

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie des Procédés



Mémoire de Master Professionnel

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Dessalement et Traitement des Eaux

Thème :

**Processus de traitement de l'eau de source naturelle « Ain Bouglez » : Analyses physico-chimiques et microbiologiques
(cas de l'entreprise de Bouglez Salsabil).**

Présenté par :

- MEDACI Dina

Encadré par :

Dr. OTMANE RACHEDI Khadidja

Soutenue le : 18 / 06 / 2026 devant le jury composé de :

Dr. KHELLAF Nouredine

Président

MCB

Univ. El-Tarf

Dr. HERBADJI Abdelmadjid

Examineur

MCB

Univ. El-Tarf

Année Universitaire : 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Dédicace

Louange à dieu m'a donnée la force pour terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents

A mon père " **Taher** " qui m'a toujours aidé à faire le bon choix dans ma vie et qui m'a beaucoup aidé par son soutien moral et ses conseils.

A ma tendre mère "**Fatima**" pour son soutien, son amour, ses encouragements et ses conseils.

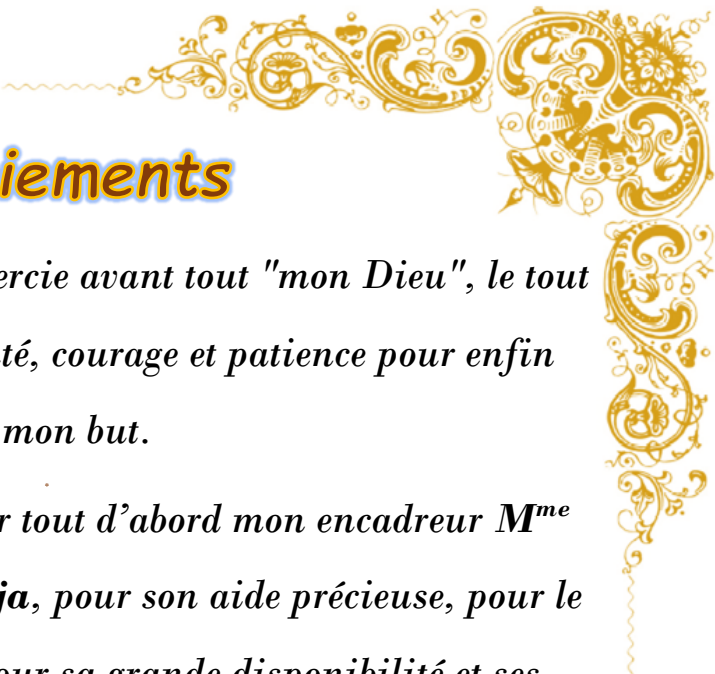
A mes chères frères **Hichem** et **Mido** et à mes adorables sœurs **Leila**, **Djahida**, **Zahra**, **Nadia** qui Dieu les protège

Sans oublier mes adorables neveux et nièces : **Rafif** et **Iline**, **Tessnim**, **Aresslan**

A tout la famille " **MEDACI** "

A tous ceux que j'aime et qui m'aime.





Remerciements

A l'issue de ce travail, je remercie avant tout "mon Dieu", le tout puissant, de m'avoir donné volonté, courage et patience pour enfin arriver à mon but.

*En commençant de remercier tout d'abord mon encadreur **M^{me} OTMANE RACHEDI Khadidja**, pour son aide précieuse, pour le temps qu'elle nous a consacré, pour sa grande disponibilité et ses encouragements tout au long de la rédaction de ce mémoire.*

*Mes remerciements s'adressent à tous les membres de jury : **Dr KHELLAF Noureddine** pour l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury et **Dr HERBADJI Abdelmadjid** qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail.*

Je remercie également :

***M^{me} GACEM Farida** responsable de Laboratoire et contrôle de la Qualité de l'entreprise de l'eau Bouglez, Oum EL Agareb - Bouteldja - EL Tarf*

Par la même occasion je remercie :

*Mes enseignants de département de Génie de procédés
Pour leurs efforts dans ma formation tout au long du cursus universitaire.*

Enfin, je réserve un vif remerciement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.



Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I.1	Quelques approches utilisées pour le classement des eaux de sources.	8
Tableau II.1	Odeur de l'eau et leurs causes	13
Tableau II.2	Goûts de l'eau et leurs causes	14
Tableau II.3	Classification de l'eau selon la dureté	15
Tableau II.4	Normes de potabilité (Facteur organoleptiques).	18
Tableau II.5	Normes de potabilité (Facteurs physico-chimiques)	19
Tableau II.6	Normes de potabilité (Substances toxiques)	19
Tableau III.1	Différentes capacités des emballages des bouteilles de l'eau de source.	24
Tableau III.2	Différents types de filtre et leurs caractéristiques	26
Tableau III.3	Matériels et appareillage utilisé cours des analyses physico-chimiques.	31
Tableau IV. 1	Résultats d'analyses organoleptiques.	40
Tableau IV. 2	Résultats des analyses physico-chimiques (février-mars-avril) d'Eau de forage (E.F) et Produit fini (P.F)	41
Tableau IV.3	les résultats d'analyse microbiologique (CF), (CT) et (SF) des échantillons d'Eau Forage et produit fini	48

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure I.1	Représentation de la molécule d'eau	4
Figure I. 2	Cycle de l'eau	5
Figure I.3	Représentation de la répartition de l'eau sur Terre	6
Figure III.1	Localisation des sources d'eau étudiées	22
Figure III.2	Différentes capacités des emballages des bouteilles de l'eau de source.	24
Figure III.3	Protocol expérimental suivi.	30
Figure IV.1	Histogramme comparatif des résultats obtenus de pH de l'eau de forage et du produit fini	42
Figure IV.2	Histogramme comparatif des résultats de la conductivité de l'eau forage et produit fini.	42
Figure IV.3	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en turbidité de l'eau de forage et du produit fini et sa norme	43
Figure IV.4	Histogramme comparatif des résultats de la dureté totale du produit fini et d'eau de forage	44
Figure IV.5	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en calcium de l'eau de forage et du produit fini et sa norme	44
Figure IV.6	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en magnésium de l'eau de forage et du produit fini et la norme	45
Figure IV.7	Histogramme comparatif des résultats des teneurs nitrate de l'eau de forage et du produit fini.	45
Figure IV.8	Histogramme comparatif des résultats des teneurs nitrite du produit fini et d'eau de forage.	46
Figure IV.9	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en chlorure de l'eau de forage et le produit fini et la norme.	46
Figure IV.10	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en sulfate de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.	47
Figure IV.11	Histogramme comparatif des résultats des teneurs en potassium de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.	47

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo III.1	Interface de supervision du procédé de traitement	25
Photo III.2	Différents types. de de filtres	27
Photo III.3	Les préformes (matière première).	27
Photo III.4	Bouchage des bouteilles.	28
Photo III.5	Étiqueteuse et colle spéciale.	29
Photo III.6	Produit fini d'eau minérale « Bouglez »après Fardelage des bouteilles	30
Photo III.7	pH-mètre employé pour la mesure du pH.	31
Photo III.8	Conductimètre employé pour la mesure de la conductivité.	32
Photo III.9	Solution étalon (Formazine) à 400 NTU.	33
Photo III.10	Turbidimètre employé pour la mesure de la turbidité.	33
Photo III.11	Etapes d'analyse de la dureté.	34
Photo III.12	Spectrophotomètre d'analyse de la dureté.	35
Photo III.13	Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de potassium.	35
Photo III.14	Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Nitrates.	36
Photo III.15	Spectrophotomètre d'analyse de Nitrite.	36
Photo III.16	Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Chlorures.	36
Photo III.17	Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Sulfate.	37

Liste des Schémas

N°	Titre	Page
Schéma III.1	Recherche et dénombrement de coliformes totaux et fécaux en milieu solide	38
Schéma III.2	Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux (SF) en milieu solide.	39

< C >

Ca⁺² : Calcium

CE : Conductivité électrique

CEE : Communauté économique européenne

CF : Coliformes fécaux

Cl⁻ : Chlorure

CT : Coliformes Totaux

< E >

E.F : Eau de forage

< F >

°F : Degrés français

< H >

HCO₃ : Bicarbonate

< J >

JORA : Journal officiel de la république algérienne

< L >

L/j : Litre par joule

< M >

MES : Matière en suspension.

mg/L : Milligramme par litre.

µm : Micromètre

µS/cm : Micro-siémens par centimètre.

< N >

Na⁺ : Sodium

N.E : Normes européennes

NTU : Néphélométries de turbidité

< **O** >

OMS : Organisation mondiale de la santé

< **P** >

PET : Polyéthylène téréphtalate

(P.F) : Produit fini

pH : Potentiel hydrogène

< **R** >

RS : Résidu sec.

< **S** >

SARL : Société à responsabilité limitée

< **T** >

TH : Titre hydrométrique.

< **U** >

UFC : Unité formant colonie

< **V** >

VRBL : Violet Red Bile Lactose

SOMMAIRE

Dédicace	I
Remerciements	II
Liste des tableaux	III
Liste des figures.....	IV
Liste des photos.....	V
Liste des schémas.....	VI
Symboles et abréviations.....	VII
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1. Cycle de l'eau	4
I.2. Origine et types des eaux.....	5
I.2.1. Eaux naturelles	5
I.2.2. Eaux souterraines	5
I.2.3. Eaux de surfaces	5
I.2.4. Eaux de mers et océans	6
I.3. Classification des eaux destinées à la consommation humaine	6
I.3.1. Eaux potable	6
I.3.2. Eau minérale	7
I.3.3. Eaux de source	7
I.4. La pollution de l'eau.....	8
I.4.1. Pollution des eaux souterraines	9
I.4.2. Principales origines de la pollution des eaux souterraines	9
I.4.3. les maladies à transmission hydriques	9
I.4.3.1. La fièvre typhoïde.....	9
I.4.3.2. Choléra	9
I.4.3.3. Diarrhées infectieuses	10

Références bibliographiques.....	11
----------------------------------	----

Chapitre II : Paramètres de la qualité de l'eau

II.1. Paramètres organoleptiques de l'eau.....	13
II.1.1. La couleur.....	13
II.1.2. L'odeur	13
II.1.3. Le goût	14
II.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau	14
II.2.1. Température.....	14
II.2.2. Potentiel Hydrogène (pH)	15
II.2.3. Conductivité électrique (CE)	15
II.2.4. Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique (TH)).....	15
II.3. Paramètres chimiques	15
II.3.1. Cations	16
II.3.1.1. Le calcium (Ca^{+2})	16
II.3.1.2. Le Magnésium (Mg^{+2}).....	16
II.3.1.3. Le Potassium (K^{+}).....	16
II.3.2. Anions	16
II.3.2.1. Le chlorures (Cl^{-})	16
II.3.2.2. Les sulfates (SO_4^{-2})	17
II.3.2.3. Nitrites (NO_2^{-}).....	17
II.3.2.4. Nitrates (NO_3^{-})	17
II.4. Paramètres microbiologique	17
II.4.1. Les coliformes totaux	17
II.4.2. Les coliformes fécaux	18
II.4.3. Streptocoque fécaux	18
II.5. Normes de l'eau potable.....	18
Références bibliographiques.....	20

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Présentation générale de l'entreprise	22
III.1.1. Localisation de l'entreprise	22
III.1.2. Implantation l'Entreprise SARL « SALSABIL »	22
III.1.3. Historique de l'Entreprise	22
III.1.4. Croissance et succès de l'entreprise	23
III.1.5. Objectifs de l'entreprise	23
III.1.6. Activités de la SARL ESSALSABIL	24
III.2. Description du procédé de traitement utilisé	24
III.2.1. Pompage.....	24
III.2.2. Filtration	25
III.2.2.1. Constituions de système de filtration	25
III.2.2.2. Mise en œuvre de filtration	25
III.2.2.3. Types de filtration	26
III.2.2.4. Types de filtre	26
III.2.3. Embouteillage	27
III.2.3.1. Les préformes	27
III.2.3.2. Chauffage des préformes	27
III.2.3.3. Soufflage des préformes	27
III.2.4. Remplissage	28
III.2.5. Bouchage	28
III.2.6. Etiquetage.....	29
III.2.7. Codage et Datage	29
III.2.8. Fardelage	29
III.2.9. Palettisation	29
III.3. Matériels et méthodes	30
III.3.1. Échantillonnage	30
III.3.1.1. Point de prélèvement	30

III.3.1.2. Protocol expérimental	30
III.3.2. Matériels employés	31
III.3.3. Méthode d'analyse	31
III.3.3.1. Analyse physico-chimique	31
III.3.3.1.1. Mesure du potentiel hydrogène (pH).....	31
III.3.3.1.2. Mesure de la température	32
III.3.3.1.3. Mesure de la conductivité	32
III.3.3.1.4. Mesure de la turbidité.....	32
III.3.3.1.5. Mesure de la dureté (TH)	34
III.3.3.1.6. Mesure du Potassium (K^+)	35
III.3.3.1.7. Mesure des Nitrates (NO_3^-)	35
III.3.3.1.8. Mesure des Nitrites (NO_2^-)	36
III.3.3.1.9. Mesure de Chlorures (Cl^-)	36
III.3.3.1.10. Mesure de Sulfates (SO_4^{-2})	37
III.3.3.2. Analyse Microbiologique.....	37

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Résultats des analyses organoleptiques.....	40
IV.1.1. Odeur	40
IV.1.2. Couleur	40
IV.1.3. Gout	40
IV.2. Résultats des analyses physico-chimiques	40
IV.2.1. Variation du pH	42
IV.2.2. La conductivité.....	42
IV.2.3. La Turbidité	43
IV.2.4. La dureté (TH).....	43
IV.2.5. Taux de Calcium	44
IV.2.6. Taux de Magnésium	44
IV.2.7. Dosage des Nitrates et Nitrites.....	45
IV.2.8. Taux de Chlorures.....	46

IV.2.9. Taux de Sulfate	46
IV.2.10. Taux de Potassium	47
IV.2.11. Comparaison générale entre l'eau (E.F) et le (P.F) de la source Bouglez	48
IV.3. Résultats d'analyses microbiologiques	48
IV.3.1. Qualité de la ressource	49
IV.3.2. Efficacité du traitement	49
IV.3.3. Conformité réglementaire	49
Conclusion générale.....	50

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Elle participe dans le monde présent, à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable [1]. L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, elle est une richesse nécessaire à toutes activités humaines et un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité. La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportés sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité et la pollution des eaux [2]. De ce fait, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car ces germes pathogènes sont susceptibles d'engendrer des altérations catastrophiques sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population [3].

Les eaux souterraines sont formées par la percolation de l'eau de pluie, l'eau de surface et de ruissellement à travers les sols et les roches. Elles constituent 20% des réserves d'eaux sur terre soit environ 1000 millions de m³. Une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution [4].

En Algérie, la croissance démographique, le développement des secteurs industriels et agricoles, a entraîné un accroissement spectaculaire des besoins en eau. Cet accroissement plus important par rapport aux quantités mobilisées, a généré un déficit entre l'offre et la demande en eau, ce qui va créer à long terme, un handicap insurmontable au développement et un impact négatif sur le plan socio-économique. Dans cette optique, la présente étude vise à explorer la caractérisation microbiologique et physico-chimique des eaux de source de « Ain Bouglez » localisée à Bouteldja dans la wilaya d'El Tarf. Ce site, d'une importance stratégique pour l'approvisionnement en eau de la région, constitue un point de repère pertinent pour l'analyse de l'état environnemental des ressources hydriques.

