l'eau (en km³) (Google 06/03/2023).

### **I.1.6. Définition de la qualité de l'eau potable selon l'OMS**

L'objectif des diverses règles établies par l'OMS et l'Union Européenne consiste à garantir à tous les hommes une eau potable de qualité et sans risque pour la santé. Mais, elles ne serviront à rien si elles ne s'appliquent pas. De diverses définitions restent envisageables. Dans la réglementation française, par exemple, le terme «eau potable» est remplacé systématiquement par «eau propre à la consommation humaine». Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), par contre, une eau dite potable représente celle qu'un être peut consommer sans risquer sa santé. Elle doit donc remplir un certain nombre de critères microbiens, chimiques et physiques qui correspondent à l'ensemble des normes établies par l'OMS. Ainsi, l'eau potable ne doit contenir aucun agent pathogène ou chimique à des concentrations capables de nuire. L'OMS en 1958 et l'ISO, plus tard en 1978, ont alors défini des normes dans le but de garantir la salubrité et la potabilité de l'eau consommée (WHO, 2017).

### **I.1.7. Pollution de l'eau**

La pollution peut être définie de plusieurs façons. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité. La pollution dans l'eau inclut toutes les matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à le détruire sont considérées comme de la pollution. La pollution peut, dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même, comme lorsque l'eau coule par des sols qui a un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps, ce sont les actions humaines qui polluent l'eau (Assaad, 2014).

#### **I.1.7.1. Origine de la pollution**

Il y a 2 sources principales de pollution. Les sources précises et les sources non-précises. Les sources précises incluent les usines, installations de traitements d'eau usées, systèmes de fosses septiques et d'autres sources qui déversent très clairement des polluants dans les sources d'eaux. Les sources non-précises sont plus difficiles à trouver car on ne peut pas les retracer jusqu'à un emplacement particulier. Elles incluent les écoulements de sédiments, engrais, produits chimiques, déchets d'animaux de ferme, champs, chantiers et mines. L'enfouissement des déchets peut aussi être une source non-précise si les substances du site filtrent les déchets dans des provisions d'eaux (Assaad, 2014).

#### **I.1.7.2. Les principaux polluants**

La pollution de l'eau est classée selon la nature des substances déchargées, la source dont celles-ci proviennent et les cours d'eau dans lesquels elles sont rejetées. L'intensité de la pollution est mesurée par la concentration de polluants dans l'eau et par leurs effets sur son utilisation. Il existe six catégories de polluants : les pathogènes, la demande biochimique en oxygène, les nutriments, les matières toxiques, l'acidification et la chaleur (Assaad, 2014).

### I.1.8. Eau et sécurité alimentaire

La sécurité humaine consiste à fournir une protection contre les événements imprévisibles et les perturbations dans la vie ainsi que les moyens de subsistance des populations, elle repose essentiellement sur la sécurité hydrique. L'eau et la sécurité alimentaire sont deux sujets très importants en Algérie. L'Algérie a accusé un retard considérable dans sa stratégie de sécurité hydrique et sécurité alimentaire. Pour cela, le pays s'est lancé dans un grand chantier de ressources en eau afin de garantir un développement durable et essayer de réduire la dépendance en matière de sécurité alimentaire (**Touidjeni et Benarab, 2014**).

L'Algérie est classée parmi les pays les plus pauvres en eau, avec une moyenne de 300 m<sup>3</sup>/hab./an. De ce fait, pour assurer sa sécurité alimentaire et afin de subvenir aux besoins de la population en produits alimentaires, elle a toujours eu recours à des importations de produits dits stratégiques (**Delli, 2019**).

L'Algérie étant en grande partie désertique, seules 20 % des surfaces sont utilisées pour l'agriculture, les parcours steppiques et la forêt. Les contraintes climatiques conjuguées à la rareté des ressources en terres fertiles et en eau ne permettent pas à l'agriculture du pays de répondre pleinement à ses besoins alimentaires <http://agriculture.gouv.fr/politiques-agricoles-fiches-pays2022>.

L'eau est au cœur de l'agriculture, secteur qui en est de loin le plus grand consommateur puisqu'il est responsable de 72 pour cent des prélèvements d'eau douce dans le monde. Elle est cruciale car elle permet de produire plus de 95 pour cent des denrées cultivables. D'ici à 2050, la production mondiale de denrées alimentaires, de fibres et d'aliments destinés aux animaux devra augmenter de 50 pour cent par rapport à 2012 pour que la demande soit satisfaite. Par conséquent, nous aurons besoin de 35 pour cent d'eau en plus. Or, les ressources en eau douce s'amenuisent dans toutes les régions du monde depuis 30 ans et la disponibilité et la qualité de l'eau baissent à un rythme inquiétant au niveau planétaire. Des difficultés telles que les sécheresses et les inondations se multiplient en raison du changement climatique et soumettent les ressources en eau à une pression croissante. Actuellement, les résultats pour atteindre le sixième objectif de développement durable (ODD) du Programme 2030, à savoir garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable, ne sont pas satisfaisants (**Journée mondiale de l'eau, 2023**).

Le directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) déclare que la sécurité alimentaire ne peut être garantie que si elle s'accompagne de la sécurité en eau. La production de denrées alimentaires de base dans nombre de pays reposant sur l'agroalimentaire demeure largement alimentée par les eaux pluviales et précaire face aux fluctuations liées à la variabilité du climat et des conditions météorologiques, ajoutant que la pandémie de covid 19 a accru les vulnérabilités, notamment dans les milieux ruraux (**FAO, 2021**).

L'OMS, dans son dernier document sur l'Algérie, attire l'attention sur la précarité de l'alimentation en eau des populations lorsqu'elle souligne que par rapport à la norme de l'OMS qui fixe à 250 litres par habitant par jour la dotation en eau, la performance de l'Algérie s'établissait en 2013 autour de 175 (l/hab/j). En moins d'une décennie, l'Algérie a triplé sa production d'eau potable. Pour autant, une marge d'amélioration est souhaitable à

l'avenir dans certaines zones rurales ou dans les quartiers périphériques des zones urbaines (Bouzid et al., 2018).

### I.1.9. Eau de «process»

#### I.1.9.1. Définition des eaux de process

Une eau de process est une eau utilisée en industrie au cours d'un procédé de transformation ou lors de la fabrication d'un produit. Elle doit être traitée et de qualité pour une production efficace et optimale. On distingue différentes typologies et de qualité d'eaux de process:

- ✓ Eau adoucie
- ✓ Eau osmose
- ✓ Eau pure
- ✓ Eau ultra pure
- ✓ Eau distillée

<https://www.ocene-industrie.fr/>.

#### I.1.9.2. L'importance de traitement des eaux de process

L'eau de process est indispensable dans la production industrielle. Elle est impliquée dans la plupart des productions industrielles et doit répondre à des normes de potabilité bactériologique et physico-chimique. Principalement utilisées dans l'alimentation des ~~chefs~~ ou d'eau de refroidissement, les eaux de process doivent être traitées afin d'être peu ou non dures et éviter ainsi tout entartrage des canalisations. La qualité jouant sur la production industrielle, les solutions assurent une eau de process de meilleure qualité, sécurisée pour l'exploitation et améliorant le rendement et la durabilité des équipements <https://www.ocene-industrie.fr/>.

## I.2. Généralités sur les boissons

### I.2.1. Définition des boissons

Ce sont tous les liquides consommés pour apaiser la soif et procurer à l'organisme des éléments nutritifs par ingestion orale (Bourgeois et al., 1983).

L'industrie agroalimentaire produit diverses boissons essentiellement : boissons gazeuses, boissons plates, jus de fruits, eaux embouteillées, boissons alcoolisées. La matière première qui constitue 80 % de la composition de toute boisson est l'eau qui est une ressource disponible vu que la majorité des industries puisent directement des sources naturelles ou des forages à proximité du lieu de leurs implantations, ainsi que d'autres exhausteurs de goût comme le sucre, les édulcorants sous les arômes (Timeridjine, 2022).

### I.2.2. Classifications des boissons

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

### I.2.2.1. Les boissons gazeuses

En tant que nom, les boissons gazeuses sont des liquides qui sont constitués majoritairement d'eau qui contiennent du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) les plus connus sont :

➤ **Les Limonades**

La dénomination "limonade" est réservée aux boissons sans alcool, limpides, incolore et sucrée, préparées avec de l'eau potable gazéifiée, du saccharose et un ou plusieurs dérivés du citron (acide citrique, huile essentielle soluble...) (**Espiard, 2002**).

➤ **Les sodas**

Les sodas sont des boissons gazeuses constituées d'eau, de sucre et de différents types d'extraits de plantes, de fruits, sans alcool (**Carriedo Lutzenkirchen, 2018**)

➤ **L'eau gazéifiée**

Les eaux gazeuses sont des liquides qui peuvent se trouver naturellement pétillantes ou gazéifiées artificiellement. Dans le premiers cas, elles sont issues de sources contenant naturellement du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). Les eaux gazéifiées sont des eaux dans lesquelles on a injecté du CO<sub>2</sub> (**Khederlarian, 1998**).

### I.2.2.2. Les boissons non gazeuses

Ce sont les boissons qui ne contiennent pas de dioxyde de carbone dissous. On les trouve en plusieurs produit tels que :

➤ **Boisson aux jus de fruits**

C'est un jus obtenu à partir de fruits par des procédés mécaniques, fermentescibles mais non fermentés, possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du ou des jus de fruits dont ils proviennent. Les jus de fruits frais ne subissent pas de traitement thermique (**Boudra, 2007**)

➤ **Jus de fruits concentrés**

Le jus de fruits concentré est le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique d'une partie déterminée de l'eau de constitution. Lorsque le produit est destiné à la consommation directe, cette élimination est au moins de 50 % (**Cendres, 2010**)

➤ **Les jus de fruits déshydratés**

Cette boisson est obtenue par élimination de la quasi-totalité de l'eau constituant le jus avec une restitution obligatoire des aromatiques (**Cendres, 2010**).

### I.2.3. Composition des boissons

#### I.2.3.1. Le gaz carbonique CO<sub>2</sub>

Le dioxyde de carbone est un gaz sans odeur ni couleur ininflammable et non toxique. Le (CO<sub>2</sub>) participe avec l'acide citrique à l'acidification de la boisson (**Multon, 1992**).

Le (CO<sub>2</sub>) se dissout facilement dans l'eau, il se trouve hydraté : la molécule de (CO<sub>2</sub>) se lie à une molécule d'eau et devient de l'acide carbonique, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (**Kerboua, 2015**).

Le dioxyde de Carbone est utilisé en tant qu'additif alimentaire pour la production des boissons gazeuses. On peut donc rendre une boisson gazeuse en lui injectant artificiellement du gaz carbonique (**Cardot, 2005**).

#### I.2.3.2. L'eau

L'eau est le constituant majeur de la boisson (92%). L'eau est un élément essentiel pour l'organisme, elle intervient comme agent de dilution d'un concentré (**Petitpain, 2006**).

#### I.2.3.3. Les additifs

Un additif alimentaire est défini comme : « toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive, et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires (**Codex Alimentarius, 2016**).

Les additifs alimentaires sont des substances ajoutées intentionnellement aux aliments pour exercer certaines fonctions technologiques spécifiques, par exemple pour colorer, sucrer ou contribuer à la conservation des aliments (**EFSA, 2014**).

#### I.2.3.4. Sucre

Le sucre ou les substances sucrantes (miel, sirops d'érable, etc....) sont des produits alimentaires utilisés depuis des temps reculés, en l'état ou incorporés à des préparations alimentaires. Le sucre est fabriqué à partir de la betterave sucrière ou de la canne à sucre. Du point de vue chimique, le sucre blanc de table est constitué de saccharose. Le sucre cristallisé est soluble dans l'eau (**Multon, 1992**).



## **Chapitre II.**

### **Matériel et méthodes**

## II.1. Matériel

### II.1.1. Présentation de l'organisme d'accueil

#### ➤ La situation géographique

L'entreprise STAR est située à Ighzar Amokrane commune et daïra d'Ouzellaguene à 52 Km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia.



**Figure 4.** Situation géographique de l'entreprise Ait Brahem Mouhend Ouzellaguene Bejaia (Google Maps).

#### ➤ Historique de l'entreprise

- ✓ L'entreprise privée Ait Braham Mohand connu sous le nom commercial « **STAR** » est une unité industrielle alimentaire spécialisée dans le domaine des boissons divers.
- ✓ Elle fait ces premiers pas dans le monde de l'industrie à Oumoussa dans la commune d'Ouzellaguene sur la route nationale N°26 en 1993 avec la création d'une petite unité de marque « **CORTILAZZI** » de fabrication de boissons gazeuses d'une capacité de 5000 bouteilles par heure et un personnel d'environ 20 personnes, sur une superficie de 250 m<sup>2</sup>.
- ✓ De 1997 à 1999 l'entreprise a fait un arrêt pour l'installation de nouvelles machines allemandes de type « **KRONES** ». Elle a repris ses activités en septembre 1999 avec seulement des boissons non-gazeuses (JUS) de plusieurs variétés.
- ✓ A partir de 2001 elle a commencé à produire aussi des boissons gazeuses avec une capacité de fabrication d'environ 10000 BTS/h et un personnel de 90 personnes.
- ✓ En aout 2007 inauguration d'une nouvelle unité Ahrik avec une capacité de 25000

BTS/h et un personnel de 178 personnes, sur une superficie 1300 m<sup>2</sup>. L'entreprise a gardé la même gamme de production tout en rajoutant de nouveaux dans les jus et sodas (star énergie en 2008).

- ✓ En 2014, installation nouvel unité de production d'eau minéral et boissons aromatisé gazéifié format PET, d'une capacité de production de 16000 BTS/h sur une surface de 1000 m<sup>2</sup>.
- ✓ En 2021 l'entreprise a acheté une nouvelle unité de remplissage de verre recyclable de type « KRONE ». La capacité de cette unité est de 40000 BTS /h. Ce qui augmente la capacité globale de production théorique à 65000 BTS/h (**document interne d'entreprise, 2021**).

### ➤ Les activités de l'entreprise

- Boissons gazeuses (orange, citron, pomme vert, pomme « cola », pomme type sélecto) en plus la gamme OOPS (grenadine, ananas, citron...);
- Les eaux fruitées (oranges, pêches, poire au lait, bananes au lait, orange abricot);
- Boisson énergétique (RED STAR).

## II.1.2. Echantillonnage

Au niveau de l'entreprise STAR, l'eau proviennent d'une nappe phréatique (bâche souterraine). Elle est de 80 à 120 m de la hauteur et 100 m de profondeur. Leur prélèvement est automatique à l'aide d'une pompe rotative. Ses eaux subissent des traitements par plusieurs méthodes et techniques (annexe1).

Notre étude expérimentale consiste en une appréciation des qualités physico-chimique et microbiologique de deux types d'eau qui sont les eaux adoucis et les eaux de process. Les différentes analyses sont effectuées sur onze (11) prélèvements mensuels sur une période de deux mois (01 février 2023 au 31 mars 2023) donc un total de 22 prélèvements pour chaque type d'eaux. Les prélèvements sont effectués entre 9h et 10h30 tous les 3 jours.

- Le tableau I représente les dates de prélèvements au niveau de l'installation de traitements des eaux de l'unité :

Nombre de jours	Date	Heure
1	07/02/2023	09 :00
2	08/02/2023	09 :00
3	09/02/2023	09 :15
4	13/02/2023	09 :30
5	22/02/2023	09 :20
6	26/02/2023	09 :30
7	01/03/2023	09 :25
8	08/03/2023	10 :30
9	12/03/2023	09 :30
10	15/03/2023	09 :30
11	19/03/2023	09:30

Tous les prélèvements ont été effectués manuellement dans des flacons en verre de 250 ml de capacité.

L'eau de process est l'ingrédient de base dans la fabrication des boissons. Pour cela nous avons effectué cinq (5) analyses : à savoir, physico-chimique et microbiologique pour 2 types de boisson en emballage PET : boisson gazeuse (OOPS grenadine) et non gazeuse (jus d'orange) donc, soit un total de 20 analyses. Ses analyses sont effectuées après chaque production (le processus de fabrication est mentionné dans l'annexe 2).

- Le tableau II représente les différentes dates d'analyses des deux types de boisson

Les dates de l'analyse	Nombre de jours
13/02/2023	1
26/02/2023	2
27/02/2023	3
07/03/2023	4
08/03/2023	5

#### ➤ Les prélèvements pour les analyses physicochimiques

Nous ouvrons la vanne de sortie d'eau et nous laissons l'eau s'écouler un bon moment, puis nous rinçons le flacon 3fois avec de l'eau à analyser puis nous remplissons le flacon.



**Figure 5.** Photo représentant le prélèvement de l'eau de process de l'appareil ultra-violet (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

#### ➤ Les prélèvements pour les analyses microbiologiques

Nous désinfectons nos mains et le robinet avec de l'alcool. Nous laissons l'eau s'écouler un bon moment. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des flacons en verre stérilisés pour éviter toute contamination. Puis nous fermons hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.



**Figure 6.** Photo représentant le prélèvement de l’eau de process pour analyse microbiologique : (a) désinfection par alcool (b) désinfection par la flamme (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

➤ **Enregistrement et étiquetage des échantillons**

Pour faciliter le travail et pour éviter toute les erreurs, nous veillons toujours à mettre des étiquettes sur les flacons sur place ou avant le prélèvement tout en indiquant le nombre, la date et l’heure d’échantillonnage.

Après prélèvement, nous transportons notre échantillon directement au laboratoire, et ce, dure environ 2min de la salle de prélèvement jusqu’au laboratoire.

**Tableau III.** Liste des eaux et boissons analysées, du matériel et produits utilisés

Eaux et boissons analysées	Matériels	produits chimiques
Eau adoucie Eau de process	pH mètre Conductimètre. Une burette. Boîtes pétris. Bec benzène. Tubes (double et simple concentration).	EDTA (0.02N) Tampon k10. NaOH (2M). Murixide (0.2%). AgNO <sub>3</sub> 0.014. Chromate de potassium (5%). Solution H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.02N). Méthylorange (0.5%). Milieux de cultures (PCA, ROTH, BCPL, VF, SAB).
Boisson gazeux « OOPS». Boisson non gazeux		Phénolphtaline. NaOH

**II.2. Méthodes d’analyses**

Les analyses des différentes caractéristiques physico-chimique et microbiologique ont été effectuées au sein du laboratoire de recherche de l’entreprise STAR d’Ighzer Amokrane wilaya BEJAIA.

### II.2.1. Analyses physico-chimiques des eaux de process

Dans cette partie, nous présentons uniquement la définition, le but et le principe des méthodes utilisées. Les protocoles expérimentaux sont mentionnés dans les annexes de ce présent manuscrit.

- **Mesure de la température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Rodier,1989**).

La température d'eau que nous avons suivie pendant la période de prélèvement est constante à 20°C.

#### II.2.1.1. Détermination du potentiel d'Hydrogène (pH)

##### ✚ Définition

Le pH est une grandeur sans unité. Un indice qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la neutralité d'une solution aqueuse. Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre qui permet la mesure d'une différence de potentiel (**Kamoun, 1977**).

Le pH est un mode d'expression de la concentration en ions  $H^+$  d'un liquide. Il s'exprime selon une échelle de 0 à 14. Dans un milieu neutre, il affiche un  $pH = 7$ . C'est le cas de l'eau pure à 25° (**Baize, 2000**).

##### ✚ But

Le pH permet de mesurer l'acidité ou basicité de l'eau (Annexe 3A)

##### ✚ Principe

Le potentiel d'hydrogène indique la concentration en ions d'hydrogène présent dans l'eau, c'est-à-dire si une eau est plutôt acide ou basique.



**Figure7.** pH-mètre de paillasse (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.2.1.2. Détermination de la conductivité

#### ✚ Définition

La conductivité électrique exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  est l'inverse de la résistivité exprimée en  $\Omega.\text{cm}$ . dans le cas des eaux potables. Elle est proportionnelle à la minéralisation. La conductivité de l'eau dépend de la température au moment de la mesure (**Bourrier et Selmi, 2011**).

#### ✚ But

Observer la capacité de l'eau à conduire le courant électrique en présence des sels minéraux (annexe 3B)

#### ✚ Principe

Le conductimètre possède une cellule désigné pour donner une lecture précise de la conductivité en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  directement sur le cadran digital.



