

N°Ref :.....

Centre Universitaire Abdlhafid Boussof, Mila

Institut des sciences et de la Technologie
Département de Science de la Nature et de la vie

**Mémoire préparé en vue l'obtention de diplôme de
Master**

Domaine : science de la nature et de la vie

Filière : Science Biologique

Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

***Analyse de la qualité des eaux de Barrage de
Beni Haroun Mila***

Préparé par:

- ALLIOUAT Hadda
- OUDINA Chaima
- SEGGANI Nada

Devant le jury :

Manallah A	(MCB) Centre universitaire de Mila	Présidente
BOUSBIA S	(MCB) Centre universitaire de Mila	Examinateur
LALAOUI M	(MCB) centre universitaire de Mila	Promotrice

Année Universitaire : 2022/ 2023

Remerciement

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos remerciements avec un grand plaisir et un grand respect à notre encadreur Dr «Lalaoui Meryem » pour ses conseils, sa disponibilité et ses encouragements qui nous ont permis de réaliser ce travail.

Nous remercions de faire partie de jury, de l'honneur qu'ils me font, en acceptant de juger notre travail.

Madame Dr Ayad Wissame

Nous avons très reconnaissante d'avoir accepté de présider notre travail.

Monsieur Dr Bousbia Sabri

Nous voulons remercier d'avoir accepté de juger et examiner ce travail.

Nous remercions également tous les membres de la station de traitement Ain Tinn pour l'accueil, l'aide et leur soutien durant le mois de stage et surtout Mr « Soufian ».

Nous remercions tous les enseignants de notre spécialité biochimie appliquée, pour leur contribution dans notre formation.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chère

A mes chères parentes

Aucune dédicace ne serait témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon grand respect, car je ne pourrais jamais oublier les sacrifices, la tendresse et l'amour dévoué par lesquels ils m'ont toujours entouré depuis mon enfance.

A mes chers deuxième parents, Mon oncle Omar et sa femme Hadjira Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes deux frère, Ramzi et Ayoub

A ma seule sœur, Wissam

A la femme de mon frère, Nada

A ma belle, ma nièce, Ayla

A tous les membre de ma famille et toute personne qui porte le nom Oudina, A tous mes cousines surtout Bouchra, mes voisines et mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Merci pour leur amour et leur encouragement.

Sans oublier mes collègues qui m'ont accompagné pour ce travail, Hedda et Nada.

par: Chaïma

Dédicace

Du profonde mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers, à ma famille elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui

Je dédie ce modeste travail

A mon père « Riadh »

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir

A ma mère « Nassima »

Pour son amour, et qu'elle m'a toujours témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, accordé en ses sacrifices et sa tendresse.

A mon fiancé « Zaman »

Qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu le protège.

A mes frères « Housseem, Soufine »

Et ma petite sœur « Nihal »

Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

A tous mes amis

En particulièrement « oudina chaïma et alliouat hadaa »

par : Nada

Dédicace

Je dédie cette mémoire

À ...

À ma très chère mère

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner.

À mon très cher père

Celle qui m'envahit de ses faveurs et était pour moi le conduite exemplaire et idéale quant à mon itinéraire scolaire et universitaire

À mes très chères sœurs Ibtissam, Selma,

Amîna et Samira

À mon cher frère Hassan

À mon professeur Soufien, qui a travaillé si dur

Pour nous

À mes chères Chaïma et Nada et leurs

Familles

À mon encadreur qui m'a soutenu au long de

Mes Travaux (je vous remercié).

Par : Hadda

Résumé

L'eau est c'est un élément important sur terre, et l'eau potable est l'un des produits alimentaires les plus contrôlés qui nécessite une excellente qualité physico-chimique et Bactériologique.

Ce travail avait pour but de suivre et d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau de la Station de traitement l'eau potable Ain Tinn située dans la willaya de Mila, l'objectif été de contrôler la potabilité d'eau de barrage Beni Haroun par plusieurs analyses physico-chimique comme : pH, température, conductivité, turbidité, chlorure... et bactériologique comme : germes totaux, coliforme, streptocoque....

Les résultats ont montré que ces eaux destinées à la consommation humaine, présentent une bonne qualité durant les trois mois d'étude (Février, Mars et Avril), et la majorité des teneurs des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité nationale et internationale.

En occurrence, les analyses bactériologiques révèlent l'absence des germes pathogènes de contamination fécale. La surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tâche d'ordre primordial pour la santé publique et prévient les risques environnement.

Mots clés : eau brute, eau traité, analyse physico-chimique et bactériologique, station d'Ain El-tine.

ملخص

يعد الماء من أهم الأشياء على وجه الأرض، ومياه الشرب من أكثر المنتجات الغذائية التي يتم التحكم فيها والتي تتطلب جودة فيزيائية وكيميائية وبكتريولوجية ممتازة .

الغرض من هذا العمل هو مراقبة وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية للمياه الخام والمعالجة في محطة مياه الشرب في عين تين الواقعة في ولاية ميله ، والتي تهدف إلى التحكم في صلاحية مياه الشرب .من خلال العديد من التحليلات الفيزيائية والكيميائية مثل :درجة الحموضة ، ودرجة الحرارة ، والناقلية ، والعكارة ، والكلوريد ... والبكتيرية مثل :

. germe totaux, coliforme, streptocoque

وأظهرت النتائج أن هذه المياه المخصصة للاستهلاك البشري، لديها نوعية جيدة خلال ثلاثة أشهر من الدراسة (فيفري ومارس وأفريل)، وأن غالبية محتويات المعلمات التي تم تحليلها تتوافق مع معايير الصلاحية الوطنية والدولية للشرب.

في هذه الحالة ، تكشف التحليلات البكتريولوجية عن عدم وجود الجراثيم المسببة للأمراض ومراقبة هذه المياه مهمة أساسية للصحة العامة والمخاطر البيئية .

الكلمات المفتاحية : المياه الخام، المياه المعالجة، التحاليل الفيزيائية و الكيميائية، محطة عين التين.

Abstract

Water is one of the most important things on Earth, and drinking water is one of the most controlled food products that requires excellent physicochemical and bacteriological quality.

The purpose of this work is to monitor and assess the physicochemical and bacteriological quality of raw and treated water at the Ain El-Tine Drinking Water Station located in the Mila province. The objective is to control the potability of the Béni Haroun dam water through several physicochemical analyses such as pH, temperature, conductivity, turbidity, chloride, and bacteriological analyses such as total germs, coliforms, streptococcus.

The results showed that these waters, intended for human consumption, were of good quality during the three months of the study (February, March and April), and most of the levels of the parameters analyzed met national and international drinking water standards.

In particular, bacteriological analyses reveal the absence of pathogenic germs from fecal contamination. The monitoring and control of these waters remain a primary task for public health and environmental risks.

Keywords: raw water, treated water, physicochemical and bacteriological analysis, Ain El-tine station.

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Résumé

ملخص

Summary

Sommaire

Liste des Abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale **Erreur ! Signet non défini.**

Partie Théorique.

Chapitre I : Généralité sur l'eau.

1. Définition de l'eau	3
2. Composition générale de l'eau	3
2.1. Composition minérale	3
2.2. Composition organique	4
3. Propriétés des eaux	4
3.1. Propriétés chimiques	4
3.2. Propriétés physiques.....	5
3.3. Propriétés électrique.....	7
3.4. Propriétés Biologique	8
4. Cycle de l'eau	8
5. Eau potable	9
5.1. Définition de l'eau potable.....	9
5.2. Caractéristiques d'une eau potable.....	9
6. Pollution de l'eau.....	10
6.1. Définition	10

6.2. Types de pollution.....	11
6.2.1. Pollution agricole.....	11
6.2.2. Pollution domestique.....	11
6.2.3. Pollution industrielle.....	11
6.2.4. Pollution naturelle.....	11
7. Eau traitée.....	12

Chapitre II : Paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

1. Paramètres organoleptiques.....	13
1.1. Couleur.....	13
1.2. Odeur.....	13
1.3. Gout.....	13
2. Paramètres physico-chimiques.....	14
2.1. Température.....	14
2.2. Turbidité.....	14
2.3. pH.....	14
2.4. Conductivité.....	15
2.5. Résidus secs.....	15
2.6. Oxygène dissous.....	15
2.7. Salinité.....	15
2.8. Matière organique.....	15
2.9. Degré chlorométrique.....	16
2.10. Demande en chlore.....	16
2.11. Dureté totale.....	16
2.12. Titre Alcalimétrique Complet.....	17
2.13. Magnésium.....	17
2.14. Calcium.....	17
2.15. Ammonium.....	17
2.16. Nitrate.....	17

2.17. Nitrite	18
2.18. Azote	18
2.19. Phosphore	18
2.20 Fer.....	19
2.21. Chlorure	19
3. Paramètres bactériologiques.....	19
3.1. <i>Coliformes fécaux</i>	19
3.2. <i>Coliformes totaux</i>	19
3.3. <i>Escherichia coli</i>	20
3.4. <i>Germes totaux</i>	20
3.5. <i>Streptocoques fécaux</i>	20
3.6. <i>Streptocoques Fécaux de Groupe D</i>	20
3.7. <i>Clostridium</i>	21
4. Traitement de l'eau	21
4.1. Etape de coagulation et de floculation	21
4.2. Décantation	21
4.3. Désinfection	21
5. Djar test	22

Partie expérimentale.

Chapitre I: Matériels et méthodes.

1. Présentation de lieu de stage.....	23
1.1 Introduction.....	23
1.2 Présentation de commune Ain El-tine	23
1.3 Définition de station de traitement de l'eau potable d'Ain El-tine.....	23
1.4 Présentation de la station de traitement Ain El-tine	24
1.5 Situation géographique	25
1.6 Climat.....	25
1.6.1 Température	26

1.6.2	Précipitations	26
1.6.3	vents	26
1.6.4	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	26
1.7	Hydrologie	27
1.8	Capacité nominale.....	27
1.9	Arrivée d'eau brute	27
2.	Matériel et méthodes	28
2.1	Analyses physicochimiques	28
2.1.1	Mesure du Ph et Température	30
2.1.2	Mesure de la conductivité électrique.....	31
2.1.3	Mesure de la turbidité.....	31
2.1.4	Mesure chlore résiduel (chlore libre)	31
2.1.5	Mesure chlore totale	32
2.1.6	Mesure de chlorure.....	32
2.1.7	Mesure d'oxygène dissous	32
2.1.8	Mesure d'azote ammoniacal (NH_4^+) et Nitrates (NO_3^-).....	33
2.1.9	Mesure des matières organiques	33
2.1.10	Mesure de la dureté totale TH (Ca^{2+} et Mg^{2+}).....	35
2.1.11	Détermination du titre calcique Ca^{2+}	35
2.1.12	Détermination de l'alcalimétrie complet TAC	36
2.1.13	Mesure degrés chlorométrique (Chl°)	37
2.1.14	Masure la demande en chlore	39
2.1.15	Jar -test.....	41
2.2	Analyses bacteriologiques	42
2.2.1	Méthode d'analyse par filtration	42
2.2.2	Recherche des <i>coliformes totaux (CT)</i> et <i>fécaux (CF)</i>	43
2.2.3	Recherche des <i>streptocoques fécaux</i>	46
2.2.4	Recherche des <i>germes totaux</i>	47

2.2.5 Recherche des <i>anaérobies sulfito-réducteur (clostridium)</i>	48
---	----

Chapitre II: Résultats et interprétations.

1. Analyses physicochimiques.....	51
1.1. Temperature	53
1.2. pH.....	54
1.3. Turbidité.....	55
1.4. Conductivité	55
1.5. Dureté Total (TH).....	56
1.6. Calcium	57
1.7. Magnésium.....	58
1.8. Chlorure.....	58
1.9. Titre alcalimétrique complet	59
1.10. Nitrate.....	60
1.11. Ammonium.....	60
1.12. Sulfate.....	61
1.13. Oxygène dessous	62
1.14. Matière organique	62
2. Analyses bactériologiques	63
2.1. <i>Germes Totaux</i>	64
2.2. <i>Coliformes totaux et fécaux</i>	64
2.3. <i>Streptocoques fécaux</i>	65
2.4. <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	65
3. Indice de la qualité de l'eau (IQE).....	66

Conclusion générale.

Références bibliographique.

Liste des Abréviations

Ca⁺ : calcium

Mg : Magnésium

CO₃⁻ : Carbonates

HCO₃⁻ : Bicarbonate

SO₄⁻ : sulfate

Cl⁻ : chlorure

NO₃⁻ : Nitrate

COT : Carbone Organique Totale

DBO : Demande biochimique en oxygène

OH⁻ : ions hydroxyles

H⁺ : Protons

pH : potentiel hydrogène

MO : Matière organique

C° : Degré Celsuis

Mg/l : milli gramme /litre

UV : le rayonnement ultraviolet

ms : milli simens

Cm : centimètre

Ω : ohms

m : mètre

% : pourcentage

OD : oxygène dissous

L : litre

C : carbone

F° : degré français

TH : titre hydrométrique (dureté totale)

TAC : titre alcalimétrique complet

TCa : titre calcique

OMS : organisation mondiale de la santé

NO₂⁻ : nitrate

NH₃ : ammoniac

BGN : bacilles gram négatifs

CO₂ : dioxyde carbone

Km² : kilomètre carré

GRP : Gross rating point

mm : milli mètre

T° : Température

h : heures

CE : conductivité électrique

Pt : électron de platine

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

ml : millilitre

NH₄⁺ : ammonium

KMNO₄ : permanganate de potassium

H₂SO₄ : acide sulfurique

mn : minute

ech : échantillon

F : facteur de correction

C : constant

NH₄OH : solution aqueuse d'ammoniac

EDTA : acide éthylène diamine tétra acétique

V : volume

NaOH : hydroxyde de sodium

HCl : chlorure d'hydrogène

Chl° : degré chromométrique

Ki : iodure de potassium

BEA : bile -eculine -azoture

PCA : plate count agar

μS : micro siemens

ET : eau traité

EB : eau brute

CT : coliforme totaux

CF : coliforme fécaux

E. coli : Escherichia coli

IQE : indice de la qualité de l'eau

WI : facteur de poids

wi : poids relatifs

Liste des tableaux

Tableau 1. Les classes de turbidité de l'eau	14
Tableau 2. La classification selon la dureté.....	17
Tableau 3. Résultats de température d'Ain El-tine.....	26
Tableau 4. Résultats de précipitation d'Ain El-tine	26
Tableau 6.les appareillages utilisés dans les analyses.	29
Tableau 7 . Les résultats physicochimiques de l'eau brute et traite au cours du mois de Février.	51
Tableau 8 . Les résultats physicochimiques de l'eaux brute et traite au cours du mois de Mars.	51
Tableau 9 . Les résultats physicochimiques de l'eau brute et traite au cours du mois d'Avril	53
Tableau 10 . Les résultats bactériologie de l'eau brute.	63
Tableau 11 . Les résultats bactériologie de l'eau traité	64
Tableau 12 . Poids des paramètres physico-chimique.....	67

Liste des figures

Figure 1. Structure moléculaire de l'eau	4
Figure 2. PH de l'eau	5
Figure 3. Le cycle de l'eau	9
Figure 4. Station de traitement d'Ain El-tine	24
Figure 5. Situation géographique d'Ain El-tine	25
Figure 6. Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Mila sur 10 ans (2010-2019)	27
Figure 7. Barrage de Beni Haroun.....	28
Figure 8. Appareillage de l'oxygène dissous.....	33
Figure 9. a : Acide oxalique, b: KMnO_4 , c : H_2SO_4	34
Figure 10. a: NaOH, b: EDTA, c: murixide	36
Figure 11. Résultat de titrage de Tca.....	36
Figure 12. a : Methylene Orange, b : Acide Sulfurique	37
Figure 13. Résultat de titrage de TAC.....	37
Figure 14. a: Thiosulfate de sodium, b : Amidon, c : Acide acétique.	38
Figure 15 . Résultat de titrage de degré chlorométrique.....	39
Figure 16. a : comparateur, b: pilule DPD N°1.	40
Figure 17. Etapes d'analyse jar-test.....	42
Figure 18. Les étapes d'analyses par filtration.	43
Figure 19. Coliformes totaux.....	44
Figure 20. La confirmation des coliformes fécaux.....	45
Figure 21 . La confirmation des E. Coli.	45
Figure 22 . Escherichia coli.	46
Figure 23 . Étapes de recherches les germes totaux.	48
Figure 24 . Clostridium.....	49
Figure 25 . Variation de la température.....	54
Figure 26 . Variation de ph.....	54
Figure 27 . Variation de la turbidité	55
Figure 28 . Variation de la conductivité	56
Figure 29 . Variation de la dureté totale.	57
Figure 30 . variation de calcium.	57
Figure 31 . Variation de magnésium.	58
Figure 32 . Variation du chlorure.	59
Figure 33 . Variation de titre alcalimétrique complet.....	59

Figure 34 . Variation de nitrate.....	60
Figure 35 . Variation d'ammonium.	61
Figure 36 . Variation de sulfate.	61
Figure 37 . Variation d'oxygène dessous.	62
Figure 38 . Variation de matière organique.....	63
Figure 39 . L'indice de la qualité de l'eau.	68

Introduction
Générale.

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un composé liquide incolore, inodore, sans saveur, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation et sa composition de différents sels minéraux (**Bernard, 2007**).

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable. Pour ces raisons l'homme a appris à maîtriser l'eau, toutefois il la rend impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes.

La qualité des eaux d'un hydrosystème dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux. Elle est définie plus particulièrement par les caractéristiques géomorphologiques (altitude, pente ...) pédologiques et géologiques (origine et nature des terrains) et anthropiques (degré d'urbanisation, activités industrielles, agricoles ...) du bassin versant. Celui-ci constitue un espace délimité par une ligne de partage des eaux et possédant son propre réseau hydrographique. Les versants du bassin collectent les eaux d'origine atmosphérique et les concentrent vers les éléments constitutifs du réseau (**Amoros et Petts, 1993**). Au cours de leur transfert à la surface du sol et/ou en profondeur (ruissellement, infiltration.) puis de leur circulation dans l'hydrosystème, les eaux sont soumises à des processus physicochimiques et biologiques qui conditionnent leur composition. Celle-ci définira ce qui est communément appelé la « qualité de l'eau » (**Madigou, 2005**).