Le manuscrit est subdivisé en quatre chapitres repartis en deux parties, la première correspond à la partie théorique et comprend les deux premiers chapitres, le premier

représente une synthèse bibliographique qui se compose de généralités sur l'eau et sa pollution, tandis que le second s'attarde sur l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau afin d'apprécier son état. La partie expérimentale comporte également deux chapitres. Le troisième chapitre offre une vue d'ensemble sur la zone d'étude, tout en décrivant de manière détaillée les matériaux, les outils ainsi que les méthodes scientifiques mises en œuvre pour cette étude. Le quatrième chapitre présente de façon structurée les résultats expérimentaux obtenus, accompagnés d'une interprétation critique fondée sur des observations précises et une évaluation des résultats mesurés. Enfin, une conclusion générale synthétiser les principales observations de cette recherche.

Références bibliographiques

- [1] S. Achour. *Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles*. Thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou, **2001**.
- [2] A. Reggam, H. Boucheleghe, M. Houhamdi. *J. Mater. Environ. Sci.* 6, 1417-1425 **2015**
- [3] M. Roux. *L'analyse biologique de l'eau*. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, **1987**.
- [4] C. Cardot. *Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus*. Génie de l'environnement. Ed. Ellipses, **1999**.

Partie I

Partie Théorique





Chapitre I

Généralités sur l'eau

L'eau est un corps incolore, inodore, transparente, insipide ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants. C'est un composé simple de formule brute H_2O , autrement dit chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Figure I.1**). Il est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur terre. L'eau quelque fois désigné comme solvant universel [1]. C'est le seul composé qui peut exister sous forme de trois états de la matière, liquide à température et pression ambiantes, gazeux au-dessus de $100^{\circ}C$ et solide en dessous de $0^{\circ}C$. Ce composé est l'un des composants majeurs de l'atmosphère et des organismes vivants, dont il consiste environ 80% de la cellule humaine [2].

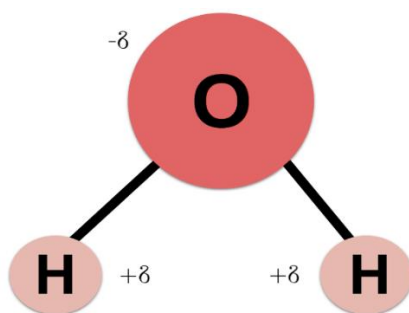


Figure I.1 : Représentation de la molécule d'eau [3].

I.1. Cycle de l'eau

L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. Elle s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts. Elle devient par la suite condensée sous forme de nuage et elle est transportée dans le ciel par les vents. Les nuages précipitent sous forme de pluie, neige ou grêle sous l'action de phénomènes météorologiques complexes, où interviennent surtout les vents et les différences de températures [4]. (**Figure I.2**). Les eaux passent par différentes étapes tout le long du cycle. Elles deviennent eaux océaniques, eaux atmosphériques, eaux de surface ou eaux souterraines [5]. Cette eau arrive au sol où elle s'infiltre et devient eau souterraine, l'excédent qui tombe au sol ruisselle et se retrouve dans les cours d'eau et les lacs et finalement dans la mer [6]. Au contact des minerais du sol qu'elles vont dissoudre, les eaux de pluie vont se charger au fur et à mesure de quantités d'éléments minéraux [4].

La végétation participe aussi au cycle de l'eau, car elle capte l'eau des précipitations (feuilles) ou du sol et elle en restitue une partie à l'atmosphère par l'évaporation ou la transpiration [6].

L'eau ne se perd pas, elle ne se crée pas non plus, elle se transforme, passant au cours de son cycle de l'état liquide ou solide. Nous buvons la même eau que buvaient les

dinosaures, il y a 150 millions d'années. C'est toujours la même eau, en même quantité, qui circule depuis la nuit des temps [7].

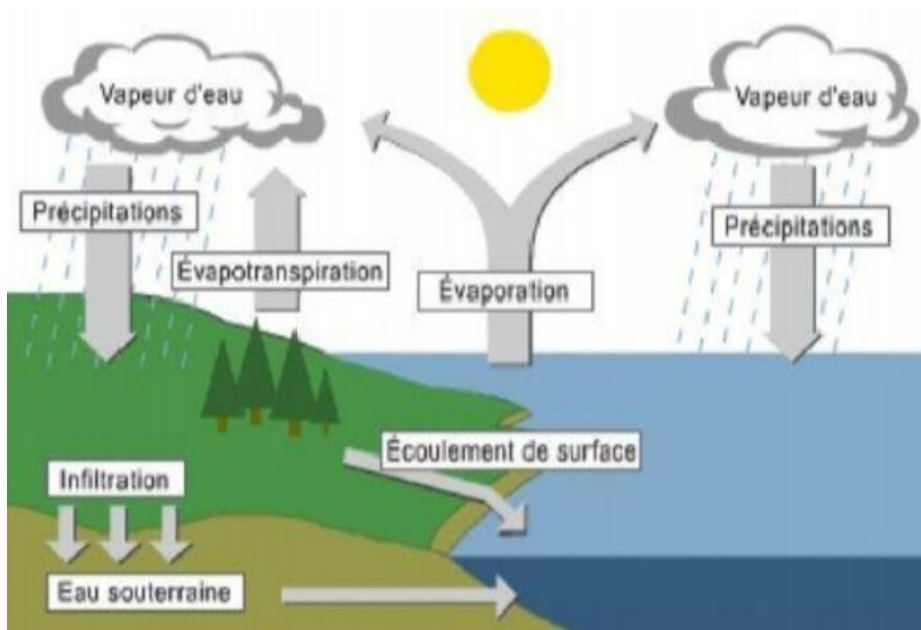


Figure I.2 : Cycle de l'eau [8].

I.2. Origine et types des eaux

I.2.1. Eaux naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer [9].

I.2.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes eaux trouvées sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol, Elles se caractérisent par une turbidité faible où leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante et une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou le magnésium. En plus d'une concentration élevée de fer et magnésium [10].

I.2.3. Eaux de surfaces

Contrairement aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Leur température varie en fonction du climat et des saisons. Ses matières en suspension sont

variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Leur composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone [10].

I.2.4. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète. Le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité. Elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile. Notamment leur coût très élevé pour leur traitement [11].

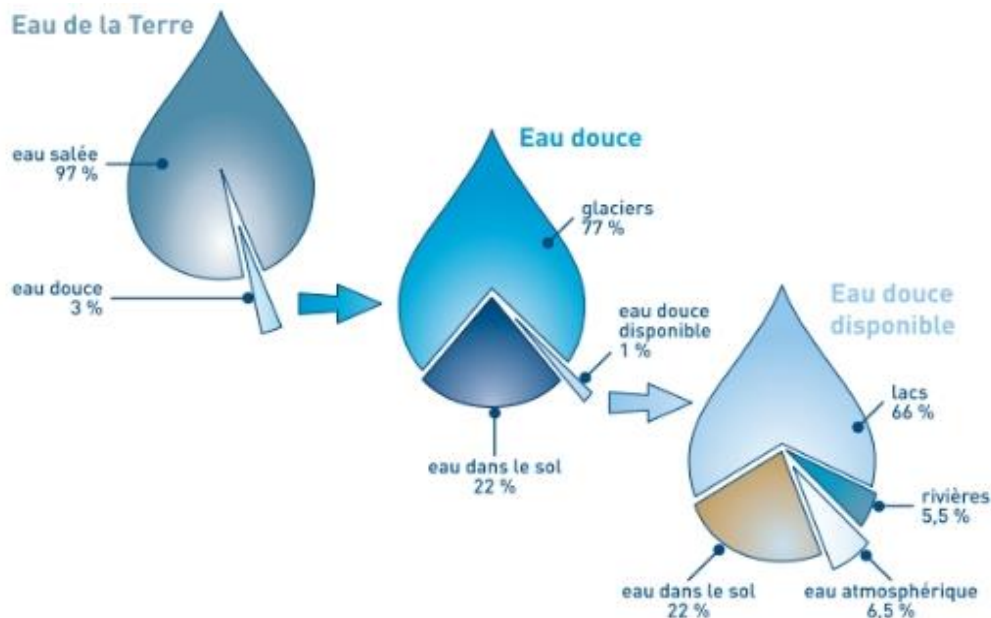


Figure I.3 : Représentation de la répartition de l'eau sur Terre [12]

I.3. Classification des eaux destinées à la consommation humaine

Les eaux destinées à la consommation humaine peuvent être subdivisées en trois classes qui sont :

I.3.1. Eaux potables

Une eau potable est une eau propre à la consommation, donc dépourvue de tous les éléments nocifs [13]. On entend par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires. Dans l'objectif d'assurer que l'eau consommé par l'être humain respecte ces critères de qualité et ne présente aucun risque sur la santé humaine, des normes de potabilité ont été exigées par différentes institutions

notamment l'organisation mondiale de la santé (OMS) et la communauté économique européenne (CEE).

➤ **Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS)**

L'eau potable doit être exempte de micro-organismes pathogènes et de substances toxiques en vue préserver la santé du consommateur, mais elle peut contenir une certaine quantité de sels minéraux et de micro-organismes saprophytes. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne représente aucun gout ni odeur désagréable [14].

➤ **Selon la communauté économique européenne (CEE)**

L'eau potable est toute eau qui ne porte pas atteinte à la santé du consommateur quel que soit son âge ou son état physiologique, et ce à court comme à long terme. Les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques doivent être conformes à des normes de potabilité. Une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit pas contenir de substances chimiques en quantité nuisible à la santé publique ni de germes pathogènes. Elle doit être inodore, incolore et agréable à boire [15].

I.3.2. Eau minérale

Les eaux minérales naturelles sont définies comme étant des eaux microbiologiquement saines. Elles se distinguent des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, la teneur spécifique en sels minéraux et par la composition stable dans le temps [16]. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. Ces eaux peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine [17].

I.3.3. Eaux de source

Une source est le lieu d'apparition et d'écoulement d'une eau souterraine à la surface du sol, à l'origine en général d'un cours d'eau de surface. Elle est une eau qui sort naturellement de la terre, ou le point où cette eau jaillit. C'est souvent l'origine d'un cours d'eau, mais les sources peuvent alimenter des mares, lacs, s'écouler directement en mer, ou produire une eau qui disparaît à nouveau dans le sol.

A) Classement de sources

Les sources peuvent être classées selon différentes approches qui sont représentés dans le **tableau I.1**.

Tableau I.1 : Quelques approches utilisées pour le classement des eaux de sources.

Approche	Définition
L'hydrochimie	Elle classe les sources selon leurs qualités
L'hydrogéologie	Elle cherche à expliquer l'origine et le fonctionnement de la source
Le thermalisme	Elle permet de classer les sources selon leur température et l'usage qui peut en être tiré [18]

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet.

B) Différents types de sources de l'eau

On peut distinguer trois types de sources de l'eau :

➤ **Sources d'affleurement**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie [19].

➤ **Source d'émergence**

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est Inégal [19].

➤ **Sources de déversement**

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir [19].

I.4. La pollution de l'eau

Selon l'OMS, il y a pollution des eaux lorsque la composition ou l'état des eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité humaine [20]. Cette pollution est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les microorganismes provenant de ces activités. La pollution engendrée peut être d'ordre

physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type [21].

I.4.1. Pollution des eaux souterraines

Ce type de pollution est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir [22]. C'est une pollution très discrète mais très persistante et ses conséquences doivent être envisagées sur le très long terme [23].

I.4.2. Principales origines de la pollution des eaux souterraines

La pollution des eaux souterraines est favorisée par certains aménagements et pratiques comme les mauvaises gestions des eaux de ruissellement, la modification des pratiques agricole et les interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe autrement dit forage de puits sans précaution ouverture du gravier, puits perdus (infiltration des eaux usées) [23].

I.4.3. Les maladies à transmission hydriques

L'eau, ressource naturelle est indispensable à la vie, il est aussi devenu, de manière directe ou induite, la première cause de maladies et de mortalité au monde [24]. En effet, cette situation est d'avantage aggravée par les pollutions diverses et variées émanant des activités agricoles, industrielles ou tout simplement domestiques. L'eau contaminée par des excréments humains ou animaux est à l'origine des maladies fécal, qui sont provoqués par des virus et des bactéries [25, 26]. Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS) pas moins de deux millions de morts où les enfants en constituent le plus grand nombre sont dues à des maladies hydriques [27]. Parmi ces maladies on peut citer :

I.4.3.1. La fièvre typhoïde

C'est une Maladies d'origine bactériennes qui entraînent de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Ces maladies, qui peuvent être bénignes et asymptomatiques, peuvent entraîner la mort dans 1% des cas [28]. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eau contaminées par les matières fécales, d'aliments avariés ou encore par les mains sales [29].

I.4.3.2. Choléra

Il s'agit d'une maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort

dans 80% des cas graves non traités. Le cholera conduit à une perte d'eau de 8 à 10 L/j. Cette maladie est causée par vibrion cholera.

I.4.3.3. Diarrhées infectieuses

Maladies causées par diverses bactéries dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort [30].

Références bibliographiques

- [1] E. Tir, M. Deche, Y. Bounouira, A. Chedad. *Larhyss J.* 29, 111-119, **2017**.
- [2] R. Bourrier , B. Selmi. *Technique de la gestion et de la distribution de l'eau*. Le Moniteur Éd. **2009**.
- [3] Khan Academy. L'eau et la vie. Cours biologie.
- [4] M. Bouziani. L'eau : *De la pénurie aux maladies*. Ed. Ibn Khaldoun, **2000**.
- [5] A. Chompoux, C. Toutan. *Eléments d'hydrologie*. Ed. Le Griffon d'argile, **1988**.
- [6] Environnement Canada, Conservation et Protection (ECCP). Fiche d'information, **1990**.
- [7] Centre d'Information sur l'Eau (C. I. Eau). *Guide des ressources sur le thème l'eau*. **2004**.
- [8] *Encyclopédie Encarta*. **2005**.
- [9] R. Desjardins. *Le traitement des eaux*. 2^{ème} Ed. école polytechnique de Montréal, **1990**.
- [10] Degremont. *Mémento technique de l'eau*. 10^{ème} Ed. Tom 1, Degremont, **2005**.
- [11] J. C. Boeglin. *Propriétés des eaux naturelles*. Ed. Technique de l'ingénieur, traité environnement. **2008**.
- [12] <http://www.canaldeluc.fr/index.php?p=eau> (Consultée le 04/04/ 2026).
- [13] F. Rejsek. *Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques*. CRDP aquitaine Ed. Bordeaux, **2002**.
- [14] Organisation mondiale de la Santé (OMS). *Directrices de qualité pour l'eau de boisson*. 1^{er} Ed. Genève, **1986**.
- [15] Council of the European Communities. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Communities*. L330, 32-54, **1998**.
- [16] T. Sghaier, M. Abdallah. *J. New Sci.* 56, 3671-3686, **2018**.
- [17] A. Hazzab. *C. R. GEOSCI.* 343, 20-31, **2011**.
- [18] H. Schoeller. La température des eaux souterraines, Tavaux du Labo de Geol, Fac. Sci, de Bordeaux, **1949**.
- [19] R. Vilagines. *Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie*. 2^{ème} Ed. Lavoisier, Tec et Doc, Paris, **2003**.
- [20] L. Odoulami. *La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin)*. Thèse de doctorat, université d'Abomey-Calavi, Bénin, **2009**.
- [21] M. H. Chaden. *Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique*. Thèse de doctorat, université de Lorraine, France, **2014**.