**Figure 8.** Photo représentant le conductimètre (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.2.1.3. Détermination de la dureté totale (titre hydrométrique ou TH)

#### ✚ Définition

La dureté totale ou le titre hydrotimétrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ). Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $\text{CaCO}_3$  par litre (**Villers et al., 2005**).

Le TH peut se subdiviser en TCa (titre calcique) et TMg (titre magnésien) (**Berne et Jean, 1991**)

$$\text{TCa}^{2+} + \text{TMg}^{2+} = \text{TH} \quad \text{Eq.1}$$

### ✚ But

Dosage de la somme des ions calcium et magnésium pour déterminer si l'eau est dure ou moyennement dure (annexe 3C).

### ✚ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par virage d'un indicateur spécifique, le noir érichrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (**Rodier, 2009**).



**Figure 9.** Photos montrant la détermination de la dureté totale : (a) avant titrage avec EDTA et (b) après titrage avec EDTA (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

## II.2.1.4. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

### ✚ Définition

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates (**Rodier, 2009**).

Le calcium provient soit de la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), soit de la dissolution des gypses  $2 \text{H}_2\text{O CaSO}_4$ . Il est aussi prédominant dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire (**Berne et Jean, 1991**).

### ✚ But

Connaitre la concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau prélevée (annexe 3D).

### ✚ Principe

Le dosage du calcium par complexométrie à l'EDTA en présence d'un indicateur coloré (le murixide) par addition de la soude NaOH (**Bouchahm et al., 2016**).

La présence de calcium est indiquée par l'apparition de la couleur violet (rose au violet).



**Figure 10.** Photos montrant la détermination du calcium : (a) Avant titrage avec EDTA et (b) Après tirage avec EDTA (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.2.1.5. Détermination du magnésium( $Mg^{2+}$ )

#### ✚ Définition

Le magnésium est parmi les éléments les plus abondants dans la nature. Son origine est naturelle ou industrielle. Le TH magnésien correspond à la totalité des sels de magnésium qui peuvent être estimés par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en  $CaCO_3$  (Kemmer, 1984).

#### ✚ But

Est de connaître la teneur globale en magnésium contenu dans l'eau (Annexe 3E)

#### ✚ Principe

Le principe de cette manipulation est de connaître la dureté totale, d'une part, et la dureté calcique, d'autre part. Il est facile de calculer la dureté magnésienne.

### II.2.1.6. Détermination de Chlorure

#### ✚ Définition

L'origine principale des chlorures qui sont très facilement solubles dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu aquatique et qui n'ont pas été complètement lessivées. Les chlorures sont présents dans presque toutes les eaux. Cependant, leur présence n'indique pas obligatoirement une pollution d'origine humaine ou animale, lorsqu'une augmentation de leur concentration est constatée (Boulahlib, 2015).

Les chlorures sont parmi les anions les plus répandus dans la nature, généralement sous forme de  $NaCl$ ,  $KCl$  ou  $CaCl_2$ . Le dosage des ions chlorures est effectué par la méthode argentimétrique conforme à la norme NFT 90-014 (Rodier, 2005).

#### ✚ But

Le but de cette manipulation est de déterminer la concentration des ions chlorures  $Cl$

contenus dans un échantillon d'eau moyennant un dosage argent métrique en présence du chromate de potassium  $K_2CrO_4$  comme indicateur coloré (protocole d'analyse dans annexe 3 F).

### ✚ Principe

Selon la méthode de Mohr, les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte jaune brune caractéristique du chromate d'argent (**Rodier, 1996**).



**Figure 11.** Photos montrant la détermination de chlorure: (a) Avant titrage et (b) Après tirage avec du chromate de potassium  $K_2CrO_4$  (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.2.1.7. Mesure du titre alcalimétrique complet (TAC)

#### ✚ Définition

Le TAC est une mesure permettant d'indiquer la quantité de sels minéraux présents dans l'eau, il correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogéné-carbonates. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale (**Rodier, 1996**).

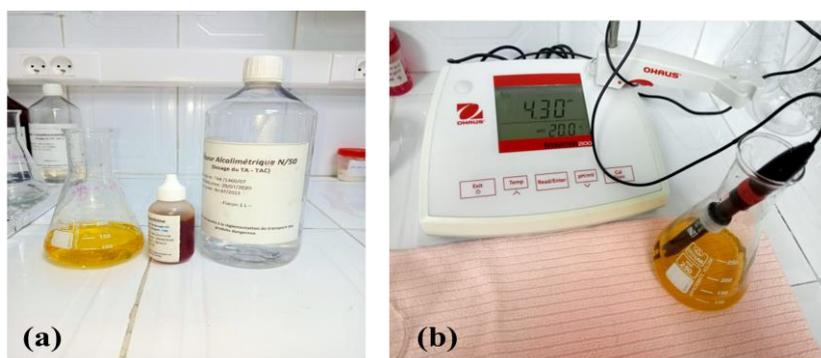
#### ✚ But

Il consiste à la détermination de l'alcalinité totale (titre alcalimétrique complet) et la concentration en ions hydrogencarbonates  $H_2SO_4$  (protocole d'analyse voir annexe 3.G)

#### ✚ Principe

La détermination du TAC permet d'évaluer les teneurs en hydrogéné-carbonates, en carbonates et en hydroxydes alcalins et alcalino-terreux. La décoloration de la phénolphthaléine se produit dès que le pH est inférieur à 8.3, c'est-à-dire, lorsque l'anhydride carbonique à l'état libre commence à apparaître dans la solution (**Rodier, 1996**).

Le titrage avec la solution  $H_2SO_4$  à 0.02 N donne la couleur rouge orangé avec un pH qui doit varier entre 4.10–4.30.



**Figure 12.** Photos montrant la détermination de l'alcalinité totale et la concentration en ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) : (a) Avant titrage et (b) Après tirage avec la solution  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.2.1.8. Détermination bicarbonates $\text{HCO}_3^-$

#### ✚ Définition

Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) ou l'ion hydrogénocarbonate est en équilibre avec le gaz carbonique  $\text{CO}_2$  dissous et le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). Cet équilibre calco-carbonique dépend essentiellement du pH et de la température de l'eau. L'hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) est associé à la présence de la dureté dans l'eau et une forte teneur de ce dernier augmente la dureté d'une eau car il peut combiner avec les ions calcium et magnésium pour former des précipités de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou de carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$ ) (Boulahlib, 2015).

#### ✚ But

Il consiste à la détermination la teneur d'hydrogène carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans l'eau (Annexe 3H).

#### ✚ Principe

Le titre alcalimétrique complet (TAC) ne permet de connaître les concentrations en carbonates et bicarbonates éventuellement par hydroxydes (base forte).

## II.3. Prétraitement d'eau au niveau de l'industrie STAR

L'eau est un élément principal dans chaque industrie. Le traitement des eaux dans l'industrie STAR passe par plusieurs étapes

### ➤ Etape de filtration sur lit de sable

La figure 13 représente le filtre à sable utilisé par STAR. Il a un volume de  $15 \text{ m}^3$  et une hauteur de 2.5 m, Le matériau utilisé est un lit de sable d'une capacité de filtration de 35 m/h qui est composé de 4 couches selon la porosité du sable (sable de grande porosité à faible). Généralement, il est lavé chaque 1 heure à l'air + l'eau.



**Figure 13.** Photo représentant filtre à sable

➤ **La filtration de l'eau de process**

- **Étape de filtre à cartouche**

Un seul filtre à 6 cartouches à l'intérieur d'un enclos appelé CARTER (fig. 14) est utilisé fonctionnant à une pression 6 m bars maximum, avec une capacité de 10 m<sup>3</sup>/h, et une durée de vie des cartouches de 6 mois minimum jusqu'à 2 ans. Il est dit filtre poly-chaines



**Figure 14.** Photo représentant filtration sous pression

- **Étape de filtre à Micro-filtre**

Deux micros-filtres ayant différentes porosités sont utilisés. Ils fonctionnent en chaîne ; le premier a 1 µm de porosité et un diamètre extérieur de 30 et le deuxième à 0.2 µm et un diamètre extérieur de 40. La pression de fonctionnement est de 6 bars minimum, avec une capacité de 10 m<sup>3</sup>/h. la durée de vie est de 6 mois pour le remplacement.

- **Étape de stérilisation à l'UV**

Le module UV utilisé est de marque **WEDECO**, à 2 lampes UV, d'une longueur de 1m et d'une capacité de 10 m<sup>3</sup>/h (fig. 15).



**Figure 15.** Photo représentant le générateur et module UV

➤ **La filtration des eaux adoucies**

Les eaux destinées à être adoucies sont faites sur des résines cationiques sulfoniques. La figure 16 représente l'appareil d'adoucissement.

L'eau dans cette étape subie l'extraction des cations, la régénération se fait par injection de Saumure (NaCl + l'eau) de 150 g/l de résine.

Ces adoucisseurs sont en nombre de 2 ayant un volume de 1200L de résine pour chacun, avec un débit d'entrée de 30m<sup>3</sup>/h et la capacité de sortie de 20m<sup>3</sup>.



**Figure 16.** Photo représentant les deux Adoucisseurs

## **II.4. Analyse microbiologique des eaux de process**

### **II.4.1. Recherche des germes aérobies**

✚ **Définition des germes**

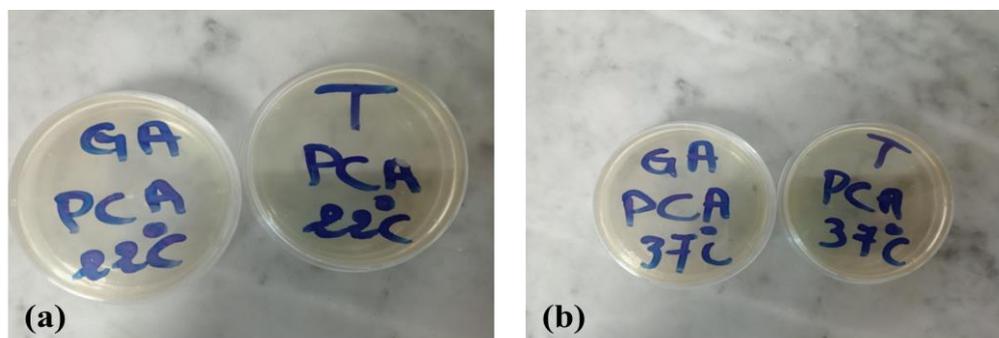
Ce sont des germes non pathogènes capable de se développer dans des conditions normales de culture représentent la teneur moyenne en bactéries d'une eau (NA 763 ISO 6222, 1999).

✚ **But**

Le but de notre manipulation est d'évaluer le nombre des bactéries présent dans l'eau par le dénombrement de la flore totale après nous les cultivons sur le milieu PCA (annexe 4A).

### ✚ Principe

Il s'agit d'un ensemencement en profondeur ou par étalement en surface d'un milieu de culture nutritif gélosé spécifié dans des boîtes de pétri (fig. 17), de volume déterminé de l'échantillon ou de dilution de l'échantillon, suivi d'une incubation d'un jeu de boîte à 37° C pendant 24 h ou 48 h et d'un autre jeu à 22°C pendant 72 h (NA 763 ISO 6222, 1999).



**Figure 17.** Lecture après incubation des germes aérobies : (a) germes aérobies à 22°C, (b) germes aérobies à 37°C (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

## II.4.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux

### II.4.2.1. Définition des coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés (Guiraud and Galzy, 1980).

Ce groupe bactérien, utilisé comme indicateur de pollution d'eau, est recherché dans les milieux de très bonne qualité microbiologique pour contrôler une éventuelle contamination bactérienne (Bengarnia, 2016).

### III.4.2.2. Définition des coliformes fécaux

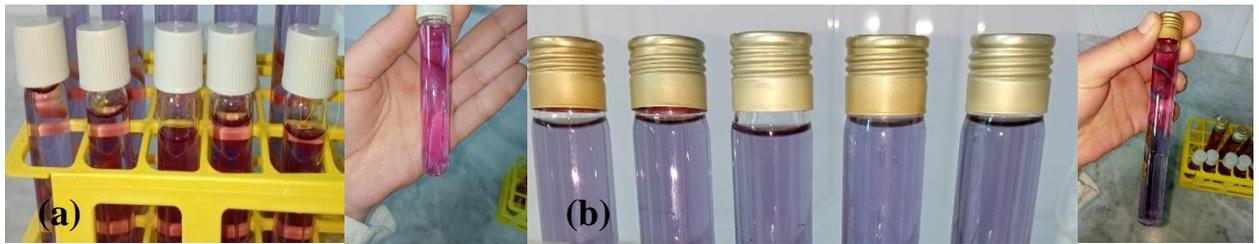
Les coliformes fécaux sont un groupe de bactéries associé à la matière fécale d'organismes à sang chaud, se distinguant des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44° C (Lapied et Petransxiene, 1981).

### ✚ But

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux sont considérés comme indice de contamination fécale dans l'eau. Ils peuvent se faire selon la méthode en milieu liquide sur BCPL (Bouillon au Pourpre de Bromocrésol) pour mesurer le degré de pollution et la qualité de l'eau (annexes 4 B et C)

### ✚ Principe

Ensemencement d'une série de tubes (fig. 18) à essai contenant un milieu de culture sélectif lactose avec des prises d'essai de l'échantillon dilué ou non (ISO 9308-2, 1990).



**Figure 18.** Lecture après incubation des coliformes totaux et fécaux(a) simple concentration, (b) double concentration à 37°C (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.4.3. La recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

#### ✚ Définition

Le *Clostridium* est un genre de bactérie qui regroupe des bacilles gram positifs strictement anaérobies et sporulés. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (**Rodier et al., 2009**).

#### ✚ But

La recherche et le dénombrement des spores anaérobies sulfito réductrices est importante car ils sont témoins de contamination fécales anciennes et permet aussi de déceler une présomption de la présence de *clostridium perfringens* dans l'eau (protocole d'analyses voir annexe 4 D et E)

#### ✚ Principe

La recherche des spores d'organismes anaérobies sulfito-réducteurs (*clostridie*) dans un échantillon d'eau de volume déterminé (fig. 19), passe par les étapes de sélection des spores et culture par enrichissement (**ISO 6461/1, 1986**).



**Figure 19.** Lecture après incubation des *clostridium* sulfito-réducteurs forme sporulé et forme végétatif (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

### II.4.4. La recherche des streptocoques D

#### ✚ Définition

Les streptocoques constituent la famille de streptococcaceae qui regroupe des Genres très fréquents dans l'industrie alimentaire comme contaminants et surtout comme agents de fermentations lactique (**Guiraud et Galzy, 1980**).

Les streptocoques désignent une grande famille de bactéries cocci, Gram positif, non sporulé, à catalase négatif. Les streptocoques du groupe sérologique D se rapprochent des Coliformes fécaux. Ils sont considérés comme de bons indicateurs de pollution (**WHO, 2008**).

#### ✚ But

La recherche et dénombrement des streptocoques D pour évaluer la qualité de l'eau et pour affirmer qu'il n'y a aucune présence des germes pathogènes dans l'eau (annexe 4.F)

#### ✚ Principe

La recherche des streptocoques fécaux dans un volume donné d'échantillon qui nécessite une incubation de l'échantillon dans le milieu sélectif liquide à l'azoture et au glucose à 35 ou 37°C pendant  $44 \pm 4$ h. Les streptocoques fécaux croissent dans ce milieu et fermentent le glucose avec formation d'acide, ce qui provoque le virage de la coloration de l'indicateur pH du pourpre au jaune (fig. 20) (**NA 765 ISO 7899-1, 1998**).



**Figure 20.** Lecture après incubation des streptocoques fécaux (cliché Ouddak &Ghebrioua, 2023).

### II.5. Analyse physico-chimique des boissons

Dans cette partie, nous présenterons uniquement la définition, et le principe des méthodes utilisées. Les protocoles expérimentaux sont mentionnés dans l'annexe 5.

#### II.5.1. Potentiel Hydrogène (pH)

##### ✚ Principe

Il indique le degré d'acidité ou d'alcalinité de la boisson. Pour nos échantillons, nous avons utilisé le pH- mètre pour mesurer le pH après étalonnage par la solution tampon (pH 7 et pH4). Nous plongeons la sonde dans le bécher contenant l'échantillon à analyser. La valeur du pH s'affiche directement sur l'écran de l'appareil. La valeur du pH est sans unité.

### II.5.2. Détermination du Brix

Le degré Brix est la mesure de la matière sèche soluble qui s'exprime en pourcentage. Dans le secteur agroalimentaire, le réfractomètre calibré à l'échelle internationale du sucre est couramment utilisé pour déterminer la teneur en sucre d'un milieu dit simple tel que les jus de fruits, le vin, la confiture, les boissons gazeuses ...etc. La mesure du degré Brix est fortement liée à la température car elle n'influence pas l'indice de réfraction (**Rane et al., 2016**).

- **Principe**

Le principe consiste à déduire la teneur en résidu sec soluble d'un produit à partir de la valeur d'indice de réfraction. Il permet de mesurer à une température d'environ 20° C.

L'expression de Brix est donnée par l'équation 2

$$1 \text{ degré Brix} = 1 \text{ g de sucre dans } 100 \text{ g de solution} \quad \text{Eq. 2}$$

L'appareil utilisé pour la mesure de Brix dans l'industrie agroalimentaire est présenté dans la figure 21.



**Figure 21.** Réfractomètre à paillasse (clichée par Ghebrioua & Ouddak, 2023).

### II.5.3. La densité

L'appareil utilisé est le densimètre (fig. 22). Nous pouvons aussi utiliser le réfractomètre. Le principe de mesure est basé sur la réfraction de la lumière qui permet de déterminer l'extrait totale des liquides.

- **Principe**

Déterminer la concentration en sucre et la qualité constante d'une boisson gazeuse ou d'un jus (annexe 5B).



**Figure 22.** Réfractomètre oculaire (clichée par Ghebrioua & Ouddak, 2023).

#### II.5.4. L'acidité

L'acide peut être présent naturellement dans notre aliment et boisson. Pour cela, la détermination de l'acidité est un critère principal pour garantir que les produits de consommation courante sont conformes aux exigences spécifiques (apparence, texture, goût, informations nutritionnelles, etc.) (**Francis et Harmer, 1988**).

L'acidité permet la détermination de l'acidité titrable ou libre, calculée comme l'acide prédominant. Une partie aliquote de la boisson, débarrassée du dioxyde de carbone par ébullition ou agitation vigoureuse par agitateur dans le cas des boissons gazeuses, puis titrés avec une base standardisée en utilisant l'indicateur coloré (phénolphtaléine) pour détecter le point final (**Francis et Harmer, 1988**).

- **Principe**

Il indique la teneur de la boisson en acide citrique en g/l. Pour notre échantillon, la méthode utilisée est le titrage acido-basique, en utilisant une solution NaOH (0.1N) en présence d'un indicateur coloré, la phénolphtaléine (1%). Le point d'équivalence est déterminé lors du changement de la couleur (protocole d'analyse voir annexe 5 C). L'acidité de l'échantillon est obtenue en multipliant le volume de la chute burette par le coefficient de l'acide citrique selon l'équation 3.

$$C_{\text{acide citrique}} = (cb \times N \times f \times \text{még}_{\text{acide citrique}}) / PE \quad \text{Eq .3}$$

#### II.5.5. Détermination le volume de CO<sub>2</sub>

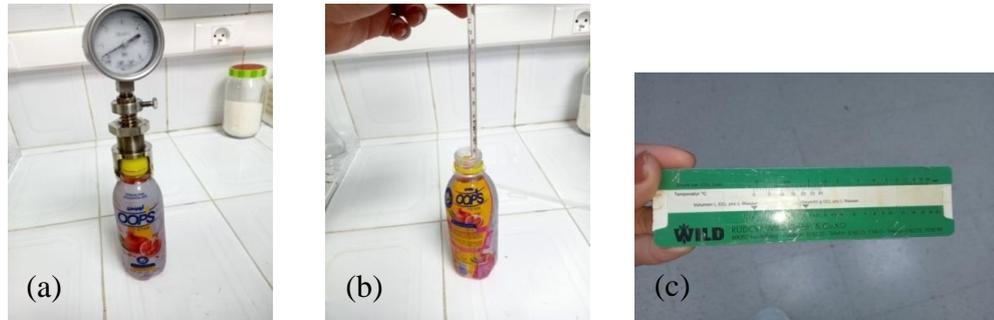
- **La mesure de la pression**

Le principe consiste à mesurer la quantité de CO<sub>2</sub> présente dans une bouteille de boisson gazeuse en utilisant un dispositif spécial qui est le manomètre qui sert à vérifier la pression de CO<sub>2</sub> à l'intérieure des bouteilles scellées. Cet instrument est formé d'un corps, le Corps de l'appareil est fixé sur la partie supérieure de la bouteille, verticalement, permettant à l'anneau en caoutchouc et à l'aiguille des s'insérer dans la bouteille. En appuyant sur le mécanisme d'étanchéité, l'aiguille pénètre dans le bouchon jusqu'à l'espace au-dessus du liquide (Fig.