En Algérie, Les études menées par l'agence nationale des ressources hydrique (ANRH) en 2012 montrant que la pluviométrie a régressé de près de 20% en Algérie au cours des dernières décennies par rapport aux décennies présidentes (1940-1970) et les ressources renouvelables en eau sont constituées d'eau de ruissellement pour 16 milliards de m³ et de 2 milliards de m³ d'eau souterraines. La capacité de stockage est de 4.5 milliards de m³ d'eau dans 98 barrages qui devrait être portée à 7.3 milliards de m³ lorsque les barrages en cours de réalisation seront mis en service (**Aissaoui, 2013**).

D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson. L'eau captée peut contenir des éléments pouvant avoir des effets indésirables sur la santé, comme des microorganismes pathogènes, des substances indésirables ou même des substances toxiques (**Fakih Lanjri et al., 2014**).

Aujourd'hui, le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont une préoccupation permanente pour la protection de l'environnement et la santé des consommateurs. De ce fait l'eau potable doit être nécessairement analysée, surveillée et l'évaluation de sa qualité repose sur les paramètres physicochimiques et bactériologiques.

Il est donc impératif de traiter ces eaux afin de se conformer d'une part aux normes de potabilité et d'éviter d'autre part tout risque sanitaire à plus ou moins long terme.

La station de traitement de l'eau brute destinée à la potabilisation est sous une pression croissante pour produire une eau potable de bonne qualité et à plus faible coût. Ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement (**Gerard, 1999**).

L'objectif de notre travail est : de contrôler la qualité physicochimique et bactériologique des eaux dans la station de traitement d'Ain El-tine Mila.

Nous avons adopté la démarche suivante : la première partie porte sur les données bibliographiques, dans laquelle nous avons présenté des généralités sur l'eau, ses composants ainsi que son traitement. La deuxième partie s'intéresse à la méthodologie utilisée au laboratoire. La dernière partie présente les résultats de l'étude et la discussion, suivie d'une brève conclusion résumant notre travail.

Partie
Théorique.

Chapitre I :
Généralité sur l'eau.

1. Définition de l'eau

L'eau était considérée comme l'un des 4 éléments fondamentaux par les Anciens et considérée comme un corps simple jusqu'au XVIII^e siècle. Cependant, des chimistes tels que Priestley, Watts et Monge ont découvert que cette dernière n'était pas un corps simple grâce à la synthèse et l'analyse de l'eau.

L'eau est un élément crucial de notre planète, recouvrant 71% de la surface terrestre. Cependant, seulement 3% de cette eau est douce, le reste étant salé. L'eau douce est issue de différents réservoirs tels que les lacs, les rivières, les fleuves et les nappes phréatiques (**Christophe, 2006**).

De plus des grandes étendues d'eau, l'eau liquide peut également être trouvée dans des endroits tels que les mares, les fossés, les étangs, les canaux et même les zones interstitielles du sol. En fin de compte, l'eau est une ressource vitale qui doit être gérée avec soin pour répondre aux besoins de notre planète et de ses habitants (**Culligan, 2023**).

Le mot « eau » trouve son origine étymologique dans le latin **aqua**. La gestion de l'eau est une question centrale en géopolitique, en raison de son rôle primordial dans l'apparition et le maintien de la vie. L'eau est en effet essentielle à la préservation des écosystèmes et au cycle de l'eau, mais elle est également vitale pour notre organisme humain (**Culligan, 2023**).

2. Composition générale de l'eau

2.1. Composition minérale

D'après le **CNRS**, l'eau renferme une quantité significative d'ions dissous, parmi lesquels on retrouve principalement le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches du bassin versant. Elle peut varier du milligramme par litre au gramme par litre pour les eaux les plus salées.

En plus faible concentration (de l'ordre du microgramme au milligramme par litre), l'eau contient également des éléments nutritifs ou nutriments tels que l'azote (sous forme d'ammoniac, de nitrites et de nitrates), le phosphore (sous forme de phosphates) et la silice, ainsi que du fer et du manganèse.

D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc).

2.2. Composition organique

La matière organique présente dans l'eau se compose de divers composés chimiques contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, ainsi que des traces d'éléments tels que le soufre et le phosphore. Elle peut être d'origine naturelle, provenant de la décomposition des plantes, des animaux morts et des déchets organiques, ou d'origine anthropique, telle que les eaux usées, les effluents agricoles et les produits chimiques synthétiques. La quantification de la matière organique peut être réalisée à l'aide du carbone organique total (COT) ou de la demande biochimique en oxygène (DBO), qui mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique par les micro-organismes.

3. Propriétés des eaux

3.1. Propriétés chimiques

L'eau est également connue sous le nom de H_2O en chimie. Sa formule moléculaire est composée d'hydrogène et d'oxygène. Bien que beaucoup puissent identifier l'eau à partir de sa représentation sous forme de "tête de Mickey", cela a pris du temps pour arriver à cette connaissance commune en raison de controverses et d'obstacles rencontrés (Dumon, 2021).

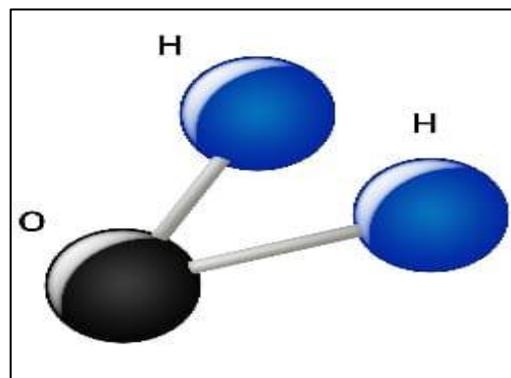


Figure 1. Structure moléculaire de l'eau

L'eau peut être dissociée en protons H^+ et en ions hydroxydes OH^- , ce qui est mesurable par le pH allant de 0 à 14 où un pH de 7 est considéré neutre. En raison de ses propriétés chimiques, l'eau est importante dans les réactions impliquant des substances

électriquement chargées. Elle sert également de véhicule pour des agents corrosifs tels que les acides ou le gaz carbonique, qui, une fois dissous dans l'eau, se transforment en acide faible pouvant dissoudre des substances comme le calcaire (Cieau, 2023).

L'eau pure est neutre, avec un pH proche de 7,0 à 25°C. Les précipitations normales ont un pH d'environ 5,6 (légèrement acide) en raison du gaz de dioxyde de carbone atmosphérique. Les plages de pH sécuritaires pour l'eau potable sont de 6,5 à 8,5 pour un usage domestique et les organismes vivants.

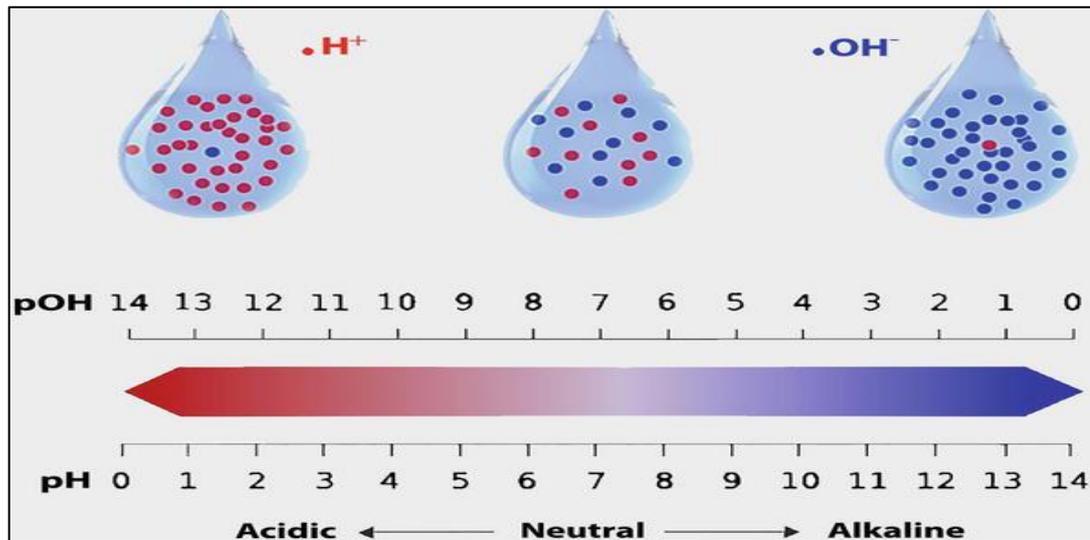


Figure 2. PH de l'eau (Hassan Omar, 2019)

3.2. Propriétés physiques

L'eau a des propriétés physiques assez particulières par rapport aux autres liquides. Elle apparaît comme un liquide « structurée », et non désordonné comme les autres liquides, par le fait que ses constituants élémentaires sont associés.

Selon Philippe, 2014 voici quelques paramètres physiques d'une eau :

- **Point ebullition**

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique de l'eau permet à une importante phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur Terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

- **Viscosité**

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température de telle sorte que deux eaux peuvent être non miscibles. Ce phénomène est particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire.

- **Solvant**

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout. A titre indicatif, l'eau de pluie issue de l'atmosphère connaît une teneur moyenne en sels dissouts de l'ordre de 7 g/m^3 ; l'eau des rivières connaît une teneur moyenne en sels dissouts de l'ordre de 120 g/m^3 ; L'eau de mer connaît une teneur moyenne en sels dissouts de l'ordre de 35000 g/m^3 .

- **Tension superficielle**

La tension superficielle de l'eau très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire.

- **Chaleur spécifique**

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

- **Chaleur latente**

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat, on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidit continuellement les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agit comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

- **Capacité thermique**

L'eau présente une très grande capacité thermique parmi tous les fluides. Grâce à cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou des régulateurs contre les changements importants de température.

- **Densité maximum**

C'est à $+4^\circ\text{C}$ que l'eau atteint sa densité maximale. Lorsqu'une couche d'eau en surface est refroidie jusqu'à cette température, elle se déplace vers le fond de la masse d'eau. Ce phénomène est d'une grande importance pour le brassage des eaux des lacs, entre autres.

- **Transparence**

L'eau est transparente dans le spectre visible. Mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent.

3.3. Propriétés électriques

L'eau est un excellent conducteur électrique en raison de sa capacité à dissocier les sels ioniques. Cependant, l'eau pure est un isolant électrique à température ambiante car elle ne contient pas suffisamment d'ions pour permettre une conduction électrique significative (Nave, 2020).

Les paramètres électriques des eaux peuvent inclure la conductivité électrique, la résistivité électrique, la permittivité diélectrique, la capacité électrique et la polarisabilité électrique.

Voici quelques paramètres :

- **Conductivité électrique:**

La conductivité électrique de l'eau dépend de sa teneur en ions. Elle peut varier de quelques microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pour l'eau pure à plusieurs millisiemens par centimètre (mS/cm) pour l'eau de mer (Nave, 2020).

- **Résistivité électrique:**

La résistivité électrique est l'inverse de la conductivité électrique. Elle est mesurée en ohms-centimètres ($\Omega\cdot\text{cm}$) ou en ohms-mètres ($\Omega\cdot\text{m}$) et indique la capacité de l'eau à résister au passage d'un courant électrique (Macfarlane et al., 2013 ; Nave, 2020).

- **Permittivité diélectrique:**

La permittivité diélectrique est une mesure de la capacité de l'eau à stocker de l'énergie électrique dans un champ électrique. Elle dépend de la fréquence du champ électrique et de la teneur en ions de l'eau (Frank, 2014 ; Nave, 2020).

- **Capacité électrique:**

La capacité électrique est une mesure de la quantité d'énergie électrique stockée dans l'eau lorsqu'elle est soumise à un champ électrique. Elle dépend de la permittivité diélectrique de l'eau et de la géométrie de l'interface entre l'eau et le matériau diélectrique.

- **Polarisabilité électrique:**

La polarisabilité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à être polarisée en présence d'un champ électrique. Elle dépend de la polarise.

3.4. Propriétés Biologique

L'un des indicateurs les plus utiles de la qualité de l'eau peut être la présence ou l'absence d'organismes vivants.

Les biologistes peuvent étudier la vie des poissons et des insectes dans les eaux naturelles et évaluer la qualité de l'eau en se basant sur un indice de diversité des espèces calculé. Ainsi, un plan d'eau avec un grand nombre d'espèces bien équilibrées est considéré comme un système sain. Certains organismes peuvent être utilisés comme indication de la présence de polluants en fonction de leur tolérance connue à un polluant spécifique (**Hassan Omar, 2019**).

4. Cycle de l'eau

Le cycle hydrologique implique la circulation de l'eau dans le système Terre-atmosphère via des processus tels que l'évaporation, la transpiration, la condensation, les précipitations et l'écoulement. La quantité totale d'eau dans le cycle reste constante, mais sa répartition entre les processus varie. Selon **Rafferty, 2023**:

- **Evaporation** est le transfert de l'eau de la surface de la Terre vers l'atmosphère sous forme de vapeur, influencé par la température, l'humidité, la vitesse du vent et le rayonnement solaire.
- **Vapeur** d'eau est importante pour la formation de la rosée, du givre, du brouillard, des nuages et des précipitations.
- **Condensation** est la transition de la vapeur à l'état liquide et peut avoir lieu lorsque l'air contient plus de vapeur d'eau qu'il ne peut en absorber.
- **Précipitations** sont distribuées en s'évaporant, en étant interceptées par la végétation, en percolant dans le sol et en s'écoulant directement. Les eaux souterraines proviennent principalement de précipitations percolées. La glace et la neige jouent également un rôle important dans le cycle de l'eau.

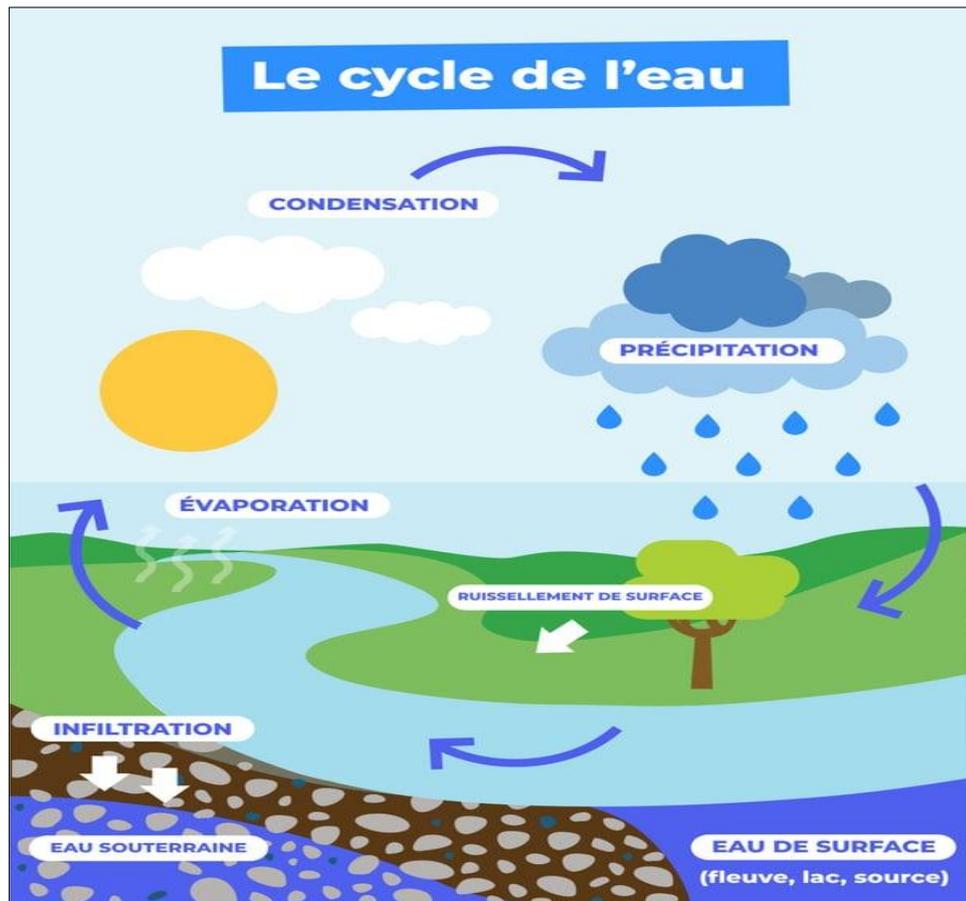


Figure 3. Le cycle de l'eau (Hassan Omar, 2019)

5. Eau potable

5.1. Définition de l'eau potable

En 2020, 74 % de la population mondiale (soit 5,8 milliards de personnes) utilisaient un service d'alimentation en eau potable géré en toute sécurité – c'est-à-dire, situé sur le lieu d'usage, disponible à tout moment et exempt de toute contamination (OMS, 2021).

Une eau potable est nécessaire pour toutes les utilisations domestiques habituelles, y compris la consommation, la préparation des aliments et l'hygiène personnelle (OMS, 2022).

Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de paramètres réglementés (qualité organoleptique, paramètres physico-chimiques, substances indésirables ou toxiques, paramètres microbiologiques) la rendant propre à la consommation humaine. L'alimentation de la population en eau potable de qualité est une obligation (Legube, 2021).

5.2. Caractéristiques d'une eau potable

- **Transparence** : L'eau potable doit être transparente, sans matière en suspension visible.
- **Couleur** : L'eau potable doit être claire et incolore. Une couleur jaunâtre ou brune peut indiquer la présence de matières organiques ou inorganiques.

- **Goût et odeur** : L'eau potable doit être sans goût ni odeur, ou avoir un goût et une odeur agréable et fraîche. Des goûts ou des odeurs désagréables peuvent indiquer la présence de contaminants.
- **pH** : Le pH de l'eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5 pour éviter la corrosion des tuyaux et pour protéger la santé.
- **Dureté** : La dureté de l'eau doit être faible pour éviter l'accumulation de dépôts de calcaire dans les tuyaux et les appareils ménagers.
- **Teneur en minéraux** : L'eau potable doit contenir des minéraux essentiels pour la santé, comme le calcium et le magnésium, mais en quantités modérées.
- **Teneur en matières organiques** : La teneur en matières organiques de l'eau potable doit être faible pour éviter la croissance de micro-organismes et la formation de sous-produits de désinfection.
- **Teneur en contaminants** : L'eau potable doit être exempte de contaminants tels que les bactéries pathogènes, les virus, les parasites, les métaux lourds, les produits chimiques toxiques et les radiations.
- **Présence de désinfectant** : L'eau potable peut contenir des désinfectants tels que le chlore pour éliminer les micro-organismes, mais leur présence doit être contrôlée pour éviter des effets néfastes sur la santé.
- **Pression et débit** : La pression et le débit de l'eau potable doivent être suffisants pour assurer un bon fonctionnement des tuyaux et des appareils ménagers.