-
- [22] G. Castany. *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Dunod, **1982**.
- [23] D. Ganjous, *La pollution des milieux aquatiques*. 2^{ème} Ed. Lavoisier, **1995**.
- [24] S. Sciancalepore. Les maladies hydriques, Recherche et gestion des savoirs RGS/AGC/SS. *Revue de presse thématique*, 27, **2003**.
- [25] P. Aubry, B. A. Gaüzère. *Les maladies liées à l'eau Actualités 2023*. Centre René Labusquière, institut de médecine tropicale, université de Bordeaux **2023**.
- [26] L. Monjour. *Cah. MURS*. 33, **1997**.
- [27] Organisation mondiale de la Santé (OMS). Combattre les maladies véhiculées par l'eau à la maison. **2007**.
- [28] C. M. Parry, T. T. Hien, G. Dougan, N. J. White, J. J. Farrar. *N. Engl. J. Med.* 347, 1770-1782, **2002**.
- [29] M. Belkada, A. Benamar. *Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage (Beni Bahdel)*. Mémoire d'ingénieur, université de Tlemcen, **2010**.
- [30] G. briere. *Distribution et Collect des eaux*. 2^{ème} Ed. Ecole polytechnique de Montréal, **2000**.



Chapitre II
***Paramètres de la qualité
de l'eau***

Les paramètres de la qualité de l'eau sont l'ensemble des indicateurs physico-chimiques et microbiologiques qui caractérise l'état de l'eau à partir de l'évaluation de sa conformité à la consommation humaine, son usage industriel ou sa protection des écosystèmes. Ces paramètres donc nous a permis de confirmer la potabilité d'une eau, protéger la santé humaine ainsi que assurer le meilleur fonctionnement des procédés industriels et des écosystèmes [1]. Parmi ces indicateurs on peut citer le pH, la turbidité, la conductivité et la présence de contaminants.

II.1. Paramètres organoleptiques de l'eau

Ces paramètres sont les caractéristiques de l'eau détectables directement par les capacités sensorielles de l'homme (goût, odorat, vue). Ils nous ont permis de confirmer sa qualité du point de vue sensorielle, même sans passer par l'expérience. Ces paramètres influent sur le jugement du consommateur sur l'eau, même s'ils ne présentent pas toujours un danger direct sur la santé humaine [2]. Les paramètres organoleptiques majeurs sont :

II.1.1. La couleur

Cette propriété confirme la probabilité de présence de matières dissoutes ou en suspension. La coloration d'une eau est considérée vraie (réelle) lorsqu'elle est en raison uniquement des substances en solution. Tandis qu'elle est apparente lorsque cette coloration est en raison de la coloration propre des substances en suspension. Ces deux types de couleurs sont approximativement identiques pour une eau claire et des eaux de faible turbidité [3].

II.1.2. L'odeur

Cette caractéristique peut indiquer la présence de substances organiques ou chimiques, autrement dit une contamination ou un problème dans le réseau de distribution. Une eau potable doit être inodore ou avoir une légère odeur naturelle sans caractère désagréable, mais certaines causes peuvent lui donner des odeurs distinctes. Quelques odeurs fréquentes et leurs causes possibles sont réunies dans le **tableau II.1**.

Tableau II.1 : Odeur de l'eau et leurs causes [1].

Odeur	Description	Causes possibles
Chlore	Odeur piquante, désinfectante	Ajout de chlore pour traitement de l'eau potable
Terre / Argile	Odeur de sol humide ou de feuilles en décomposition	Présence de matières organiques, algues, sédiments
Soufre	Odeur de sulfure d'hydrogène	Réduction de sulfates, bactéries sulfato-réductrices
Moisi / Humidité	Odeur de cave ou moisi	Contamination microbiologique, stockage dans réservoirs sales
Métallique / Fer	Odeur métallique	Présence de fer, manganèse ou autres métaux dissous
Chimique / Solvant	Odeur de plastique, pétrole ou solvants	Pollution industrielle ou agricole, produits chimiques

II.1.3. Le goût

La flaveur est la sensation que l'on perçoit par la bouche lors de la consommation de nourriture ou d'un liquide. Elle est décrite comme l'ensemble des composantes de l'odeur, du goût d'une eau et du facteur d'impression. Cette propriété est influencée par les sels minéraux, les matières organiques ou certains polluants.

Quatre goûts de base l'humain peut les sentir (sucré, salé, aigre et amer). Les goûts salés et aigres sont dues surtout aux molécules ioniques tandis que les deux autres sont généralement liés à des molécules organiques [4]. Cependant, c'est l'odeur qui joue un plus grand rôle dans la perception des substances responsables des goûts et des odeurs. Le **tableau II.2** regroupe les goûts possibles de l'eau et leurs causes.

Tableau II.2 : Goûts de l'eau et leurs causes [5].

Goûts	Description	Causes possibles
Doux/neutre	Goût agréable, léger	Eau pauvre en minéraux ou équilibrée en ions
Amer	Saveur désagréable, piquante	Excès de Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , certains médicaments
Salé	Goût rappelant le sel	Présence de Na^+ , Cl^- ou intrusion d'eau de mer
Métallique	Goût rappelant le fer ou le métal	Canalisations en métal, fer dissous, manganèse
Terreux	Goût rappelant la terre ou algues	Matières organiques
Chloré	Goût ou odeur de piscine	Désinfection au chlore
Sulfuré	Odeur de soufre	Sulfates, bactéries réductrices du soufre
Moisi	Goût désagréable, stagnation	Contamination par micro-organismes, réservoirs mal entretenus

Turbidité

La turbidité révèle le trouble de l'eau résultant de la présence des particules fines, cette caractéristique rend l'eau moins transparente à cause de l'existence des substances en suspension et de certaines substances dissoutes. Elle peut être exprimée en unités néphélométries de turbidité (NTU) [6].

II.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau

II.2.1. Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur [7]. La température de l'eau dépend d'une série de facteurs tel que la situation géographique, la saison, la profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface), la couleur de l'eau

(une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur), le volume de l'eau (plus le volume est élevé, plus les fluctuations de température sont moins importantes) [8].

II.2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est un indicateur de sa tendance à être acide ou alcaline [9]. C'est une mesure de l'activité des ions (H^+) contenus dans cette eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérée comme acide et inversement [10].

II.2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique indique la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la capacité d'ionisation, la charge ionique, la température, la mobilité. Cette caractéristique sert aussi à évaluer le degré de minéralisation d'une eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH peu ordinaires, soit une salinité élevée [11-13].

II.2.4. Dureté de l'eau (ou titre hydrométrique (TH))

La dureté de l'eau (TH) correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . C'est un paramètre qui indique la teneur en sels minéraux, notamment les ions (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}) dissous dans l'eau. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. On entend par eau dure, l'eau riche en Ca^{+2} et Mg^{+2} , tandis qu'une eau douce est celle pauvre de ces ions [14]. La dureté se mesure en mg de $CaCO_3$ par litre, elle est souvent exprimée en degrés français (°f). Selon le centre d'information sur l'eau, la classification de l'eau en fonction de sa dureté (en °f) est illustrée dans le **tableau II.3**.

Tableau II.3 : Classification de l'eau selon la dureté [15].

Dureté (°f)	Type d'eau
0-15	Très douce
15-30	Douce à moyen
30-45	Dure
> 45	Très dure

II.3. Paramètres chimiques

Parmi ces paramètres, on peut citer la minéralisation globale. La concentration totale de sels minéraux dissous dans l'eau est ce que l'on appelle la minéralisation globale. Cette mesure dépend de la géologie des terrains traversés et elle est généralement dominée par huit

ions majeurs, les cations Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ et K^+ ainsi que les anions Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^- et HCO_3^- sont les plus courants [16].

II.3.1. Cations

II.3.1.1. Le calcium (Ca^{+2})

C'est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, en particulier dans les roches calcaires. Dans l'eau, il est principalement sous forme d'ions Ca^{+2} dissous, souvent associés aux bicarbonates (HCO_3^-) et, en moindre quantité, aux sulfates (SO_4^{-2}) ou aux chlorures (Cl^-). Il constitue un composant majeur de la dureté de l'eau [9]. Les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/L, des concentrations supérieures à 500 mg/L présentent de sérieux inconvénient pour les usages domestique et industriels [17].

II.3.1.2. Le Magnésium (Mg^{+2})

La majorité des eaux naturelles contient souvent une petite quantité de magnésium, qui est un élément important contribuant à la dureté de l'eau. Il donne un goût amère à l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées [12, 18].

II.3.1.3. Le Potassium (K^+)

Le potassium est un métal alcalin très courant dans la nature, présent principalement dans les roches silicatées et certains minéraux argileux. Dans l'eau, il se trouve sous forme d'ion potassium (K^+), généralement associé à des anions tels que les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{-2}) ou les bicarbonates (HCO_3^-). Contrairement au calcium et au magnésium, le potassium ne contribue pas de manière significative à la dureté de l'eau. Sa concentration dans les eaux naturelles reste en général faible, souvent inférieure à 10 mg/L. Toutefois, des teneurs plus élevées peuvent être observées en présence de rejets industriels, d'engrais agricoles ou d'eaux usées. À fortes concentrations, le potassium peut influencer le goût de l'eau, sans toutefois présenter de risque majeur pour la santé aux niveaux habituellement rencontrés dans les eaux potables.

II.3.2. Anions

II.3.2.1. Le chlorures (Cl^-)

Ce sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), ces anions ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution. [12, 18].

II.3.2.2. Les sulfates (SO_4^{2-})

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites). La forte concentration en sulfates provoque de troubles gastro-intestinaux ; aussi elles peuvent donner un goût amer [19]. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande comme valeur limite 250 mg/L. L'union européenne (UE) indique un niveau guide de 25 mg/L et une concentration maximale admissible de 250 mg/L [20].

II.3.2.3. Nitrites (NO_2)

Les nitrites sont générés soit par une oxydation partielle de l'ammoniaque, lorsque la nitrification n'est pas complète, soit par une réduction des nitrates due à l'action de la dénitrification. La détection de nitrites dans l'eau doit être considérée comme préoccupante car elle est souvent associée à une détérioration de la qualité microbiologique [21].

II.3.2.4. Nitrates (NO_3)

Ce sont des ions naturels qui se trouvent partout dans l'environnement. Ils résultent de l'oxydation de l'azote par les micro-organismes dans les plantes, le sol ou l'eau. Les origines des nitrates dans l'eau incluent les débris végétaux et animaux, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles. Selon la réglementation algérienne (JORA, 2011) et les normes européennes (N.E, 1998), il est préconisé de ne pas dépasser une concentration de 50mg/L de nitrates dans l'eau destinée à la consommation [22].

II.4. Paramètres microbiologique

Parmi les caractères d'une eau potable, on y trouve les caractères microbiologiques ou bien bactériologiques. Les microorganismes souvent recherchés dans l'eau de consommation sont les *coliformes fécaux*, *coliformes totaux* et les *streptocoques fécaux* [23].

II.4.1. Les coliformes totaux

Sous le terme de « *coliformes* » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ces espèces correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs. Ils possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C°, ils sont sensibles au chlore [24].

II.4.2. Les coliformes fécaux

C'est un sous-groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes, comme les salmonelles. Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des *coliformes fécaux*, c'est le dénombrement des *E.coli* présumés [25].

L'*E. coli* est l'espèce la plus fréquemment associée aux *coliformes fécaux*, il représente 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés. L'OMS n'énonce que la présence d'*E. Coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente [26].

Selon l'OMS, Il est très important de rechercher et dénombrer l'*E. Coli*, vue que cette bactérie est l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale, en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20°C varie d'une semaine à un mois) [25].

II.4.3. Streptocoque fécaux

Les *streptocoques fécaux* sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale. Leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de *streptocoques fécaux* donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution [23].

II.5. Normes de l'eau potable

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine [23]. Les normes de potabilité de l'eau potables sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau II.4. Normes de potabilité (Facteur organoleptiques) [27].

Paramètres	Unités	Concentration Maximale Admissible
Odeur	Seuil de perception à 25 C	4
Saveur	Seuil de perception à 25C	4
Couleur	Mg/l échelle Pt/Co	25
Turbidité	NTU (Néophéломétrie Turbidité Unité)	5

Tableau II.5. Normes de potabilité (Facteurs physico-chimiques) [28].

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Maximales Admissible
PH	-	6.5 à 8.5	-
conductivité	Us/cm à 20°C	-	2800
Résidu sec	mg/l après séchage à 105°C	-	2000
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	100	500
Calcium	Mg/l	75	200
Magnésium	Mg/l	-	150
Nitrates	Mg/l	-	50
Nitrites	Mg/l	-	0.1
Ammonium	Mg/l	0.05	0.5
Phosphate	Mg/l	-	0.5
Oxygène dissous	Mg/l	-	-

Tableau II.6. Normes de potabilité (Substances toxiques) [27].

Paramètres	Normes (mg/l)
Arsenic	50
Cadmium	Max 5
Chrome soluble	50
Cyanures	0.05
Mercure	01
Nickel	50
Phosphore	05
Plomb	Max 50

References bibliographiques

- [1] Guidelines for drinking-water quality, 4th Ed. World Health Organization, **2017**.
- [2] M. G. Capitán, M. B. Fontserè, C. J. Jorquera. *Sensors*. 19, 1435, **2019**.
- [3] D. Hadeif, M. Hasni. *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla*. Mémoire de master, université de Khemis Miliana **2017**.
- [4] F. Proulx, M. Rodriguez, J. B. Sérodes. *Rev. Sci. Eau*. 23, 197-323, **2010**.
- [5] S. K. Zahraei, A. Salemi, T. C. Schmidt. *Trends Environ. Anal. Chem.* 32, e00149. **2021**.
- [6] A. C. Ziegler, *Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop*. **2002**.
- [7] A. Benallou. *Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie de Arib*. Mémoire de master, centre université de Khemis Miliana, **2004**.
- [8] A. Dupont. *Hydrologie-captage et traitement des eaux, Hydraulique*. Tome 1, 5^{ème} Ed. Paris, **1981**.
- [9] N. Mouaz, K. Ben tchich. *Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff*. Mémoire de master, université de Khemis Miliana, **2017**.
- [10] Degremont. *Mémento technique de l'eau*. 10^{ème} Ed. Tom 1, Degremont, **2005**.
- [11] B. Z. Kouidri. *Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-eltorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables*. Mémoire de magister, université Hassiba de Chlef, **2006**.
- [12] N. Nouayti, D. Khattach, M. Hilali. *J. Mater. Environ. Sci.* 6, 1068-1081, **2015**.
- [13] N. M. Tchadanaye, N. Nambatingar, M. D. Tchoroun. *Human Journals*. 5, 65-80, **2016**.
- [14] Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. *Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface*. **2005**.
- [15] J. Rodier, C. Bazin, J. P. Broutin, P. Chambon, H. Champsaur, L. Rodi. *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, **1996**.
- [16] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 9^{ème} Ed. Dunod, Paris, **2009**.

- [17] R. Khelili, D. Lazali. *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla)*. Mémoire de master, université d' Ain Defla, **2015**.
- [18] W. Ayad, M. Kahoul. *Journal Mater. Environ. Sci.* 7. 1288, 1297. **2016**.
- [19] N. Chouafa, G. M. Munjovo. *Analyse de la qualité de l'eau potable distribuée à Guelma*. Mémoire de master, université de Guelma, **2022**.
- [20] A. Ahonon. *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo : cas du canton de la vie*. Mémoire de master, université de Lomé, Togo, **2011**.
- [21] S. Derradji, N. Mechehoud. *Evaluation de la qualité physico- chimique et organique des eaux souterraines de la commune de hamma Bouziane approvisionnées à la consommation humaine*. Mémoire de master, université de Constantine, **2021**.
- [22] M. Kahoul M, M. Touhami. *M. larhyss journal*. 19, 129-138, **2014**.
- [23] A. H. Bentounes. *Etude de la qualité microbiologique de l'eau potable et l'eau des puits de la wilaya de Mostaganem*. Mémoire de master, université de Mostaganem, **2017**.
- [24] M. Hamed, A. Guettache, L. Bouamer. *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba*. Thèse d'Ingénieur d'état, université de Béchar, **2012**.
- [25] M. Debabza. *Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes*. Mémoire de Magister, université d'Annaba, **2005**.
- [26] World health organization. *Guidelines for drinking-water quality*. 3rd Ed. volume 1, Geneva, **2008**.
- [27] P. Hubert, M. . *Quelle eau boirons-nous demain*. Ed. Hachette. Paris, **2001**.
- [28] Agence Nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement. **1995**.