23a). Sur ce chemin, le manomètre indique la pression de cet espace (**Glevitzky et al, 2005**).

- **Mesure la température**

Afin de déterminer la température de notre échantillon, nous utilisons le thermomètre (Fig.23b). La température est donnée en °C. Pour la lecture de CO<sub>2</sub> en utilise une règle spéciale qui combine la température et la pression (Fig.23 c). Nous exprimons la quantité de CO<sub>2</sub> en g/l.



**Figure 23.** Photos représentant les instruments de mesure de la pression : (a) manomètre, (b) thermomètre et (c) règle de température et pression (clichés Ghebrioua & Ouddak, 2023).

## II.6. Analyses microbiologique de la boisson gazeuse

### II.6.1. La recherche des germes aérobies

- **But**

Le but de notre manipulation est d'évaluer le nombre de bactéries présentes dans l'eau par dénombrement de la flore totale après les avoir cultivés sur le milieu PCA (annexe 6A).

- **Principe**

Ensemencement en profondeur ou par étalement en surface d'un milieu de culture nutritif gélosé spécifié dans des boîtes de pétri (fig. 24), de volume déterminé de l'échantillon ou de dilution de l'échantillon. Incubation d'un jeu de boîte à 37° C pendant 24h ou 48h et d'un autre jeu à 22°C pendant 72h (**NA 763 ISO 6222, 1999**).



**Figure 24.** Lecture après incubation des germes aérobies (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

## II.6.2. La recherche des levures et des moisissures

- **Définition des levures et moisissures**

Ce sont des champignons microscopiques (micromycètes). Ce sont des organismes eucaryotes constitués soit d'éléments unicellulaires, soit de filaments isolés ou agrégés et se reproduisent par l'intermédiaire de spores. Ces organismes sont hétérotrophes : ils vivent donc aux dépens des matières organiques préformées (AFSSA, 2009).

- **But**

Consiste à déterminer le nombre de colonies formées à la surface de la gélose provenant des bactéries (moisissure) ou agrégat de bactérie (levure) qui peut se développer dans les conditions de croissance utilisées dans l'eau (Protocole d'analyse dans annexe 6.B)

- **Principe**

Ensemencement en profondeur d'un milieu de culture sélectif déterminé, coulé dans deux boîtes de pétri (fig. 25), avec une quantité définie de l'échantillon pour essai. Si le produit est liquide, ou provient de la solution mère pour les autres produits. Dans les mêmes conditions, ensemencement des dilutions décimales de l'autre boîte, obtenue de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère (ISO 7954, 1987).



**Figure 25.** Lecture après incubation des levures et moisissures (cliché Ouddak & Ghebrioua, 2023).

## **Chapitre III.**

### **Résultats et discussion**

### III.1. Les résultats physico-chimiques des eaux de process et eaux adoucis

Ce chapitre est consacré à la présentation et à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de deux types d'eaux : les eaux de process et les eaux adoucis.

L'interprétation des résultats est effectuée au niveau de l'unité STAR. Nous utilisons les normes fixées par l'organisme. Dans le cas d'absence de norme de l'organisme, nous les remplaçons par les normes algériennes, conformément au décret exécutif n° 11-125 JO N°18 du 23 mars 2011, ou bien les normes OMS (2006)

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées sont présentés dans les tableaux IV et V.

**Tableaux IV.** Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux de process

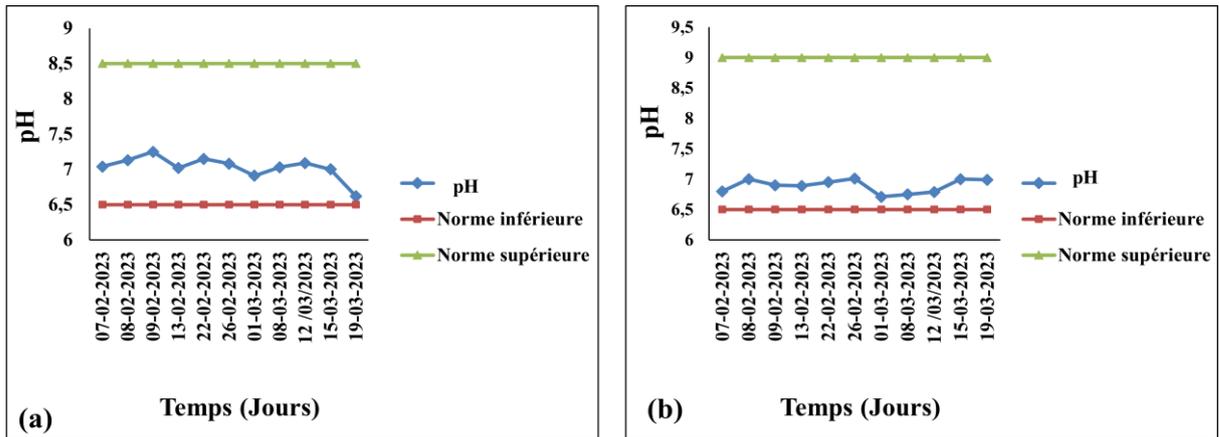
	Unité	Paramètres							
		pH	Conductivité	TH	Ca <sup>2+</sup>	Chlorure	TAC	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>
		-	uS/cm	°F	mg/l	mg/l	°F	mg/l	mg/l
	<b>Normes</b>	<b>6.5-8.5</b>	<b>2800</b>	<b>10-50</b>	<b>75-200</b>	<b>200-500</b>	<b>8-14</b>	<b>200</b>	<b>150</b>
Date de prélèvement	07/02/2023	7.04	1564	52.2	158.4	303.9	27	331.8	47.63
	08/02/2023	7.13	1503	61.0	154.4	269.8	26	314.8	54.92
	09/02/2023	7.25	1530	59.2	157.6	261.3	26	317.2	48.11
	13/02/2023	7.02	1464	60.0	160.0	301.0	27.5	336.7	48.60
	22/02/2023	7.15	1495	60.2	159.2	301.0	29	351.4	49.57
	26/02/2023	7.08	1509	59.6	159.2	298.2	29.5	358.7	49.08
	01/03/2023	6.91	1497	59.4	160.0	308.1	29.5	358.7	47.14
	08/03/2023	7.03	1537	61.2	168.0	311.0	29.5	358.7	46.66
	12 /03/2023	7.09	1531	63.0	160.0	308.1	29	356.2	55.89
	15/03/2023	7.00	1534	61.6	162.4	309.6	30	366.0	52.49
	19/03/2023	6.62	1501	60.8	161.6	301.0	30	363.6	49.57

**Tableaux V.** Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux adoucis

	Unité	Paramètres					
		pH	Conductivité	TH	Ca <sup>2+</sup>	Chlorure	TAC
		-	uS/cm	°F	mg/l	mg/l	°F
	<b>Normes</b>	<b>6.5-9</b>	<b>2800</b>	<b>≤10</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>8-14</b>
Date de prélèvement	07/02/2023	6.80	1406	62.1	144	306.40	32.5
	08/02/2023	7.00	1300	65	144.5	305	30.5
	09/02/2023	6.90	1329	61.5	145	305.6	25
	13/02/2023	6.89	1356	63.4	143.2	306.72	30
	22/02/2023	6.95	1450	61.3	141.2	310	29
	26/02/2023	7.01	1390	60.8	141.9	315	29.5
	01/03/2023	6.71	1330	62.9	140.8	315.80	35
	08/03/2023	6.75	1350	60.4	142.6	320	36
	12 /03/2023	6.79	1405	64	142	320.90	39
	15/03/2023	7.00	1430	64.6	143	308	34.5
	19/03/2023	6.99	1382	63	143.4	305.50	31.5

### III.1.1. Résultats de Potentiel hydrogène (pH)

La figure 26 représente les variations de pH des eaux de process et les eaux adoucies.



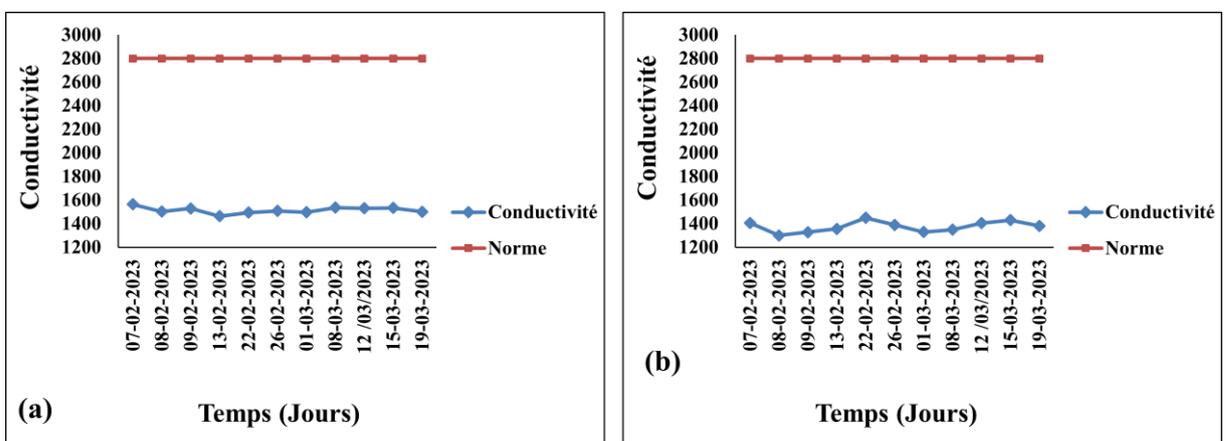
**Figure 26.** Variations du pH des eaux échantillonnées (a) pH des eaux de process (b) pH des eaux adoucies.

Selon la figure 26, nous remarquons que les pH des ces eaux sont proches. Nous constatons que le pH des eaux de process est neutre (pH = 7). Pour les eaux adoucis, le pH est légèrement acide et est proche de la borne inférieure. Selon HANE et al. (2020), le pH d'une source peut varier naturellement en fonction de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé.

Nous pouvons déduire que les valeurs de ces deux types d'eaux sont conformes et répondent aux normes.

### III.1.2. Résultats de Conductivité

La figure 27 représente les variations la conductivité des eaux de process et les eaux adoucies.



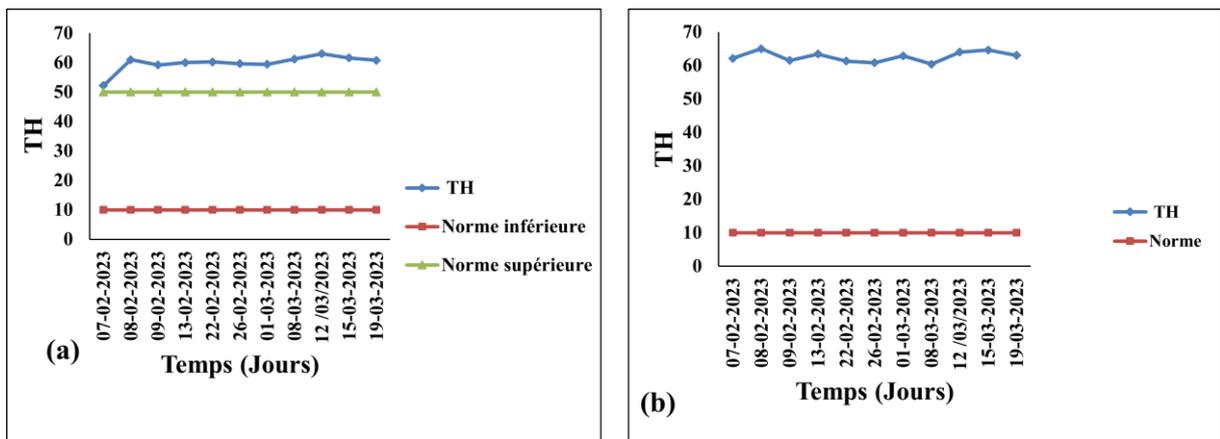
**Figure 27.** Graphe des valeurs de la conductivité (a) eau de process, (b) eau adoucie. Les valeurs de la conductivité enregistrée durant la période d'étude varient entre 1300 à 1564µS/cm.

Nous remarquons une diminution de la conductivité pour les eaux adoucis qui varient de 1300 uS/cm à 1400 uS/cm par rapport aux eaux de process qui varient entre 1400 uS/cm à 1500 uS/cm. Cela pourrait être dû à la sédimentation des éléments minéraux.

Ces résultats restent nettement inférieurs à la norme algérienne qui est d'une valeur de 2800 uS/cm. La conductivité d'un liquide dépend largement de la température. Cette dernière sera relevée très exactement au cours de la mesure (Rodier et al., 1996).

### III.1.3. Résultats de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)

La figure 28 représente les résultats du TH des eaux de process et des eaux adoucis.



**Figure 28.** Variations du TH des eaux de process (a) et eaux adoucis (b).

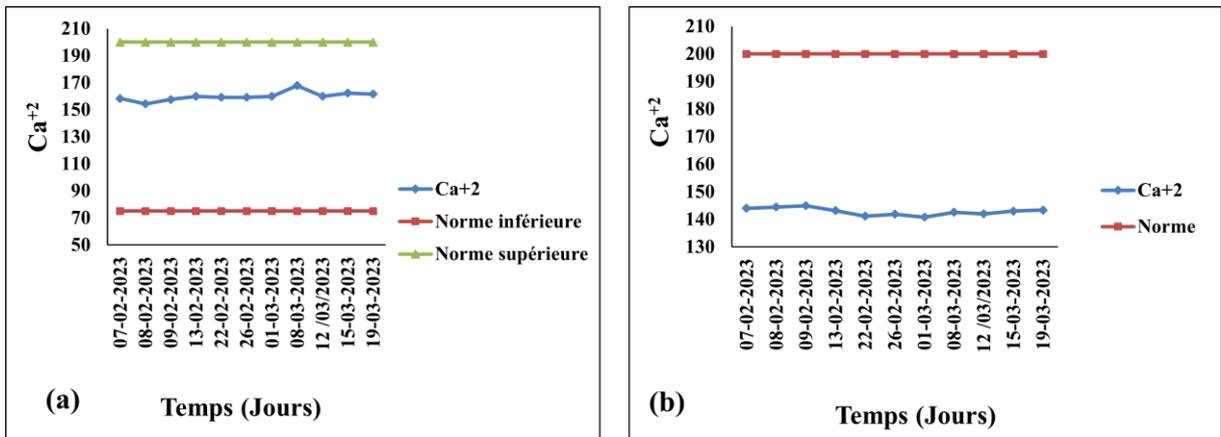
Nous remarquons, d'après les résultats, une forte augmentation de la dureté de l'eau pour les deux types d'eaux par rapport aux normes variant (norme fixée par organisme et OMS), pour les eaux de process, de 10 à 50 °F (Figure 28. a) et inférieure à 10 °F pour les eaux adoucis (Figure 28.b).

Ces eaux sont très dures. Ce qui signifie qu'elles sont fortement chargées en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Cette dureté pourrait provenir du mauvais fonctionnement des adoucisseurs. L'autre raison pourrait être la cause du problème de régénération de la résine de l'adoucisseur (saturation de la résine) ou bien, son contact avec les formations rocheuses lors de son passage dans le sous-sol. Selon Kahoul et al. (2014), l'eau dure n'est pas dangereuse pour la santé.

Les résultats obtenus ne répondent pas aux normes.

**III.1.4.Résultats de Calcium ( $Ca^{2+}$ )**

La figure 29 représente les variations de  $Ca^{2+}$  de l'eau adoucie et l'eau de process



**Figure 29.** Variations des concentrations en calcium des eaux process (a) et adoucis (b).

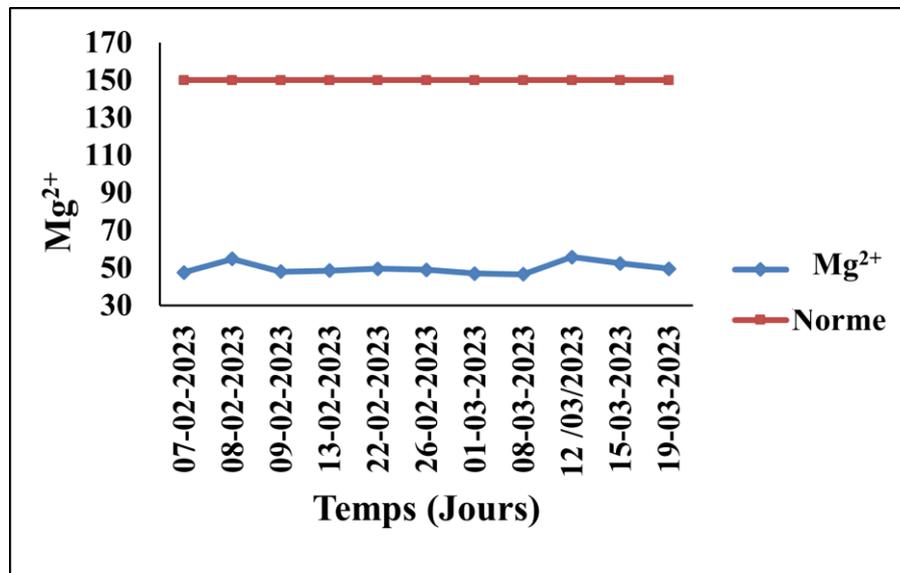
Selon **Guillemin et Roux (1992)**, le calcium varie comme le magnésium et sa concentration dans l'eau dépend aussi du substrat géologique traversé.

Selon les résultats de la figure 29, nous pouvons déduire que les valeurs du calcium sont stables avec une valeur de 150 mg/l pour les deux types d'eau.

D'après les valeurs des graphes (a) et (b), nous concluons que les deux types d'eau sont dans la norme fixées par l'organisme et OMS. Elles sont proches et sont de bonne qualité.

**III.1.5.Résultats Magnésium( $Mg^{2+}$ )**

Les résultats du  $Mg^{2+}$  des eaux de process sont représentés dans la figure 30



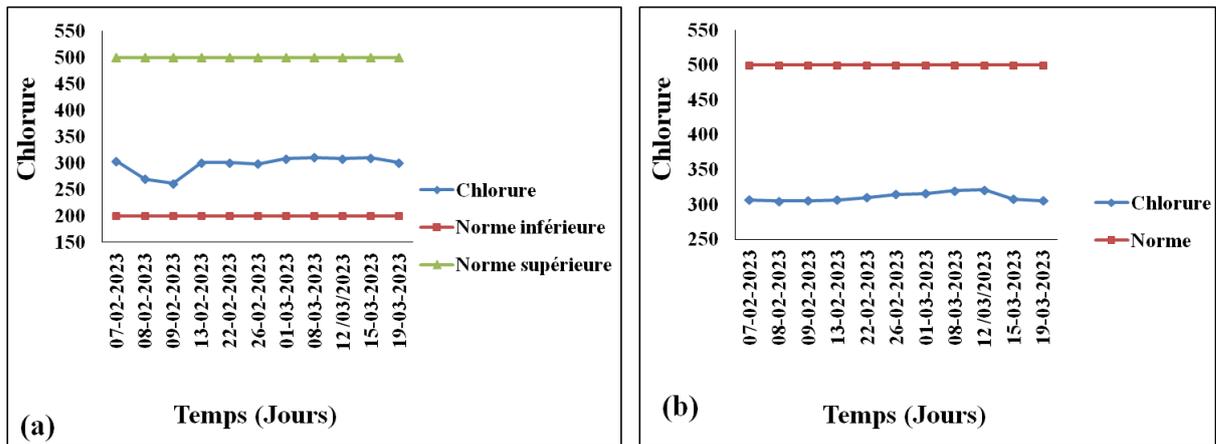
**Figure 30.** Les variations des concentrations du magnésium des eaux de process

Selon la figure 30, nous constatons que les teneurs maximales des eaux de process sont de 55.9 mg/l et de 54.92 mg/l durant les périodes du 08/02/2023 et 12/03/2023, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à la norme qui est de 150 mg/l.