6. Pollution de l'eau

6.1. Définition

La pollution de l'eau Les polluants présents dans l'eau comprend les solides en suspension, les substances dissoutes, les sédiments et les organismes aquatiques. La pollution de l'eau se produit lorsqu'une certaine quantité d'eaux usées, d'eaux de ruissellement et de divers polluants pénètre dans un cours d'eau et dépasse sa capacité naturelle d'auto-épurations, ce qui entraîne une dégradation des propriétés physiques et chimiques de l'eau. Le cours d'eau peut contenir une quantité élevée de sédiments ou avoir une composition de communauté biologique médiocre. Ces changements détruisent les fonctions de l'écosystème naturel et diminuent la valeur de l'eau (**Chen et al., 2020**).

6.2. Types de pollution

6.2.1. Pollution agricole

L'agriculture moderne est responsable d'une importante pollution de l'eau due à l'utilisation de produits agrochimiques, de matière organique, de sédiments et de solution saline. Cette pollution touche des milliards de personnes et coûte des milliards de dollars chaque année. L'utilisation intensive des terres et l'utilisation croissante de pesticides synthétiques, d'engrais et d'autres intrants agricoles sont à l'origine de cette pollution (FAO, 2023).

Bien que ces intrants aient augmenté la production alimentaire, ils ont également contribué à augmenter les risques environnementaux et les risques pour la santé humaine. Les polluants agricoles les plus préoccupants pour la santé humaine sont les agents pathogènes provenant du bétail, les pesticides, le nitrate dans les eaux souterraines, les traces d'éléments métalliques et les polluants émergents, tels que les antibiotiques et les gènes résistants aux antibiotiques sécrétés par le bétail (FAO, 2023).

6.2.2. Pollution domestique

Elle provient des utilisations de l'eau par les habitants. On distingue les eaux vannes (eau des toilettes) et les eaux ménagères (eau de lavages). La pollution domestique est surtout organique (graisses, déchets organiques) ; elle peut aussi être chimique (poudre à laver, détergents). Aux eaux usées domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluies et les eaux « collectives » des marchés, des bâtiments scolaires, des hôpitaux (Belabed Zediri, 2021).

6.2.3. Pollution industrielle

La pollution générée par les rejets industriels varie suivant le type d'activité industrielle. Les eaux d'une industrie agro-alimentaire (conserverie de légumes, cave coopérative) véhiculent essentiellement des déchets organiques. Celles provenant d'une tannerie sont chargées de chrome et d'acides et donc c'est une pollution chimique. La pollution physique peut être due au réchauffement de l'eau des centrales thermiques, certains rejets troublent la transparence et l'oxygénation de l'eau ; ils peuvent avoir un effet nocif sur les organismes vivants (Belabed Zediri, 2021).

6.2.4. Pollution naturelle

La pollution naturelle des eaux peut être due à plusieurs facteurs, notamment les éruptions volcaniques, les tremblements de terre, les glissements de terrain et les tempêtes.

Les développements technologiques ont montré que certains polluants dans les eaux et les sols ont une origine naturelle. Cette accumulation naturelle résulte de processus géologiques. Des éruptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures, peuvent aussi être à l'origine de pollutions (**Kara, 2019**).

7. Eau traitée

Eau provenant d'une source non protégée ou d'un réseau de distribution d'eau, qui a subi un traitement destiné à la rendre bactériologiquement et chimiquement propre à la consommation (**OQLF, 2023**).

L'eau traitée est obtenue par divers procédés : distillation, microfiltration, désionisations, ozonation, osmose inverse, etc. Généralement, la teneur en sels minéraux de l'eau traitée varie de 10 à 500 milligrammes par litre. L'eau traitée peut ensuite être reminéralisée pour lui donner la teneur désirée en minéraux (**OQLF, 2023**).

Chapitre II :
Paramètres physico-
chimiques et
bactériologiques.

L'eau est menacée de nos jours par la pollution du fait alors d'une pareille dégradation des ressources hydriques la connaissance de la qualité de l'eau est une condition primordiale permettant l'instauration d'un système de gestion qui contribuera à garantir l'approvisionnement en eau dans le futur.

Cette étude a envisagé d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques en vue de caractériser le milieu et mettre en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir paramètres

1. Paramètres organoleptiques

1.1. Couleur

Selon le **Dr Hadji (2020)**, la propriété optique qui consiste à modifier la composition spectrale de la lumière transmise peut être classée comme suit :

1. Vraie si la couleur est due uniquement aux substances dissoutes.
2. Apparente si la couleur est due à la présence à la fois de substances dissoutes et en suspension.

La transparence de l'eau, c'est-à-dire sa visibilité, est une mesure de la profondeur à laquelle la lumière peut pénétrer. Ce paramètre est influencé par la présence de matières colorantes et de la turbidité causée par les matières en suspension.

La couleur de l'eau, ou sa teinte, peut être attribuée à des contaminants organiques ou inorganiques. Elle peut également varier en fonction du pH. Pour estimer de manière semi-quantitative la couleur de l'eau exempte de matières en suspension, on peut comparer des échantillons à des solutions étalons de chromate de potassium ou d'acide sulfurique de différentes dilutions (**Mondal Harashit, 2022**).

1.2. Odeur

L'odeur peut être comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (**Hadji, 2020**).

Ce paramètre est mesuré par la dilution de l'eau à examiner avec une eau parfaitement inodore jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible pour l'opérateur (**Hadji, 2020**).

1.3. Gout

Il s'agit de l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation des bourgeons gustatifs par certaines substances solubles, L'eau à examiner est diluée avec de l'eau sans goût (eau de référence). La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du goût (**Hadji, 2020**).

2. Paramètres physico-chimiques

2.1. Température

C'est un paramètre physique important pour la détermination des processus chimiques et biologique au sien d'un cours d'eau. Elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissouts, et la détermination du pH cela pour connaitre l'origine de l'eau (Ghazali et al., 2013).

La palatabilité, la viscosité, la solubilité, les odeurs et les réactions chimiques sont influencées par la température Ainsi, les processus de sédimentation et de chloration et la demande biologique en oxygène (DBO) dépendent de la température. Elle affecte également le processus de biosorption des métaux lourds dissouts dans l'eau. La plupart des gens trouvent que l'eau à des températures de 10-15°C est la plus agréable à boire (Hassan Omar, 2019).

2.2. Turbidité

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux tels que les argiles, les débris de roche et les micro-organismes, ainsi que des acides humiques issus de la dégradation des végétaux, ainsi que des polluants qui troublent l'eau. À l'aide d'un appareil appelé turbidimètre, on mesure la résistance de l'eau au passage de la lumière afin de lui attribuer une valeur (site web 1).

Tableau 1. Les classes de turbidité de l'eau (Rodier et al, 2009)

NTU<5	Eau Claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

2.3. PH

Le pH de l'eau est une mesure du degré d'acidité ou de basicité de l'eau (Tchobanoglous et al., 1985 ; Tomar,1999) L'eau acide contient des ions hydrogène (H⁺) supplémentaires et l'eau basique contient des ions hydroxyles (OH⁻) supplémentaires (Alley, 2007).

Le pH varie de 0 à 14, et 7 est considéré comme neutre. Un pH inférieur à 7 indique une acidité, tandis qu'un pH supérieur à 7 indique une solution basique. (Hassan Omar, 2019).

- Le pH d'une eau naturelle est compris généralement entre 6 et 8.
- Le pH d'une eau neutre correspond à une concentration d'ions H⁺ de 10⁻⁷.

2.4. Conductivité

C'est la capacité de l'eau de conduire un courant électrique. On peut la déterminer par la mesure du teneur des substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, et la température de l'eau. Elle renseigne sur le degré d'ionisation de l'eau (**Haddad et al., 2014**).

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (**Djebbar et al., 2021**).

2.5. Résidus secs

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension en utilisant la méthode de pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une coupelle tarée, soit à 110°C ou 180°C. Ensuite, le résidu desséché est évalué par peser (**site web 2**).

2.6. Oxygène dissous

L'oxygène dissous (OD) est considéré comme l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau dans les ruisseaux, les rivières et les lacs. Il s'agit d'un test clé de la pollution de l'eau. Plus la concentration d'oxygène dissous est élevée, meilleure est la qualité de l'eau (**Hassan Omar, 2019**).

L'oxygène est légèrement soluble dans l'eau et très sensible à la température. Par exemple, la concentration de saturation à 20°C est d'environ 9 mg/L et à 0°C de 14,6 mg/L (**Hassan Omar, 2019**).

2.7. Salinité

La salinité est la mesure de la quantité de sels dissous dans un volume donné d'eau. Plus des deux tiers de la surface terrestre sont couverts d'eau, que ce soit par des mers, des océans, des lacs, ou encore des glaciers et des banquises. Lorsque l'eau se trouve à l'état liquide, elle contient de nombreux sels minéraux dissous (**site web 3**).

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés telles que la densité, la compressibilité, le point de congélation et la température du maximum de densité. D'autres propriétés comme la viscosité et l'absorption de la lumière ne sont pas influencées de manière significative. Enfin, certaines propriétés sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau, telles que la conductivité et la pression osmotique (**site web 4**).

2.8. Matière organique

La matière organique (MO) est l'ensemble des molécules contenant du carbone (C), issues des organismes vivants ou les constituants. A l'opposé se trouve la matière minérale ou matière inerte.

La matière organique regroupe :

- Les métabolites produits par les êtres vivants.
- Les cellules vivantes ou mortes, animales ou végétales et toutes les molécules résultant de la décomposition de ces cellules.
- Les molécules de synthèse dont font partie les produits phytosanitaires.

Elles constituent un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes, notamment les pathogènes, et peuvent entraîner de mauvais goûts, notamment suite à une chloration, ainsi que des odeurs désagréables (**Desbordes, 2001**).

2.9. Degré chlorométrique

Expression utilisée pour apprécier la richesse en hypochlorites de solutions utilisées pour la désinfection : c'est le nombre de litres de chlore actif que peut fournir un litre de solution sous l'action de l'acide chlorhydrique (**Dictionnaire de l'académie de médecine, 2023**).

2.10. Demande en chlore

La demande de chlore est la différence qui existe entre la quantité de chlore appliquée à l'eau et celle de chlore libre disponible. Ainsi on peut considérer que la demande de chlore correspond à peu près à la dose dans lequel le point de rupture est atteint (**ITC, 2018**).

2.11. Dureté totale

Une eau est dite douce ou dure en fonction de sa teneur en calcium et en magnésium. Le Titre Hydrotimétrique, qui est la somme des deux éléments, est utilisé en France pour exprimer cette charge et est mesuré en degrés français (symbole °f ou °f H) sur une échelle de 0 à 40.

- 1 °f équivaut à 4 mg/l de calcium ou 2,4 mg/l de magnésium.

Une eau présentant une dureté excessive présente des inconvénients tels que l'entartrage des canalisations et une utilisation accrue de détergents pour le lavage. En revanche, une eau trop douce est considérée comme "agressive" car elle peut causer la corrosion des conduite (**site web 1**).

Tableau 2. La classification selon la dureté (Rodier, 1984)

Dureté totale (°F)	Désignation	Valeur
0-7	Très douce	Assez bonne
7-14	Douce	Très bonne
14-21	Moyennement dure	Bonne
21-32	Dure	Admissible
32-53	Dureté prononcée	Encore admissible
> 53	Très dure	Non appropriée

2.12. TAC

Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale. Le titre alcalimétrique complet, donnant l'alcalinité totale de l'eau (pas seulement l'alcalinité due au bicarbonate et au carbonate), ne doit pas être inférieur à 50 °F (Belala Kouidri, 2006).

2.13. Magnesium

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Nouayti et al., 2015).

2.14. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Nouayti et al., 2015).

2.15. Ammonium

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également d'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (Derwich et al., 2010).

2.16. Nitrate

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique, leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration est déjà entamé. L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément sur les sols subissant l'érosion, ce qui provoque l'infiltration des eaux usées, par les rejets des industries minérales et d'engrais azoté (**Nouayti et al., 2014**).

2.17. Nitrite

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (**Bengoumi et al., 2013**).

Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**Belghiti et al., 2013**).

2.18. Azote

L'azote, comme le phosphore, est un nutriment essentiel à la vie. L'azote peut être présent dans les rivières et les ruisseaux, les lacs et les eaux côtières sous plusieurs formes, notamment l'ammoniac (NH₃), les nitrates (NO₃) et les nitrites (NO₂). Ces formes d'azote sont présentes naturellement dans l'environnement à différents stades du cycle de l'azote (**EPA, 2022**).

Il existe quatre formes d'azote dans l'eau et les eaux usées : l'azote organique, l'azote ammoniacal, l'azote nitrique et l'azote nitrique (**APHA, 2005**). Si l'eau est contaminée par des eaux usées, la majeure partie de l'azote se trouve sous forme d'azote organique et d'ammoniac, qui sont transformés par les microbes en nitrites et en nitrates (**Tchobanoglous et al., 2003**). L'azote sous forme de nitrates est un nutriment de base pour la croissance des plantes et peut être un facteur nutritif limitant la croissance (**APHA, 2005**).

2.19. Phosphore

La présence de phosphore (P) dans les eaux est attribuable à plusieurs facteurs :

- Des sources naturelles telles que l'érosion et le lessivage.
- Des pollutions diffuses provenant de l'utilisation d'engrais.

- Des pollutions ponctuelles issues des effluents, notamment en lien avec les rejets de détergents qui contiennent encore fréquemment des phosphates (**site web 5**).

En quantités excessives, le phosphore peut entraîner des problèmes de qualité de l'eau tels que l'eutrophisation et la prolifération d'algues nuisibles. Certaines ressources aquatiques, telles que les zones humides, servent naturellement de puits pour le phosphore présent dans les sédiments ou dissous dans l'eau (**EPA, 2022**).

2.20. Fer

Les besoins journaliers de l'organisme en fer s'élèvent à l'ordre de 1 à 2 mg. Les limites de potabilité sont basées sur des effets esthétiques, le seuil gustatif, les effets ménagers et les inconvénients qu'entraîne le fer, à trop fortes concentrations, dans les réseaux de distribution. A des concentrations de l'ordre de 300 mg/l, le fer tache le linge et les installations sanitaires en lui conférant de mauvais goût l'eau. Sa concentration maximale admissible est de 200 mg/l (**Kouidri, 2006**).

2.21. Chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confirment à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier et al., 2005**).

3. Paramètres bactériologiques

3.1. Coliformes fécaux

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

- Les germes thermophiles.
- Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène).

Leur intérêt moindre pour déceler une contamination d'origine fécale.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (**Rodier, 2009**).

3.2. Coliformes totaux

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Ils existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (**Sangare et al., 2022**).

3.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie facultative anaérobie, ce qui signifie qu'elle peut se développer dans des conditions aérobies et anaérobies. Bien qu'elle soit la bactérie aérobie la plus courante dans l'intestin inférieur des mammifères (**Tenaillon et al., 2010**). Elle représente généralement seulement 0,1% à 5% de la communauté microbienne intestinale qui comprend plus de 500 autres espèces bactériennes (**Tenaillon et al., 2010**). Cette communauté est généralement dominée par des anaérobies obligatoires, notamment des membres des Firmicutes et des Bactéroïdes, qui représentent au moins 90% de la population microbienne intestinale (**Bäckhed et al., 2005 ; Claesson et al., 2009 ; Tenaillon et al., 2010**). Néanmoins, *E. coli* peut se maintenir dans cette niche hautement compétitive et en constante évolution, en entretenant une relation à vie avec son hôte.

3.4. *Germes totaux*

Toute bactérie aérobie, levure et moisissure, capable de former des colonies dans un milieu de culture nutritif gélosé. Elle constitue un bon indicateur de la qualité hygiénique générale du réseau (**Chigneur, 2013**).

Selon les normes internationales les micro-organismes revivifiables se définissent comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capable de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifique dans les conditions d'essai décrites (**Bengarnia, 2013**).

3.5. *Streptocoques fécaux*

Ce sont des bactéries Gram positif. Les streptocoques du groupe sérologique D de Lancefield, rapprochent aux Coliformes fécaux, ils sont de bons indicateurs de pollution. Par contre, ils sont peu utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont simplement plus résistants aux désinfectants que les coliformes et les autres entérobactéries pathogènes du genre *Salmonelles* ou *Shigella* (**Benmerine, 2017**).

3.6. *Streptocoques Fécaux De Groupe D*

Sont des bactéries présentes dans les selles humaines. Ils appartiennent à la famille des *Streptococcaceae* et sont classés dans le groupe D en fonction de leur réaction biochimique

caractéristique. Ces bactéries comprennent plusieurs espèces, telles que *Streptococcus faecalis* et *Streptococcus faecium* (Murray, 1990 ; Werner et al., 2008).

3.7. *Clostridium*

Le genre *Clostridium*, de la famille des *Clostridiaceae*, regroupe des bactéries Gram positif sporulées apparaissant sous leur forme végétative comme des bacilles en paires ou en chaînettes courtes. La plupart des espèces du genre *Clostridium* sont obligatoirement anaérobiques ; cependant, certaines espèces peuvent être aérotolérantes ou capables de croître dans des conditions aérobies. Le genre regroupe près de 200 espèces, dont seulement quelques-unes sont pathogéniques pour l'humain. Plusieurs espèces sont oxygéniques (poxton, 2006 ; Johnson, 2017).

4. Traitement de l'eau

4.1. Etape de coagulation et de floculation

La coagulation annule les charges électriques des particules en suspension par l'ajout de réactifs minéraux (Bakiri, 2007).

La floculation provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floes peut être améliorée par addition de flocculant (Bakiri, 2007).

4.2. Décantation

Facilitent leur déposition sous l'effet de forces de gravitation ; Il reste à instaurer un régime hydraulique qui permet à ces floes, relativement assez légers, de se déposer dans un ouvrage d'où l'on pourra les ôter commodément. Ainsi, la décantation est l'opération d'élimination de particules qui ont une densité relative supérieure à celle de l'eau. A la fin de cette opération de traitement, il faut envisager le traitement des boues accumulées au fond du bac de décantation (Kouidri, 2006).