Partie II

Partie Expérimentale





Chapitre III

Matériels et Méthodes

Ce travail consiste à étudier la qualité microbiologique et physico chimique de l'eau de source naturelle de "Aïn Bouglez", notamment l'entreprise de Bouglez El Salsabil. Ce stage a été effectué dans une période de trois mois (Février - Avril 2026), au niveau du laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise de l'eau « Bouglez » située à Boutelja, wilaya d'El-Tarf El-Tarf, commune.

III.1. Présentation générale de l'entreprise

III.1.1. Localisation de l'entreprise

Salsabil Ain Bouglez est le nom de la société (SARL) privée de fabrication de l'eau minérale, de la nourriture et des jus de fruits. Bouglez est l'une des plus anciennes sociétés de distribution d'eau, créée en 2000. Elle se situe au niveau de village d'Oum Al-Agareb commune de Boutelija, wilaya d'El-Tarf. Elle est délimitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par le massif du cap Rosa, au sud, par plaine de Boutheldja et à l'ouest par la région de Mefragh.



Figure III.1 : Localisation des sources d'eau étudiées.

III.1.2. Implantation l'entreprise SARL « SALSABIL »

SARL «SALSABIL» est une entreprise agroalimentaire spécialisée dans la production d'eau de minérale, boissons gazeuses et jus de différentes sortes, créée le 25 décembre 2000, elle a obtenu l'autorisation d'exploitation n° 39\2021 en date du 29 décembre 2021. L'établissement couvre une superficie totale de 96 960 m², dont 31 449.50 m² sont construits. Cette surface couverte est consacrée aux unités de production, aux espaces de stockage ainsi qu'au centre administratif. Le capital social de la société a connu une évolution progressive au fil des années, pour atteindre actuellement un montant estimé à 265.000.000 DA.

III.1.3. Historique de l'entreprise

"Salsabil Bouglez" est aménagée dans la zone industrielle de Bouglez. Depuis les années 2000, cette grande usine de la société avait débuté son aventure commerciale avec

seulement une vingtaine de jeunes employés, à cette époque l'usine fabriquait des bouteilles de l'eau minérale naturelle d'un litre. Treize ans après, soit en 2013, les choses sérieuses avaient commencé à voir le jour à cette société, où la cadence et la capacité productive annuelle de l'eau minérale avait été augmentée. La SARL "Salsabil Bouglez" avait, également, produit et pour la première fois des bombonnes d'eau minérale de cinq litres et son effectif avait été revu à la hausse puisque, désormais cette société emploie une centaine de travailleurs. Un grand pas avait été franchi. En 2016, la société de l'eau minérale Bouglez de l'Est du pays avait allongée sa couverture du marché nationale en arrivant à livrer ses produits à travers 19 wilayas, alors qu'avant, voire depuis l'entrée en fabrication de son usine en 2000, "Salsabil Bouglez" fournissait seulement deux wilayas de l'Est du pays, El Taref et Annaba. L'augmentation de ses capacités de production, l'élargissement du champ de livraison de ses produits et le renforcement du nombre des travailleurs dans son usine de Bouglez, cette grande opération d'investissement à laquelle la Sarl "Salsabil Bouglez" avait mené entre l'année 2000 et 2016 lui a permis de voir plus grand. Ainsi, et durant l'année 2018, l'idée de passer à la production à d'autres produits avait sérieusement commencé à la SARL Bouglez.

III.1.4. Croissance et succès de l'entreprise

Salsabil Bouglez a rencontré un vif succès après plus de vingt ans d'intenses activités commerciales. Parmi les 76 prix qui ont été décernés lors du concours des meilleurs produits nationaux de l'année 2023, figure la société "Salsabil Bouglez" spécialisée dans la fabrication de l'eau minérale, jus de fruits et boissons gazeuses. L'arrivée du Coronavirus a marqué un nouveau départ pour l'entreprise Bouglez. En effet, l'apparition de la pandémie en novembre 2020 a poussé les responsables de la SARL « Salsabil Bouglez » à élargir leur gamme de produits. Cette stratégie leur a permis de consolider leur position, l'entreprise étant aujourd'hui classée première au niveau national en termes de qualité de l'eau, elle dessert le marché national et dispose de cinq unités de production modernes. Elle s'est développée dans le secteur des boissons gazeuses et des jus de fruits, capturant le marché de Mahalla et exploitant quatre unités de production de boissons gazeuses et trois unités de production de jus utilisant une technologie mondiale.

III.1.5. Objectifs de l'entreprise

L'objectif principal de l'entreprise est de valoriser la ressource en eau locale en proposant une eau de source naturelle de qualité, respectant les normes algériennes et internationales. L'activité s'articule autour de plusieurs axes, notamment le captage et le

traitement minimale de l'eau pour préserver ses qualités naturelles, les conditionnements dans des contenants adaptés et réutilisables ainsi que la distribution locale et régionale.

III.1.6. Activités de la SARL ESSALSABIL

L'activité principale de la société comprend l'exploitation d'eau de source et la mise en bouteille de l'eau de source dans des emballages de plusieurs capacités (**Figure III.2**). Les capacités des bouteilles d'emballage et leur poids de préforme sont réunis dans le **tableau III.1**.

Tableau III.1 : Différentes capacités des emballages des bouteilles de l'eau de source.

Capacité de bouteille	Poids de préforme
5 Litres	85 g
1.5 Litres	29 g
0.5 Litre	16 g



Figure III.2 : Différentes capacités des emballages des bouteilles de l'eau de source.

III.2. Description du procédé de traitement utilisé

Le plus souvent, l'eau d'origine souterraine est naturellement potable, lors de son parcours, elle se charge en sels minéraux, oligo-éléments, argile, matières organiques, produits chimiques, gaz, bactéries, polluants.... Certains sont des éléments indispensables au développement du corps humain, par contre d'autres sont des impuretés, qui doivent être éliminées. Le procédé de traitement de l'eau au sein de l'entreprise de « Salsabil Bouglez » passe par plusieurs étapes :

III.2.1. Pompage

L'eau minérale « Bouglez » est une source naturelle d'eau extraite d'un forage à une profondeur de 70 mètres, d'où l'eau est pompée à une profondeur de 36 mètres. Cette eau sera filtrée par une succession d'étapes (**Photo III.1**).



Photo III.1 : Interface de supervision du procédé de traitement (Medaci Dina 2026)

III.2. 2. Filtration

C'est une étape essentielle dans la préparation des eaux minérales embouteillées. Elle consiste principalement en une filtration à travers des dispositifs appelés « cartouches filtrantes » afin de retenir les particules présentes dans l'eau. Il s'agit d'un procédé de filtration frontale, au cours duquel l'eau traverse un milieu poreux. Seules l'eau et les particules de taille inférieure au seuil de filtration peuvent passer à travers les cartouches. Avec le temps, ces dernières s'encrassent progressivement et finissent par se colmater, ce qui rend leur remplacement nécessaire. Elles ne sont ni nettoyables ni régénérables.

III.2. 2.1. Constituions de système de filtration

Le système de filtration est composé des éléments suivants :

* Un carter de filtration

Son rôle est de contenir les cartouches et d'obliger l'eau à passer au travers le milieu de filtration.

* Un média de filtration

Le type de média utilisé (carton, fibre de verre, polyester nylon, polypropylène) dépend des conditions d'utilisation (température, produits chimiques présents).

* Des manomètres d'entrée et de sortie

Leur rôle est d'indiquer la pression, ils sont considérés comme accessoires obligatoires pour un système de filtration. En fait, le manomètre sert à contrôler le niveau d'encrassement du filtre et à veiller au bon fonctionnement du système de filtration. Il est facile de repérer en un coup d'œil un problème dans le système de filtration.

* Des accessoires de tuyauterie

Tels que les vannes d'isolation, vannes de drain et les prises d'échantillon.

III.2. 2. 2. Mise en œuvre de filtration

Après son pompage, l'eau subit une filtration en plusieurs étapes successives, en traversant des filtres de porosité de plus en plus fine. Le procédé débute par un passage à

travers des filtres à sable d'une porosité nominale de 25 μm , suivi de filtres à cartouches de 10 μm , puis de 5 μm , et enfin de 1 μm , afin d'éliminer progressivement les impuretés présentes. En dernière étape, l'eau est filtrée à travers une cartouche à très fine porosité de 0,22 μm , permettant d'assurer une élimination optimale des particules résiduelles.

III.2. 2. 3. Types de filtration

1. Filtration à sable

C'est une technique de préfiltration qui utilise un lit de sable comme milieu filtrant afin de retenir les matières solides en suspension. Elle permet d'éliminer les grosses particules en suspension (sable, boues, matières visibles) et protège les filtres situés en aval contre l'encrassement rapide. Au cours de cette filtration, l'eau traverse une couche de sable de porosité 25 μm . Les particules de grande taille sont retenues à la surface et à l'intérieur du lit filtrant.

2. Filtration à cartouche

C'est une filtration frontale où l'eau traverse un média filtrant poreux capable de retenir des particules de tailles de plus en plus fines. Cette technique assure une clarification progressive de l'eau et une élimination efficace des particules fines jusqu'à atteindre la protection microbiologique.

III.2. 2. 4. Types de filtre

Les types de filtres sont figurés dans la [photo III.2](#) et cités dans le [tableau III.2](#) avec leurs caractéristiques. Sachant que les filtres à 10 μm et 5 microns sont employés pour la filtration initiale afin de décanter les matières en suspensions. Tandis que ceux de 1 et 0,2 micron sont utilisés pour la filtration finale afin de désinfecter l'eau à analyser où ces filtres garantissent un produit de haute qualité assurant la protection microbiologique finale. En effet ce dernier permet de retenir les bactéries et d'autres microorganismes.

Tableau III.2 : Différents types de filtre et leurs caractéristiques

Type de filtre	Caractéristiques
Filtre de 10 μm	séparer les particules supérieures à 10 μm
Filtre 5 microns	Séparer et éliminer la particule supérieure à 5 μm . L'eau filtrée sera acheminé par des tubes en cuivres vers la cuve de stockage pour être stocker
Filtre de 1 micron	Séparer les particules supérieures à 1 μm
Filtre de 0.2 micron	Assurer la protection microbiologique

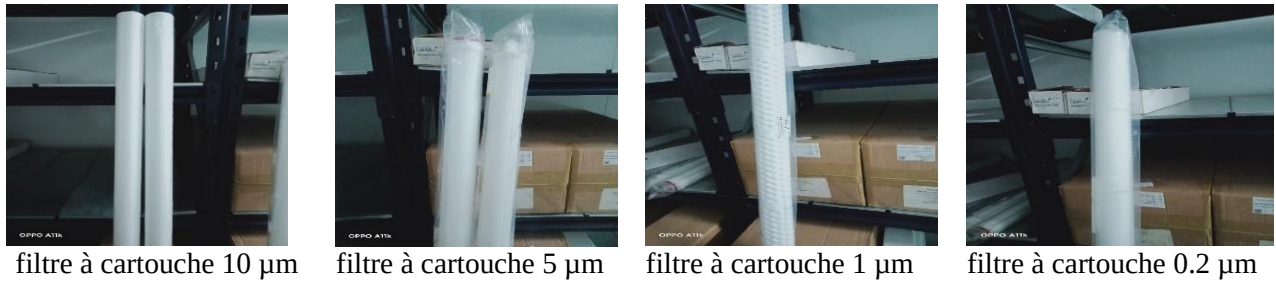


Photo III.2 : Différents types de de filtres (Medaci Dina 2026).

III.2. 3. Embouteillage

L'embouteillage, ou mise en bouteille, est une partie délicate du conditionnement des liquides. Il est déterminé par le type de boisson (pétillante ou non) et par le type de conditionnement utilisé (bouteilles PET ou en verre, canettes, Tétra Paks, etc.). Les machines sont utilisées à des fins très spécifiques.

III.2. 3.1. Les préformes

La préforme est un produit intermédiaire qui est soufflé en un contenant en polyéthylène téréphtalate (PET). Les préformes ont des goulots, des poids, des couleurs et des formes différentes.



Photo III.3 : Les préformes (matière première) (Medaci Dina 2026)

III.2. 3.2. Chauffage des préformes

Les préformes entrent dans le module de chauffage, équipé de lampes à rayons infrarouges, soutenues par les mandrins, avec le col vers le bas. Au cours de la procédure de chauffage, les préformes tournent constamment autour d'eux- mêmes, de façon à garantir une distribution optimale et symétrique de la chaleur.

III.2. 3.3. Soufflage des préformes

Après l'étape de chauffage des préformes, ces deniers entrent dans les stations d'étirage-soufflage. Cette procédure est constituée de deux phases différentes :

*** Etirage et pré-étirage**

L'Étirage et le pré-étirage se déroulent simultanément, par la descente de la barre d'étirage et l'introduction d'air comprimé à basse pression.

*** Soufflage final**

Le soufflage est effectué par air comprimé à haute pression, grâce auquel les récipients prennent leur forme définitive. Une contre-pression par air garantit la fermeture parfaite des modules, tandis que la fermeture mécanique des porte-modules permet de supporter les efforts engendrés par la procédure d'étirage-soufflage avec la fiabilité maximum.

Les stations d'étirage-soufflage sont équipées d'un système de refroidissement par liquide, permettant de garder une température constante des moules. Les bouteilles, ainsi formées et finies, sont prélevées des stations d'étirage-soufflage, au moyen d'un groupe de pinces. Elles sortent, ensuite, prêtes pour la phase de remplissage.

III.2.4. Remplissage

Le système de convoyage à air pour bouteilles PET vides utilise le flux d'air généré par un ventilateur comme force de transport. Il est équipé de conduits permettant l'acheminement des bouteilles, ainsi que d'un dispositif de stockage d'air. Ce système permet de transférer directement les bouteilles vides issues de la machine de soufflage vers la machine de remplissage ou vers l'étiqueteuse, en vue de leur remplissage ou de leur étiquetage. Il est particulièrement adapté au transport des bouteilles vides dans les industries de l'eau minérale et des boissons.

III.2.5. Bouchage

Les bouteilles d'eau minérale sont déplacées vers la machine de bouchage, qui dépose un bouchon sur chacune d'entre elles. Ce dernier est, immédiatement, vissé aussitôt le remplissage de la bouteille achevé, ce qui permet d'éliminer tout risque de contamination et de garantir l'étanchéité totale de la bouteille



Photo III.4 : Bouchage des bouteilles (Medaci Dina 2026)

III.2.6. Etiquetage

Dans de cette étape, les bouteilles sont convoyées vers l'étiqueteuse. C'est une machine automatique conçue pour appliquer un film d'étiquettes sur les bouteilles. Elle se charge donc de coller l'étiquette sur la bouteille par une colle spéciale (**Photo III.5**).



Photo III.5 : Étiqueteuse et colle spéciale (Medaci Dina 2026)

L'étiquette est déroulée à partir des bobines par un rouleau d'entraînement, puis guidée à travers des rouleaux de contrôle assurant son orientation avant d'atteindre le groupe d'étiquetage. À ce niveau, elle est découpée à l'aide d'un système de lame mobile agissant contre une contre-lame fixe. L'étiquette découpée est ensuite transférée vers un rouleau de transfert qui, grâce à une dépression (effet de vide), la maintient et l'achemine vers le rouleau d'encollage, où une fine couche de colle est appliquée sur l'un de ses bords. La bouteille entre alors en contact avec le rouleau de transfert et récupère l'étiquette par la partie encollée. En tournant sur elle-même, elle permet l'enroulement complet de l'étiquette autour de son corps, jusqu'à ce que le second bord vienne se superposer au premier, assurant ainsi une fixation correcte. Les étiquettes portent des données importantes pour le consommateur en termes de composition de l'eau produite au niveau de l'entreprise, à savoir : le calcium, magnésium, potassium, sodium, sulfates, chlorures, nitrites, résidu sec et le pH.