Selon **Nouayti et al. (2015)**, la source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaire et dolomitique. Nous concluons que l'eau de process est riche au magnésium et est de bonne qualité.

### III.1.6. Résultats de Chlorure

La figure 31 représente les variations du chlorure des eaux de process et les eaux adoucis.



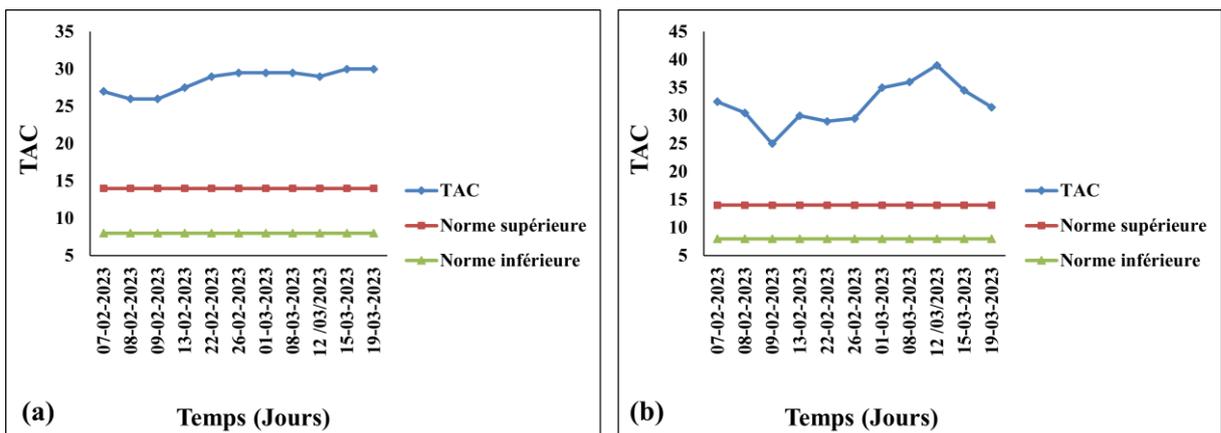
**Figure 31.** Les variations de la teneur en chlorures des eaux process (a) et adoucis (b)

La figure 31, nous montre que les valeurs de la teneur en chlorure des eaux sont constantes durant toute la période de suivi. La valeur moyenne est de 300 mg/l pour les deux types d'eaux.

Ces résultats sont conformes aux normes. L'élément chlore est présent dans l'eau d'une manière importante. Cela serait dû à la nature des terrains traversés.

### III.1.7. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure 32 montre qu'il ya une variation dans la valeur de TAC des eaux de process et eaux adoucis



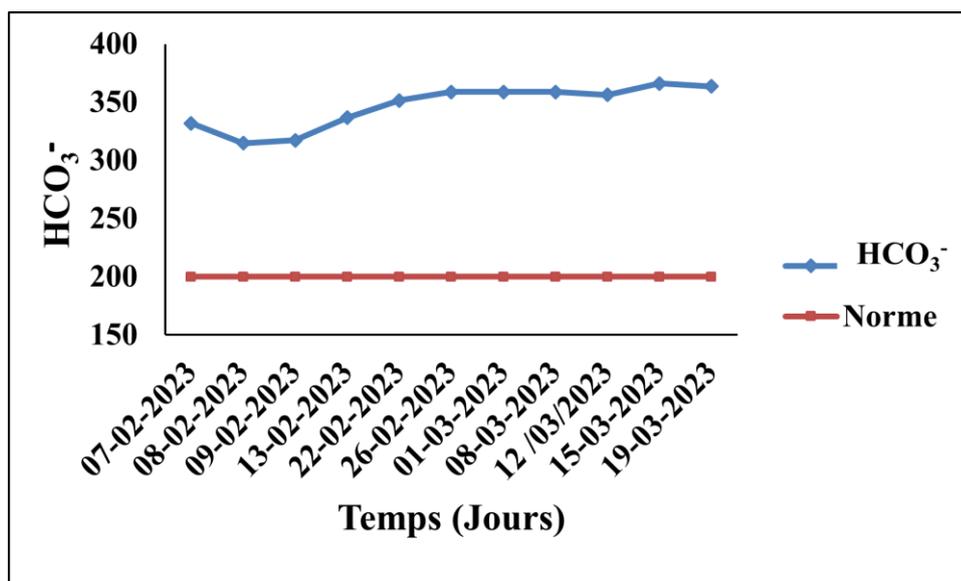
**Figure 32.** Les variations de la teneur en TAC des eaux de process (a) et adoucis (b)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) traduit l'alcalinité d'une eau. Selon Savary (2010), la connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique

D'après les résultats, nous remarquons une forte augmentation dans la teneur en TAC par rapport à la norme de potabilité des eaux qui est fixée de 8 à 14 °F. Cette augmentation indique la présence d'une grande quantité de sels minéraux dans l'eau. Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes fixées par l'OMS et norme Algérienne.

### III.1.8. Résultats de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les résultats du bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux de process sont représentés dans la figure 33



**Figure 33.** Les variations des concentrations du bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux de process.

D'après Boulahlib (2015), la concentration des bicarbonates doit se tenir entre 100 et 300 mg/L et idéalement à 200 mg/L pour maintenir un pH stable et pour éviter d'avoir des eaux agressives ou entartrantes.

Les résultats nous montrent une augmentation de la concentration en bicarbonate à une valeur de 366 mg/l alors que la valeur fixée est de 200 mg/l. Donc ces résultats ne sont pas conformes aux normes. Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans l'eau est plus il en a, plus l'eau est gazeuse.

### III.2. Résultats et discussion des analyses microbiologiques des eaux de process et les eaux adoucis

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau VI.

Détermination	Résultats	Normes	Méthodes
Germes aérobies à 22°C/ml	ABS	<100	ISO6222
Germes aérobies à 37°C/ml	ABS	<20	ISO6222
Coliformes totaux	ABS	ABS	ISO 9308-21990
Coliformes fécaux	ABS	ABS	ISO 7899-1
Streptocoques D	ABS	<5	ISO646/1
Clostridium sulfito-réducteurs	ABS	ABS	ISO646/1

D'après les résultats, nous remarquons l'absence totale des différents germes dans les deux types d'eau. Ceci est un témoignage de l'efficacité des traitements effectués.

Nous concluons que les deux types d'eau adoucie et eau de process sont de bonne qualité microbiologique. Selon le JORADP N°35 du 27/05/1998.

### III.3. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques des boissons

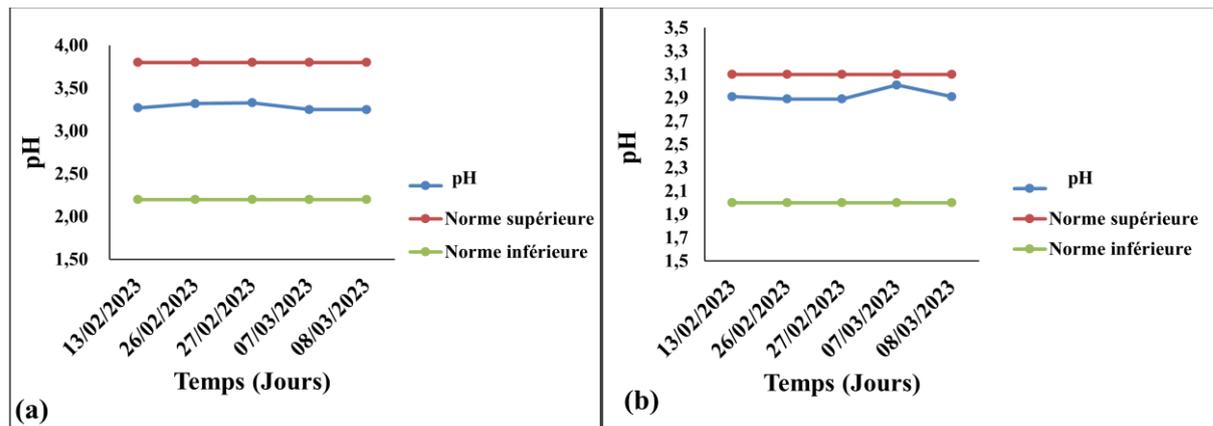
L'interprétation des résultats de chaque paramètre est effectuée selon les normes fixées par l'organisme. Les résultats sont illustrés dans le tableau VII.

**Tableaux VII.** Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les deux types de boissons (jus d'orange et OOPS grenadine).

Paramètres	Soda (OOPS grenadine)					Jus d'orange				
	pH	Brix	Acidité	CO <sub>2</sub>	Densité	pH	Brix	Acidité	Densité	
	Unité	-	(%)	(g/l)	(g/l)	-	-	(%)	(g/l)	-
	Normes	2-3.1	11.5-13.1	1.5-3	8.5-10	1.04-1.054	2.2-3.8	11.5-13.3	2.6-4	1.04-1.054
Date de prélèvement	13/02/2023	2.91	13	2.54	9.7	1.054	3.27	12	3.36	1.049
	26/02/2023	2.89	13.1	2.26	10	1.054	3.32	11.9	3.33	1.048
	27/02/2023	2.89	13.1	2.26	9.8	1.054	3.33	11.8	3.13	1.048
	07/03/2023	3.01	13.1	2.20	9.5	1.055	3.25	12.1	3.33	1.049
	08/03/2023	2.91	13.3	2.21	9.5	1.055	3.25	12	3.34	1.049

#### III.3.1 Résultats et interprétation de Potentiel hydrogène (pH)

La figure 34 représente les variations du pH de deux types de boissons étudiées (OOPS grenadine et jus d'orange). Selon les résultats obtenus, nous déduisons que les valeurs du pH sont proches pour les deux types de boissons.



**Figure 34.** Variations de pH des jus d'orange (a) et sodas grenadines (b).

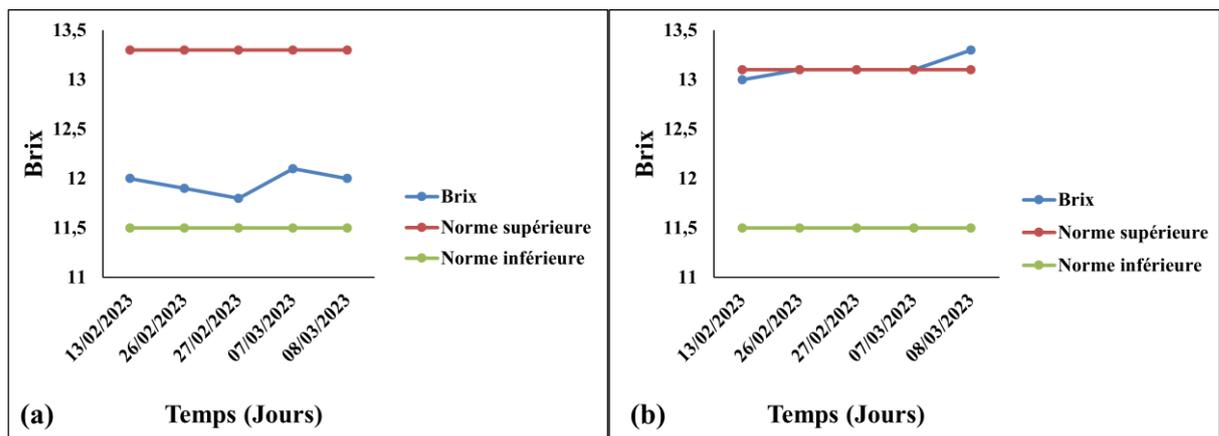
D'après le graphe 34, nous déduisons que les valeurs du pH sont constantes et ont une valeur moyenne qui varie entre 2.89 à 3.33 pour les deux types de boissons.

Nous remarquons que le pH de la boisson jus d'orange est légèrement acide comparativement à celle du soda grenadine. Ce qui pourrait être expliqué par l'activité des ions  $H^+$ .

Les résultats obtenus sont conformes aux normes de production exigée par l'organisme.

### III.3.2. Résultats et interprétation de Brix

Les résultats du Brix des boissons analysées sont représentés dans la figure 35



**Figure 35.** Variations de degrés de Brix des jus d'orange (a) et les sodas grenadines (b)

Nous remarquons, d'après ces résultats, que les valeurs sont invariables. Les valeurs du Brix pour les boissons OOPS grenadine (fig. 35b) sont élevées comparativement à celle des jus d'orange (fig. 35a) qui sont constantes et d'une valeur moyenne de 11.9 à 12.

Le Brix de l'échantillon cinq (5) du soda dépasse légèrement la norme (fig. 35b). L'augmentation du Brix rend la boisson plus sucrée. Cela pourrait être justifié par l'acidité élevée du jus ou autres facteurs, tels que le pouvoir sucrant du fructose qui est supérieure au saccharose.

Malgré l'augmentation du degré de Brix dans les sodas, nous pouvons dire que ces résultats sont conformes aux normes exigées par l'organisme.

### III.3.3. Résultats et interprétation La densité

Les résultats de mesure de la densité pour les deux types de boisson analysée sont représentés sur la figure 36.

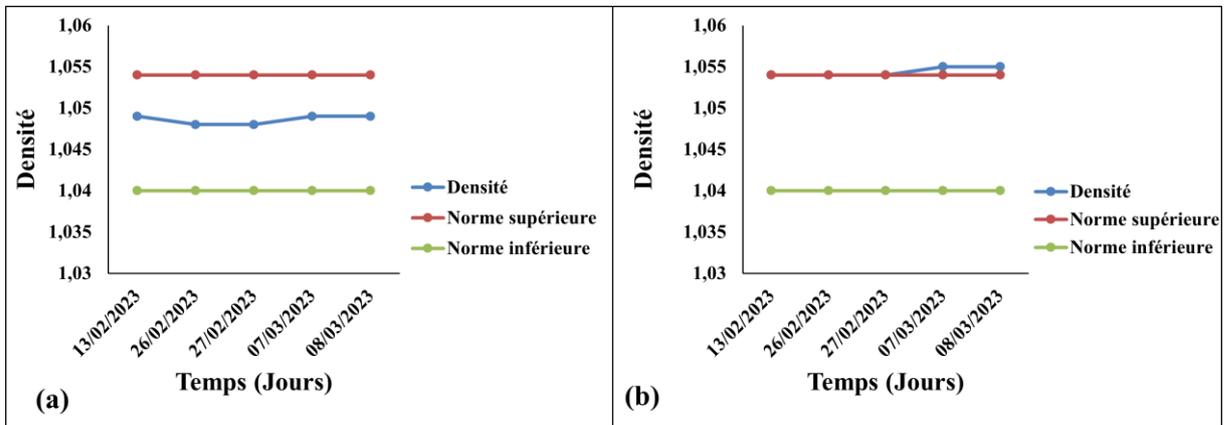


Figure 36. Variations de la densité des jus d'orange (a) et les sodas grenadines (b).

Les valeurs de la densité mesurée dans la boisson jus d'orange sont stable (fig. 36a). Par contre, nous remarquons que la densité des sodas est plus élevée. Elle atteint la valeur maximale dans les échantillons 4 et 5 datés de 07/03/2023 et 08/03/2023. Cette valeur dépasse légèrement la norme (fig. 36b).

Malgré cette petite augmentation, nous constatons que ces résultats son conformes aux normes exigées par l'organisme.

### III.3.4. Résultats de l'acidité

Les résultats de la détermination de l'acidité titrable pour les deux types de boisson sont représentés dans la figure 37.

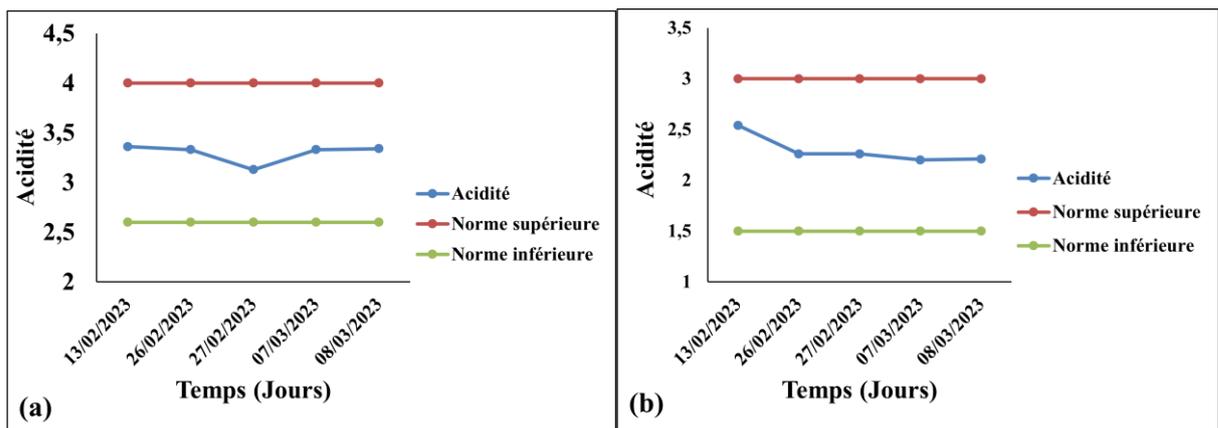


Figure 37. Variations le taux d'acidité des jus d'orange (a) et les sodas grenadines (b).

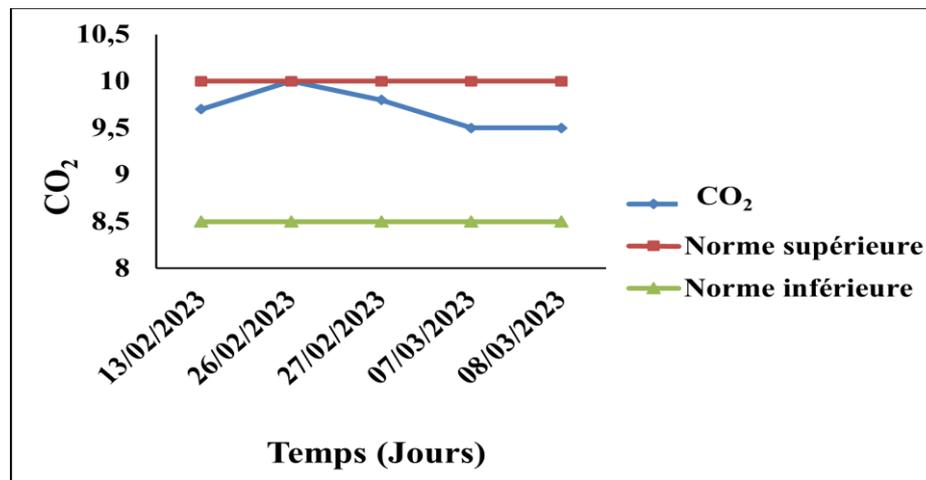
D'après la figure 37, nous remarquons que le taux d'acidité des deux types de boissons étudiées apparaît stable avec une valeur moyenne variée de 2.20 à 3.36 g/l.

La boisson gazeuse « OOPS grenadine » est moins acide (figure. 37b) par rapport aux jus d'orange qui est plus acide (figure. 37a) et cela pourrait être expliqué par l'acide citrique ajouté. Aussi, elle pourrait provenir de la composition des concentrés obtenus dans les fruits. Les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par l'organisme.

### III.3.5. Résultats de la teneur en CO<sub>2</sub>

Les boissons gazeuses, par rapport aux jus, sont caractérisées par la présence d'un additif alimentaire ajouté qui est le gaz carbonique CO<sub>2</sub>.

Les résultats de mesure du taux de CO<sub>2</sub> pour les boissons gazeuses (OOPS grenadine) sont représentées sur la figure 38.



**Figure 38.** Photo représentant les variations du taux de CO<sub>2</sub> pour les boissons gazeuses.

D'après cette figure 38, nous remarquons que le taux de CO<sub>2</sub> dans cette boisson est conforme à la norme exigée par l'entreprise avec une valeur qui est très proche de la borne supérieure qui est le 10 g/l.