4.3. Désinfection

La désinfection est réalisée par des agents désinfectants (chlore, dioxine de chlore ou ozone), par traitement aux ultra-violetts ou par procédés physiques comme la filtration sur membranes. Comparée au chlore, l'ozone permet une bonne désinfection, sans risque de sous-produits chlorés ni de défaut de goût, mais il n'est pas pérenne. Une fois traitée, l'eau doit voyager dans les canalisations pour atteindre les robinets. Si aucune désinfection finale n'était prévue, la qualité de l'eau du robinet pourrait se dégrader. C'est pourquoi on ajoute une infime quantité de chlore (équivalente à une goutte pour 1000 litres) pour détruire les dernières bactéries et préserver la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations (Cieau, 2023).

Le traitement final prend également en compte la protection des réseaux et des tuyauteries. La mise à l'équilibre calco-carbonique permet d'éviter les problèmes d'entartrage ou de corrosion des tuyauteries, l'eau doit être la plus proche possible de l'équilibre en bicarbonate de calcium, CO₂ et carbonate de calcium. Les eaux insuffisamment minéralisées dites agressives sont neutralisées ou reminéralisées. Alors que les eaux trop minéralisées dites incrustantes sont soumises à une décarbonatation (**cieau, 2023**).

5. jar test

Le flocculateurs, ou Jar Testeur consiste à ajuster la quantité de produits chimiques de traitement et l'ordre dans lequel ils sont ajoutés aux échantillons d'eau brute contenus dans des béchers. L'échantillon est ensuite brassé afin de pouvoir observer la formation, le développement et la sédimentation du floc comme dans une station d'épuration à grande échelle (Site web 6).

Partie
expérimentale.

Chapitre I :
Matériel et méthode

1. Présentation de lieu de stage

1.1 Introduction

La Wilaya de Mila est située dans le nord-est Algérien, Elle occupe une superficie totale de 3480,54 km² soit 0,14 % de la superficie total du pays pour une population qui s'élevait en Décembre 2011 à 810370 habitants, C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes. Limitée par 6 wilayas :

- Au Nord-ouest par la wilaya de Jijel ;
- Au Nord-est par la wilaya de Constantine et Skikda ;
- À l'Ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au Sud-est par la wilaya d'Oum-El Bouaghi ;
- Au sud par la wilaya de Batna.

Elle est un climat variable ; l'été chauds et l'hiver sec frisquet, précipitation et partiellement nuageux, leur température est variée généralement de 4° à 35°.

Parmi les ressources d'eau potable dans la wilaya le grand barrage de Beni Haroun qui traité dans la station de Ain Tinn.

1.2 Présentation de commune Ain Tinn

Le centre d'Aïn Tinn est créé en 1874, il prendra ensuite le nom de Belfort une fois devenu une commune de plein exercice le 23 novembre 1802. La commune sera intégrée à celle de Mila en mai 1963, avant de redevenir une commune en 1984.

- La commune est composée de deux villages principaux : Aïn Tinn et Azeba Lotfi.
- Hameaux : Douar Ben Zekri, Mechtat Ben Loucif, El Djiar.
- Lieux-dits : Aïn Belayad, Aïn Lagha, Bechra El Hamra, Retba, Draa Labiad, Oued Koton.

1.3 Définition de station de traitement de l'eau potable d'Ain Tinn

La station d'Ain Tinn est alimentée par les eaux du barrage de Béni Haroun et est capable de fournir de l'eau potable. Elle est équipée de différents ouvrages pour assurer cette fonction. Le barrage de Beni Haroun est alimenté par différentes sources telles que les pluies, les oueds et les eaux épurées, qui contiennent un degré élevé de pollution nécessitant un traitement adéquat. Pour cela, plusieurs procédés d'analyse et l'ajout de produits chimiques sont nécessaires afin d'améliorer la sécurité de l'eau en éliminant les micro-organismes et les matières organiques. En effet, les micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les parasites peuvent transmettre des maladies aux humains. Les procédés de traitement

permettent également d'améliorer l'apparence, le goût, l'odeur et la turbidité de l'eau (Documentation de la station).

1.4 Présentation de la station de traitement Ain Tinn

La station de traitement Ain Tin est composée de 21 ouvrages, avec une capacité de traitement de 64 500 m³/j pour la première phase (2015) et de 86 000 m³/j pour la deuxième phase (2030).

La conduite d'eau brute arrive à l'entrée du brise-charge de la station de traitement Ain Tinn en passant par une vanne de régulation de pression DN 800, avec un by-pass DN 600. Des dispositifs de fixation et d'isolation acoustique sont également prévus pour éviter la transmission des vibrations et des bruits.

Le réservoir d'eau traitée, d'une capacité de 22 000 m³, est situé juste en aval de la station de traitement.

Toute la tuyauterie de la station de traitement est conçue pour être compatible avec les réactifs utilisés (Documentation de la station).



Figure 4. Station de traitement d'Ain Tinn

1.5 Situation géographique

La station de traitement est située sur les marges septentrionales des hautes plaines au Nord- Est de l'Algérie à une dizaine de kilomètre à l'Oust de la ville de Mila, délimité :

- Au Nord et l'Oust : par Mila.
- Au Sud : par sidi Khalifa.
- A l'est : par la wilaya de Constantine et les commune d'Ibn Ziad (**Documentation de la station**).

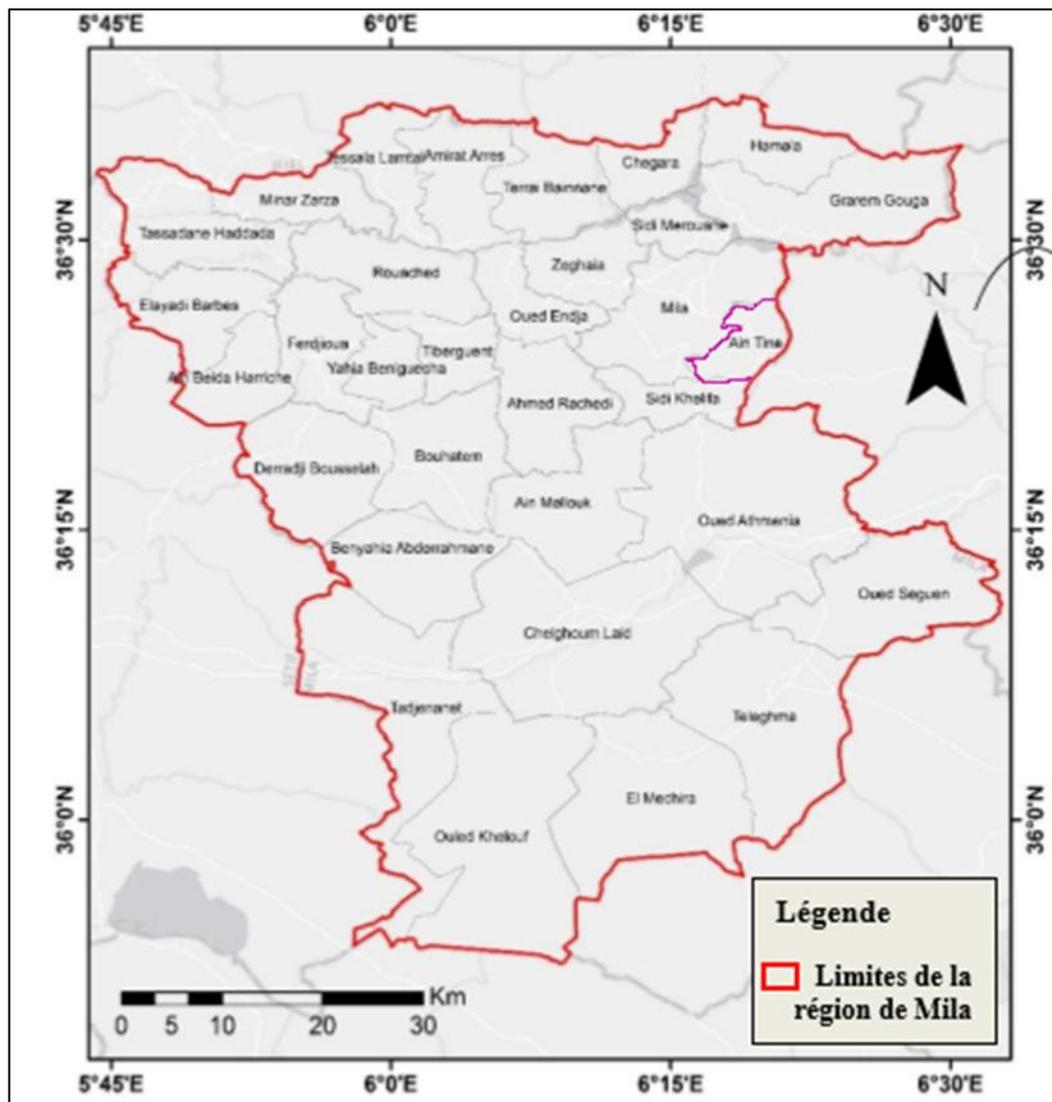


Figure 5. Situation géographique d'Ain Tinn

1.6 Climat

Les paramètres climatiques influencent les analyses et le traitement des eaux. Il est donc nécessaire de mettre en évidence les facteurs climatiques de la région tels les températures, les précipitations et les vents. Les données météorologiques sont issues de la station météorologique Ain Tinn.

1.6.1 Température

Les températures moyennes mensuelles et annuelles Ain El-tine durant la période (2010-2019) sont données par le tableau suivant :

Tableau 3. Résultats de température d'Ain Tinn

Mois	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
T(°C)	8,9	9,0	11, 3	14,5	17,7	23,4	28,3	26,3	22,3	18,7	13,2	9,7	20,36

Le mois de Janvier est le plus froid alors que les mois d'Août et juillet sont considérés les plus chaud. Les températures varient entre 8.9 °C et 28.6 °C (**Beldi, 2022**).

1.6.2 Précipitations

Les précipitations sont des facteurs climatiques essentiels en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole. La variation de précipitations annuelles est le fait marquant dans cette wilaya (**Kadjoudj, 2022**).

La précipitation dans la région d'Ain El-tine équivaut à 960.154mm. Ainsi le mois de Novembre est le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 189.33mm. Le mois de juillet est le mois plus sec avec une précipitation moyenne de 1.91mm (**Beldi, 2022**).

Tableau 4. Résultats de précipitation d'Ain El-tine

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
P(mm)	83	99	96	55	51	25	7	24	32	58	70	73	673

1.6.3 Vents

Le vent est l'un des facteurs écologiques limitant dans certains biotopes. Il a un rôle mécanique remarquable dans la qualité d'eau. Le vent est un facteur omniprésent dans la région de Mila parfois violent (**Kadjoudj, 2022**).

1.6.4 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

C'est encore à l'heure actuelle un des représentations graphiques les plus utilisées. Ces diagrammes figurent, sur un même graphique, les courbes de pluies et de températures, qui permettent de délimiter la durée de la période sèche où : $P < 2 T$.

P : Précipitations moyennes mensuelles. T : Température moyenne mensuelle.

Le climat est sec lorsque la courbe des températures est au-dessus de celle des précipitations et humide dans le cas contraire (**Laala, 2009 ; Hakemi, 2019**).

Pour établir ce type de diagramme, on utilise la formule : $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$. D'après le graphe ci dessous (Figure), nous arrivons à déterminer la période sèche pour la wilaya de Mila qui s'étale entre avril et octobre avec quelques pluies à la mi-septembre (Beldi, 2022).

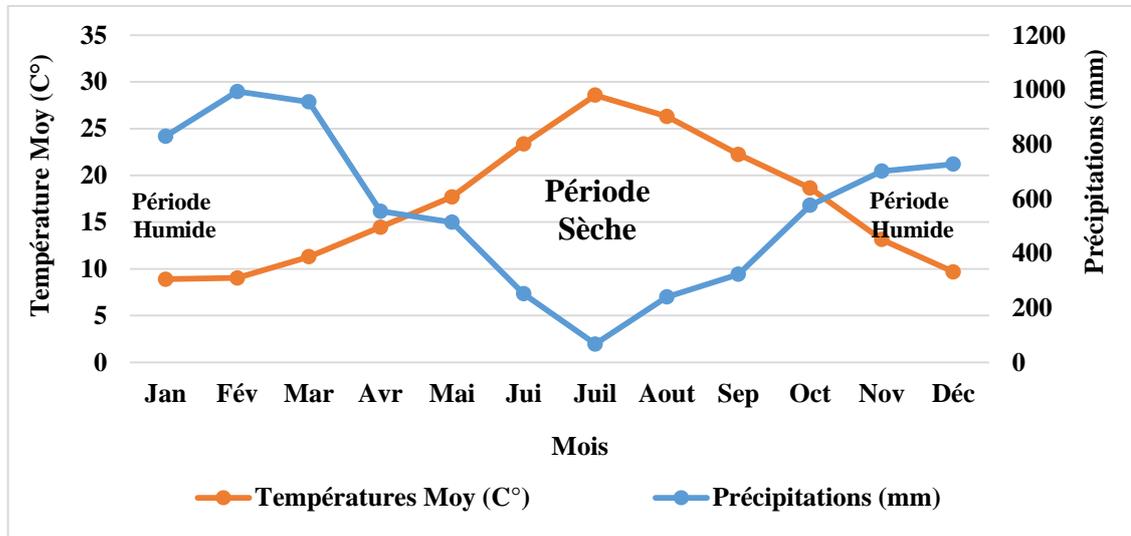


Figure 6. Diagramme Ombrothermique de la wilaya de Mila sur 10 ans (2010-2019) (Beldi, 2022)

1.7 Hydrologie

Les éléments fondamentaux de l'hydrologie locale sont les oueds qui drainent tout le territoire et s'écoulent du Sud vers le Nord (barrage Beni Haroun).

Un peu partout dans la région, il existe un certain nombre de sources sans importance (Documentation de la station).

1.8 Capacité nominale

La capacité nominale de la station est de $64\,500 \text{ m}^3/\text{j}$ basé sur un approvisionnement en eau brute de $67\,725 \text{ m}^3/\text{j}$ et un débit d'eau de lavage recyclé maximal de 5%.

La station est dimensionnée pour permettre une production nominale horaire de $64\,500 \text{ m}^3/\text{j} / 19 \text{ heures} = 3\,395 \text{ m}^3/\text{h}$ et un débit d'approvisionnement en eau brute de $67\,725 \text{ m}^3/\text{j} / 19 \text{ heures} = 3\,565 \text{ m}^3/\text{h}$.

Toutefois en régime normal, il est recommandé de favoriser un fonctionnement à débit constant de la station sur 24 heures afin d'éviter les perturbations que peuvent occasionner les arrêts de production (Documentation de la station).

1.9 Arrivée d'eau brute

La station de traitement Ain El-tine est alimentée soit par le bassin tampon 20.000 m^3 , soit par retour à partir du barrage réservoir d'Oued El Athmania

exclusivement alimenté par le barrage de Beni Haroun situé à environ 20 km de la station de traitement.

Les eaux du bassin de Beni Haroun, qui est alimenté par les eaux de l'oued Rhimel et Oued Endja, permettant de produire suffisamment d'eau potable Pour toute l'agglomération de Mila et ses communes, et d'approvisionnement en eau potable des villes de Mila, Constantine et les régions avoisinantes.

La station de traitement d'Ain Tinn est donc conçue afin d'assurer une production continue en eau potable (**Documentation de la station**).



Figure 7. Barrage de Beni Haroun

2. Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons résumer le protocole analytique suivi ainsi que le matériel utilisé durant la partie pratique de ce mémoire. Toutes les analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de station d'Ain Tinn.

2.1 Analyses physico-chimiques

Une eau potable du point de vue chimique doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable. A l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute autre substance toxique.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les appareils utilisés dans toutes les analyses :

Tableau 5.les appareillages utilisés dans les analyses.

Paramètres	Appareillages
<p>pH mètre qui mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Température. ❖ Ph. 	
<p>Multimètre qui mesure:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Conductivité. ❖ Oxygène dissous. ❖ Chlorure. ❖ L'azote ammoniacal et le nitrate. 	
<p>Turbidimètre qui mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Turbidité. 	

<p>Comparteur pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Chlore libre. ❖ Chlore totale. 	
<p>Jar test.</p>	

2.1.1 Mesure de pH et Température

- **Principe:**

- a. **Température:**

Il est important de connaître la température des eaux. Car elle permet de corriger les autres paramètres d'analyse.

La température doit être mesurée in situ. Pour avoir une idée globale sur l'environnement ainsi pour étalonner d'autres appareillages comme le conductimètre et le pH-mètre. Ceci consiste à plonger la sonde du thermomètre dans l'échantillon, on attend que la valeur se stabilise, et on la note. la valeur mesurée qui est donnée en (C°) .

- b. **pH:**

La détermination électro métrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel KCl saturé) qui plongent dans une même solution cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution. Selon la Loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ présent par la relation.

- **Mode opératoire:**

➤ Assurer que le pH-mètre est correctement branché à une source d'alimentation électrique. Après avoir effectué un rinçage, plongez les deux sondes (sonde de température et sonde de pH) dans le milieu à analyser. Attendez que les lectures du pH et de la température se stabilisent (environ 1 minute) et noter les deux valeurs.

2.1.2 Mesure de la conductivité électrique

- **Principe:**

Elle est Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèle.

- **Mode opératoire:**

Pour effectuer une mesure de la conductivité, suivez ces étapes :

➤ Plongez la sonde du conductimètre dans le bécher contenant l'eau à analyser. Tapotez légèrement la sonde sur le fond du bécher pour éliminer toutes les bulles d'air qui pourraient affecter la mesure. Allumez l'instrument en appuyant sur le bouton ON/OFF et sélectionnez la gamme de mesure appropriée. Attendez un moment pour que la lecture se stabilise, puis prenez la mesure.

2.1.3 Mesure de la turbidité

- **Principe:**

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le phénomène dit Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir une cuve de mesure avec l'échantillon à analyser (eau). Assurer que la cuve soit propre. Essuyer la cuve avec un chiffon propre. Éliminer les bulles d'air. Effectuer une légère agitation pour homogénéiser l'échantillon. Insérer la cuve dans l'appareil. Après Lire le résultat.

2.1.4 Mesure de chlore résiduel (chlore libre)

- **Principe:**

En mesure le chlore résiduel déterminer la quantité du chlore libre dans l'eau par le comparateur.