III.2.7. Codage et Datage

Le codage des bouteilles est assuré par une cellule photoélectrique qui déclenche automatiquement l'injection de l'encre sur la bouteille, indiquant les dates de production et d'expiration, le numéro du lot ainsi que l'heure de sa production.

III.2.8. Fardelage

La fardeleuse est une machine d'assemblage des bouteilles. Concernant les bouteilles de 1.5 L, la fardeleuse les regroupe en packs de six unités, puis les enveloppe dans un film plastique rétractable. La fardeleuse fait partie du processus d'emballage et conditionnement.

III.2.9. Palettisation

Après le premier conditionnement, les packs sont soumis à une opération de palettisation. À cet effet, les lots de bouteilles sont empilés en plusieurs couches, séparées

par des plaques de carton afin d'assurer leur stabilité. L'ensemble est ensuite enveloppé dans un film thermorétractable à l'aide d'une fardeleuse, garantissant la protection et la cohésion de la palette. Les palettes permettaient de transporter et stocker les bouteilles afin de les maintenir fermement en place et les empêcher de tomber.



Photo III.6 : Produit fini d'eau minérale « Bouglez » après Fardelage des bouteilles

III.3. Matériels et méthodes

III.3.1. Échantillonnage

III.3.1.1. Point de prélèvement

L'échantillon d'eau à analyser a été prélevé au niveau de la conduite d'arrivée d'eau alimentant l'Entreprise SARL Salsabil, avant toute étape de traitement. Ce point correspond à l'eau brute issue directement du forage de la source Ain bouglez.

III.3.1.2. Protocol expérimental

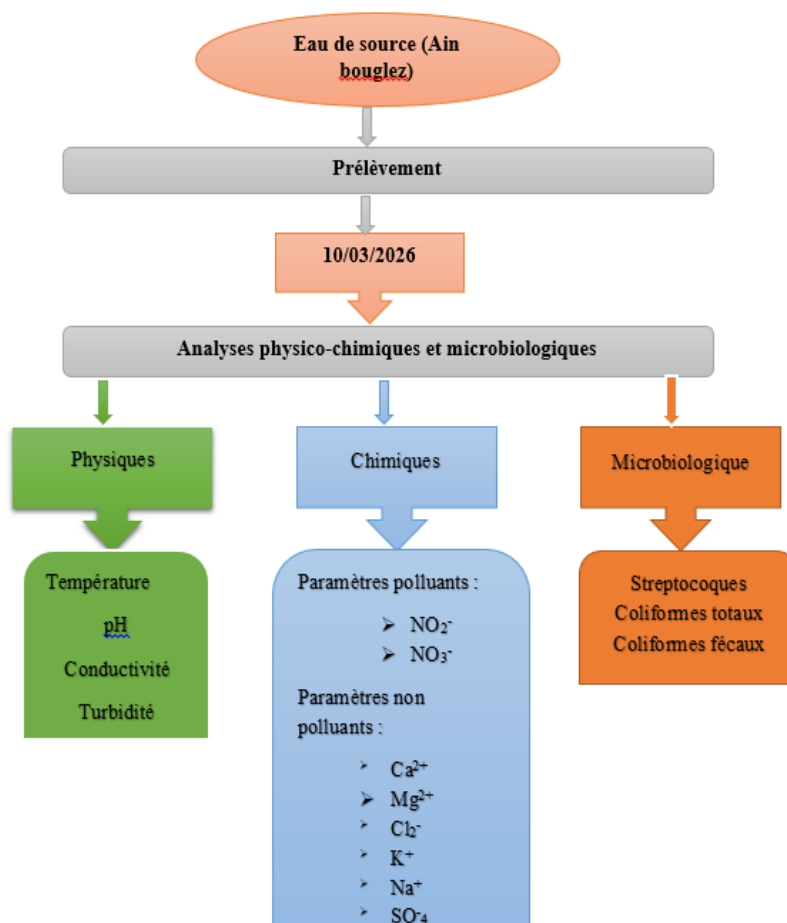


Figure III.3 : Protocol expérimental suivi.

III.3.2. Matériels employés

Le **tableau III.3** regroupe les matériels et les appareillages utilisés au cours des analyses physico chimiques effectués.

Tableau III.3 : Matériels et appareillage utilisé cours des analyses physico-chimiques.

Matériels pour échantillonnage	Appareillage	Verrerie
Bouteille en plastique	Spectrophotomètre DR 3900	Pipette
Flacons stérile en verre	PH mètre et Turbidimètre	Becher
	Conductimètre	Fiole 250 mL
	Etuve de séchage, balance électronique	

III.3.3. Méthode d'analyse

III.3.3.1. Analyse physico-chimique

III.3.3.1.1. Mesure du potentiel hydrogène (pH)

1. Principe

Consiste à la détermination du potentiel hydrogène (pH). Cette détermination s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (Calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution.

2. Mode opératoire

a) Préparation de l'appareil

Calibrer le pH-mètre à l'aide d'une solution tampons (souvent pH 4.7 et 10). Afin d'éliminer tout résidu d'échantillon précédent, rincer soigneusement sa sonde avec l'eau distillé avant de l'allumer.

b) Mesure de l'échantillon

Tout d'abord rincer la sonde avec une petite quantité d'eau à analyser (échantillon), puis jeter cette portion, ensuite immerger complètement la sonde dans l'échantillon, en s'assurant que l'électrode est bien recouverte. Attendre quelques instants jusqu'à stabilisation de la valeur puis noter la valeur du pH affiché sur l'écran. Si l'appareil est équipé d'un capteur de température, la température de l'échantillon sera également afficher.

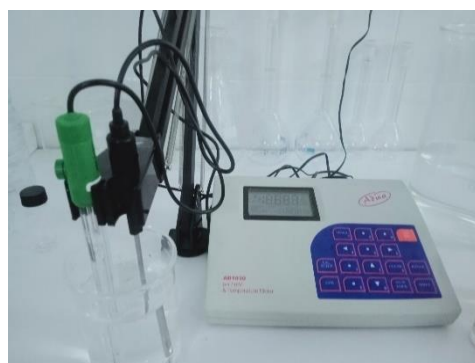


Photo III 7 : pH-mètre employé pour la mesure du pH (Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.2. Mesure de la température

La température de l'eau est mesurée au niveau de laboratoire à l'aide d'un multiélément

III.3.1.3.3. Mesure de la conductivité

1. Principe

Ce paramètre est défini par la mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, la température et la viscosité de la solution. Son unité est le siemens par mètre (S/m) mais elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

2. Mode opératoire

a) Préparation de l'appareil

Vérifier la calibration du conductimètre à l'aide d'une solution étalon de conductivité connue. Afin d'éviter toute contamination croisée, nettoyer soigneusement sa sonde avec de l'eau distillé avant de l'allumer.

b) Mesure de l'échantillon

Tout d'abord rincer la sonde avec une petite quantité de l'échantillon, puis jeter cette portion, ensuite remplir le bécher par une quantité suffisante d'échantillon, puis immerger l'électrode du multiélément, ce dernier va être trotté dans le bécher a fin d'éliminé les bulles d'air. Attendre quelques instants jusqu'à stabilisation de la valeur puis noter la valeur de la conductivité affiché sur l'écran, généralement exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$

c) Lecture et enregistrement



Photo III 8 : Conductimètre employé pour la mesure de la conductivité

(Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.4. Mesure de la turbidité

a. Principe

La turbidité d'une eau due aux matières non dissoutes (argile, algue, grain de silice ect. Les résultats doivent être exprimés en Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

b. Mode opératoire

1. Etalonnage de l'appareil

Avant chaque mesure l'appareil a été étalonné à l'aide d'une solution étalon de Formazine à 400 NTU (**Photo III.9**). L'opération a été effectuée selon les étapes suivantes :

- * **Agitation** : La solution étalon a été agitée manuellement avant utilisation.
- * **Remplissage** : Une cuve propre et sèche a été remplie par la solution étalon jusqu'au trait de jauge.
- * **Etalonnage** : La cuve a été placée dans l'appareil afin de réaliser l'étalonnage, utilisant les touches de réglage (**Zero, Adjust, Correction**) jusqu'à l'affichage de la valeur 400 NTU.
- * **Vérification** : La stabilité de la valeur affichée a été contrôlée avant de passer aux mesures des échantillons.

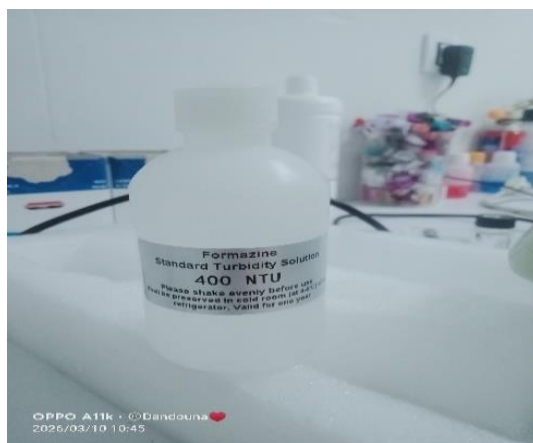


Photo III.9 : Solution étalon (Formazine) à 400 NTU (Medaci Dina 2026).

2. Mesure de la turbidité d'échantillon

Remplir la cuvette de mesure avec l'échantillon à analyser, bien homogénéiser, puis effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure. La lecture s'effectue directement par un turbidimètre.



Photo III. 10 : Turbidimètre employé pour la mesure de la turbidité (Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.5. Mesure de la dureté (TH)

a) Principe

La dureté de l'eau, ou titre hydrométrique (TH), correspond à la concentration totale en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Son dosage a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à l'aide du kit LCK 327 et de la spectrophotométrie DR 3900 (HACH). Le principe repose sur une réaction de complexation colorimétrique entre ces ions et un indicateur métallochromique. L'absorbance de la coloration formée, mesurée à 572 nm, est proportionnelle à leur concentration, conformément à la loi de Beer-Lambert.

b) Mode opératoire

- 1) **Préparation de la cuvette " A " :** à l'aide d'une pipette automatique, 4.0 mL de l'échantillon d'eau à analyser ont été introduits dans la cuvette "A" du Kit LCK 327. La cuvette a ensuite été fermée et agitée pour homogénéisation.
- 2) **Préparation de la cuvette " B " :** Dans la cuvette " B ", 0.2 mL du même échantillon ont été prélevés. Une micro-pastille contenant les réactifs nécessaires à la complexation du magnésium a été ajoutée. Après agitation jusqu'à dissolution complète, un temps de réaction de 30 seconde a été respecté.
- 3) **Mesure par spectrophotomètre**

Afin de réaliser cette mesure nettoyer soigneusement l'extérieur des cuvettes avec un papier optique, ensuite placer la cuvette "A" dans le spectrophotomètre DR 3900 afin d'effectuer le blanc (zéro de l'appareil) en appuyant sur la touche "zéro", puis remplacer la cuvette "A" par la cuvette "B". Par la suite, lancée la mesure en appuyant sur la touche "mesure". Les concentrations en calcium, magnésium et la dureté totale seront affichées directement sur l'écran de l'appareil.



Photo III. 11 : Etapes d'analyse de la dureté (Medaci Dina 2026).



Photo III.12 : Spectrophotomètre d'analyse de la dureté (Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.6. Mesure du Potassium (K^+)

a) Principe

Le potassium est l'un des électrolytes de l'organisme, qui portent une charge électrique, une fois dissous dans les liquides corporels, tels que le sang. Le potassium est nécessaire au fonctionnement correct des cellules, des muscles et des nerfs.

b) Mode opératoire

Lors de cette analyse, les réactifs spécifiques au dosage du potassium utilisés proviennent du kit LCK 228. Dans une cuvette, introduire 1,0 mL de la solution A (réactif spécifique fourni avec le kit de dosage du potassium) (**Photo III.13**), puis ajouter 1,0 mL de l'échantillon d'eau minérale ainsi qu'une mesure du réactif en poudre B. Fermer ensuite la cuvette et agiter jusqu'à dissolution complète du réactif. Après un temps de réaction de 5 minutes, agiter de nouveau puis essuyer soigneusement la cuvette avant de l'introduire dans le spectrophotomètre DR 3900. Le résultat est ensuite lu directement sur l'écran de l'appareil



Photo III.13 : Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de potassium (Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.7. Mesure des Nitrates (NO_3^-)

La limite réglementaire de présence de nitrates dans l'eau est de 50 mg/L. certain eau minérales garantissent une teneur nulle en nitrates.

* Mode opératoire

Lors de cette mesure, des réactifs spécifiques au dosage des nitrates (LCK 340) sont utilisés. Tout d'abord, ajouter lentement 0.2 mL de l'échantillon dans le flacon de réactifs (bouchon rouge, voir **photo III.14**). Ensuite, ajouter lentement 1.0 mL du réactif contenu

dans le flacon marqué « A » (bouchon jaune, voir **photo III.14**). Fermer le flacon, puis homogénéiser le mélange par 2 à 3 agitations douces. Laisser réagir pendant 15 minutes.



Photo III.14 : Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Nitrates (Medaci Dina 2026).

III.3.3.1.8. Mesure des Nitrites (NO_2^-)

Retirer le capuchon DosiCap Zip du tube à réactif, puis introduire 2.0 mL de l'échantillon dans le tube. Fermer le tube avec le DosiCap Zip et agiter doucement de haut en bas 2 à 3 fois avant de laisser réagir la solution pendant 10 minutes. Afin d'effectuer la lecture de l'absorbance, placer le tube dans le spectrophotomètre.

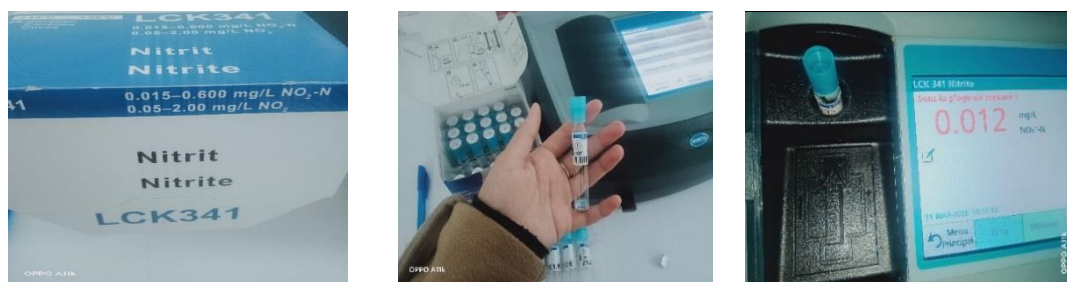


Photo III.15 : Spectrophotomètre d'analyse de Nitrite (Medaci Dina 2026)

III.3.3.1.9. Mesure de Chlorures (Cl^-)

Le chlore est indispensable à l'équilibre hydrique de l'organisme et il présente naturellement à faible dose dans les eaux minérales. Au cours de cette analyse des réactifs spécifiques au dosage des chlorures (LCK 311) ont été utilisés. Dans un tube contenant le réactif spécifique chlorures, ajoutez 1.0 mL d'échantillon, secouer le tube, pendant 3 minutes puis mettre le tube dans son compartiment dans l'appareil (DR 3900). Le résultat est lu, directement après son affichage sur l'écran de l'appareil.



Photo III.16 : Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Chlorures (Medaci Dina 2026)

III.3.3.1.10. Mesure de Sulfates (SO_4^{2-})

Le soufre est un élément non métallique qui est largement utilisé dans l'industrie. Lorsqu'il est combiné avec de l'oxygène, il forme l'ion de sulfate (SO_4^{2-}). Au cours de cette analyse, les réactifs spécifiques au dosage des sulfates (LCK 153) ont été employés.