### III.4. Résultats et discussion des analyses microbiologiques des boissons

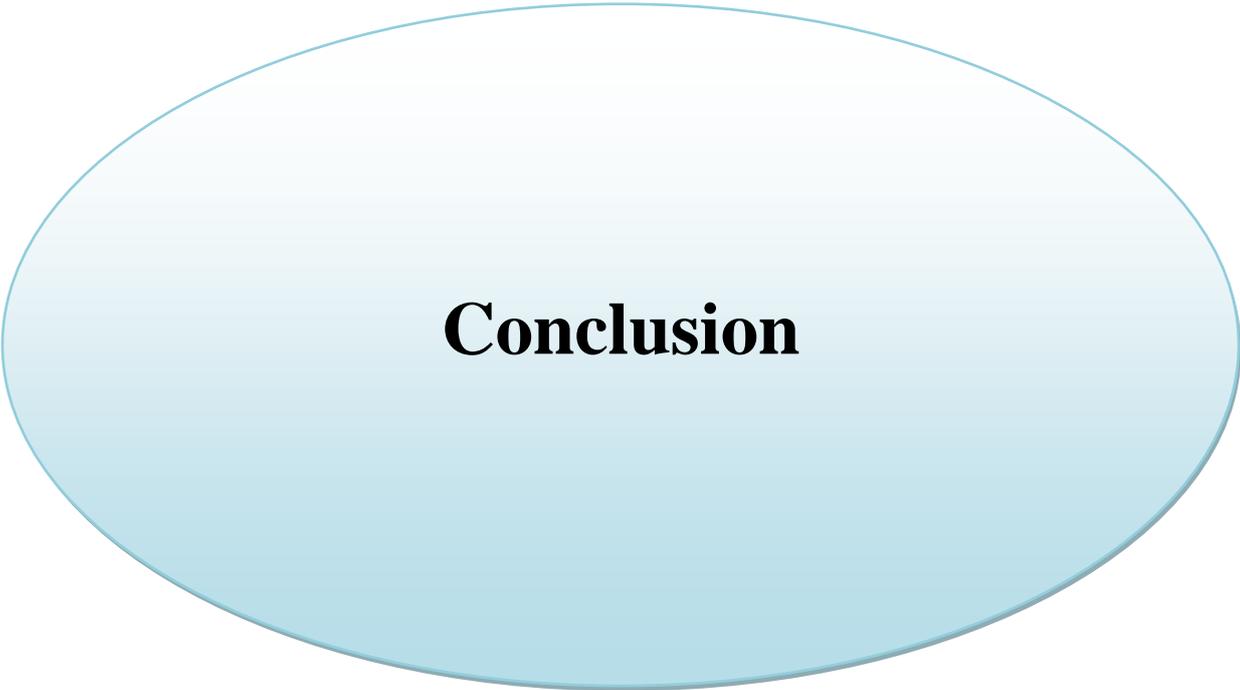
Les résultats microbiologiques des deux types de boisson : boisson gazeuse (OOPS grenadine) et boisson non gazeuse (jus d'orange) sont résumés dans le tableau 8.

**Tableau VIII.** Les résultats microbiologiques des deux types de boisson.

Détermination	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5	Méthodes
Germes aérobie	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	NA 1207
Levures & moisissures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	NA 1210

Nous remarquons l'absence totale des différents germes dans la boisson gazeuse et non gazeuse. Cela signifie que les boissons ont été fabriquées dans des bonnes conditions de préparations, de conservation et ainsi l'effet du traitement thermique de pasteurisation subit. Il y a aussi le respect des bonnes pratiques d'hygiène.

Nous concluons que les deux produits sont d'une haute qualité hygiénique et de qualité microbiologique satisfaisante conforme aux directives du journal officiel N ° 39 du 02/07/2017.



**Conclusion**

## Conclusion

---

L'eau dans l'industrie agroalimentaire, ne peut pas être utilisée à l'état brut, car l'admission de cette eau directement dans le produit fini peut avoir des conséquences néfastes, d'où l'importance du traitement de l'eau. Tout d'abord, en nous montrant le mode réel, nous avons pu effectuer une étude de l'unité de production afin de mieux comprendre et expliquer le processus de traitement de l'eau et de production de boisson.

La période de stage effectué au sein de laboratoire d'analyse de l'organisme STAR du la période allant de 01/02/2023 à 30/03/2023, nous a permis d'enrichir notre formation. Nous nous sommes fixées plusieurs objectifs :

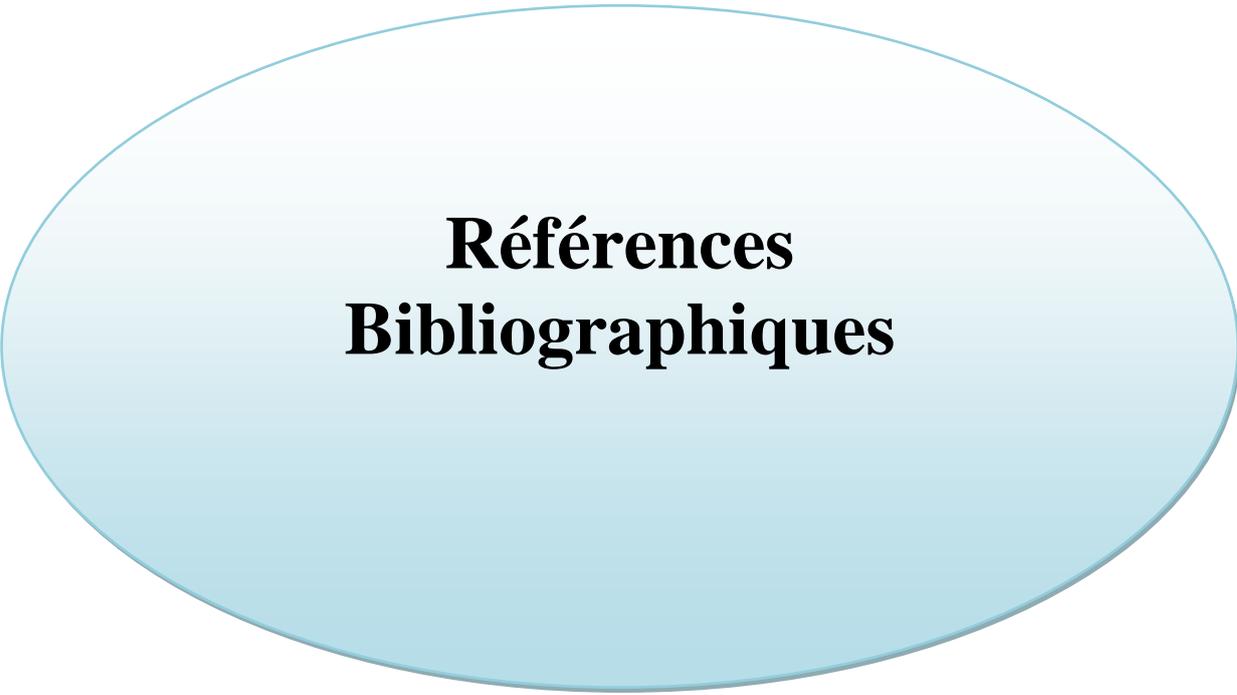
- Premièrement, Cette étude à pour objectif de suivre la qualité des eaux de process et des boissons de l'organisme « STAR » à travers des analyses microbiologiques (germes aérobies, coliformes totaux et fécaux, streptocoque D, clostridium, levures et moisissures) et analyses physicochimiques tels que la température, pH, conductivité, dureté totale,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Cl, TAC,  $\text{HCO}_3^-$ , l'acidité, Brix et la densité.
- Deuxièmement, le contrôle microbiologique et physicochimique des produits alimentaires est très important, il permet d'évité les risques d'altération du produit et garantie sa qualité sanitaire et nutritionnelle, et par conséquent une valeur commerciale.

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux de process de l'unité STAR nous permettent d'affirmer qu'ils sont satisfaisants et conformes aux normes recommandées grâce aux différents traitements utilisés dans la station des traitements des eaux (filtre à sable ultraviolet, etc. D'autre part, les résultats des paramètres physicochimiques lors de cette étude nous montrent un excès dans la teneur de la dureté totale TH, TAC et  $\text{HCO}_3^-$  de l'eau de process. Ils ne sont pas conformes aux normes recommandées. Les eaux de process utilisé pour les différentes besoins de l'unité est une eau moyennement dure. La conductivité,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , chlorure sont des paramètres qui ont des valeurs dans les normes.

Les résultats obtenus lors des analyses physicochimiques effectuées sur les boissons finis montrent que les valeurs de Brix et la densité dépassent légèrement la norme. Par ailleurs, les valeurs de l'acidité et de Ph sont dans la norme. D'autre part, les résultats des analyses microbiologiques des boissons indiquent l'absence totale des germes aérobies et levures et moisissures. Ils sont conformes aux normes. Cela s'explique que l'entreprise de « STAR » respecte bien les conditions de stockage et de conservation et la bonne pratique d'hygiène.

Enfin, toutes les analyses physico-chimiques des eaux de process et des boissons sont conformes, quoi qu'il ya des dépassements, elles sont négligées à court terme, et à long terme, elles sont suivies par des corrections immédiates.

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



**Références  
Bibliographiques**

## -A-

- Anctil, F. (2016).** L'eau et ses enjeux, 2eme Édition. Les presses de l'université laval, bruxelles.p 85 -100.
- AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments).(2009).**risque liée à la présence des moisissures et levures dans les eaux conditionnées.
- Assaad, A. (2014).** Pollution anthropique de cours d'eau : caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux, Thèse, Université de Lorraine, France. P38-40.

## -B-

- Banton, O. Bangoy, LM. (1999).** Hydrogéologie- Multi-sciences environnementale des eaux souterraines, Ed. Presses de l'université de Québec. AUPLEF, 460 p.
- Belhomsa, A. Belghyti, D. Bouchaibsarhane. El Madhi, Y. El Kharrim, K. Sibari, M. and Kherrati, I. (2017).**Recherche des Levures et des Moisissures dans les Eaux Conditionnées et Contrôle de la Qualité Marchande Selon Les Conditions de Stockage (Maroc). American Journal of Scientific Research. pp.19-25
- Bengarnia, B. (2016).** Contribution to the Study and Evaluation of the Physico-Chemical and Bacteriological Quality of Drinking Water in the Region of Oued Es-Saoura Case of Béni-Abbès, Ougarta and Zeghmra. Université d'Oran 1, Es Senia
- Boeglin, JC. (2008).** Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur*. Traité environnement, G1 p110-4.
- Boudra, A. (2007).** « Industrie des boissons et des jus de fruits. », Algérie, P 81.
- Boulahlib, Yasmina.( 2015).** Contribution à l'étude des procédés électrochimiques d'adoucissement des eaux durs. Thèse doctorat. Université des frères Mentouri. Pp 74 -76
- Bourgeois, cm. Mescle, jf et Zucca. (1983).** Microbiologie alimentaire (Tome I), édition Doin, Deren et Cie. PP.416- 423.
- Berne, F. Jean, C. (1991).**Traitement des eaux, Édition TECHNIP, Paris, 306 p
- Bouchahm, N. Hecini, L & Kherifi, W. (2016).** Adoucissement des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien : cas de la région de Biskra. *Revue des sciences de l'eau / journal of water science*,
- Baize, D. (2000).** Guide des analyses en pédologie : choix-expression-présentation-interprétation, Edition. INRA, Paris, p. 97. (ISBN : 2-7380-0892-5).
- Bouzid, A. Salhi, S. Lazreg, M. (2018).** Revue Stratégique de la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle en Algérie. p 72-74
- Bourrier, R et Selmi, B. (2011).**Technique de la gestion et de la distribution de l'eau : des ressources à la consommation écopagée. Édition le moniteur, France. p

## -C-

- Cardot, C. (2005).** « Traitement de l'eau. », Ellipse, France.
- Carriedo Lutzenkirchen, AA. (2018).** A policy analysis of the 2014 Mexican soda tax. PhD thesis, London School of Hygiene & Tropical Medicine. DOI: <https://doi.org/10.17037/PUBS.04648204>
- Cendres, A. (2010).** Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus, Thèse, Universitaire d'Avignon et des pays de Vaucluse, France

**Codex Alimentarius. (2016).** Normes alimentaires internationales FAO OMS normes générale pour les additifs alimentaires.

### **-D-**

**Degrément. (1989).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 9<sup>e</sup> édition.

**Degrément. (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10<sup>e</sup> édition.

**Deléage, Jean-Paul. (2003).** « EAU (notions de base) », Encyclopédie Universalise.

**Delli, Réda. (2019).** Importance du concept de l'eau virtuelle agricole pour la gestion des ressources hydrique en Algérie – cas de la phoeniciculture. Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach

**Desjardins, Raymond. (1997).** Le traitement des eaux. 2<sup>ème</sup> édition revue et améliorée. École polytechnique de Montréal.

**Detey, M. (1993).** Le forage d'eau : réalisation, entretien, réhabilitation .édition. Masson, paris.

### **-E-**

**Espiard, E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Lavoisier. p: 31, 53.

**EFSA (European food safety authority). (2014).** Additifs alimentaires. <http://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/additives.htm>

### **-F-**

**FAO (Food and Agriculture Organization). (2021).** OMM « Situation des services climatologique : l'eau ».

**Francis, A J et Harmer, P W. (1988).** Fruit Juices and Soft Drinks. In RANKEN, M. D. Food industries manuel, 22 nd edition Blakies &son Ltd, 249-284 p.

### **-G-**

**Guiraud, J. and Galzy, P. (1980).** Microbiological Analysis in the Food Industries. The New Factory, Paris, 236.

**Glevitzky, M. Brusturean, G A. Perju, D. Laslau, G and Matyas, L. (2005).** Studies Regarding the Variation of Carbon Dioxide in Certain Carbonated Beverages Stored in Polyethylene Terephthalate Bottles.

**Guillemin, C et Roux, j C. (1992).** La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n°23, éd. BRGM.

### **-H-**

**Hane, M et al. (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal)/ *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(9): 3400-3412.

### **-I-**

**ISO 6461-1, 1986.** Qualité de l'eau— Recherche et dénombrement des spores de micro-organisme anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia)—Partie 1: Méthodes parenrichissement dans un milieu liquide.

- ISO 7954, 1987.** Microbiologie— Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures — Technique par comptage des colonies à 23 degrés C
- ISO 9308-2, 1990.** Water quality— Detection and enumeration of coliform organisms,thermotolerant coliform organisms and presumptive Escherichia coli— part 2 : Multiple tube (most probable number ) method.

### **-K-**

- Kalonji, Mbiya. (2014).** Problématique de la consommation des boissons alcoolisées par les jeunes de la Katuba, Philosophie et Sociologie, institut Supérieur Interdiocésain Monseigneur Mulolwa – Graduat, 99p.
- Kerboua, k. (2015).** « Etude de l’influence de l’emballage en PET sur la qualité des boissons gazeuses. » Mémoire de Master, Ecole Nationale polytechnique. P6.  
Chimie générale et organique-la loi de Henry. (2015, Avril 15). Récupéré sur La chimie : <http://www.lachimie.org>
- Khederlarian, C. (1998).** Jermouk : eau gazeuse.
- Kemmer, N. (1984).** Thesis.université-biskra.dz/2715/4/Chapitre02
- Kamoun, P. (1977).** Appareils et méthodes en biochimie. 2eme éd. Flammarion. Médecine, science, Paris. 50 p.
- Kahoul, M. Derbal, N. Alioua, A.Ayad, W. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique Des de puits dans la région de Berrahal (Algérie). *Larhyss Journal*, 18: 169-178.

### **-L-**

- Lapied, L. Petransxiene, D. (1981).** “La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers, analyses et tests,” 2eme édition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 1981, 228.

### **-M-**

- Multon,J L. (1992).** « Le sucre, les sucres, les édulcorants et les glucides de charges dans les industries agroalimentaires », TEC DOC, Paris.

### **-N-**

- NA 765ISO 7899-1.**Qualité de l’eau, Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux, Partie 1: Méthode miniaturisée (nombre le plus probable) pour les eaux de surface et résiduaires.
- NA 763 ISO 6222.**Qualité de l’eau — Dénombrement des micro-organismes revivifiables—Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

### **-P-**

- Petit pain. (2006).** les grandes catégories d’usages de l’eau dans l’industrie, technique de l’ingénieur : G1150-2.

## -R-

- Rane, R. Hattangadi, D. Jadhav, P. Kundalwal, S. Chotalia, CH and Suthar, A. (2016).** Significance of brix reading in determination of quality of oral syrup and semisolid formulations. *European journal of pharmaceutical and medical research*, 3 (2), pages 245-25
- Rodier, J. Bazin, C. Broutin, JP. Chambon, P. Champsaur, H. Rodi, L. 1996.** Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, 8ème Edition, Dunod, paris, p936-937
- Rodier, J. (1996).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8ème édition, Paris, Dunod, P 118-189
- Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, Edition DUNOD, paris.
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau : Eau naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer. 9 ème édition. Dunod, paris.

## -S-

- Svary, patrick.(2010).**Guide des analyses de la qualité de l'eau. Territorial éditions. P 261

## -T-

- Timeridjine, S. (2022).** Industrie agroalimentaire : analyse concurrentielle du secteur des boissons non-alcoolisées en Algérie. *Journal of Contemporary Business and Economic Studies* Vol. (05) No. (3).
- Touidjeni, Z. Benarab, A.( 2014).**Sécurité hydrique et sécurité alimentaire, la stratégie de l'Algérie, état des lieux. Université Jijel.

## -V-

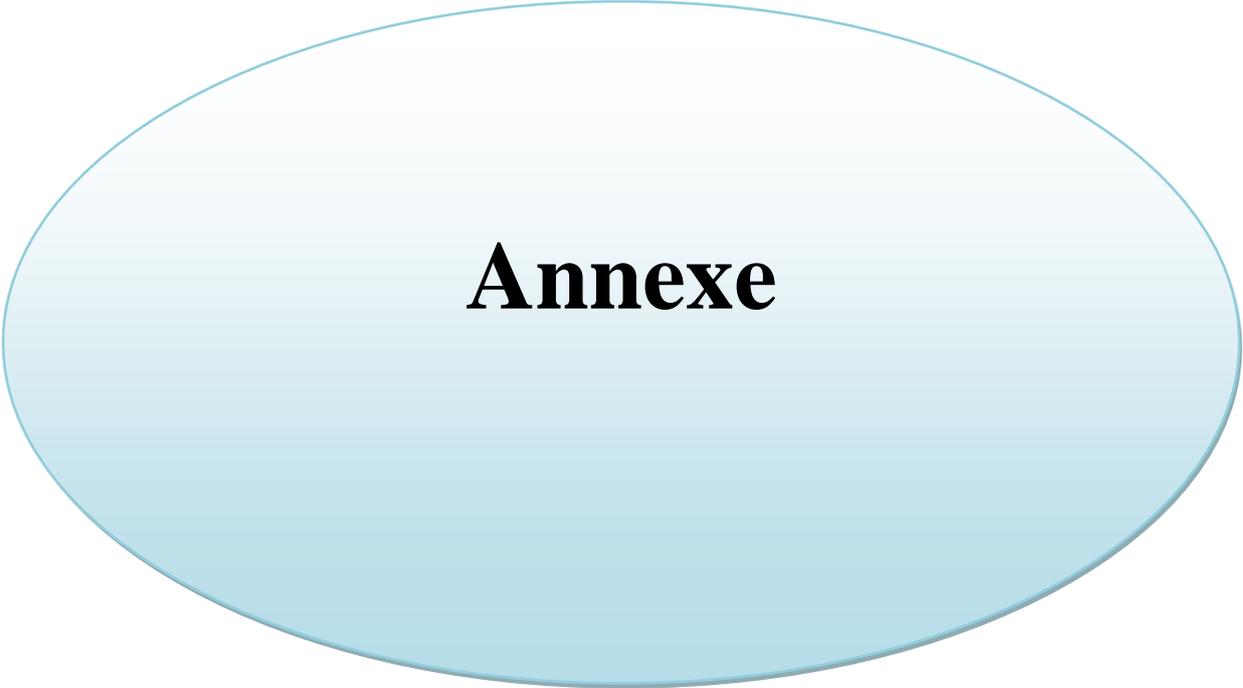
- Vaillant Philippe. (2014).** La gestion intégrée de la ressource en eau (GIRE) éclairée par la pensée d'Alfred North Whitehead. "Access to Water for All in Africa". Second International Forum of NGOs in official partnership with UNESCO, Comité de liaison ONG-UNESCO / NGO-UNESCO Liaison Committee, YAMOUSSOUKRO, Côte d'Ivoire
- Valiron, F. (1994).** Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement : eau dans la ville alimentation en eau .Tome1 .Ed : Tec&Doc.435p.
- Villers, J. Squilbin, M. Yourassowsky, C. (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux surface : cadre générale institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, p 3.