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir une cuve de mesure avec l'échantillon à analyser (eau). S'assurer que la cuve est propre. Essuyer la cuve avec un torchon propre. Éliminer les bulles d'air. Ajouter une pastille

de DPD1. Effectuer une légère agitation pour homogénéiser l'échantillon. Insérer la cuve dans l'appareil. Comparer les résultats à l'aide d'un comparateur.

2.1.5 Mesure de chlore totale

- **Principe:**

En mesure la quantité du chlore total dans l'eau par le comparateur.

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir une cuve de mesure avec l'échantillon à analyser (eau). Assurer que la cuve est propre. Essuyer soigneusement la cuve avec un torchon propre. Après éliminer toutes les bulles d'air présentes. Ajouter une pastille de DPD4. Effectuer une légère agitation pour homogénéiser l'échantillon. Enfin Comparer les résultats à l'aide d'un comparateur.

2.1.6 Mesure de chlorure

- **Principe:**

En mesure la quantité de chlorure dans l'eau analysée par un multimètre.

- **Mode opératoire:**

➤ Pour effectuer une mesure de chlorure, plonger la sonde dans le bécher contenant l'eau à analyser. Tapoter légèrement la sonde sur le fond du bécher afin d'éliminer toutes les bulles d'air. Après Allumer l'instrument en appuyant sur la touche ON/OFF et sélectionnez la plage de mesure appropriée. En fin Attendre un moment pour que la lecture se stabilise, puis noter-la.

2.1.7 Mesure d'oxygène dissous

- **Principe:**

La mesure de l'oxygène dissous (OD) permet d'évaluer la quantité d'oxygène gazeux présente dans l'eau. L'oxygène dissous joue un rôle essentiel dans la plupart des processus biologiques. De plus, il est impliqué dans les réactions de dégradation biochimique et chimique.

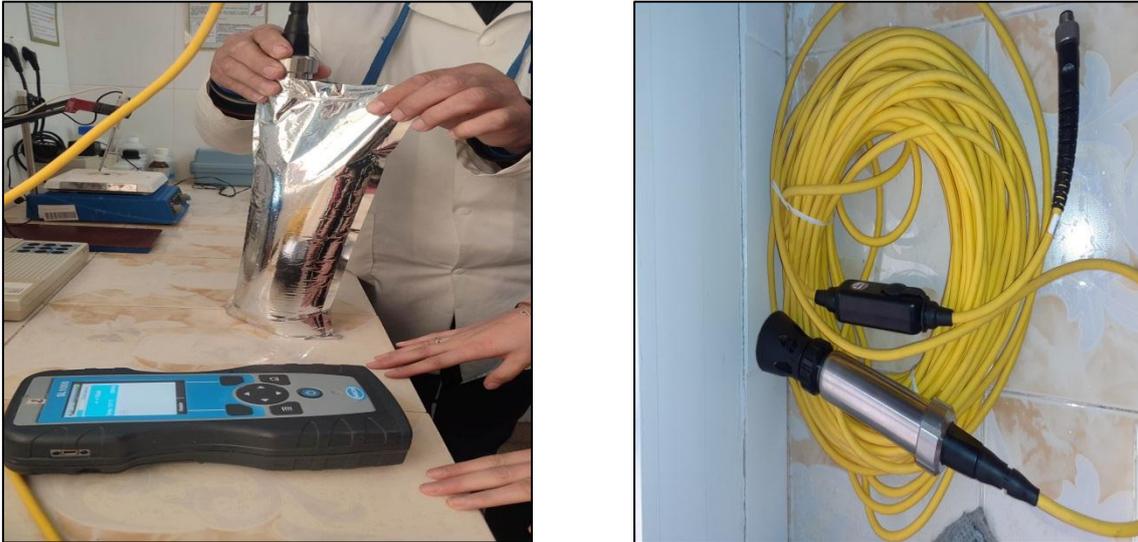


Figure 8. Appareillage de l'oxygène dissous.

- **Mode opératoire :**

➤ Pour effectuer une mesure d'oxygène dissous, plonger la sonde dans un sachet carbonique contenant l'eau à analyser. Taper légèrement la sonde contre le fond du sac pour éliminer toutes les bulles d'air. Allumer l'instrument en appuyant sur la touche ON/OFF et sélectionner la gamme de mesure appropriée. Attendre un moment pour que la lecture se stabilise, puis prendre la mesure.

2.1.8 Mesure d'azote ammoniacal (NH_4^+) et Nitrates (NO_3^-)

- **Principe:**

Les mesures de l'Azote ammoniacal (NH_4^+) et nitrates NO_3^- sont effectuées à l'aide d'un Multimètre. Les sondes des mesureurs sont introduites dans un bécher de 100 ml contenant de l'eau à analyser. La lecture est faite après stabilisation des valeurs d'Azote ammoniacal (NH_4^+) et nitrates (NO_3^-).

- **Mode opératoire:**

➤ Pour effectuer une mesure d'azote ammoniacal (NH_4^+) et de nitrates (NO_3^-), plonger la sonde d'azote ammoniacal (NH_4^+) et de nitrates (NO_3^-) dans le bécher contenant l'eau à analyser. Tapoter légèrement la sonde sur le fond du bécher pour évacuer toutes les bulles d'air. Allumer l'instrument en utilisant la touche ON/OFF et sélectionner la gamme de mesure appropriée. Attendre un moment pour la stabilisation de la lecture, puis prendre la mesure.

2.1.9 Mesure des matières organiques

- **Principe:**

L'échantillon de prise d'essai contenant des matières oxydables est soumis à une oxydation en utilisant un excès de permanganate de potassium, dans un milieu acide et à

ébullition pendant 10 minutes. Ensuite, l'excès de permanganate est réduit en ajoutant une solution d'oxalate de sodium en excès connu.

Enfin, l'excès d'oxalate de sodium est titré en utilisant du permanganate de potassium.

- **Les Réactifs:**

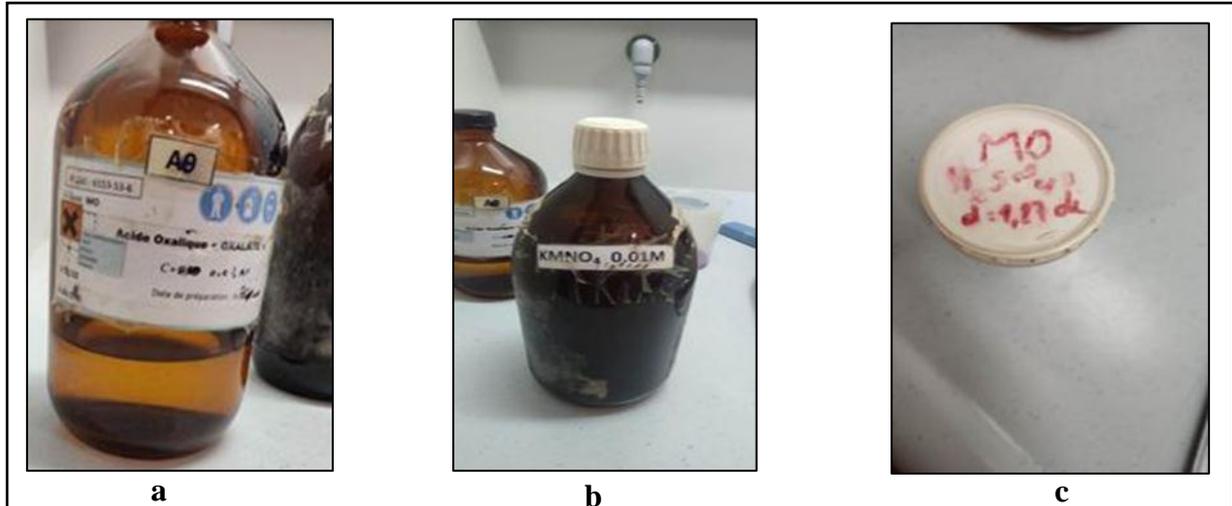


Figure 9. a : Acide oxalique, b: KMnO_4 , c : H_2SO_4 .

- **Mode opératoire :**

➤ Prélever 100 ml d'eau traitée. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) dilué et porter à ébullition pendant 1 minute. Après Ajouter 15 ml de permanganate de potassium (KMnO_4) à 0.01 N et poursuivre l'ébullition douce et régulière pendant 10 minutes. Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0.01 N. Effectuer un titrage à chaud avec du permanganate de potassium (KMnO_4) à 0.01 N jusqu'à obtenir une coloration rose clair qui persiste pendant 15 à 20 secondes.

Note :

Le même essai mais il est nécessaire d'utiliser un échantillon d'eau distillée. On titre en retour l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.

- **Mode opératoire:**

➤ Prendre 100 ml d'eau à distillée. Ajouter 5 ml d' H_2SO_4 dilué et porter à ébullition pendant 1 minute. Ajouter 15 ml de KMnO_4 à 0,01 N et poursuivre une ébullition douce et régulière pendant 10 minutes. Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0,01 N. Titrer à chaud avec du KMnO_4 à 0,01 N jusqu'à obtenir une coloration rose clair qui persiste pendant 15 à 20 secondes.

- ❖ **Concentration de matière:**

$$\text{MO (mgO}_2\text{/l)} = (\text{V}_{\text{ech}} - \text{V}_0) \cdot \text{F} \cdot \text{K}$$

V_{ech} : volume d'échantillon à 0.01N.

V_0 : volume de KMnO_4 à 0.01N essai à blanc.

F : facteur de correction de la solution de KMnO_4 a 0.01N.

K : constate 0,8.

2.1.10 Mesure de la durezza totale TH (Ca^{2+} et Mg^{2+})

- **Principe:**

Les ions alcalino-terreux présents dans l'eau peuvent former un complexe chélate avec le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA).

La détection des dernières traces d'éléments libres à doser est réalisée en observant le changement de couleur d'un indicateur spécifique. Dans un milieu correctement tamponné pour éviter la précipitation du magnésium, il est possible de doser la somme des ions calcium et magnésium.

- **Réactifs:**

- Noir urochrome T (Net) en poudre ou en solution.
- Solution de NH_4OH .
- Eau a analysée.
- Solution EDTA.

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir la burette avec la solution d'EDTA jusqu' au trait zéro. Introduire 50ml d'eau à analyser dans l'erenmeyer. Ajouter 04 ml de NH_4OH . Ajouter le NET. La solution vire au rouge vineux en présence de TH. Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage au bleu claire (la réaction est accélérée par chauffage à 45°c). Lire le TH directement en degré français sur la burette.

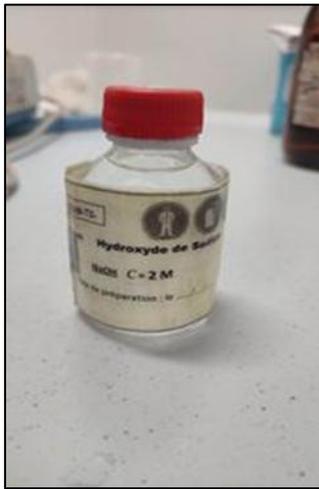
$$[\text{Mg}^{2+}] = \text{TH} - \text{Tca}^{2+}$$

2.1.11 Mesure de titre calcique Ca^{2+}

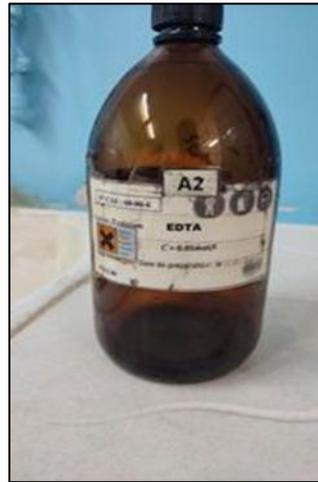
- **Principe:**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13, l'indicateur utiliser est le murexide qui forme un complexe bleu avec le calcium.

- **Réactif:**



a



b



c

Figure 10. a: NaOH, b: EDTA, c: murexide

- **Mode opératoire:**

➤ Préparer la burette en la remplissant avec la solution d'EDTA jusqu'au repère zéro. Dans un erlenmeyer, verser 50 ml d'eau à analyser. Ajouter 2 ml de NaOH. Incorporer une petite quantité de poudre de MUREXIDE (indicateur coloré). Verser la solution d'EDTA progressivement jusqu'à obtenir un changement de couleur bleu-violet. Lire directement la valeur en degrés français sur la burette.

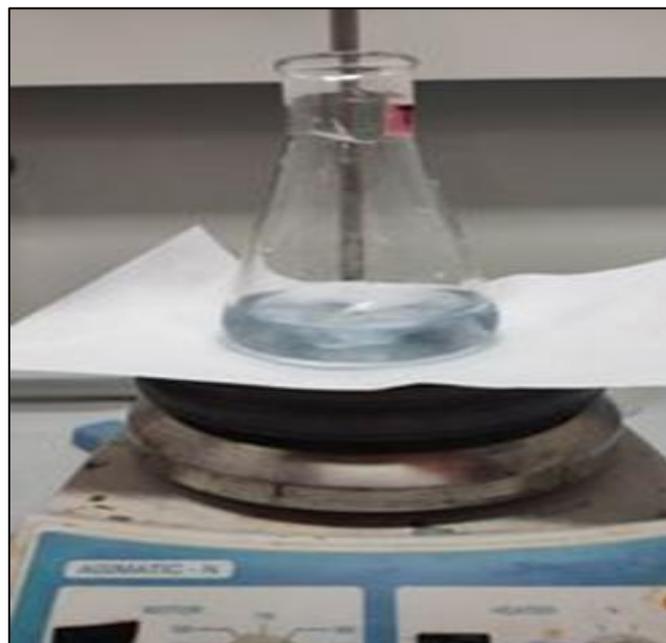


Figure 11. Résultat de titrage de Tca.

2.1.12 Mesure de l'alcalimétrie complet TAC

- **Principe :**

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

- **Les réactifs:**

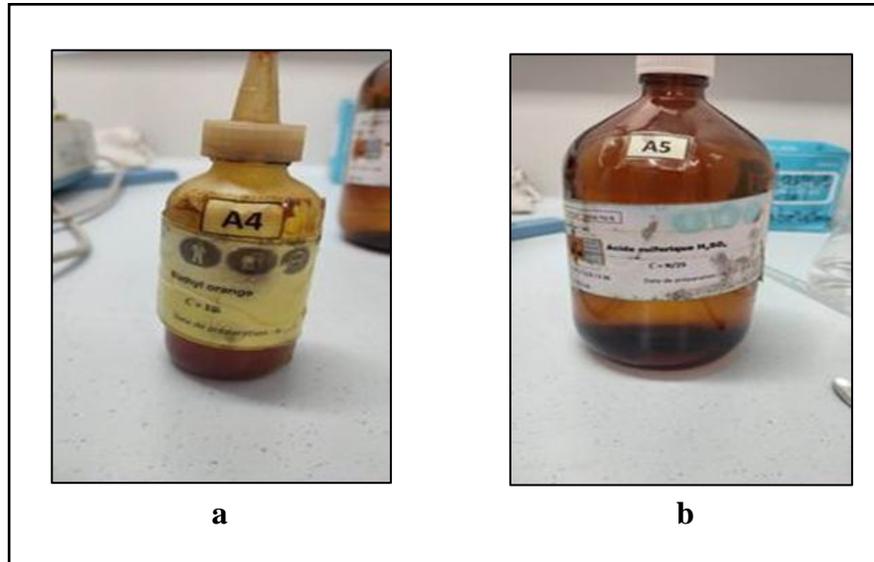


Figure 12. a : Methyl Orange, b : Acide Sulfurique

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir la burette avec Acide sulfurique jusqu'au traité zéro. Introduire 100 ml d'eau à analyser dans l'erenmeyer. Ajouter 2 à 3 gouttes de méthyle orange à la solution, celle-ci prendra une teinte jaune.



Figure 13. Résultat de titrage de TAC.

2.1.13 Mesure de degrés chlorométrique (Chl°)

- **Principe**

Il mesure la capacité oxydante d'un litre d'eau de Javel à une température de 20°C, exprimée en volume de dichlore gazeux. Ce volume représente la quantité de dichlore gazeux utilisée dans la fabrication de l'eau de Javel. Cette mesure est réalisée à l'aide de la technique de titrimétrie.

- **Réactifs:**

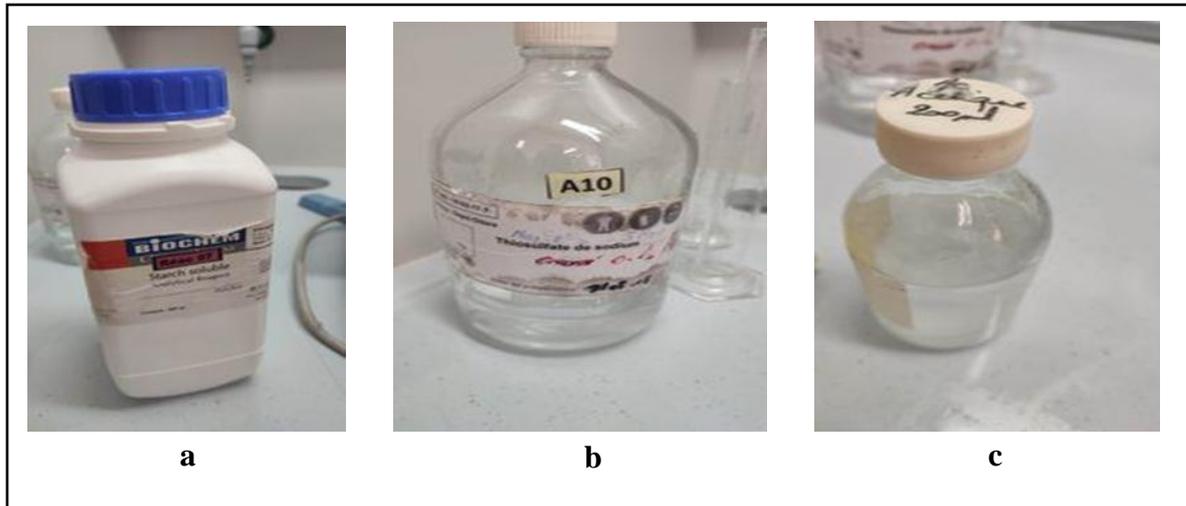


Figure 14. a: Thiosulfate de sodium, b: Amidon, c: Acide acétique.