Tout d'abord remplir la cuve carrée avec 1 mL de l'échantillon (le volume peut être ajusté jusqu'au repère de 10 mL si nécessaire), ensuite transférer le contenu d'une pochette du réactif sulfaté, dans cette cuve et agiter pour homogénéiser. Appuyer sur l'icône de la minuterie, puis sur « OK », et laisser le mélange réagir pendant 5 minutes sans agitation de la cuve. Passant à la préparation du blanc, en remplissant une autre cuve carrée avec 1 mL de l'échantillon (le volume peut être ajusté jusqu'au repère de 10 mL si nécessaire). Lorsque la minuterie sonne, essuyer la cuve puis l'introduire dans le compartiment approprié (d'abord le blanc, puis l'échantillon). Le résultat s'affiche alors sur l'écran.



Photo III.17 : Spectrophotomètre et réactifs spécifiques de dosage de Sulfate (Medaci Dina 2026)

III.3.3.2. Analyse microbiologique

Au cours de cette analyse nous nous sommes intéressés à la recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT) et coliforme fécaux (CF) qui ont été réalisés sur milieu solide (gélose VRBL).

À partir des dilutions décimales comprises entre 10^{-3} et 10^{-1} , prélever aseptiquement 1 mL de chaque dilution et l'introduire dans deux boîtes de Pétri stériles, préalablement préparées et numérotées conformément au **schéma III. 1**. Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de la gélose VRBL, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, faire ensuite des mouvements circulaires en forme de « 8 » afin d'assurer une bonne homogénéisation de l'inoculum avec la gélose utilisée.

* Incubation

Une série de boîtes sera incubée à 37°C pendant 24 à 48 heures pour la recherche des coliformes totaux, tandis que l'autre série sera incubée à 44°C pendant 24 à 48 heures afin de détecter les coliformes fécaux.

* Dénombrement

Le dénombrement consiste à compter l'ensemble des colonies développées sur les boîtes en tenant compte des facteurs de dilution. Seules les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies doivent être prises en considération. Le nombre de colonies obtenu est ensuite multiplié par l'inverse de la dilution correspondante, puis une moyenne arithmétique est calculée entre les différentes dilutions retenues. Il convient également de noter qu'il est impossible d'obtenir un nombre de coliformes fécaux supérieur à celui des coliformes totaux. Que ce soit à 37 °C ou à 44 °C, les premières lectures sont réalisées après 24 heures d'incubation et consistent à identifier les petites colonies rouges ayant proliféré en masse et présentant une fluorescence. Cette observation nécessite une lecture en chambre noire sous lampe UV. Les colonies non fluorescentes ne correspondent ni aux coliformes totaux ni aux coliformes fécaux.

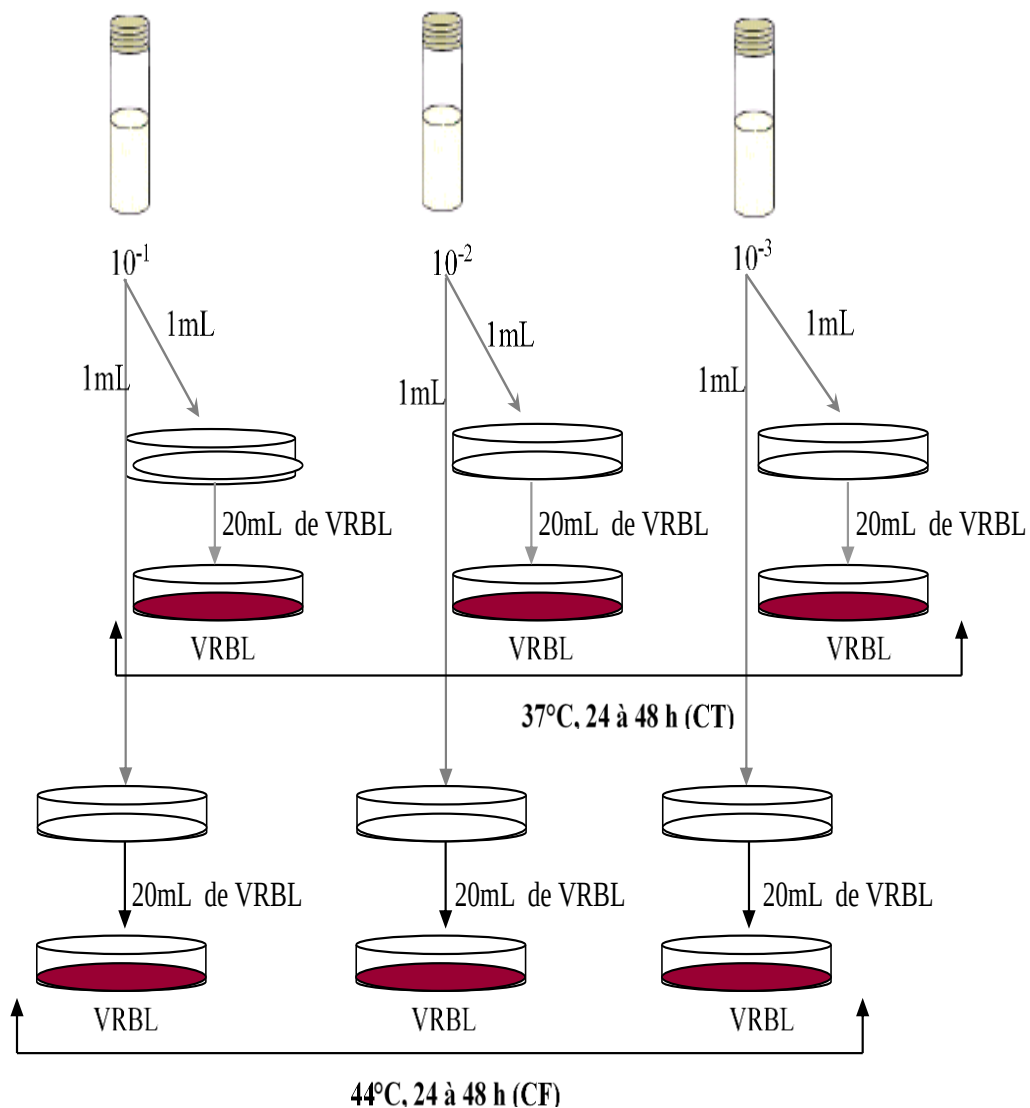


Schéma III.1 : Recherche et dénombrement de coliformes totaux et fécaux en milieu solide

Laisser solidifier sur la paillasse, puis ajouter un double couche (5 mL) de la même gélose ; cette double couche a un rôle protecteur contre les diverses contaminations. Ensuite dénombrer les colonies fluorescentes ayant poussé en masse.

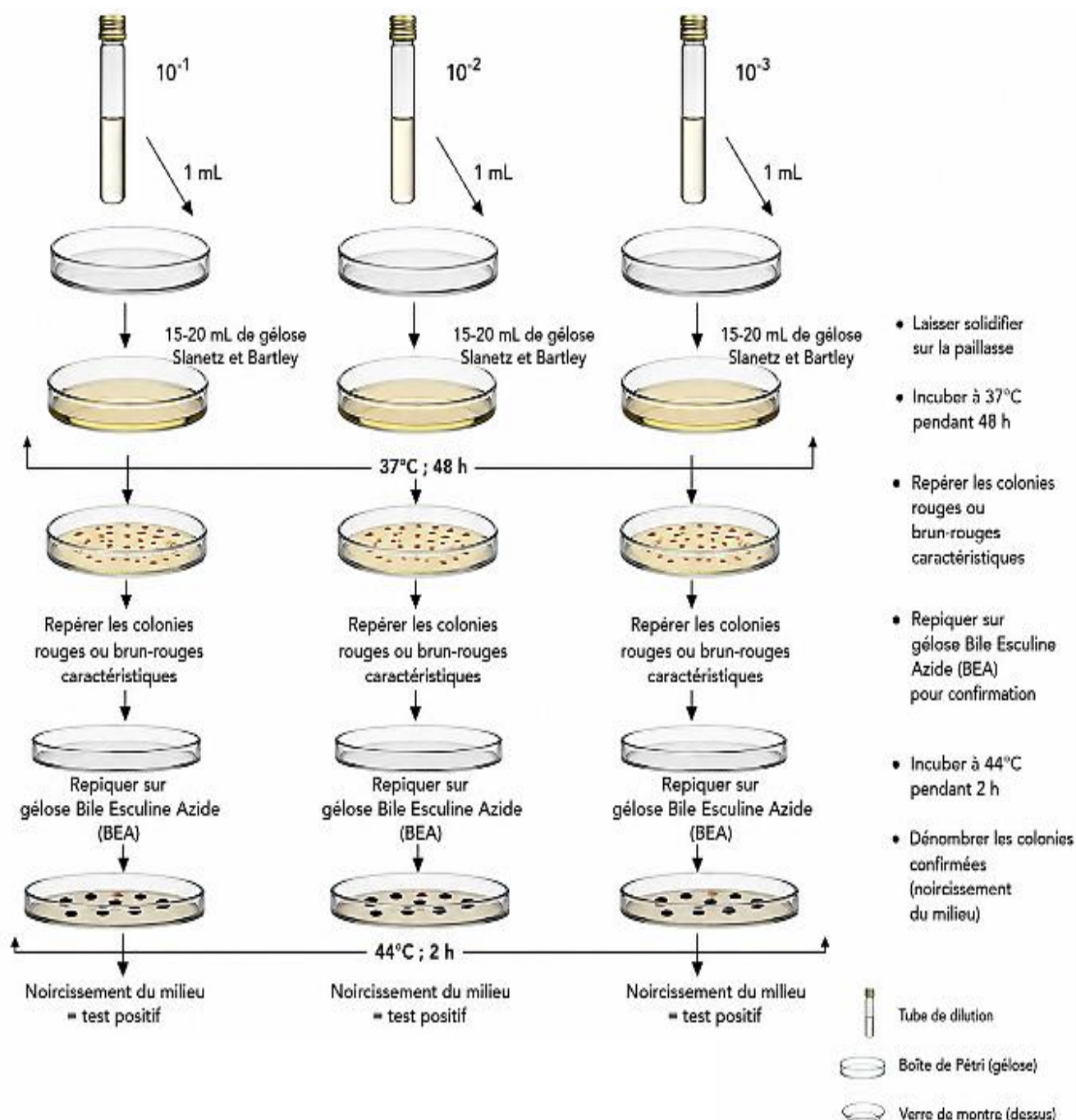
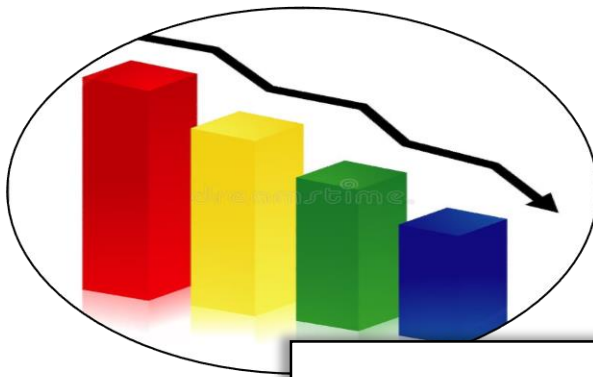


Schéma III.2 : Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux (SF) en milieu solide.



Chapitre IV

Résultats et Discussions

L'analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau constitue une étape essentielle pour évaluer sa qualité. Dans ce chapitre, les principaux résultats obtenus sont interprétés et comparés aux normes en vigueur. Ces résultats portent sur l'eau de source « Bouglez », représentant le produit fini, ainsi que l'eau de forage.

IV.1. Résultats des analyses organoleptiques

IV.1.1. Odeur

L'eau analysée ne présente aucune odeur perceptible, ce qui suggère l'absence des substances chimiques volatiles ou indésirables.²

IV.1.2. Couleur

L'eau prélevée à la source présente une limpidité totale. Cette transparence indique l'absence des ions métalliques tels que le fer ferreux (Fe^{2+}) et le fer ferrique (Fe^{3+}), ainsi que tout colloïde pouvant altérer la teinte naturelle de l'eau.

IV.1.3. Gout

Toutes les eaux minérales naturelles possèdent un goût spécifique, lié à leur composition minérale. Celle-ci dépend de la nature géologique de la région d'origine de l'eau ainsi que du trajet souterrain qu'elle emprunte. L'équilibre des minéraux ainsi que leurs concentrations respectives confèrent à l'eau minérale une saveur et une identité propres à son terroir.

L'appréciation du gout de l'eau minérale se fait par des dégustateurs en eau et des panelistes, afin de garantir sa qualité. Concernant la perception gustative de l'eau « Bouglez », celle-ci ne présente aucun caractère gustatif particulier. Le **tableau IV.1** présente les résultats d'analyses.

Tableau IV. 1 : Résultats d'analyses organoleptiques.

Propriété	Résultats (mg/ L)
Couleur	Transparent
Odeur	ABS
Gout	ABS

IV.2. Résultats des analyses physico-chimiques

Ces résultats ont été réalisés au niveau de l'entreprise SARL « SALSABIL » Bouglez au cours de trois mois d'étude, puis ils sont regroupés dans le **tableau IV.2**. Afin d'interpréter les résultats obtenus, ces derniers ont été exprimés sous forme d'histogrammes.

Tableau IV. 2 : Résultats des analyses physico-chimiques d'eau de forage (E.F) et produit fini (P.F)

Mois	Paramètre	Unité	Norme JORA	Méthodes d'analyses	Résultat	
					E.F	P.F
	pH	/	6.5-9	HQ40	6.87	6.87
Février	Conductivité	μS/cm	< 2800	HQ40	158.1	172.3
	Turbidité	NTU	< 2	HQ2100, HACH	0.37	0.29
	TH	Mg/L	< 500	NF T90-003	10	15
	Calcium	Mg/L	75 à 200	DR3900	4.6	4.6
	Nitrate	Mg/L	< 50	DR3900	5.34	8.74
	Nitrite	Mg/L	< 0.2	DR3900	0.00	0.04
	Chlorures	Mg/L	< 500	DR3900	24.3	29.1
	Magnésium	Mg/L	< 150	DR3900	4.5	3.73
	Sulfate	Mg/L	< 400	DR3900	5.21	9.4
	Potassium	Mg/L	< 20	DR3900	1	1
Mars	pH	pH	6.5 - 9	HQ40	6.89	6.88
	Conductivité	μS/cm	< 2800	HQ40	157.4	173.2
	Turbidité	NTU	< 2	HQ2100, HACH	0.33	0.31
	TH	Mg/L	< 500	NF T90-003	10	15
	Calcium	Mg/L	75 à 200	DR3900	4.7	4.5
	Nitrate	Mg/L	< 50	DR3900	5.61	8.26
	Nitrite	Mg/L	< 0.2	DR3900	0.00	0.03
	Chlorures	Mg/L	< 500	DR3900	24.8	28.6
	Magnésium	Mg/L	< 150	DR3900	4.4	3.69
	Sulfate	Mg/L	< 400	DR3900	5.28	9.4
	Potassium	Mg/L	< 20	DR3900	01	01
Avril	pH	pH	6.5 - 9	HQ40	6.88	6.88
	Conductivité	μS/cm	< 2800	HQ40	172.9	172.9
	Turbidité	NTU	< 2	HQ2100, HACH	0.36	0.36
	TH	Mg/L	< 500	NF T90-003	15	15
	Calcium	Mg/L	75 à 200	DR3900	4.1	4.1
	Nitrate	Mg/L	< 50	DR3900	8.71	8.71
	Nitrite	Mg/L	< 0.2	DR3900	0.03	0.03
	Chlorures	Mg/L	< 500	DR3900	29.3	29.3
	Magnésium	Mg/L	< 150	DR3900	3.71	3.71
	Sulfate	Mg/L	< 400	DR3900	9.6	9.6
	Potassium	Mg/L	< 20	DR3900	01	01

IV.2.1. Variation du pH

La **figure IV.1** représente les résultats du pH de l'eau de source « Bouglez » et l'eau de forage en fonction des mois d'étude.