## -W-

- WHO (World Health Organization), 2017.** Directives de qualité pour l'eau de boisson: Quatrième édition intégrant le premier additif.
- WHO (World Health Organization), 2008.** Guidelines for Drinking-Water Quality, (3rd edn, vol 1). Recommendations: Geneva.

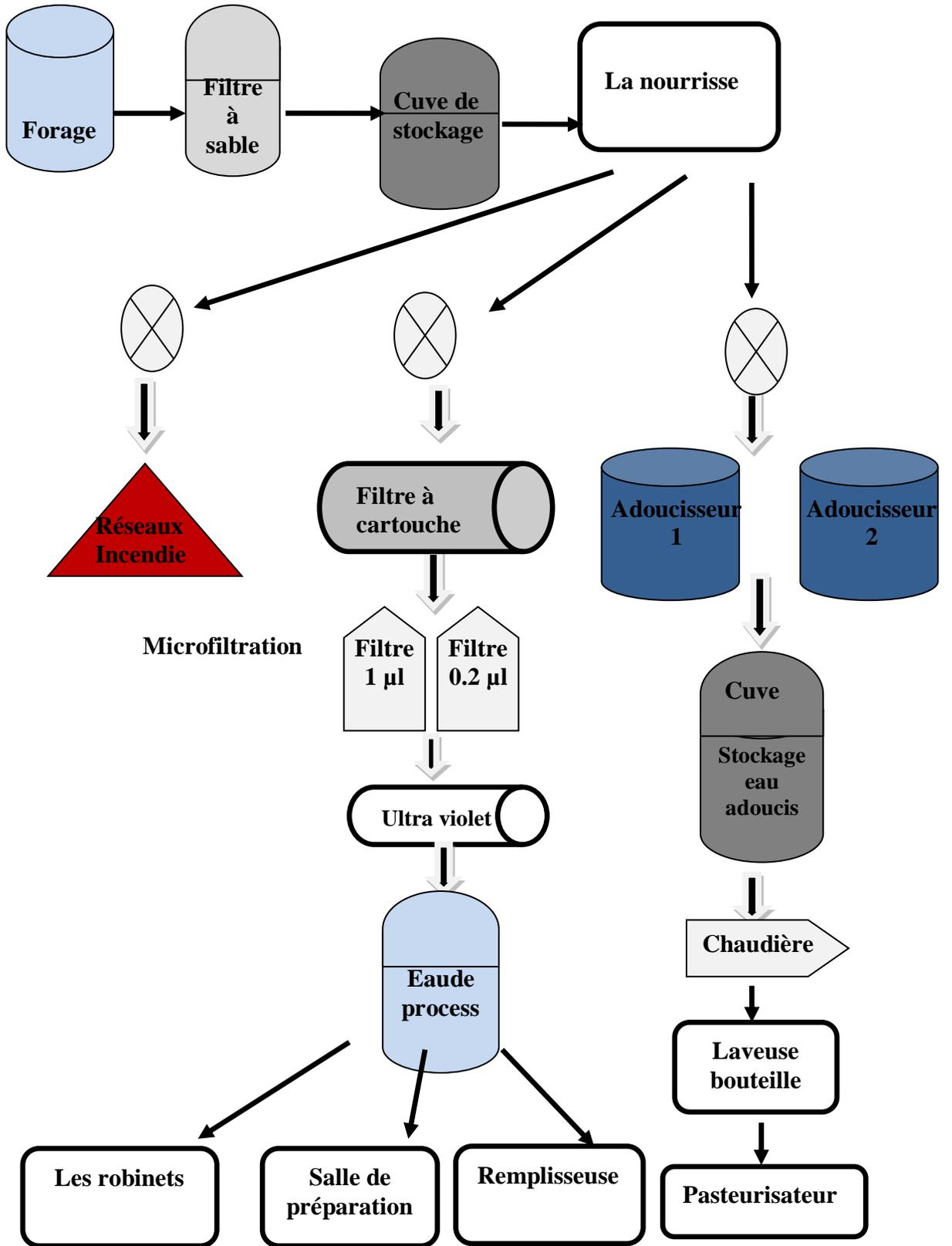
## webographie

- <https://www.ocene-industrie.fr/>.
- <http://agriculture.gouv.fr/politiques-agricoles-fiches-pays> 2022 .
- Journée mondiale de l'eau, 2023.<https://onu-rome.delegfrance.org/-francais-1->.
- La situation géographique de l'entreprise Ait Brahem Mouhend Ouzellaguene Bejaia (<http://maps.google.fr/>).

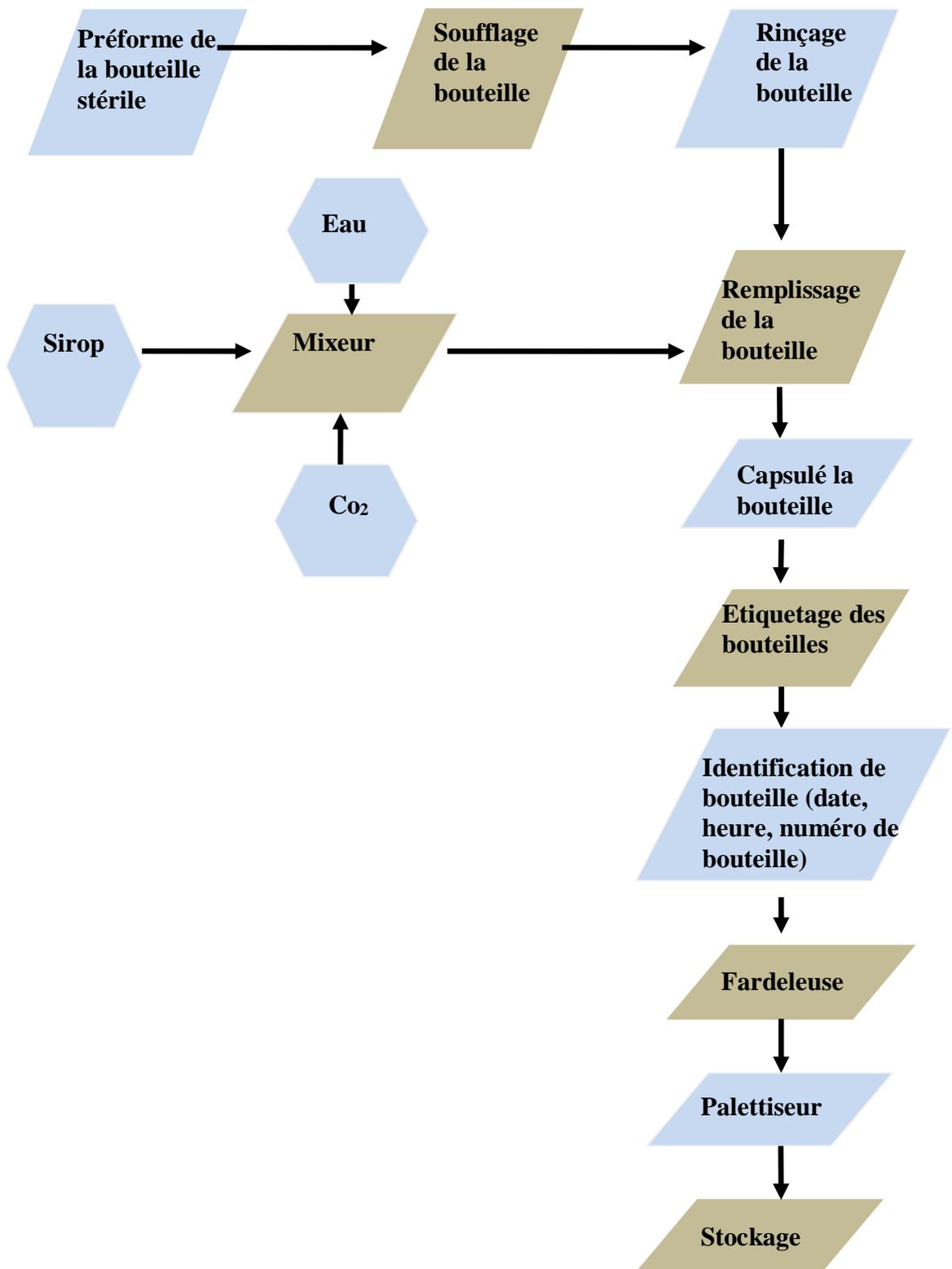


**Annexe**

**Annexe 1. Protocole du processus de traitement des eaux**



## Annexe 2. Protocole du processus fabrication boisson gazeuses emballages PET



## **Annexe 3.Méthode d'analyse physico-chimique des eaux de process**

### **A. Potentiel hydrogène (pH) :**

#### **Matériels et appareillage utilisé :**

- Ph mètre
- Becher

#### **Mode opératoire :**

- Nous mettons l'appareil (pH-mètre) en marche ;
- Nous rinçons la sonde soigneusement avec l'eau distillée ;
- Nous étalons le ph –mètre avec les solutions tampon ph 7 et ph 4 ;
- Nous plongeons la sonde dans le bécher contenant l'échantillon à analyser ;
- Nous appuyons sur le bouton « Read/Enter » ;
- Quand la valeur se stabilise, nous appuyons à nouveau sur le bouton « Read/Enter » ;
- Nous notons la valeur du ph qui s'affiche sur l'écran du pH-mètre.

### **B. Conductivité :**

#### **Matériels et appareillage utilisé :**

- conductimètre
- Becher

#### **Mode opératoire :**

- Nous mettons le conductimètre en marche ;
- Nous rinçons la sonde soigneusement avec de l'eau distillée ;
- Nous plongeons la sonde dans l'échantillon d'eau à analyser ;
- Quand le graphe s'affiche sur l'écran du conductimètre, nous notons la valeur de la conductivité.

### **C. Détermination de la dureté totale (TH ou titre hydrométrique)**

#### **Matériels et réactifs utilisés :**

- Une burette
- Une pipette de 25 ml
- Une poire
- Une pipette de 2ml
- Un erlenmeyer
- EDTA (0.02N) (l'Acide Ethylène-Diamine Tétracétique)
- Tampon k10
- ET (0.5 %)

#### **Mode opératoire :**

- Nous prélevons 25 ml de l'échantillon à analyser, on rajoute 10 goûte du tampon K10 ;
- agitons bien la solution ;

- Nous ajoutons 4 goûte du NET (0.05%), nous agitons bien ;
- La solution prend la couleur violette ;
- Nous titrons la solution avec EDTA (0.02N) jusqu'au virage de la solution du violet au bleu franc ;
- Nous notons la chute de burette (cb).

Les résultats sont exprimés par :

$$\bullet \text{ TH}(\text{°F}) : ((\text{Cb} \times \text{N} \times \text{f} \times \text{M}\acute{\text{e}}\text{q}_{\text{CaCO}_3} \times 1000)\text{Pe})/10 \quad \text{Eq.1}$$

Tels que :

- ✓ Cb : chute de burette en ml
- ✓ N : Normalité de l'EDTA
- ✓ f : facteur de correction de l'EDTA
- ✓ Méq : masse équivalente de CaCO<sub>3</sub>
- ✓ PE : Prise d'essai

1°F : 10mg/l de CaCO<sub>3</sub>

## D. Détermination de l'ion Ca<sup>2+</sup> (TH calcique)

### Matériels et Réactifs utilisés :

- Une pipette de 25 ml
- Une pipette de 2ml
- Une poire
- Une burette
- Un erlenmeyer
- EDTA (0.02N)
- NaOH (2M)
- Muréxide (0.2%).

### Mode opératoire :

- Nous prélevons à l'aide d'une poire 25 ml de l'échantillon à analyser, on ajuste à 100 ml de l'eau distillé (pour mieux voire le virage de la couleur) ;
- Nous ajoutons 10 gouttes (2 ml) de NaOH 2 M et une pincé de murixide 0.2% (indicateur colorant) ;
- Nous remplissons la burette avec la solution EDTA (0.02N) avec la quelle en va titrer ;
- Nous agitons bien notre solution jusqu'à l'apparition de la couleur violet (rose au violet).

Les résultats sont exprimés par la loi suivante :

$$\bullet \text{ Ca}(\text{mg/l}): (\text{Cb} \times \text{N} \times \text{f} \times \text{m}\acute{\text{e}}\text{q}_{\text{Ca}}) \times 1000/\text{Pe} \quad \text{Eq.2}$$

Tels que

- ✓ Cb : chute de burette en ml
- ✓ N : Normalité de l'EDTA
- ✓ f : facteur de correction de l'EDTA
- ✓ Méq : masse équivalente de (CaMéq Ca = 20 g/mol)
- ✓ PE : Prise d'essai

### E. Détermination du magnésium (TH magnésien)

Les résultats sont exprimés par la loi suivante :

$$\bullet \text{ TH}_{\text{magnésien}} (\text{mg/l}): \text{TH}_{\text{totale}} - \text{TH}_{\text{calcique}}) \times (N \times 1000 \times \text{Még}) / \text{PE} \text{ Eq. 3}$$

Tels que :

- ✓ N : Normalité
- ✓ Még : masse équivalente de (Még magnésien = 12.15 g/mol)
- ✓ PE : Prise d'essai

### F. Détermination de Chlorure :

**Matériels et réactifs utilisés :**

- Burette
- Elenmeyer
- Pipette de 25 ml
- Pipette de 1 ml
- Solution de  $\text{AgNO}_3$  0.014 l'indicateur coloré chromate de potassium (5%)

**Mode opératoire :**

- Nous prélevons à l'aide d'une poire 25 ml de l'échantillon à analyser, on ajuste à 100 ml de l'eau distillé (pour mieux voir le virage de la couleur) ;
- Nous ajoutons 1 ml de chromate de potassium (5%) ;
- Nous remplissons la burette avec la solution  $\text{AgNO}_3$  (dosage chlorure) avec la quelle on va titrer ;
- Nous agitons bien notre solution jusqu'à l'apparition de la couleur jaune brune.

Les résultats sont exprimés par la loi suivante :

$$\bullet \text{ Cl}(\text{mg/l}): (\text{Cb} \times N \times \text{Még Cl} \times 1000) / \text{PE} \text{ Eq.4}$$

Tels que :

- ✓ Cb : chute de burette en ml
- ✓ N : Normalité
- ✓ f : facteur de correction
- ✓ Még : masse équivalente de (Még Cl = 35.5 g/mol)
- ✓ PE : Prise d'essai

### G. Mesure titre alcalimétrique complet (TAC) :

❖ **Matériels et réactifs utilisés :**

- Une poire
- Une fiole jaugée
- Une burette
- l'indicateur colorée méthylorange 0.5%
- la solution  $\text{H}_2 \text{SO}_4$  à 0.02 N

❖ **Mode opératoire :**

- Nous prélevons à l'aide d'une poire 25 ml de l'échantillon à analyser, on ajuste à 100 ml de l'eau distillé (pour mieux voir le virage de la couleur) ;
- Nous ajoutons 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré méthylorange 0.5% ;
- Nous remplissons la burette avec la solution  $H_2SO_4$  à 0.02N avec la quelle en va titrer ;
- Nous agitons bien notre solution jusqu'à l'apparition de la couleur rouge orangé ;
- le ph doit être varié entre 4.10 – 4.30.

Les résultats sont exprimés par la loi suivante :

$$\bullet \text{ TAC (mg/l): } (Cb \times N \times f \times 1000) / PE \quad \text{Eq.5}$$

Tels que :

- ✓ Cb : chute de burette en ml
- ✓ N : Normalité
- ✓ f : facteur de correction
- ✓ PE : Prise d'essai

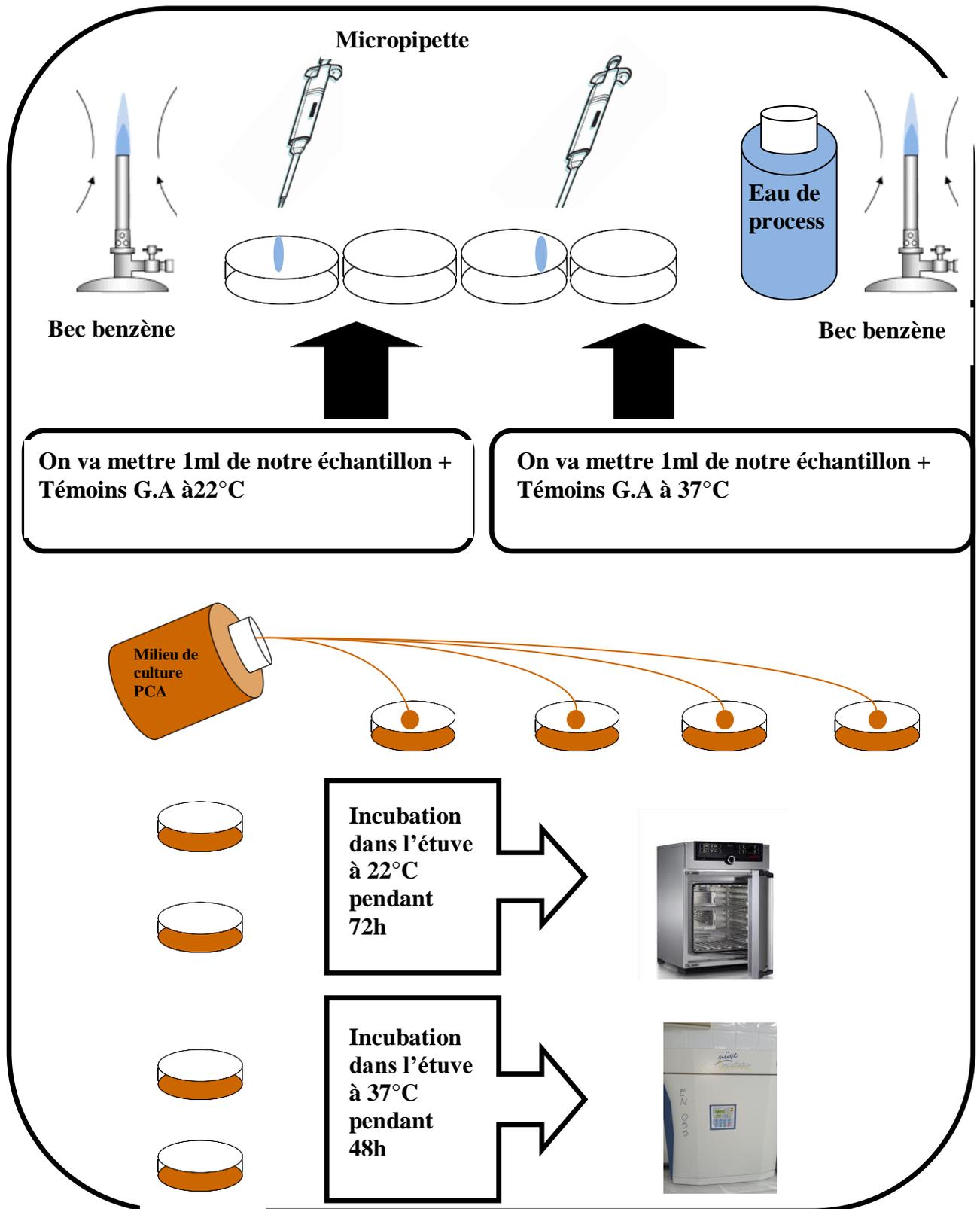
**H. Le bicarbonate ( $HCO_3^-$ )**

Pour déterminer la teneur d'hydrogène bicarbonates ( $HCO_3^-$ ) de cette eau en suit la formule suivante:

$$\blacksquare \text{ } HCO_3^- = TAC \times \text{m}éq_{HCO_3^-} \quad \text{Eq.6}$$