- **Mode opératoire:**

➤ Remplir la burette avec du thiosulfate de sodium jusqu'au trait zéro. Prendre 50 ml d'eau distillée et ajouter 2/3 g de poudre de KI dans une éprouvette, puis mélanger à l'aide d'une cuillère. Prendre également 9 ml d'eau distillée et y ajouter 1 ml d'eau de Javel pour effectuer une dilution de l'eau de Javel. Verser 100 ml d'acide acétique dans un erlenmeyer. Ajouter 50 ml de la solution (eau distillée + KI), 10 ml de la solution diluée d'eau de Javel, ainsi qu'une petite cuillère d'amidon (pour accélérer la réaction) dans l'erlenmeyer. La solution prend une couleur marron foncé. Titrer la solution avec du thiosulfate de sodium jusqu'à ce que la couleur disparaisse complètement (et laisse apparaître une couleur transparente).



Figure 15 . Résultat de titrage de degré chlorométrique.

❖ **Concentration en chlore active :**

Calculer par l'équation suivante :

$$[Cl] = K1. V. D. C. K2$$

$$[Cl] = 3,546. V. 10 .0,1. 1$$

K1 : constant = 3,546

V : volume de titrage

C : concentration de thiosulfate de sodium = 0,1

D : coefficient de dilution = 10

K2 : constant = 1

- Degrés chlorométrique (ChL°):

$$ChL^{\circ} = \frac{\text{Degrés chlorométrique}}{3,17}$$

2.1.14 Mesure de la demande en chlore

- **Principe:**

Déterminer la quantité d'eau de javel nécessaire pour l'eau donc la détermination de la concentration en chlore qu'il est nécessaire d'introduire dans l'eau brute pour assurer une bonne oxydation et désinfection par l'appareil comparateur.

- **Mode opératoire:**

➤ Préparer 12 flacons remplie d'eau filtrée (chaque flacon remplie par 1000 ml). Prendre 10 ml d'eaux distillée et eau de javel selon l'équation suivant :

$$C1.V1 = C2.V2$$

C1 : concentration de chlore active.

V1 : l'inconnu.

C2 : 1 g/l.

V2: 100 ml.

Donc:

$$V1 = \frac{C2.V2}{C1}$$

- Prendre V1 d'eau de javel et remplir éprouvette jusqu'à 10 ml par l'eau distillée.
- Prendre la solution (javel / eau distillée) à l'aide d'une pipette graduée ajouter des doses croissantes dans chaque flacon selon le tableau suivant :

flacons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cl injecté	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6	6,4	6,8

- Fermer hermétiquement les flacons, agiter-les et placer-les à l'abri de la lumière. Après 30 minutes de contact, mesurer la teneur en chlore dans chaque flacon.
- Prélever 10 ml de la solution de chaque flacon et transférer-la dans un tube à essai.
- Ajouter dans chaque tube à essai le réactif DPD correspondant, c'est-à-dire DPD1, DPD4 ou DPD3 selon la forme de chlore.
- ✓ DPD1 pour: chlore active.
- ✓ DPD 4 pour: chlore total.
- ✓ DPD 3 pour: chlore combiné.
- Mesure par l'utilisation d'un comparateur.
- Tracer une courbe selon les résultats.
- Comparer résultat de la courbe de chlore avec le chlore injecté.
- Point de rupture c'est la meilleure quantité de chlore injecté dans un litre.



Figure 16. a : comparateur, b: pilule DPD N°1.

2.1.15 Jar -test

- **Coagulation floculation:**

Est un procédé de traitement physico-chimique de l'eau qui consiste à ajouter des réactifs chimiques (coagulant ; floculant ; acide sulfurique) à l'eau brute pour éliminer les colloïdes présents dans cette dernière.

- **Coagulant:**

C'est un produit chimique ou organique afin de favoriser la coagulation des colloïdes contenus dans l'eau à traiter, comme le sulfate.

- **But de cette expérience c'est :**

La détermination de la dose optimale de coagulant et floculant (polymère) injecter au quelle sont action est la plus efficace.

- **Principe:**

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar- test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après certain temps, on effectue différentes mesures sur l'eau décantée afin d'évaluer sa qualité. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

- **Réactifs:**

- Solution de sulfate d'alumine (coagulant) : $Al_2(SO_4)_3$.
- Solution de floculant (polymère)

- **Mode opératoire:**

➤ Dans chacun des 6 béchers, on verse un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le flocculateur. On met les béchers dans l'appareil ; on allume l'appareil et on règle la vitesse de rotation en 180rpm/min ; le temps 10min. On ajoute des concentrations croissantes de sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ mg/l dans les 06 béchers, exemple (5 ;10 ;15 ; 20 ;25 ;30) au même temps, la vitesse 180rpm pour 5 minutes (on augmente la vitesse petit à petit) ; l'agitation se fait rapidement. Ensuite, des quantités égales de polymère (0,2 mg/l) sont versées dans les 6 béchers, et la vitesse de rotation est réduite à 40 tours par minute pendant 15 minutes (agitation lente). Les béchers sont laissés en décantation pendant 30 minutes. Le pH de chaque bécher est mesuré à l'aide d'un pH-mètre. La turbidité de chaque bécher est

mesurée à l'aide d'un turbidimètre. Il est nécessaire de rincer les équipements après chaque essai avec de l'eau distillée.

- À la fin de l'expérimentation on détermine la quantité de coagulant et flocculant qui permet d'obtenir les meilleurs résultats pour l'eau plus limpide ; les floccs les plus gros et mieux décantent.



Figure 17. Etapes d'analyse jar-test.

2.2 Analyses bactériologiques

L'objectif de l'analyse microbiologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes ou celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre (*coliformes totaux et fécaux*, ainsi que les *streptocoques fécaux*). En particulier, ils se trouvent dans l'intestin de l'homme et leur présence indique une contamination fécale.

2.2.1 Méthode d'analyse par filtration

Cette technique permet la mise en évidence des germes grâce à des membranes (filtres) poreuses dont les pores ont un diamètre très réduit qui retiennent les microorganismes. Ces microorganismes seront ensuite isolés sur des milieux d'isolement spécifiques. Cette méthode est rapide, simple, normalisée, mais nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration.

- **Mode opératoire de filtration**

- Tout d'abord, il faut stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec Bunsen. Mettre en place de façon aseptique une membrane de filtration entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de pétrie de 45mm de diamètre.



Figure 18. Les étapes d'analyses par filtration.

2.2.2 Recherche des *coliformes totaux* (CT) et *fécaux* (CF)

- **Principe :**

Cette méthode peut détecter la présence de *coliformes totaux*, *fécaux* et *E. coli* dans des échantillons d'eau. Bien qu'*Escherichia coli* puisse être éventuellement présent dans les eaux destinées à la consommation humaine, on le détecte en comptant les colonies obtenues sur milieu solide (gélose). *E. coli* est utilisé comme un indicateur de la présence éventuelle de microorganismes pouvant causer des maladies, tandis que les coliformes totaux indiquent à leur tour la présence d'une pollution organique détectable.

- **Mode opératoire:**

- ❖ **Pour les *coliformes totaux*:**

Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen. Filtrer 100ml d'eau. Ensemencer la membrane de 0,45 micromètre qui renferme les germes, dans une boîte de pétri contenant de la gélose TTC TERGITOL. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48heures.

- **Lecture :**

Après l'incubation, les *coliformes totaux* et apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangés et dénombrer le nombre des colonies.



Figure 19. *Coliformes totaux.*

- ❖ **Pour les *coliformes fécaux* :**

Placer s'il y a des colonies (CT) à l'aide d'une pince stérile dans 5 tubes cloche du milieu Schubert. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.



Figure 20. La confirmation des *coliformes fécaux*.

- Lecture :

Après 24 heures d'incubation à 44 °C, les tubes positifs contiennent deux conditions sont :

- Troubles de l'eau.
- Boules d'air plus de 10% dans les cloches.

❖ Pour les *Escherichia coli*:

Adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs dans les tubes positifs.



Figure 21 . La confirmation des *E. Coli*.

- **Lecture :**

Après 10 secondes :

- Apparition de l'anneau rouge indiquent l'*Escherichia coli*.



Figure 22 . *Escherichia coli*.

2.2.3 Recherche des *streptocoques fécaux*

- **Principe:**

Après la filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices favorisant la croissance sélective des colonies de *streptocoques fécaux*.

- **Mode Opératoire**

- ❖ **Pour les streptocoques fécaux:**

Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen. Filtrer 100 ml d'eau par la mallette de filtration. Retirer l'entonnoir et transférer la membrane à l'aide de la même pince stérile et placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose Slanetz et Bartley. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures.

- **Lecture:**

Après 48 heures d'incubation, les *streptocoques fécaux* apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombés qui peuvent être dénombré.

- ❖ **Pour les streptocoques fécaux du groupe D :**

➤ Transférer la membrane contenue des colonies rouges violets ou roses visibles sur le milieu BEA. Incuber le papier filtre dans l'Etuve pendant 2 heures à 44°C.

- Lecture:

La Lecture après lorsque la transformation des colonies rose ou colonies noir.

2.2.4 Recherche des germes totaux**• Principe:**

L'eau est inoculée par incorporation dans un milieu strictement défini et non sélectif. La lecture est faite après 48 heures d'incubation à 36 °C ou après 72 heures d'incubation à 22 °C. Cette méthode fait cependant subir un choc thermique aux micro-organismes au moment de l'incorporation de la gélose.

• Mode opératoire:

Stérilisation du lieu et des matériels à l'aide de bec bunsen. A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 1 ml (20 gouttes) en double dans deux boites de pétri vides numéroté. Compléter ensuite avec environ 19ml de gélose PCA fondue puis refroidie, Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculation dans la boite et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en formes de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale. Laisser solidifier les boites sur paasse puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche à un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses. Les boites seront partagées en deux Etuve distinctes :

-La première sera incubée à 22°C pendant 72heurs.

-La seconde sera incubée à 37°C pendant 48°heurs.



Figure 23 . Étapes de recherches les *germes totaux*.

- **Lecture :**

- Apparition des colonies dans l'Étuve de 22° cela indique la présence des bactéries originales de l'eau (*Saprophyte*) en abondance.
- Apparition des colonies dans l'Étuve 37° cela indique la présence des bactéries situé dans l'intestin (*Entérobactéries*).

2.2.5 Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (*clostridium*)

• **Principe:**

Au sens de cette méthode, on entend par bactéries *anaérobies sulfito-réductrices* des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à température de 37 °C en 48 heures en gélose profonde de boîte de pétrie. Milieu de culture c'est viande de foie (Additif sulfate de sodium, alun de fer).

• **Mode opératoire:**

Stérilisation du lieu et des matériels à l'aide de bec bunsen. Filtrer 100 ml d'eau par la mallette de filtration. Placer le papier filtre à l'envers dans le boit pétri. Mettre sur le papier filtre la gélose viande foie (Additif sulfate de sodium, alun de fer). Incuber la boit pétrie dans l'étuve 37 °C pendant 48 heures.

- **Lecture:**

Compter alors toutes les colonies noires où les colonies blanc entouré d'un halo noir.



Figure 24 . *Clostridium.*

Chapitre II:

Résultats et Discussions.

Au cours de notre stage pratique d'une durée d'un mois à la station d'Aïn Tinn, nous avons eu l'opportunité d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Ces analyses nous ont permis de recueillir des données précieuses sur la qualité de l'eau brute et traitée au cours des mois de Février, Mars et Avril. Dans ce chapitre, nous présentons les moyennes des résultats obtenus lors de ces analyses, comparées aux normes fixées par les autorités algériennes. Ces normes servent de référence pour évaluer la qualité de l'eau et garantir sa potabilité. L'examen de ces résultats nous permettra de mieux comprendre l'état de la qualité de l'eau dans la région et d'évaluer l'efficacité des traitements mis en place à la station d'Aïn Tinn.

1. Caractérisations physico-chimiques

Tableau 6 . Les résultats physicochimiques de l'eau brute et traite au cours du mois de Février.

Les paramètres	Eau brute	NA (eau brut)	Eau traité	NA (eau traité)
T (°C)	11,86	25	11,79	25
PH	7,36	<6,5 et 9<	7,31	<6,5 et 9 <
Conductivité(µs/cm)	1242,5	2800	1203,5	2800
Turbidité (NTU)	4,54	5	0,32	5
TAC(F°)	14,34	12	14,05	12
TH (mg/l)	281,7	500	275,7	500
TCA (mg/l)	89,6	200	88,48	200
Mg ²⁺ (mg/l)	13,84	150	13,29	150
Matière organique (mg/l)	1,4	5	0,82	5
Oxygène dissous (mg/l)	9,09	5	9,83	5
Sulfate	19,07	400	-	-
NH ₄ ⁺ (mg/l)	1,79	50	1,61	50
NO ₃ -(mg/l)	135,45	4	97,68	0,5
Chlorure(mg/l)	250,07	600	249,55	500

NA : Normes algérien.

Tableau 7 . Les résultats physicochimiques de l'eaux brute et traite au cours du mois de Mars.

Les paramètres	Eau brut	NA (eau brut)	Eau traité	NA (eau traité)
T(C°)	7,62	25	13,25	25
PH	12,47	<6,5 et 9<	7,54	<6,5 et 9<
Conductivité(µs/cm)	1363,80	2800	1248,65	2800
Turbidité (NTU)	4,93	5	0,30	5
TAC (f°)	13,88	12	13,88	12
TH (mg/l)	274	500	244,2	500
TCA (mg/l)	86	200	88,32	200
Mg ²⁺ (mg/l)	14,16	150	5,61	150
Matière organique(mg/l)	1,30	5	1,2	5
Oxygène dissous(mg/l)	8,36	5	9,18	5
Sulfate	22,40	400	-	-
NH ₄ ⁺ (mg/l)	-	50	-	50
NO ₃ ⁻ (mg/l)	-	4	-	0,5
Chlorure(mg/l)	429,78	600	429,12	500

NA: Norms Algérien.

Tableau 8 . Les résultats physicochimiques de l'eau brute et traite au cours du mois d'Avril

Les paramètres	Eau brut	NA (eau brut)	Eau traité	NA (eau traité)
T(C°)	7,62	25		25
PH	15,40	<6,5 et 9<		<6,5 et 9<
Conductivité(µs/cm)	1204,76	2800	1248,89	2800
Turbidité (NTU)	2,03	5	0,24	5
TAC (f°)	13,75	12	13,84	12
TH (mg/l)	276	500	279,6	500
TCA (mg/l)	91,2	200	90,24	200
Mg ²⁺ (mg/l)	11,52	150	12,96	150
Matière organique (mg /l)	0,66	5	0,66	5
Oxygène dissous (mg/l)	8,09	5	9,12	5
Sulfate	17,80	400	-	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	-	50	-	50
NO ₃ ⁻ (mg/l)	-	4	-	0,5

Les graphiques ci-dessous illustrent les moyennes et les variations des analyses physico-chimiques effectuées à la station.

1.1. Température

La température de l'eau est critique car c'est une qualité importante dans les paramètres environnementaux, Elle a une grande influence sur les propriétés physico chimiques des écosystèmes aquatique.

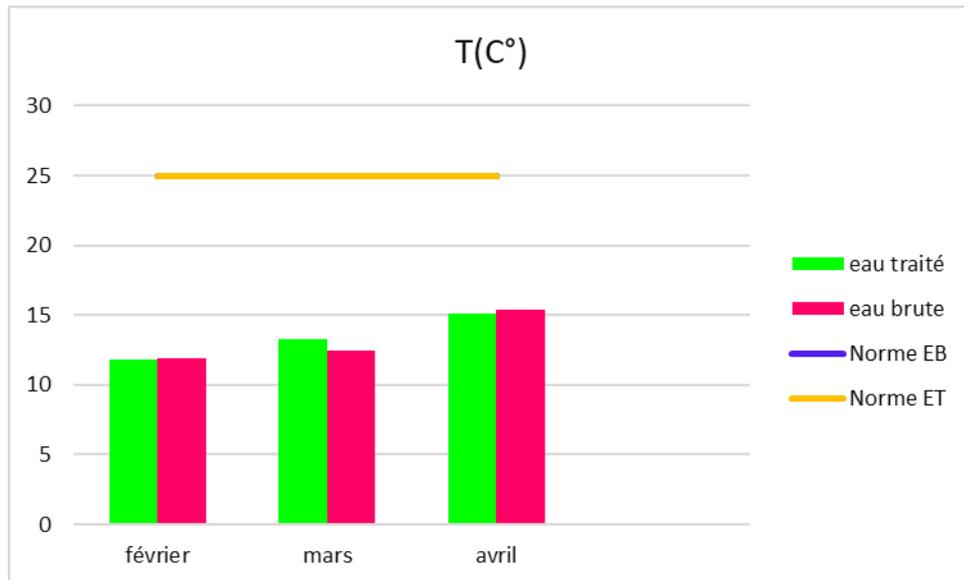


Figure 25 . Variation de la température.

Selon le graphique obtenu pour les mois de Février, Mars et Avril, les valeurs de température pour l'eau brute se situent entre 11,86°C et 15,4°C, tandis que pour l'eau traitée, elles varient entre 11,79°C et 15,1°C. Ces valeurs respectent la norme algérienne fixée à 25°C pour la température de l'eau. L'objectif esthétique pour la température de l'eau potable est de 15°C, ce qui est également respecté par les mesures observées.

1.2. pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Ce paramètre est très important car il montre la stabilité de l'eau, en effet le ph est lié à tous les paramètres de la qualité d'eau

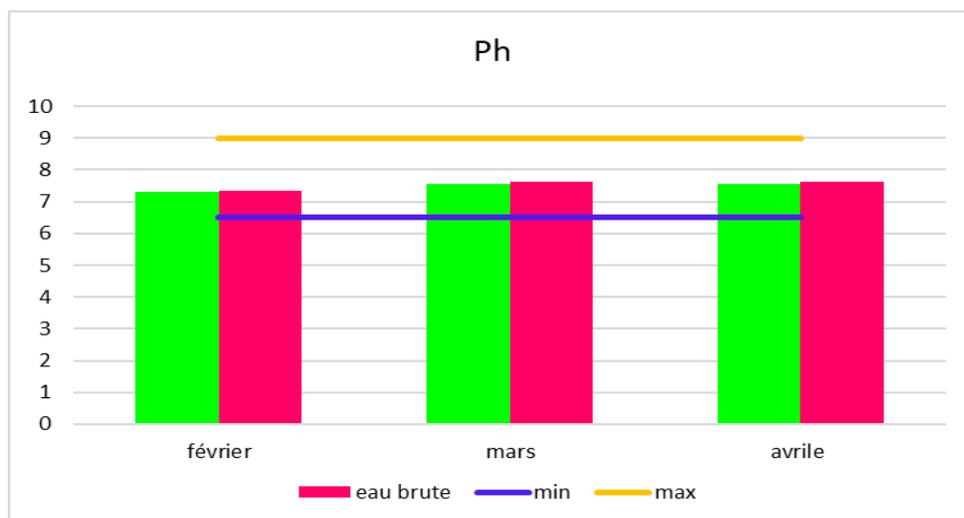


Figure 26 . Variation de ph.