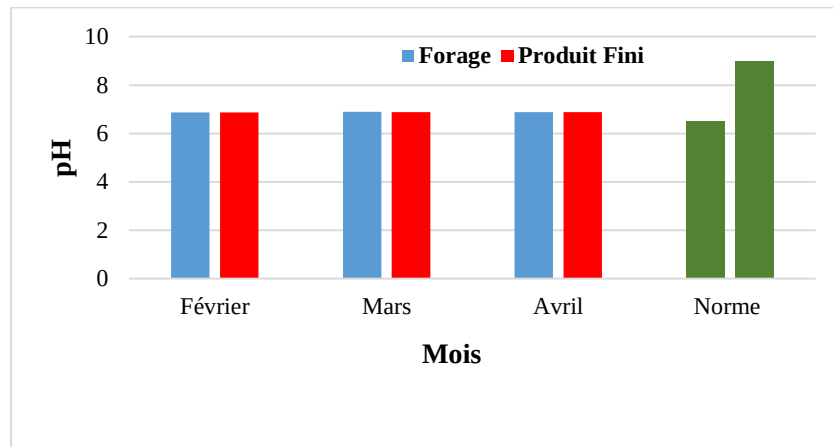


Figure IV.1 : Histogramme comparatif des résultats obtenus de pH de l'eau de forage et du produit fini.

D'après cette figure, les valeurs du pH obtenues lors des analyses du produit fini et de l'eau de forage, sont en général stables. Elles varient entre 6.87 et 6.89 de là on peut constater que ces valeurs sont conformes à la norme (JORA) où les valeurs du pH varient entre 6.5 et 9. Cette stabilité témoigne d'une bonne protection de la ressource souterraine contre les infiltrations d'eaux de surface ainsi que contre les variations saisonnières. Un pH neutre est idéal pour l'eau de boisson, car il n'est ni corrosif pour les canalisations, comme un pH acide, ni à l'origine d'un goût désagréable, comme un pH basique.

IV.2.2. La conductivité

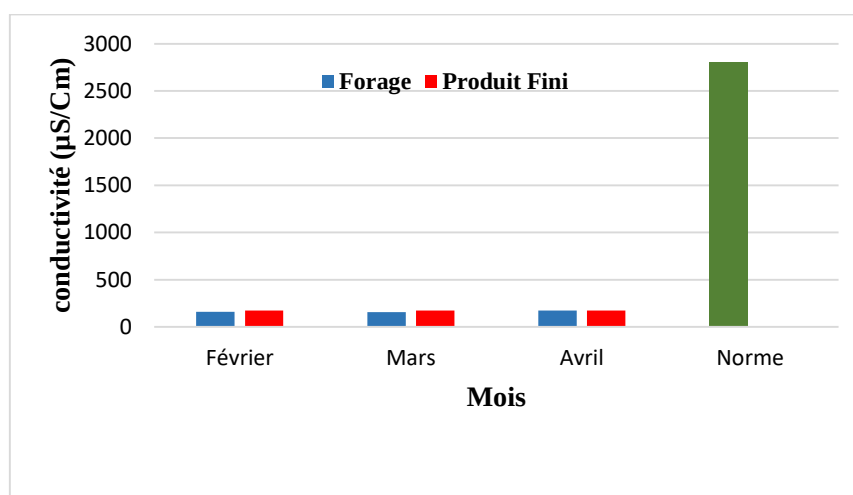


Figure IV.2 : Histogramme comparatif des résultats de la conductivité de l'eau forage et produit fini.

La **figure IV.2** présente les résultats de la conductivité obtenus pour l'eau de forage, et le produit fini, nous remarquons que les valeurs de la conductivité varient légèrement entre 157.4 et 173.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ces valeurs sont conformes à la norme Algérienne (JORA) qui est inférieure à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.2.3. La Turbidité

La **figure IV.3** illustre les résultats de la teneur en turbidité dans l'eau de source Bouglez et l'eau de forage.

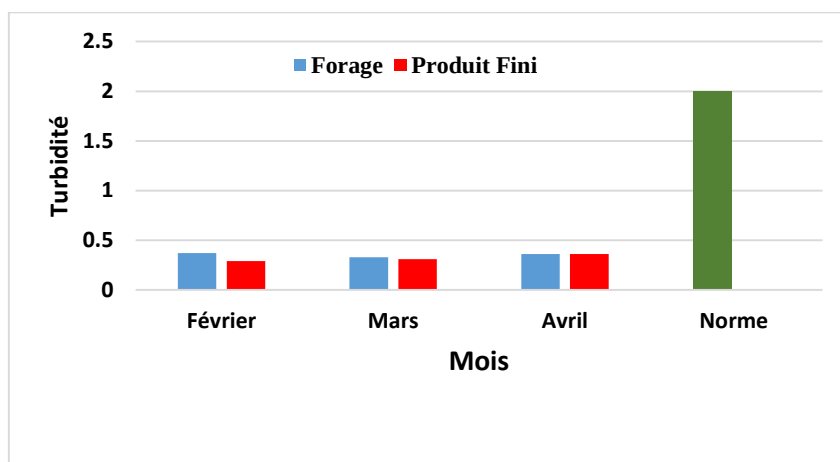


Figure IV.3 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en turbidité de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.

A partir de la **figure IV.3** on peut observer une légère diminution entre la valeur de la turbidité de l'eau de forage (moyenne 0.37) et celle du produit fini (moyenne 0.35 NTU), les valeurs obtenues sont conformes à la norme. Cette différence, bien que faible, est attribuable à l'efficacité du système de filtration multi-étages (de 25 μm à 0.22 μm) décrit dans le chapitre III. Les filtres successifs retiennent les particules en suspension, garantissant une eau d'une clarté parfaite. Une faible turbidité est essentielle car elle réduit les risques de développement microbien et améliore l'acceptabilité par le consommateur.

IV.2.4. La dureté (TH)

La **figure IV.4** met en évidence les résultats obtenus de la dureté totale et la norme pour l'eau minérale naturelle « Bouglez » et l'eau de forage. Cette figure confirme que les valeurs de la dureté totale (TH) varient entre 10 et 15 mg/L. Sachant que : $1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg} / \text{L}$ de CaCa_3 , ces valeurs correspondent à une dureté comprise entre 1 et 1.50 degré français ($^\circ\text{F}$), ce qui indique que les résultats restent largement inférieurs à la norme algérienne fixée à 500 mg/L, révélant que cette eau est moyennement dure et parfaitement conforme aux normes de potabilité.

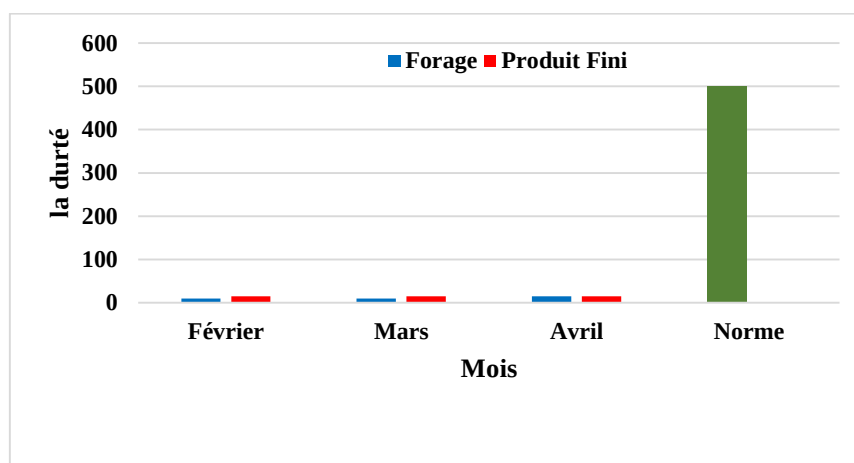


Figure IV.4 : Histogramme comparatif des résultats de la dureté totale du produit fini et d'eau de forage.

IV.2.5. Taux de Calcium

La **figure IV.5** représente les résultats de la teneur en Calcium dans l'eau de source Bouglez et l'eau de forage et la norme.

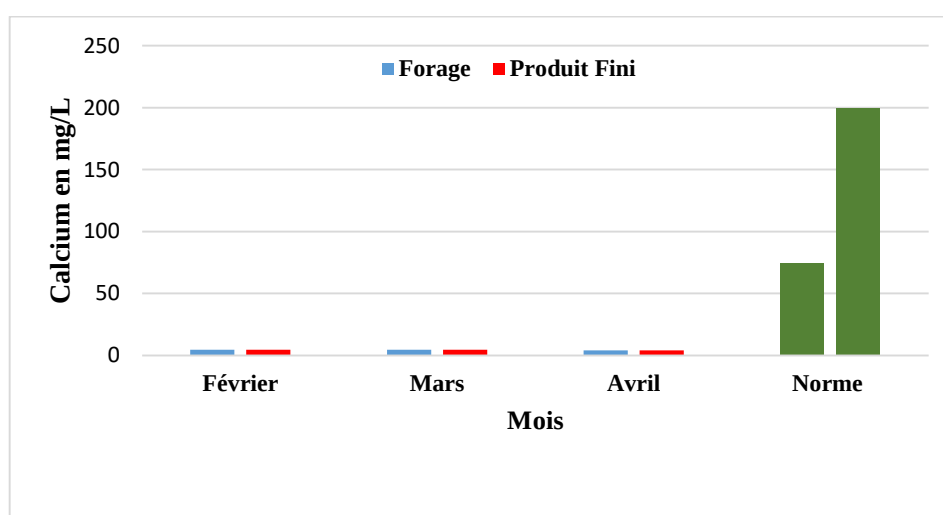


Figure IV.5 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en Calcium de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.

Selon la **figure IV.5** montre que les teneurs en Calcium mesurées varient entre 4.1 à 4.7 mg/L, ces valeurs sont faibles et montrent que cette eau n'appartient pas à la catégorie des eaux riches en Calcium (75 à 200mg/L). Toutefois, ces teneurs restent parfaitement conformes aux normes de potabilité et confèrent à l'eau une minéralisation légère.

IV.2.6. Taux de Magnésium

La **figure IV.6** illustre le taux de Magnésium observé dans l'eau de forage et le produit fini de l'eau de source « Bouglez ».

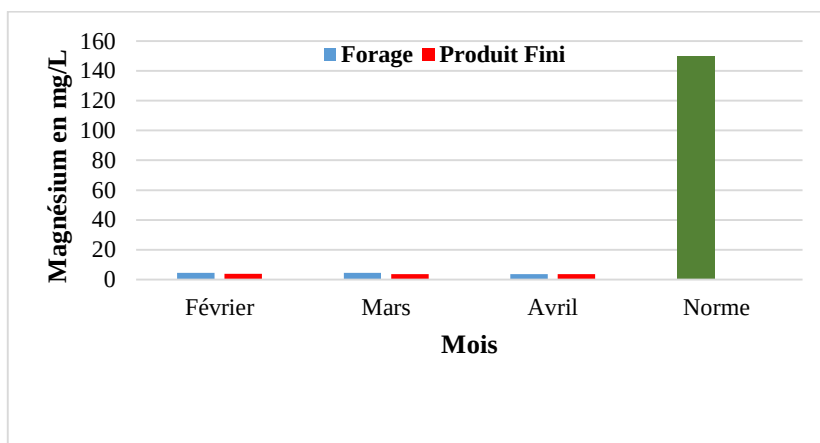


Figure IV.6 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en Magnésium de l'eau de forage et du produit fini et la norme.

La **figure IV.6** indique que les teneurs en Magnésium du produit fini et d'eau de forage au cours des mois d'étude varient dans l'intervalle [3.69-4.6 mg/L], ces valeurs sont conformes à la norme qui doit être < 150 mg/L.

IV.2.7. Dosage des Nitrates et Nitrites

Le taux de présence des composés azotés dans l'eau de forage et l'eau minérale de « Bouglez » est illustré dans les **figures IV.7** et **IV.8**. À partir de la **figure IV.7**, représentant la variation des Nitrates dans l'eau de forage et le produit fini, on constate que les teneurs en Nitrates varient entre 5.34 et 8.74 mg/L, ce qui indique que ces résultats sont conformes à la norme fixée à 50 mg/L. Par ailleurs, la **figure IV.8**, illustre la variation des Nitrites dans l'eau de forage et le produit fini, elle montre que les valeurs obtenues varient entre 0.00 et 0.04 mg/L, indiquant leur conformité à la norme fixée à < 0.2 mg/L. Ces faibles teneurs constituent un excellent indicateur de la qualité de l'eau, suggérant le non contamination de l'eau de forage par les engrais agricoles, effluents d'élevage ou les rejets domestiques.

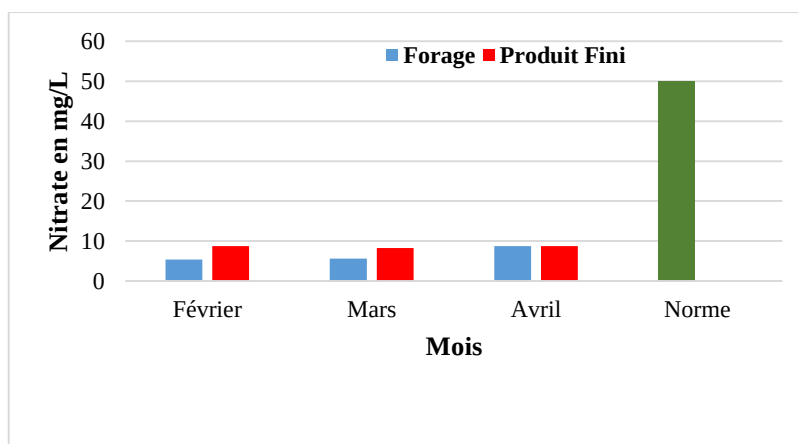


Figure IV.7 : Histogramme des résultats des teneurs Nitrate de l'eau de forage et du produit fini.

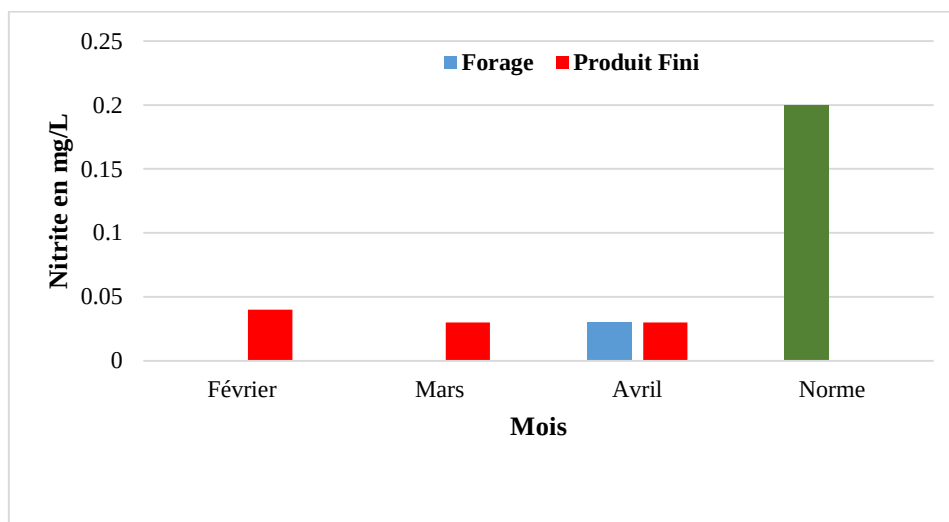


Figure IV.8 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs Nitrite du produit fini et d'eau de forage.