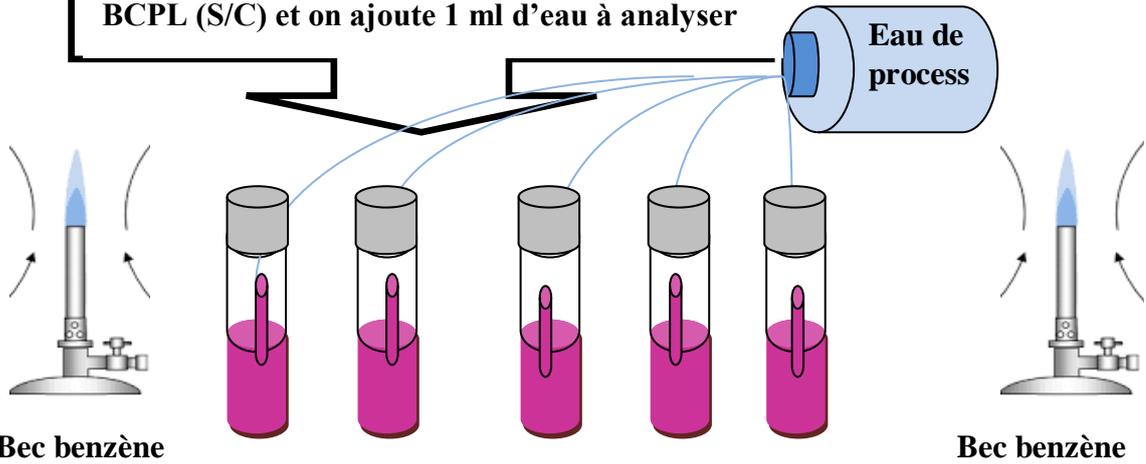
## Annexe 4. Méthode d'analyse microbiologique des eaux de process

### A. Protocole de recherche et dénombrement des germes aérobies à 22 et 37°C

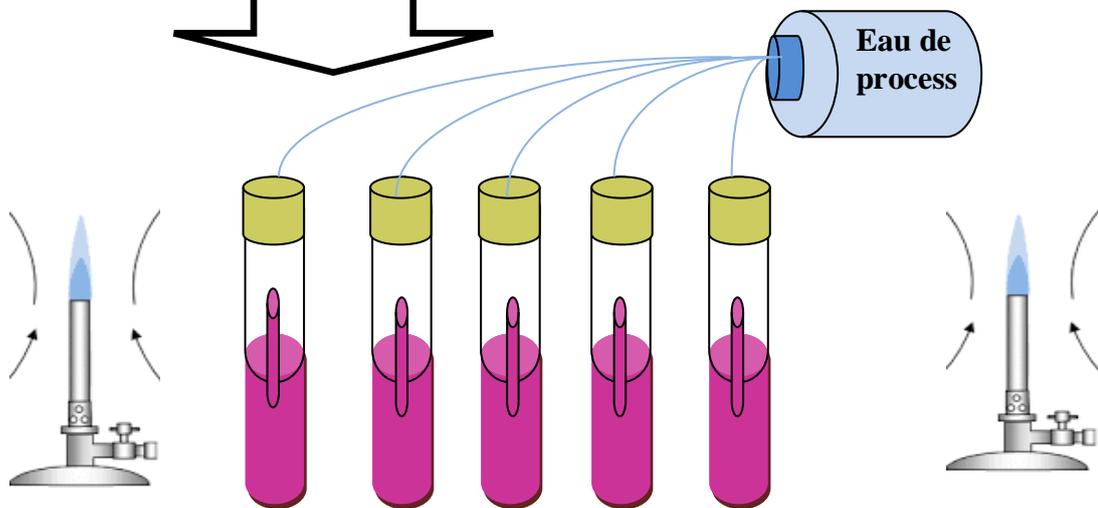


**B. Protocole de la recherche et dénombrement des coliformes totaux à 37°C**

On va préparer cinq tubes de 5ml contenant BCPL (S/C) et on ajoute 1 ml d'eau à analyser



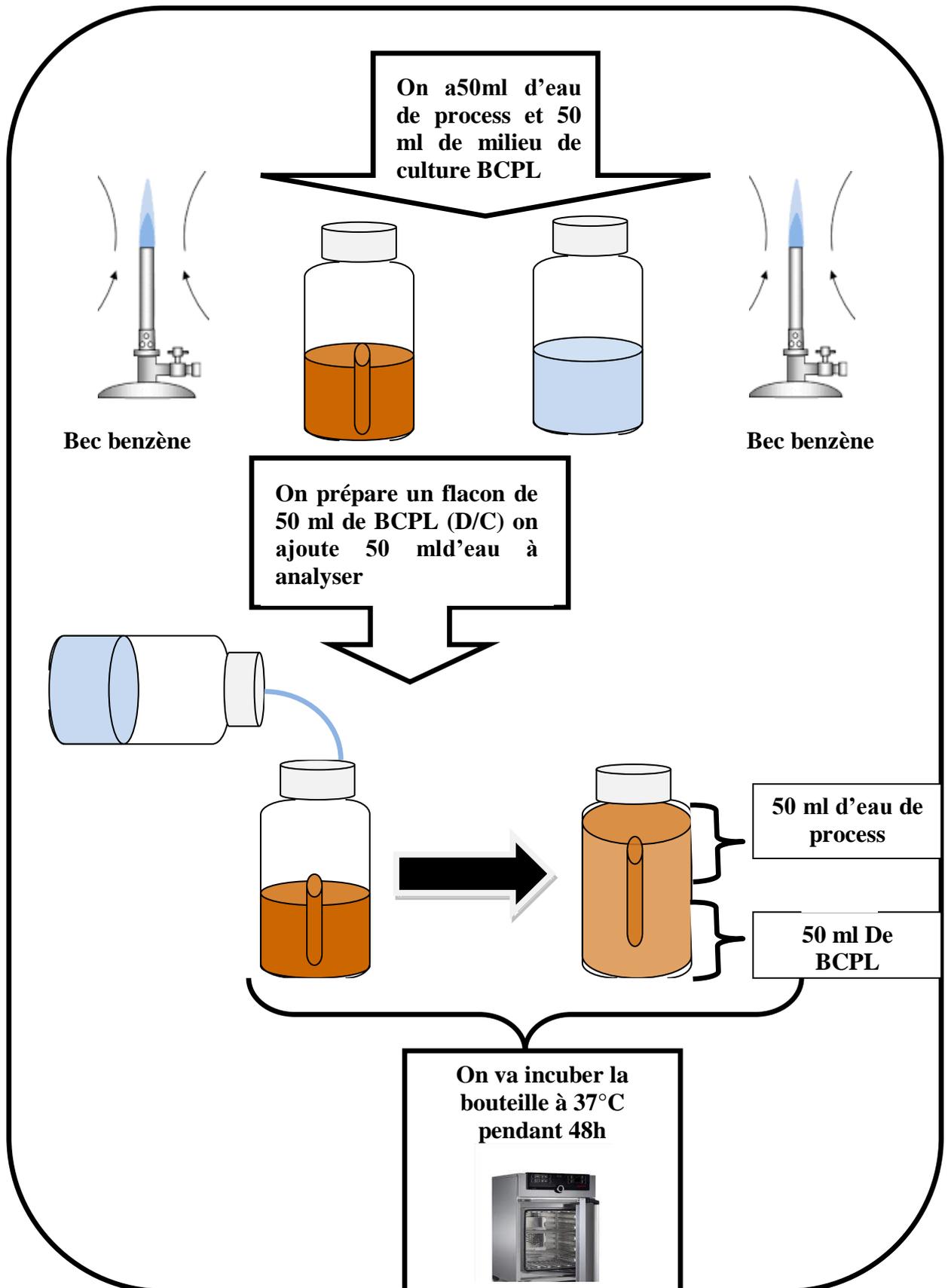
On va préparer cinq tubes contenant 10 ml de BCPL (D/C) et on ajoute 10 ml d'eau à analyser



On va incuber tous les tubes à 37°C pendant 48 h

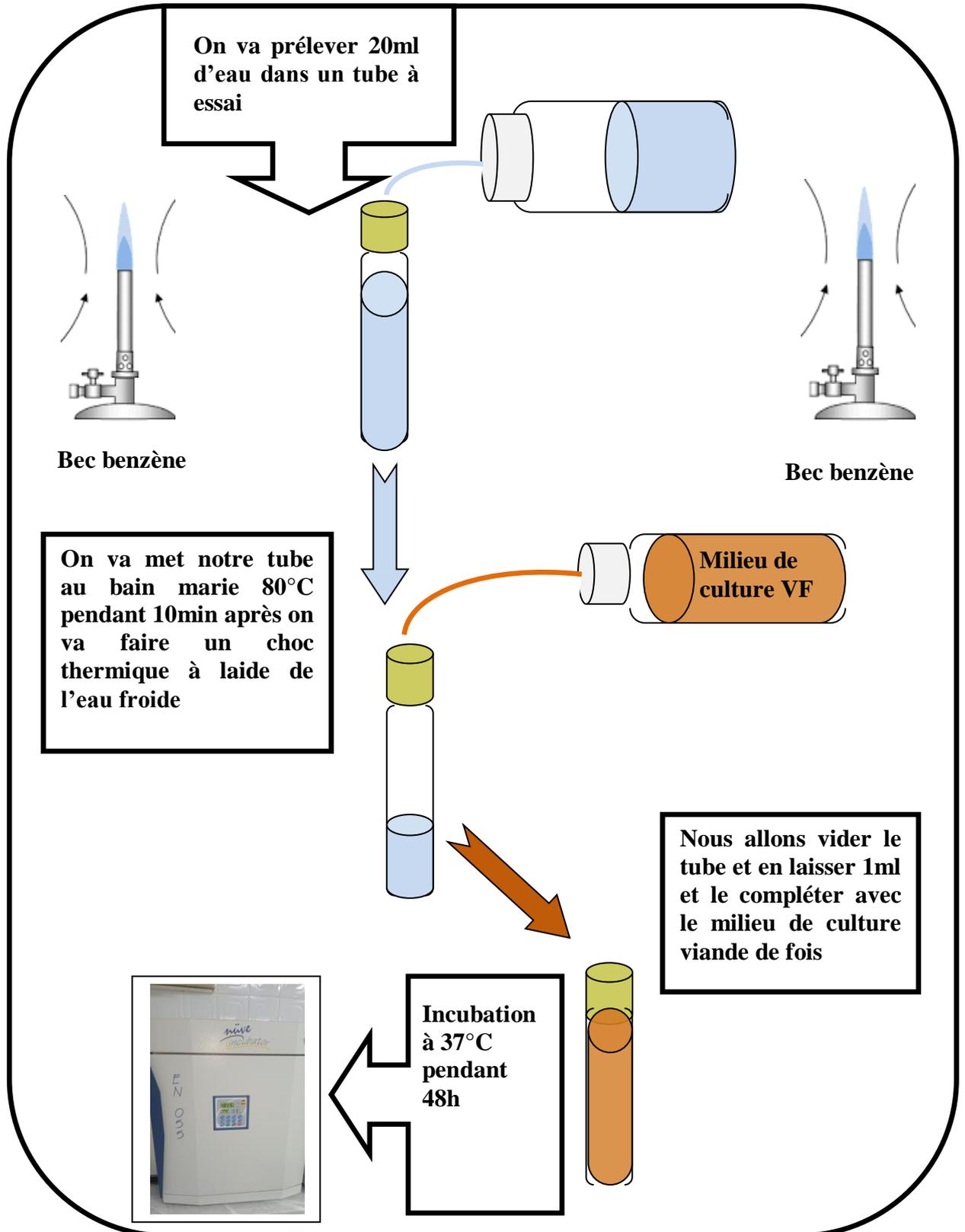


C. Protocole de la recherche et dénombrement des coliformes fécaux à 37 °C



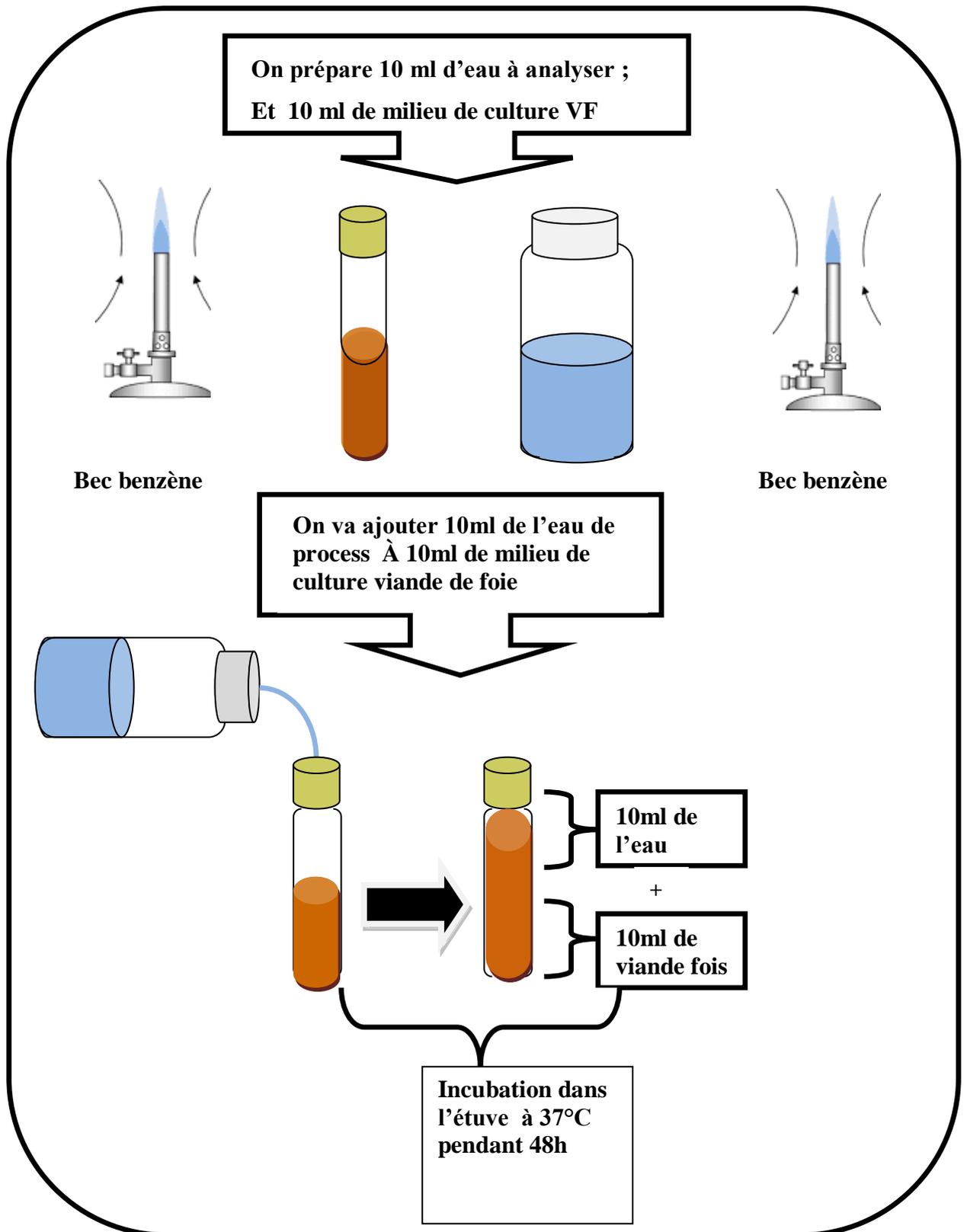
#### D. Protocole de Recherche et dénombrement des clostridium à 37°C