Selon les résultats du graphique, les concentrations de pH dans l'eau brute et traitée pour les mois de Février, Mars et Avril se situent respectivement entre 7,36 et 7,62 et entre 7,31 et 7,51. Ces valeurs de pH sont conformes aux normes de potabilité établies par la norme algérienne, qui préconisent des valeurs comprises entre 6,5 et 9. Par conséquent, les mesures de pH observées respectent les normes de qualité de l'eau potable en Algérie.

1.3. Turbidité

La turbidité est due à la présence des particules en suspension qui troublent l'eau.

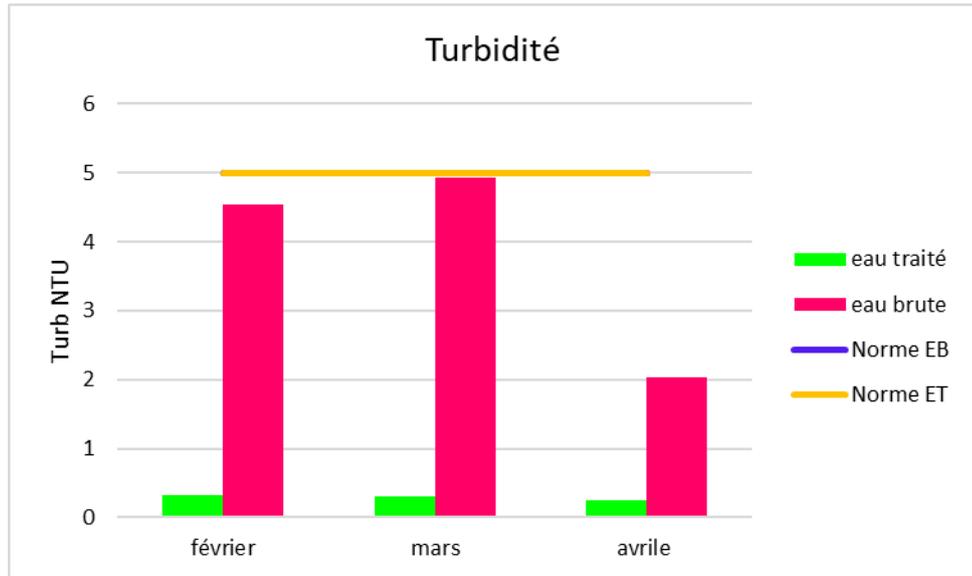


Figure 27 . Variation de la turbidité

Selon le graphique, les niveaux de turbidité pour les mois de Février, Mars et Avril sont compris entre 2 NTU et 5 NTU pour l'eau brute, et entre 0,2 NTU et 0,4 NTU pour l'eau traitée. Ainsi, les deux types d'eau restent en dessous de la norme algérienne fixée à 5 NTU, que ce soit pour l'eau brute ou traitée.

De plus, il est remarqué que la turbidité au mois de mars dans l'eau brute est supérieure à celle des deux autres mois. Cela peut s'expliquer par les précipitations plus abondantes et les risques accrus de pollution pendant cette période par rapport aux autres mois.

Les faibles valeurs de turbidité observées dans l'eau traitée indiquent une efficacité de traitement.

1.4. Conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité d'eau à conduire un courant électrique, elle varie en fonction de la température et est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. La mesure de ce paramètre permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau.

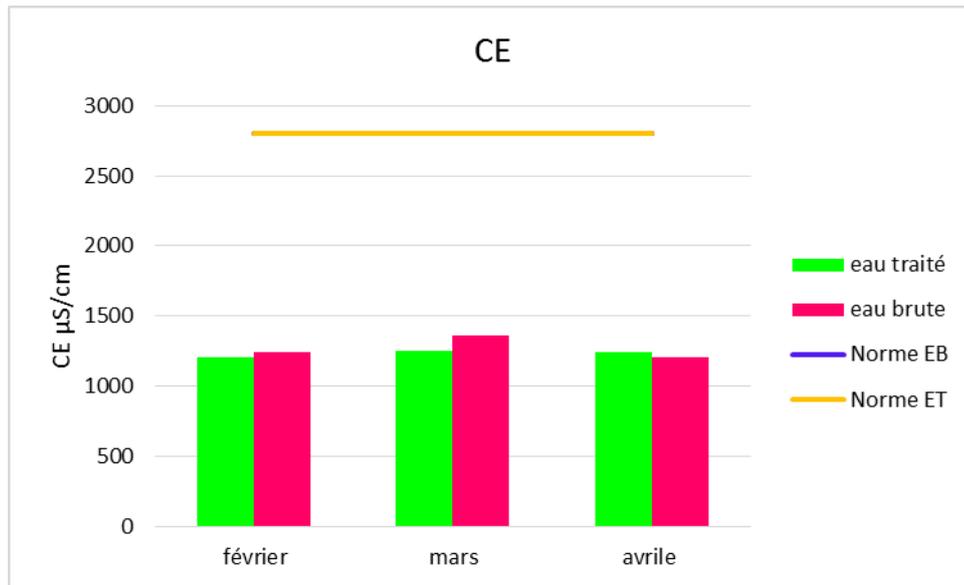


Figure 28 . Variation de la conductivité

Selon les graphiques, nous pouvons observer que les valeurs de conductivité électrique pour l'eau brute et traitée au cours des mois de février, mars et avril se situent respectivement entre 1204,76 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1363,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et entre 1203,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1248,65 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La quasi-totalité de ces valeurs est inférieure à la valeur maximale recommandée par la norme algérienne fixée à 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui les rend conformes à la norme.

La conductivité électrique permet d'évaluer approximativement le degré de minéralisation de l'eau. Elle est directement proportionnelle à la quantité de solides dissous dans l'eau, tels que les sulfates, les chlorures et les bicarbonates. Plus la concentration en minéraux et en substances solides dissoutes est élevée, plus la conductivité sera élevée.

Dans le cas présent, les valeurs de conductivité électrique observées indiquent une concentration en minéraux et en substances solides dissoutes relativement faible dans l'eau. Cela suggère une minéralisation globale modérée, ce qui est conforme aux normes de qualité de l'eau.

1.5. Dureté Total

Le TH est le taux qui mesure sa minéralisation où concentration en sels minéraux de calcium et magnésium.

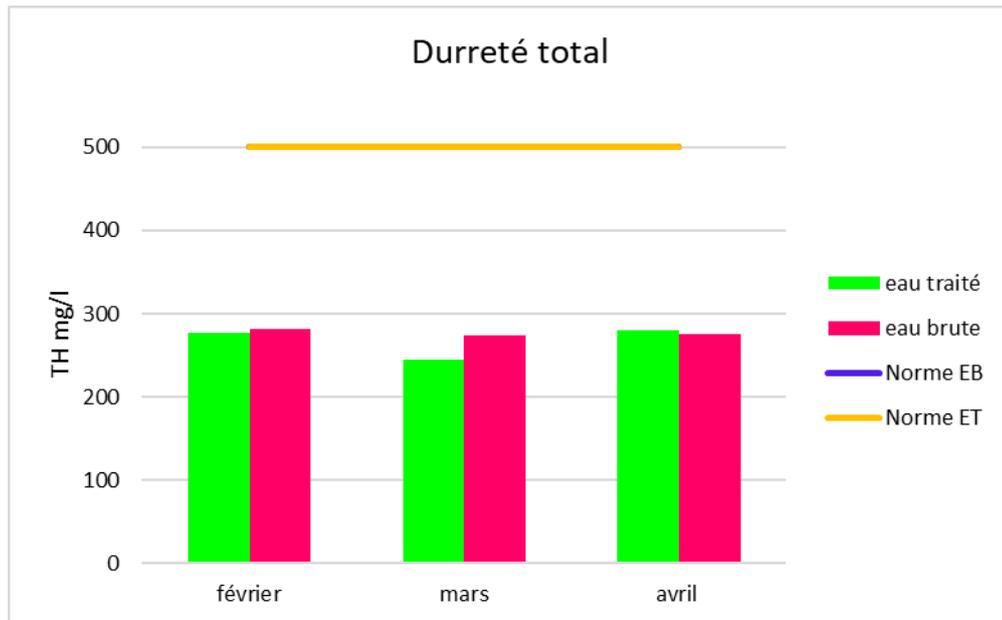


Figure 29 . Variation de la dureté totale.

Le graphe montre les moyennes de TH sur trois mois, à savoir Février, Mars et Avril, qui se situent entre 274 et 281,7 mg/l pour l'eau brute et entre 244,2 et 279,6 mg/l pour l'eau traitée. Les valeurs de ces trois mois convergent et sont inférieures à la norme Algérienne de 500 mg/l pour l'eau brute et traitée.

Ainsi, le niveau de calcaire est faible par rapport à la norme algérienne, car les eaux superficielles sont généralement caractérisées par des concentrations moyennes en calcium et en magnésium.

1.6. Calcium

L'eau calcaire est une eau qui contient du carbonate de calcium

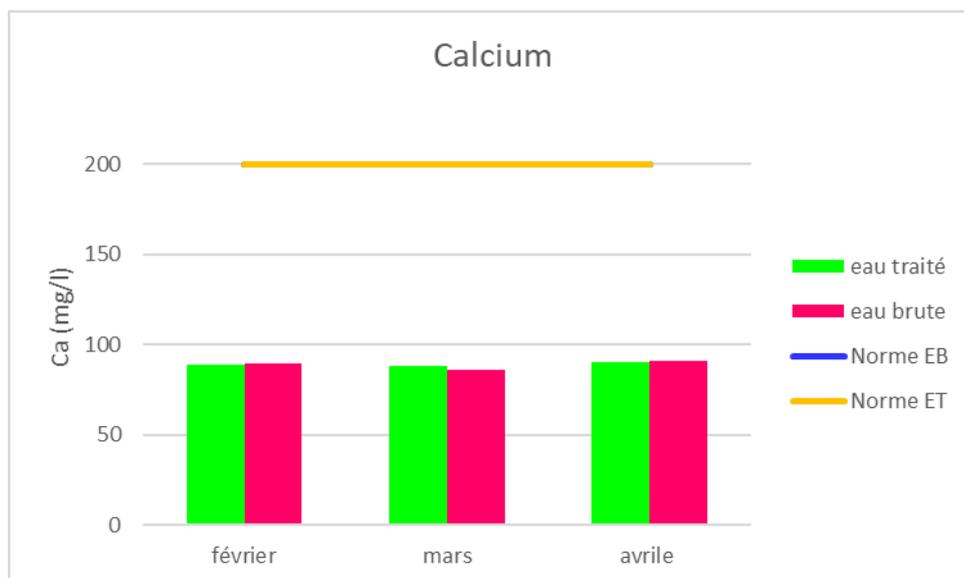


Figure 30 .variation de calcium.

D'après le graphique, les concentrations moyennes de Ca^{2+} pour les mois de Février, Mars et Avril se situent entre 86 et 91,2 mg/l pour l'eau brute, et entre 88,32 et 90,24 mg/l pour l'eau traitée. Les résultats pour ces trois mois sont quasiment identiques et se situent en dessous de la norme algérienne de 200 mg/l pour l'eau brute et traitée.

1.7. Magnésium

Le magnésium contribue à la dureté totale de l'eau.

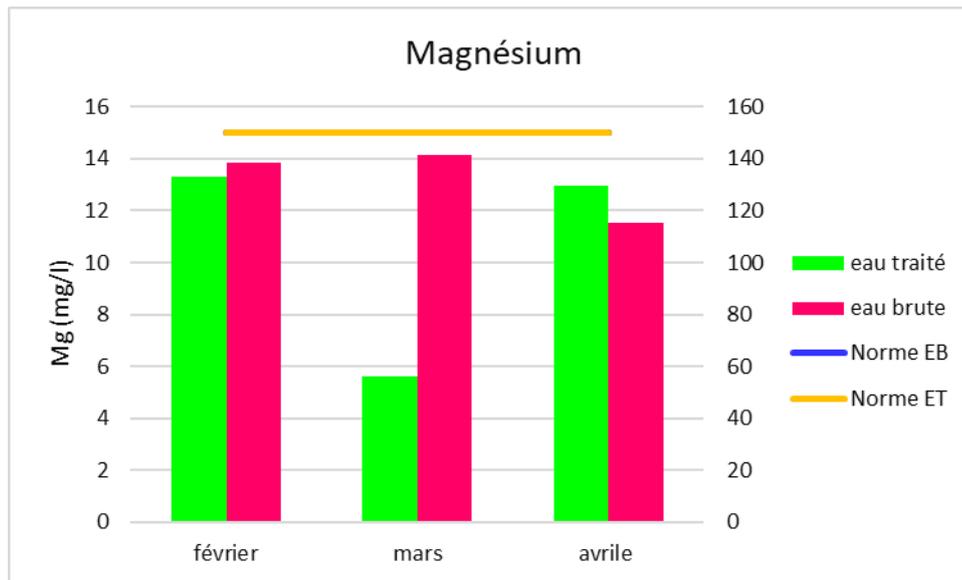


Figure 31 . Variation de magnésium.

D'après le graphique, les concentrations moyennes de magnésium pour les mois de Février, Mars et Avril se situent entre 115,2 et 141,6 mg/l pour l'eau brute, et entre 56,16 et 132,96 mg/l pour l'eau traitée. Donc les résultats des 3 mois sont sous la norme Algérienne de 150mg/l.

1.8. Chlorure

Le terme "chlorure" dans le domaine de la chimie fait référence à l'ion Cl^- . La présence de chlorure dans l'eau potable peut être attribuée à diverses sources telles que des sources naturelles, des eaux usées, des rejets industriels, la pollution causée par le salage des routes, ainsi que des intrusions d'eau salée.

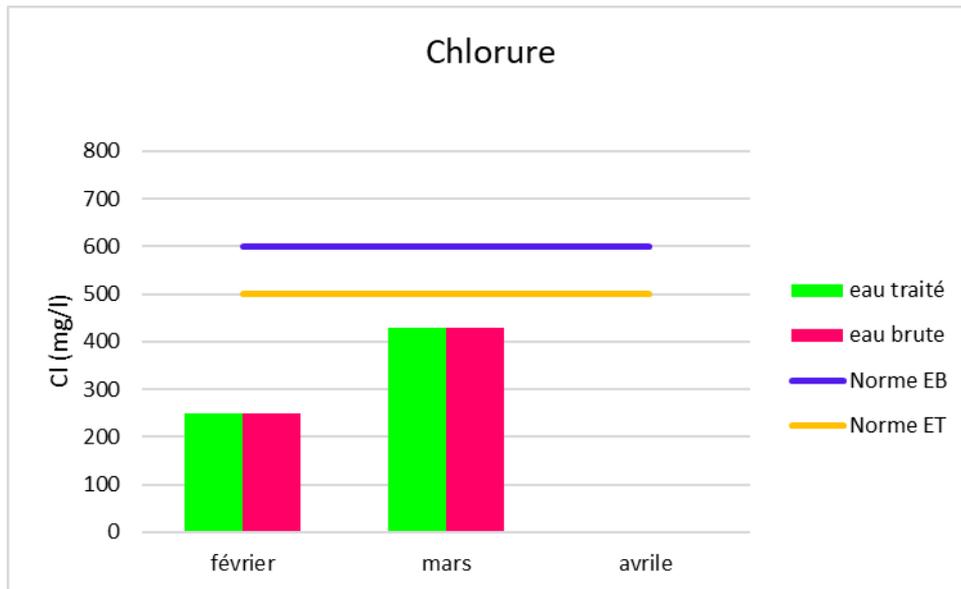


Figure 32 . Variation du chlorure.

Selon le graphique, les concentrations moyennes de chlorure pour les mois de Février et Mars se situent entre 250,07 et 429,78 mg/l pour l'eau brute, et entre 249,55 et 429,12 mg/l pour l'eau traitée. On observe que la valeur du chlorure au mois de Mars est plus élevée que celle du mois de Février, mais dans les deux cas, les concentrations restent inférieures à la norme algérienne.

1.9. Titre alcalimétrique complet

TAC est une mesure permettant d'indiquer de sels minéraux présente dans l'eau, il représente donc l'alcalinité de votre eau, soit sa teneur en bicarbonate et carbonate.

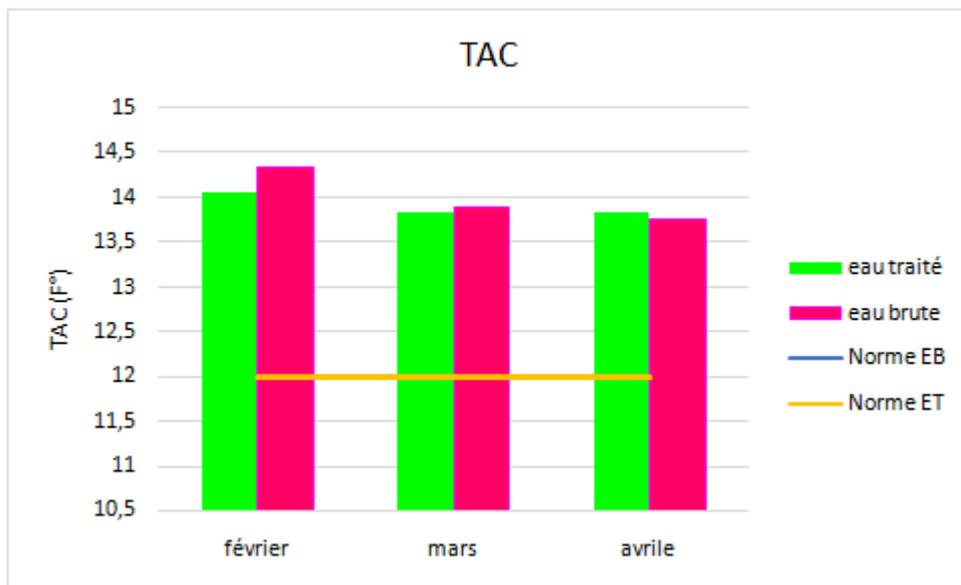


Figure 33 . Variation de titre alcalimétrique complet.