IV.2.8. Taux de Chlorures

La **figure IV.9** représente les résultats de la concentration en Chlorure dans l'eau de forage et le produit fini de l'eau source Bouglez.

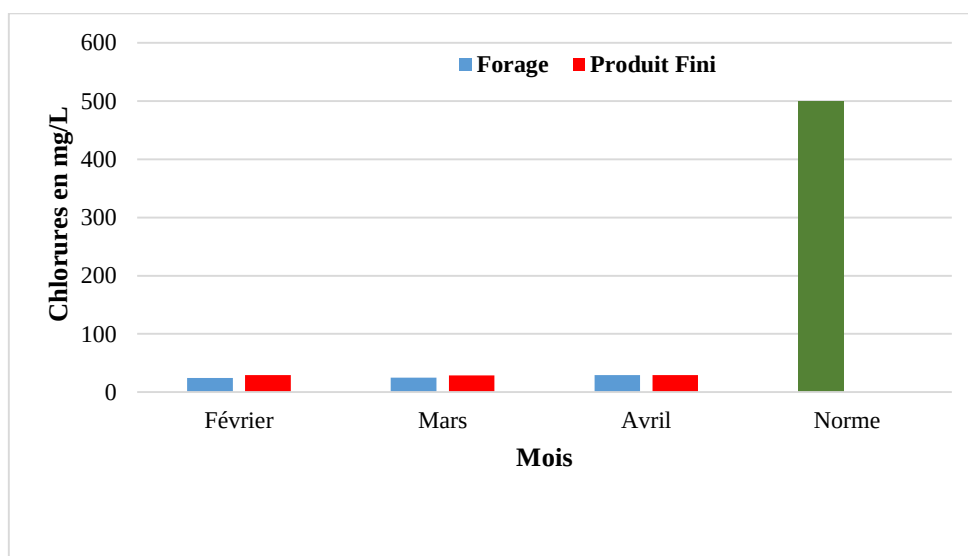


Figure IV.9 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en Chlorure de l'eau de forage et le produit fini et la norme.

Cette figure confirme les teneurs en Chlorure observées pour l'eau de forage et le produit fini qui sont respectivement 24.3 et 29.3 mg/L. Nous constatons que ces teneurs sont légèrement faibles par rapport à la norme algérienne qui est fixée à 500mg/L.

IV.2.9. Taux de Sulfate

Les résultats de la concentration en Sulfate dans l'eau de forage et le produit fini de l'eau source « Bouglez » ainsi que sa norme sont représentés dans la **figure IV.10**.

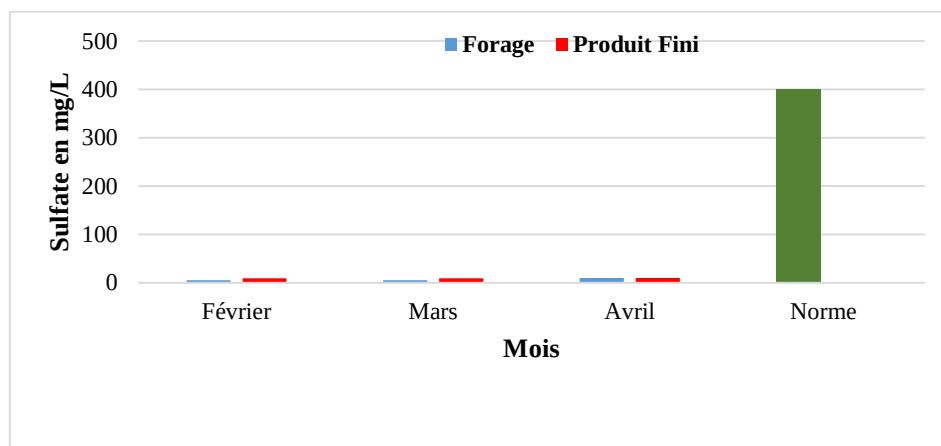


Figure IV.10 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en Sulfate de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.

Les teneurs en Sulfate dans l'eau de forage et du produit fini varient entre 5.21 et 6.9 mg/L (**Figure IV.10**), ces résultats indiquent que l'eau de forage et produit fini sont pauvres en Sulfates où ces valeurs sont très inférieures à la norme en vigueur (400 mg/L), confirmant que ces concentrations n'ont aucun effet sur le gout (le seuil de perception du gout amer des Sulfates se situe autour de 250-500 mg/L).

IV.2.10. Taux de Potassium

La **figure IV.11** illustre les résultats de la concentration en Potassium au sein de l'eau de forage et le produit fini de la source « Bouglez » ainsi que la norme de cette concentration.

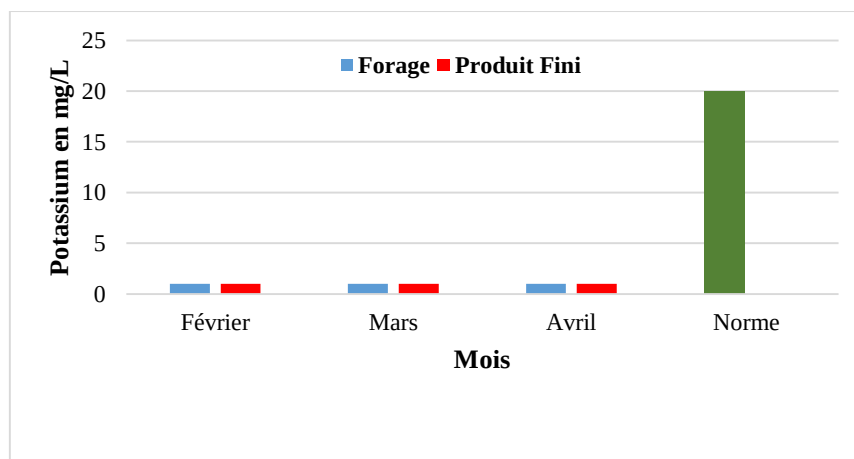


Figure IV.11 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en Potassium de l'eau de forage et du produit fini et sa norme.

D'après cette figure les valeurs du Potassium de l'eau minérale de source « Bouglez » sont stables au cours des mois d'étude (1 mg/L). Ainsi que sont conformes à la norme algérienne < 20 mg/L. Le Potassium est un élément nécessaire à l'organisme, mais sa faible

présence dans cette eau est sans conséquence pour la santé étant donné que l'alimentation quotidienne fournissait l'essentiel des besoins.

IV.2.11. Comparaison générale entre l'eau (E.F) et le (P.F) de la source Bouglez

Cette comparaison met en évidence une observation importante, à savoir que les valeurs obtenues pour l'eau de forage et le produit fini sont quasi identiques pour l'ensemble des paramètres chimiques analysés. Cette similitude montre que le système de filtration multi-étages utilisé par « Bouglez » (de 25 μm à 0.22 μm) repose sur un procédé purement physique. Ce système assure une rétention efficace des particules, ce qui explique la légère diminution de la turbidité, ainsi que des microorganismes, sans modifier la composition chimique de l'eau. Ainsi, la minéralisation naturelle de la source est entièrement conservée dans le produit final, conformément aux exigences réglementaires applicables aux eaux de source, contrairement aux eaux de robinet pouvant subir des traitements chimiques.

IV.3. Résultats d'analyses microbiologiques

Les résultats de dénombrements des coliformes fécaux (CF) et totaux (CT) ainsi que streptocoques fécaux (SF) des échantillons de l'eau de forage et du produit de fini de l'eau de source « Bouglez » sont listés dans le [tableau IV.3](#).

Tableau IV.3 : Résultats d'analyse microbiologique (CF), (CT) et (SF) des échantillons d'eau forage et produit fini

Mois	Paramètre	Unité	Résultat	
			E.F	P.F
Février	CF (44°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	CT (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	SF (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
Mars	CF (44°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	CT (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	SF (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
Avril	CF (44°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	CT (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC
	SF (37°C)	0 UFC / 250 ML	0 UFC	0 UFC

L'ensemble des analyses microbiologiques réalisées au cours de trois mois d'étude montre l'absence totale des germes recherchés (0 UFC /250 mL), notamment les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*E. coli*) et les streptocoques fécaux.

IV.3.1. Qualité de la ressource

L'eau de forage (70 m de profondeur) est naturellement protégée des contaminations de surface. L'absence de coliformes et streptocoques fécaux indique qu'il n'y a aucune pollution fécale récente ou ancienne de la nappe. Comme le rappelle l'OMS, la présence d'*E. coli* est la preuve incontestable d'une contamination fécale ; son absence est donc le meilleur indicateur de salubrité.

IV.3.2. Efficacité du traitement

Le produit fini étant également stérile (0 UFC), le système de filtration terminale (cartouche à 0.22 μm) remplit parfaitement son rôle d'élimination des microorganismes. La chaîne d'embouteillage (nettoyage des bouteilles, bouchage automatique, hygiène des locaux) est maîtrisée et ne réintroduit pas de contamination.

IV.3.3. Conformité réglementaire

Selon le décret exécutif algérien n° 11- 125, une eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir aucun coliforme fécal ou *E. coli* dans 250 mL. L'eau « Bouglez » respecte donc parfaitement cette exigence. En conclusion l'eau de source « Ain bouglez » est exempte de tout germe pathogène ou indicateur de contamination fécale. Elle présente une excellente qualité microbiologique, aussi bien au niveau de l'eau de forage qu'après le conditionnement (Produit fini).

Notre travail consiste à une contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de produit fini et sa comparaison avec l'eau de forage. Au terme de notre étude portant sur les différentes analyses réalisées au sein du laboratoire de « SARL EL SALSABIL », nous avons pu contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de forage ainsi que de l'eau embouteillée de la source « Bouglez ».

Les différents résultats physico-chimiques obtenus tels que le pH, la conductivité, la dureté total, les taux de Chlorures, Potassium, Magnésium, Nitrates, Nitrites, Calcium et Sulfates nous a conduits à constater que l'eau de forage et le produit fini étudiées présentent une bonne qualité physico-chimiques en raison leurs valeurs qui sont conformes aux normes algériennes en vigueur.

Au regard de ces résultats, nous considérons que le produit fini et l'eau de forage sont des eaux très faiblement minéralisés et représentent de très faibles teneurs en Nitrates et Nitrites, ce qui témoigne l'absence de pollution agricole ou domestique. La comparaison entre l'eau de forage et le produit fini révèle que leurs valeurs sont quasi identiques pour l'ensemble des paramètres chimiques, ce qui indique que le système de filtration multi-étages (25 μm à 0.22 μm) est un procédé physique qui préserve la minéralisation naturelle de la source tout en éliminant efficacement les particules et les microorganismes.

Concernant l'étude de la qualité microbiologique, les bactéries ciblées au cours de notre recherche sont les coliformes fécaux et totaux ainsi que les streptocoques fécaux. Les résultats expérimentaux obtenus sont conformes à la réglementation algérienne, soit pour le produit fini, soit pour l'eau de forage, notant aucune présence de germes pathogènes recherchés.

Pour conclure, le produit fini de la source « Ain Bouglez » est une eau de bonne qualité physicochimique et microbiologique destinée à la consommation humaine, selon la réglementation algérienne en vigueur. Nous recommandons néanmoins une surveillance saisonnière continue, en particulier des Nitrates, ainsi qu'un contrôle plus précis des informations figurant sur l'étiquette, notamment en ce qui concerne la faible minéralisation.

Notre stage pratique qui a été effectué au sein de l'entreprise « Bouglez », nous a permis non seulement d'enrichir nos connaissances sur le plan expérimental mais également de nous familiariser avec le milieu professionnel.

Résumé

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes penchés, d'une part, sur l'étude physico-chimique et, d'autre part, sur l'étude microbiologique de l'eau. Ces deux études sont basées sur des normes nationales et internationales afin de déterminer la possibilité de son utilisation, tout en prenant en considération la santé du consommateur. La présente étude a été menée au niveau de la source d'Ain Bouglez (Bouteldja, wilaya d'El Tarf). L'objectif de notre travail se focalise sur l'évaluation de la qualité de l'eau minérale naturelle embouteillée Bouglez ainsi que de l'eau de forage, à travers l'analyse des paramètres physico-chimiques (pH, turbidité, conductivité, nitrites, nitrates, calcium, magnésium, potassium, sulfates, etc.) et des paramètres microbiologiques (coliformes fécaux, coliformes totaux et streptocoques fécaux). Cette étude a montré que les résultats des analyses physico-chimiques sont conformes aux normes algériennes en vigueur. De même, les résultats des analyses microbiologiques indiquent que les eaux étudiées sont conformes à la réglementation algérienne relative aux eaux minérales naturelles et aux eaux de forage. Aucune présence de germes pathogènes recherchés n'a été détectée, ce qui nous permet de conclure que ces eaux ne présentent aucune pollution microbiologique. En conclusion, l'eau de cette source est de très bonne qualité et adaptée à la consommation humaine.

Mots Clés : Eaux de source, Ain Bouglez. Analyses physico-chimique et microbiologique

Abstract

As part of our work, we focused on both the water physicochemical and microbiological study. These two studies were based on national and international standards in order to determine the suitability of this water for use, while taking consumer health into consideration. The present study was carried out at the Ain Bouglez spring (Bouteldja, El Tarf). The aim of our work was to evaluate the quality of Bouglez bottled natural mineral water as well as borehole water through the analysis of physicochemical parameters (pH, turbidity, conductivity, nitrites, nitrates, calcium, magnesium, potassium, sulfates, etc.) and microbiological parameters (fecal coliforms, total coliforms, and fecal streptococci). This study indicated that the physicochemical analyses results comply with the current Algerian standards. Likewise, the microbiological analysis results indicate that the studied waters comply with Algerian regulations concerning natural mineral and borehole water. No presence of the pathogenic germs investigated was detected, which leads us to conclude that these waters are free from microbiological contamination. In conclusion, the water from this source is of very good quality and suitable for human consumption.

Keywords : Spring water, Ain Bouglez, physico-chemical and microbiological analyses

ملخص

في إطار عملنا، تناولنا دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية، ومن ناحية أخرى الدراسة الميكروبيولوجية للماء. وتعتمد هاتان الدراستان على المعايير الوطنية والدولية لتحديد إمكانية استخدامه، مع مراعاة صحة المستهلك. وقد أجريت هذه الدراسة على مياه مصدر عين بوقلاز (بوتلجة، ولاية الطارف). وتركز أهداف عملنا على تقييم جودة مياه بوقلاز المعدنية الطبيعية المعبأة وكذلك مياه الحفر، من خلال تحليل المعايير الفيزيائية والكيميائية (الرقم الهيدروجيني، العكارة، الموصلية، النيتريت، النترات، الكالسيوم، المغنيسيوم، البوتاسيوم، الكبريتات، إلخ) والمعايير الميكروبيولوجية (الكوليفورم البرازي، الكوليفورم الكلي، والعقديات البرازية). أظهرت هذه الدراسة أن نتائج التحاليل الفيزيائية-الكيميائية تتوافق مع المعايير الجزائرية السارية المفعول. كما تشير نتائج التحاليل الميكروبيولوجية إلى أن المياه التي تم دراستها تتوافق مع اللوائح الجزائرية المتعلقة بالمياه المعدنية الطبيعية ومياه الآبار. لم يتم الكشف عن أي وجود للكائنات الدقيقة الممرضة المستهدفة، مما يسمح لنا بالاستنتاج أن هذه المياه لا تظهر أي تلوث ميكروبيولوجي. وخلاصة القول، إن مياه هذا المنبع ذات جودة عالية جداً ومناسبة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، عين بوقلاز، التحاليل الفيزيائية-الكيميائية والميكروبيولوجية