✚ Forme sporulé

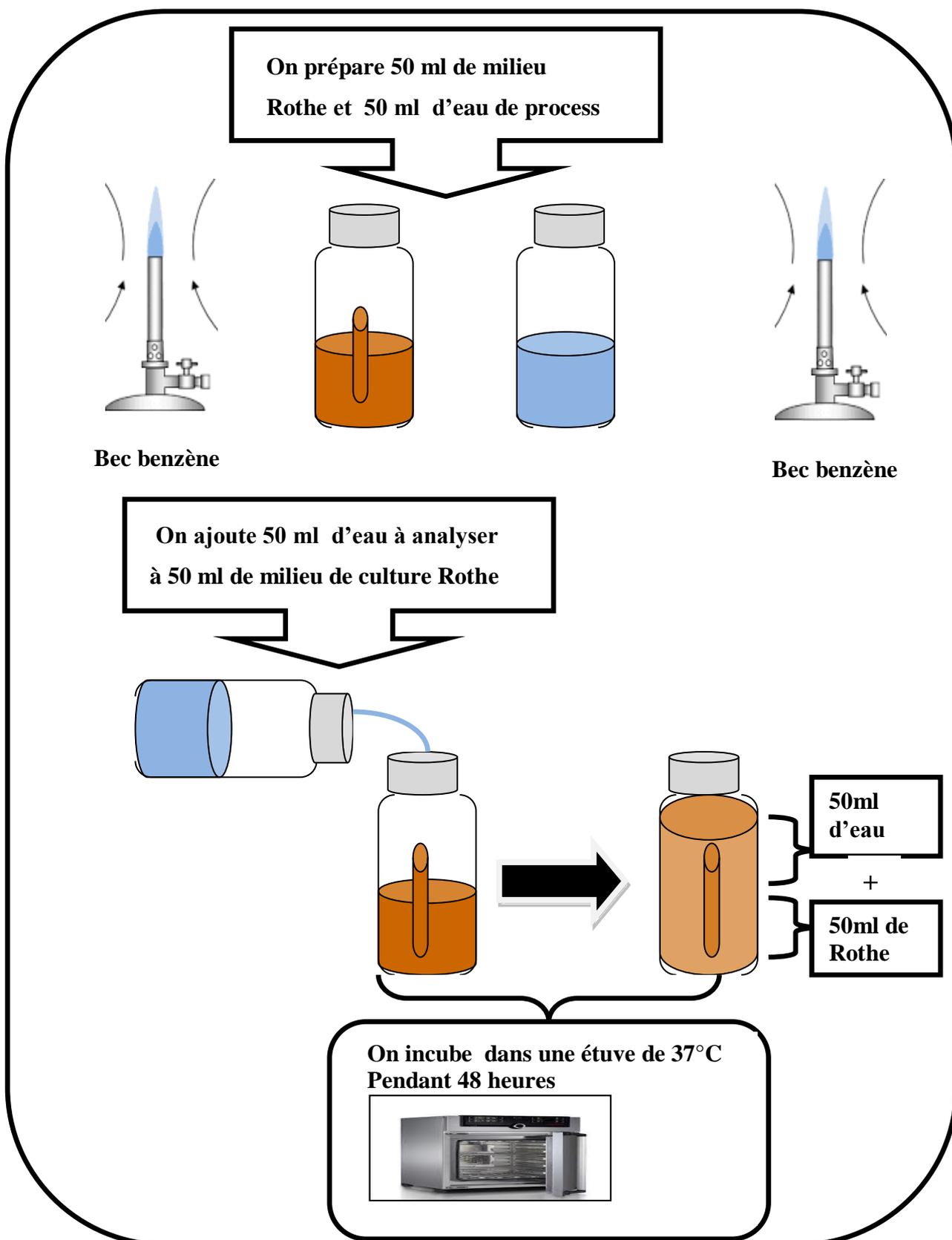


E. Protocole de la recherche et dénombrement des clostridium à 37°C

✚ Forme végétatif



F. Protocole de la recherche et dénombrement des streptocoques D à 37 °C



## **Annexe 5. Méthode d'analyse physico-chimique des boissons**

### **A. Détermination du Brix**

#### **❖ Matériels et appareillage utilisé :**

- Une micropipette
- Un réfractomètre

#### **❖ Mode opératoire :**

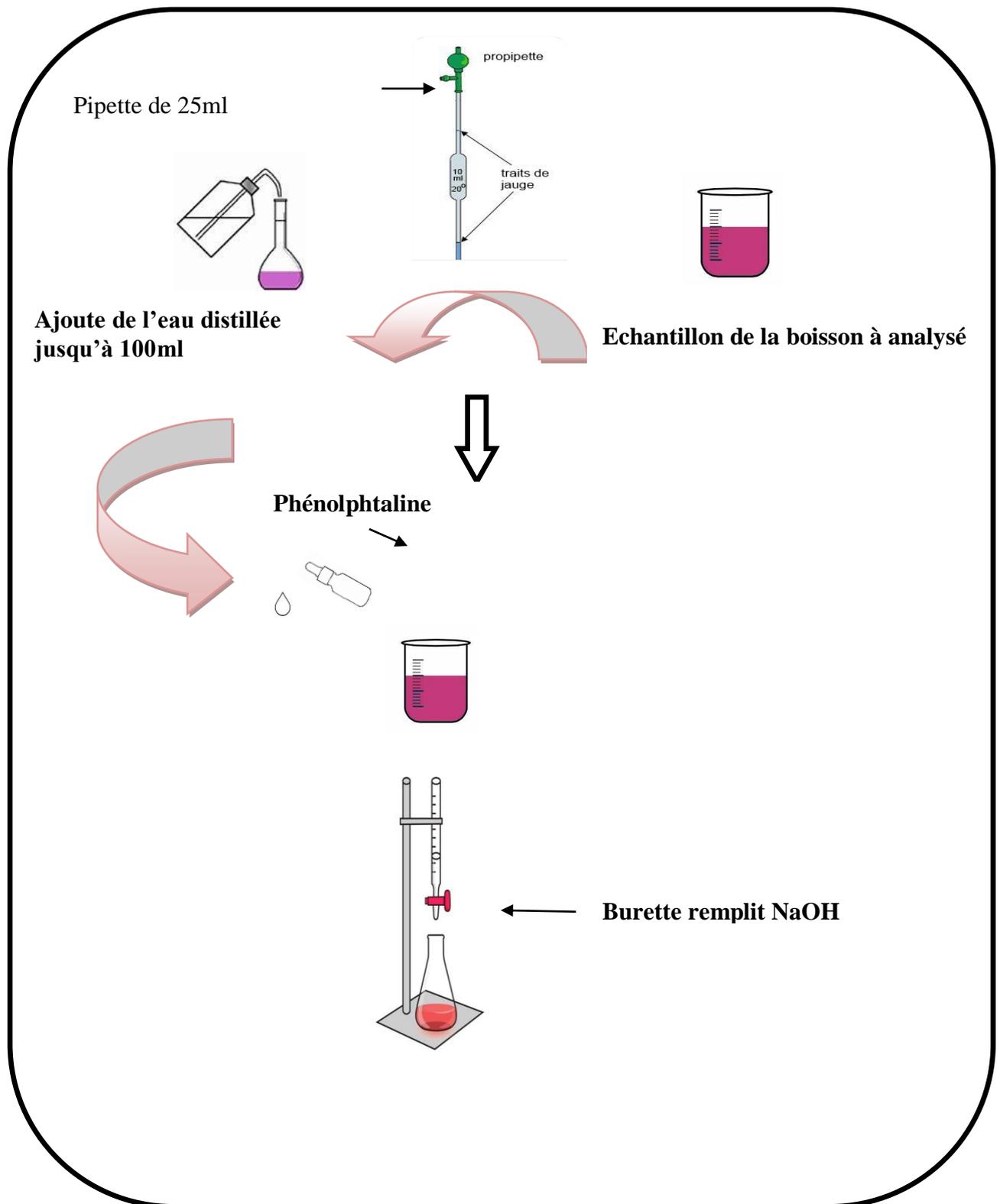
- Nous mettons l'appareil réfractomètre en marche ;
- A l'aide d'une micropipette en prend quelque goutte de l'échantillon à analyser (boisson OOPS) ;
- Nous étalons l'échantillon sur la surface en verre du réfractomètre ;
- La lecture de la valeur du degré Brix affiché sur l'appareil.

### **B. Détermination de la densité**

#### **❖ Mode opératoire :**

- Nous nettoyons d'abord notre densimètre avec de l'eau distillé ;
- Ensuite, nous prélevons un échantillon et le mettons dans la boîte bleue de densimètre ;
- Puis, nous regardons à travers la buse que l'appareil contient à l'intérieur pour qu'il contienne des chiffres et nous lisons le résultat.

C. Protocole de détermination l'acidité d'une boisson par titrage



## **D. Détermination volume de CO<sub>2</sub>**

### **❖ Matériels utilisés :**

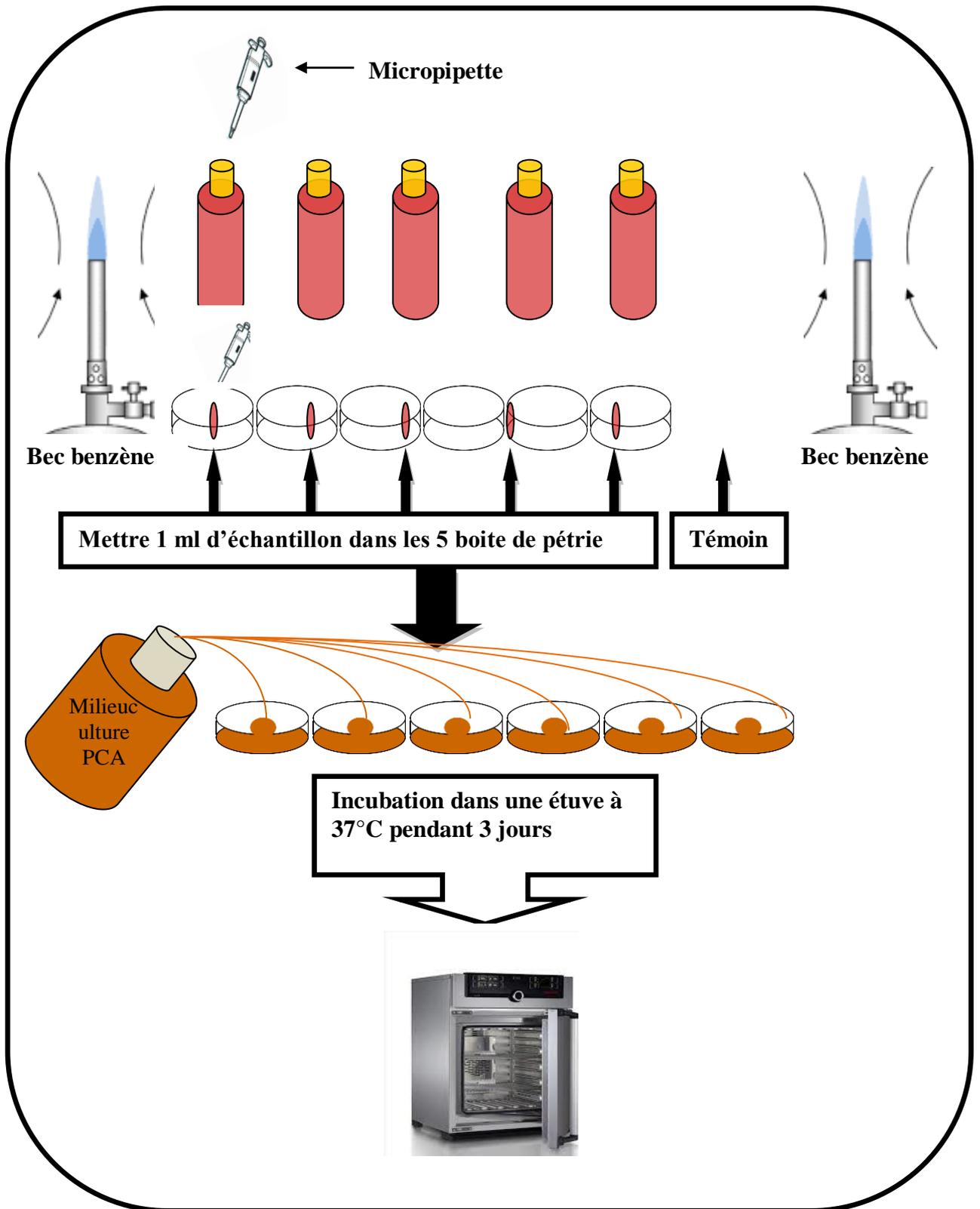
- Manomètre
- Règle de mesure de CO<sub>2</sub>
- Thermomètre

### **➤ Mode opératoire :**

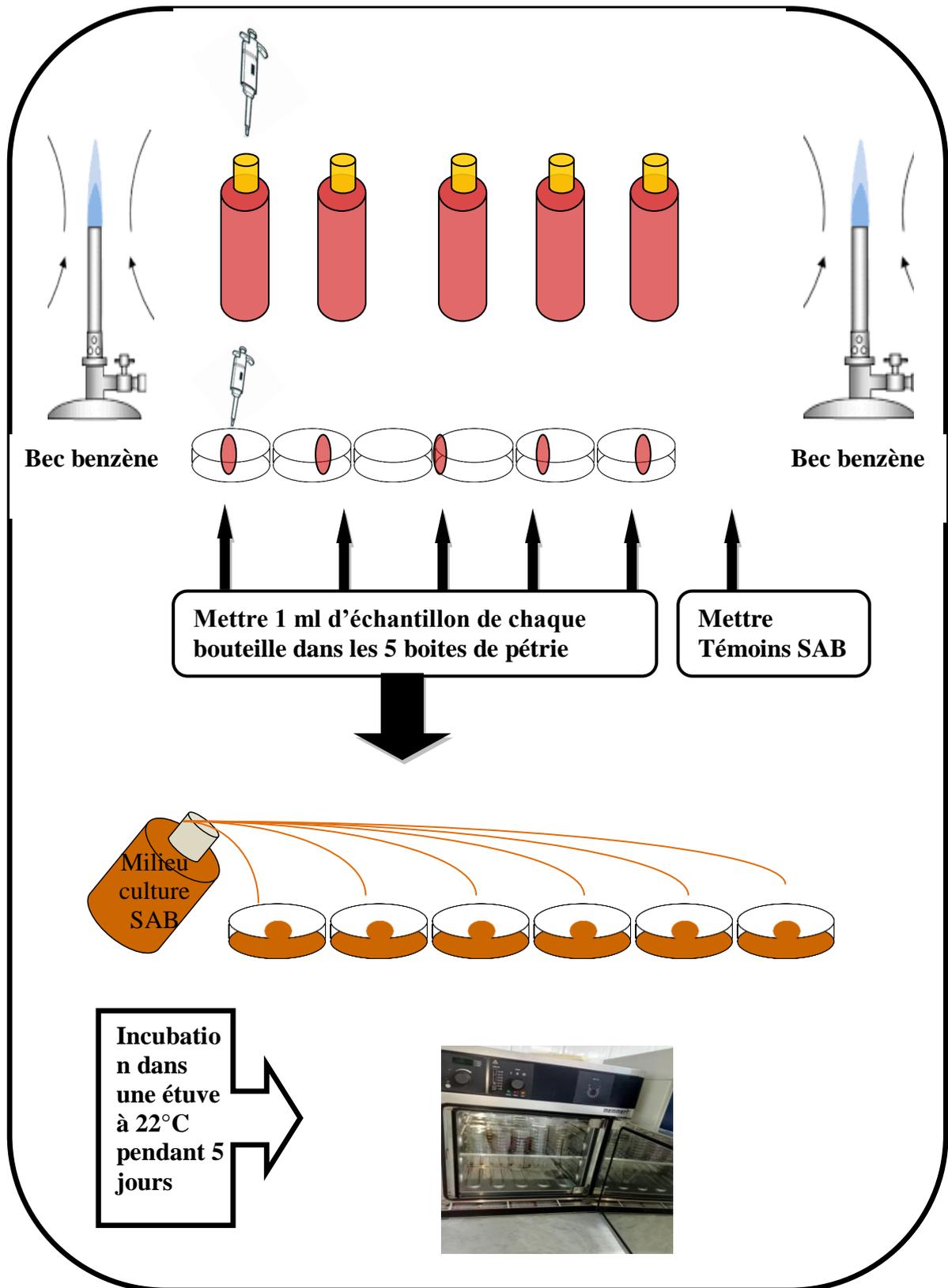
- On va mettre la boisson dans un réfrigérateur pour la refroidie ;
- Après refroidissement en vafixer le flacon à l'aide d'un manomètre (appareil de mesure de CO<sub>2</sub>) puis en agitant bien ;
- On mesurant la température de la boisson ;
- On va déduire la valeur de CO<sub>2</sub> a partir de la règle qui mesure le CO<sub>2</sub>.

## Annexe 6. Méthode d'analyse microbiologique des boissons

### A. Protocol de recherche et dénombrement des germes aérobies à 37°C

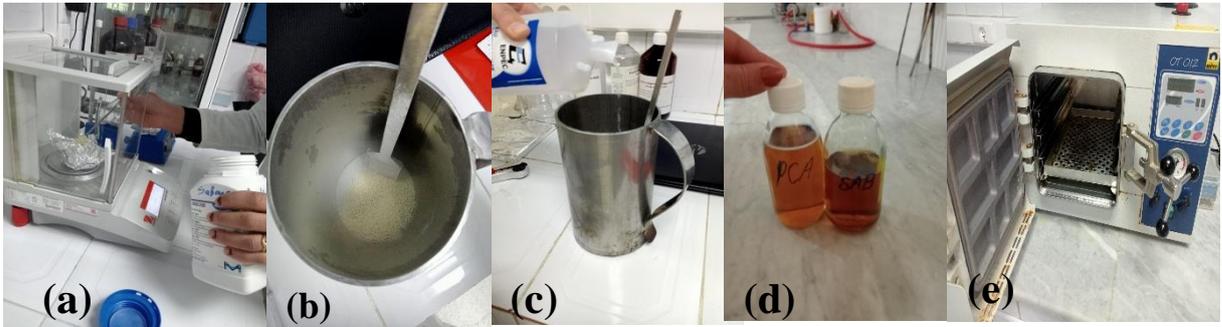


**B. Protocol de recherche et dénombrement des levures et moisissures à 22°C**



## Annexe 7. La préparation de milieu de culture SAB (c'est le même protocole de préparation pour tous les milieux de cultures)

- D'abord à l'aide d'une balance nous avons mesuré 40 g de poudre SAB ;
- Après nous avons versé ce dernier dans un bol en métal, nous avons ajouté 1,5 L de l'eau distillé ;
- Ensuite nous avons mis le bol sur le bec benzène jusqu'à ce qu'il soit la poudre fondue, puis quand il refroidit nous le mettons dans des bouteilles ;
- Enfin, nous avons mis les bouteilles dans l'autoclave pour la stérilisation à 145°C pendant 15min.



## Annexe 08. Méthode de conversion du méq en °F

Paramètre	TAC	
Unité		Méq/l
L'eau	process	Adoucis
07/02/2023	5.4	6.5
08/02/2023	5.2	6.1
09/02/2023	5.2	5
13/02/2023	5.5	6
22/02/2023	5.8	5.8
26/02/2023	5.9	5.9
01/03/2023	5.9	7
08/03/2023	5.9	7.2
12 /03/2023	5.8	7.8
15/03/2023	6.0	6.9
19/03/2023	6.0	6.3

Le degré français (°f ou °fH), est l'unité du titre hydrotimétrique (TH), caractérisant la dureté de l'eau, et du titre alcalimétrique complet (TAC) utilisée en France et en suisse. Un degré français correspond à la dureté d'une solution contenant 10 mg/l de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) qui correspond également à une solution contenant 0,0001 mol/l de  $\text{CaCO}_3$  (puisque la masse molaire de  $\text{CaCO}_3$  vaut 100,1 g/mol).

Un degré français équivaut donc à 4 mg de calcium (et 6 mg de carbonate) par litre soit 0,0001 mol/l de calcium (de masse molaire 40,1 g/mol) ou à 2,4 mg de magnésium par litre soit 0,0001 mol/l de magnésium (de masse molaire 24,3 g/mol), un milliéquivalent (1méq ou 1 mval) d'ion calcium correspond à 5°f L.

Il ne faut pas confondre avec le degré Fahrenheit (°F).  
 $1^\circ\text{F} = 1/5$  de milliéquivalent de n'importe quel ion pris en compte dans le calcul de la dureté de l'eau, à savoir les cations sauf l'ion oxonium et les cations des métaux alcalins. Pour convertir le °F en une concentration massique (x mg/l) d'un ion, il faut tenir compte de la masse molaire et de la valence de ce dernier.

## Résumé

La qualité de l'eau est une des préoccupations permanentes de l'homme qui lui a consacré toutes une législation et a ratifié de nombreux protocoles et conventions internationaux pour sa protection et sa préservation. Notre étude effectuée au sein d'EURL STAR, a pour objectif est le suivi des paramètres physico-chimique et microbiologique des eaux de process entrant dans la fabrication des boissons gazeuses et non gazeuses. L'évaluation porte sur un ensemble de tests expérimentaux incluant certain nombres des paramètres physicochimique (pH, conductivité électrique, dureté totale (TH), calcium chlorures titre hydrométrique complet, bicarbonates, l'acidité, Brix, densité et un contrôle bactériologique afin de rechercher des agents pathogènes (germes aérobies, coliformes totaux et fécaux, streptocoque D, clostridium, levures et moisissures).

Les résultats des eaux de process (eau adoucis) ont montré que les valeurs des paramètres physico-chimiques sont toutes conformes aux normes, hormis la dureté totale (TH) où il ya un excès dans la tenure. D'autre part, Les résultats obtenus indiquent que l'eau de process est bactériologiquement saine, grâce à la qualité bactériologique de l'eau de forage qui est satisfaisante aux normes et grâce aux différents traitements utilisés dans la station de traitement des eaux.

L'analyse physico-chimique et microbiologique sur les boissons est conforme aux normes exigées par l'organisme.

Mot clés : Eau, process, Qualité, Paramètres physico-chimique et Microbiologique, Boissons gazeuse et non gazeuses.

### ملخص

تعد جودة المياه من الاهتمامات الدائمة للإنسان الذي كرس لها جميع التشريعات وصدق على العديد من البروتوكولات والاتفاقيات الدولية لحمايتها والحفاظ عليها. تهدف دراستنا التي أجريت داخل EURL STAR إلى مراقبة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه المعالجة المستخدمة في تصنيع المشروبات الغازية وغير الغازية. يغطي التقييم مجموعة من الاختبارات التجريبية بما في ذلك عدد من المعلمات الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، التوصيل الكهربائي، الصلابة الكلية (TH)، الكالسيوم،  $(Ca^{2+})$ ، الكلوريدات  $(Cl^-)$ ، العنوان الهيدرومترى الكامل (TAC)، البيكربونات، الحموضة، Brix، الكثافة والتحكم البكتيري من أجل البحث عن العوامل الممرضة (الجراثيم الهوائية، القولونيات الكلية والبرازية، العقدية D، المطثية، الخمائر والقولب).

أظهرت نتائج عملية المياه (المياه المخففة) أن قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية كلها متوافقة مع المعايير، باستثناء الصلابة الكلية (TH) حيث يوجد فائض في الحيازة. من ناحية أخرى، تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن مياه العملية سليمة من الناحية الجرثومية، وذلك بفضل الجودة البكتريولوجية لمياه الحفر التي تلبى المعايير وبفضل العلاجات المختلفة المستخدمة في محطة معالجة المياه. يتوافق التحليل الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي للمشروبات مع المعايير المطلوبة من قبل المنظمة.

الكلمات المفتاحية: المياه، العملية، الجودة، المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية، المشروبات الغازية وغير الغازية.

### Summary

The quality of water is one of the permanent concerns of man who has dedicated all legislation to it and has ratified numerous international protocols and conventions for its protection and preservation. Our study carried out within EURL STAR, aims to monitor the physicochemical and microbiological parameters of process water used in the manufacture of carbonated and non-carbonated drinks. The evaluation covers a set of experimental tests including a number of physicochemical parameters (pH, electrical conductivity, total hardness (TH), calcium ( $Ca^{2+}$ ), chlorides ( $Cl^-$ ), complete hydrometric title (TAC), bicarbonates ( $HCO_3^-$ ), acidity, Brix, density and a bacteriological control in order to search for pathogenic agents (aerobic germs, total and faecal coliforms, streptococcus D, clostridium, yeasts and moulds).

The results of the process waters (softened water) showed that the values of the physico-chemical parameters are all in conformity with the standards, except for the total hardness TH where there is an excess in the tenure. On the other hand, the results obtained indicate that the process water is bacteriologically healthy, thanks to the bacteriological quality of the drilling water which is satisfactory to the standards and thanks to the various treatments used in the water treatment plant.

The physico-chemical and microbiological analysis of beverages complies with the standards required by the organization.

Keywords: Water, process, Quality, Physico-chemical and Microbiological parameters, Carbonated and non-carbonated drinks.