Selon le graphique, les moyennes obtenues pour les mois de Février, Mars et Avril se situent entre 13,75°f et 14,34°f pour l'eau brute, et entre 13,84°f et 14,84 °f pour l'eau traitée. Ces valeurs dépassent la norme algérienne fixée à 12 °f. En raison de la concentration élevée d'alcalinité de l'eau, des effets secondaires peuvent se produire, tels qu'une eau trouble et l'apparition de dépôts de tartre sur la ligne d'eau en particulier.

1.10. Nitrate

Les nitrates dans l'eau potable sont mesurés à la fois en termes de quantité d'azote présent ou en termes d'oxygène et d'azote.

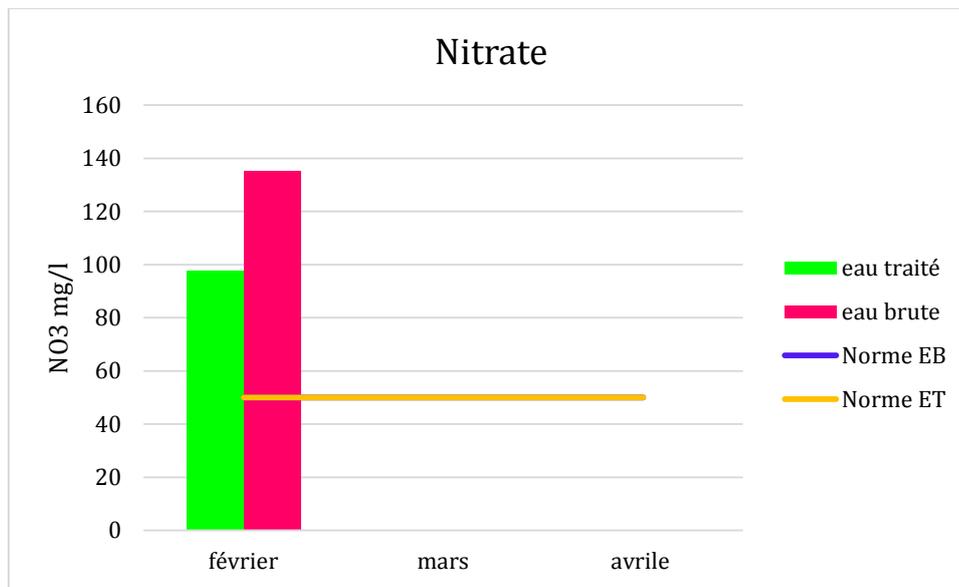


Figure 34 . Variation de nitrate.

Les résultats obtenus pour les nitrates au mois de février sont de 135,45 mg/l pour l'eau brute et de 97,68 mg/l pour l'eau traitée. Ces valeurs dépassent la norme algérienne fixée à 50 mg/l. On constate que la concentration en nitrates de l'eau traitée dépasse les 50 mg/l, ce qui la rend non potable. Si la concentration se situe entre 50 mg/L et 100 mg/L, l'eau est considérée comme temporairement acceptable, sauf pour les populations à risque. Si la concentration en nitrate dépasse 100 mg/L, il est déconseillé de boire l'eau ou de l'utiliser en cuisine.

1.11. Ammonium

L'ammonium se forme sous l'effet de la décomposition naturelle des matières organiques la présence d'ammonium est souvent liée à celle du nitrate et du nitrite.

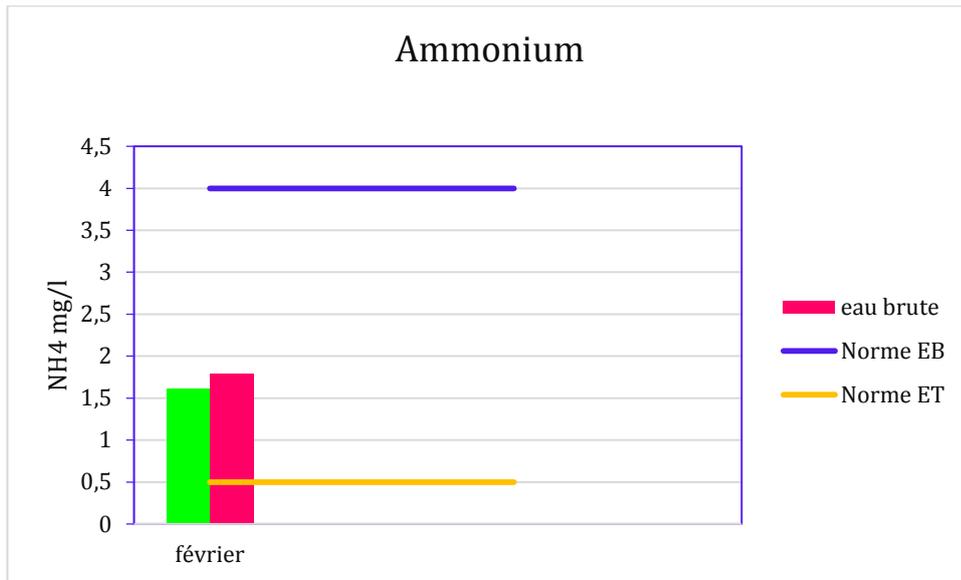


Figure 35 . Variation d’ammonium.

Selon le graphique, les concentrations moyennes d'ammonium pour le mois de février sont de 1,79 mg/l pour l'eau brute et de 1,61 mg/l pour l'eau traitée, dépassant ainsi la norme algérienne fixée à 0,5 mg/l. La présence élevée d'ammonium peut être attribuée aux déchets provenant d'activités agricoles, industrielles ou domestiques.

1.12. Sulfate

Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie. Sont naturellement présents dans divers minéraux.

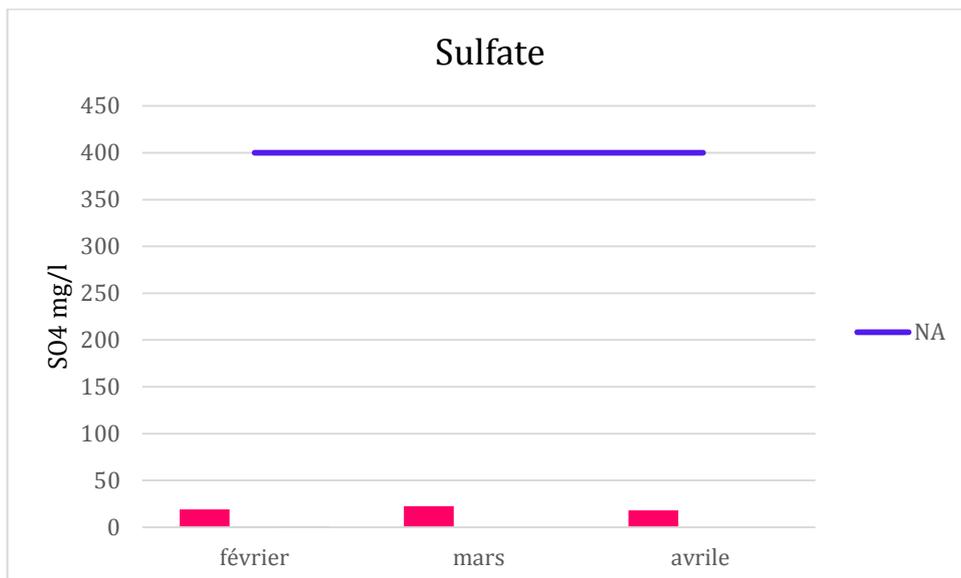


Figure 36 . Variation de sulfate.

Selon le graphique, les concentrations moyennes de sulfates dans l'eau brute sont de 19,07 mg/l en Février, 22,47 mg/l en Mars et 18,03 mg/l en Avril. Ces résultats se situent dans la norme algérienne fixée à 400 mg/l. Cependant, la mesure des sulfates n'est pas effectuée

dans l'eau traitée. Il est à noter que certaines personnes sensibles peuvent percevoir un goût désagréable lorsque la teneur en sulfates dans l'eau est plus faible.

1.13. Oxygène dessous

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène gazeux O_2 dissous dans l'eau. L'oxygène pénètre dans l'eau par absorption directe de l'atmosphère ; mouvement rapide à partir de vents, vagues, courants ou aération mécanique ; photosynthèse des plantes aquatiques. L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques, végétaux et animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques.

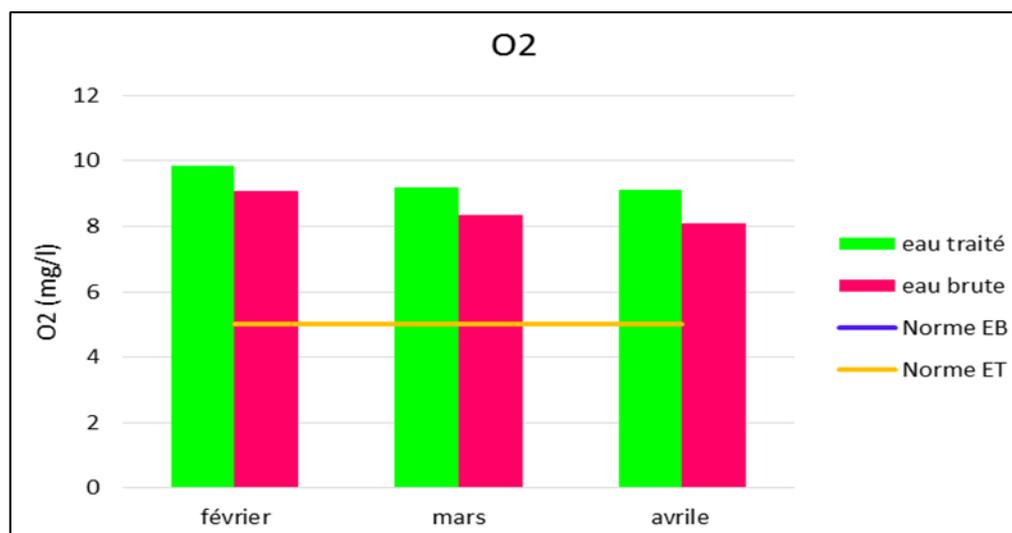


Figure 37 . Variation d'oxygène dessous.

Selon le graphique, les valeurs d'oxygène dessous pour l'eau brute et traitée au cours des mois de Février, Mars et Avril se situent entre 8,07 et 9,09 mg, et entre 9,12 et 9,89 mg respectivement. La moyenne totale de ces valeurs dépasse la valeur maximale recommandée par la norme algérienne fixée à 5 mg.

Il existe de nombreux facteurs qui contribuent à l'augmentation de la concentration d'oxygène dissous dans l'eau, tels que la pression atmosphérique, la température, la profondeur de l'eau et la salinité, ainsi que les activités biologiques.

1.14. Matière organique

Les matières organiques sont présentes de manière naturelle dans les cours d'eau et proviennent de la mort des organismes vivants animaux et végétaux des cours d'eau et de ses abords. Elles peuvent être source de pollution pour l'eau au-delà d'un certain seuil. En effet, la dégradation des animaux et végétaux (la faune et la flore) contribue à la concentration de la matière organique, Elles sont aussi issues des rejets liés aux activités humaines.

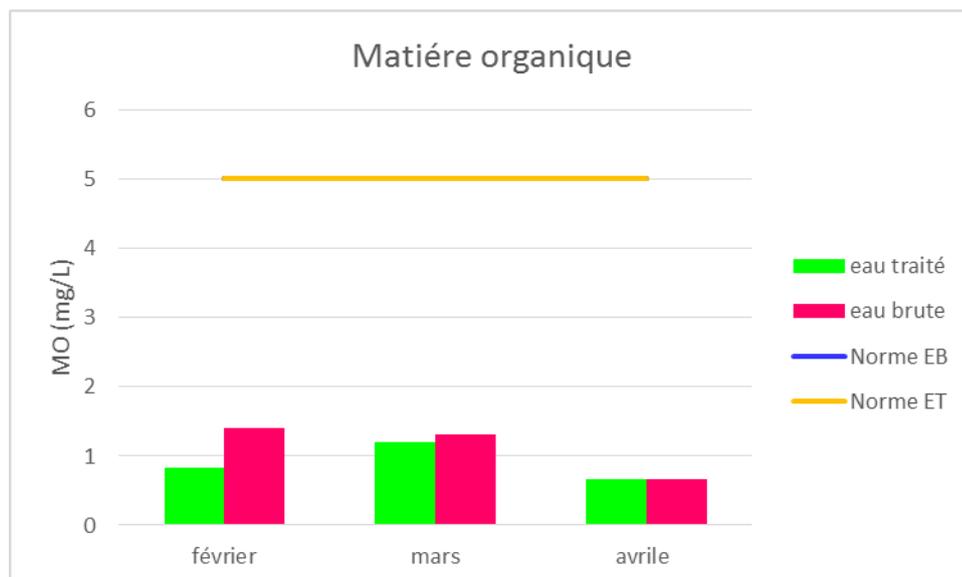


Figure 38 . Variation de matière organique.

Selon le graphique, les valeurs de matière organique pour l'eau brute et traitée au cours des mois de Février, Mars et Avril se situent entre 0,66 et 1,4 mg, et entre 0,66 et 0,82 mg respectivement. Par conséquent, la moyenne totale de ces valeurs est inférieure à la valeur maximale recommandée par la norme algérienne fixée à 5 mg. Ainsi, les valeurs se situent dans la norme.

2. Analyses bactériologiques

Tableau 9 . Les résultats bactériologie de l'eau brute.

Les paramètres	Février	Mars	Avril
<i>Germes totaux à 22°</i>	41	10	13
<i>Germes totaux à 22°</i>	91	92	56
<i>Coliformes totaux</i>	467	150	370
<i>Coliformes fécaux</i>	387	150	222
<i>E. coli</i>	174	60	1
<i>Streptocoque</i>	106	38	8
<i>Clostridium</i>	41	10	13

Tableau 10 . Les résultats bactériologie de l'eau traité

Les paramètres	Février	Mars	Avril	NA
<i>Germes Totaux</i> à 37°	Abs	8	1	10/ml
<i>Germes Totaux</i> à 22°	Abs	2	1	10/ml
<i>Coliformes totaux</i>	Abs	Abs	Abs	0/100ml
<i>Coliformes fécaux</i>	Abs	Abs	Abs	0/100ml
<i>E. coli</i>	Abs	Abs	Abs	0/100ml
<i>Streptocoque</i>	Abs	Abs	Abs	0/100ml
<i>Clostridium</i>	Abs	Abs	Abs	0/100ml

2.1. *Germes Totaux*

Les bactéries d'origine environnemental sont incubées à 22° et d'origine intestinale (humain ou animal) sont incubées à 37°.

Les résultats des analyses bactériologiques pour les mois de Février, Mars et Avril révèlent les plages suivantes :

- Pour l'eau brute, les valeurs se situent entre 56 et 91Nb/1ml pour les germes totaux à 22°C, et entre 13 et 41Nb/1ml pour les germes à 37°C.
- Pour l'eau traitée, les valeurs se situent entre 0 et 8Nb/1ml pour les germes totaux à 22°C, et entre 0 et 2Nb/1ml pour les germes à 37°C.

Donc, la présence de germes totaux à 22°C et à 37°C dans l'eau brute indique une contamination de l'eau, que ce soit par des sources environnementales ou fécales. En revanche, la faible quantité de *germes totaux* à 22°C et à 37°C dans l'eau traitée confirme l'absence de contamination, et ces valeurs sont conformes à la norme algérienne de 10/100 ml.

2.2. *Coliformes totaux et fécaux*

Les *coliformes totaux* sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales. Les Coliformes totaux parmi lesquels *E. coli*, présentent approximativement 10% des micro-organismes Germe totaux intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur d'une contamination récente par des matières fécales (**Chevalier, 2003**).

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *E. Coli* dans les mois de Février, Mars et Avril pour l'eau brute révèlent les plages suivantes : entre 150 et 467Nb/100ml pour les *coliformes totaux*, entre 150 et 387 NB/100ml pour les *coliformes*

fécaux, et entre 1 et 174Nb/100ml pour E. Coli. *Les coliformes totaux* ont été largement utilisés comme indicateurs de la qualité microbiologique de l'eau, car leur présence peut être indirectement associée à une contamination fécale. La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéro-pathogènes tels que les salmonelles.

En ce qui concerne l'eau traitée, on constate l'absence de coliformes totaux, fécaux et E. Coli. Cela confirme que les échantillons d'eau sont conformes à la réglementation algérienne en matière de potabilité de l'eau. Cette absence de contamination fécale confirme la potabilité de l'eau.

2.3. *Streptocoques fécaux*

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux. Les résultats des analyses bactériologiques pour les mois de Février, Mars et Avril indiquent des concentrations comprises entre 8 et 107 Nb/100ml pour l'eau brute, tandis que l'eau traitée ne présente aucune présence de *streptocoques fécaux* (0 Nb/100ml).

La présence de *streptocoques fécaux* dans l'eau brute indique une contamination de l'eau par des matières fécales. En revanche, l'absence totale de *streptocoques fécaux* dans l'eau traitée confirme l'absence de contamination fécale. Cela démontre que l'eau traitée est conforme aux normes de potabilité et ne présente pas de risques de contamination fécale.

2.4. *Clostridium sulfito-réducteurs*

Les bactéries anaérobies *sulfito-réducteurs* (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène.

Les résultats des analyses bactériologiques pour les mois de février, mars et avril indiquent des concentrations de *clostridium* comprises entre 57 et 159Nb/100ml pour l'eau brute, tandis que l'eau traitée ne présente aucune présence de clostridium (0Nb/100ml).

La présence de clostridium dans l'eau brute indique une contamination de l'eau, étant donné que ces bactéries se trouvent généralement dans les matières fécales humaines et animales. En revanche, l'absence totale de clostridium dans l'eau traitée confirme l'absence de contamination fécale.

Cela démontre que l'eau traitée est conforme aux normes de potabilité et ne présente pas de risques de contamination fécale

En conclusion, d'après les résultats des analyses bactériologiques, la présence des germes dans l'eau brute indique une contamination de l'eau, principalement due aux eaux

usées qui se déversent dans le barrage de Beni Haroun. Cependant, l'absence quasi totale de ces germes dans l'eau traitée confirme l'efficacité du traitement et garantit la potabilité de l'eau.

3. Indice de la qualité de l'eau (IQE)

L'évaluation de la qualité de l'eau a été, aussi, réalisée à l'aide de l'indice de qualité de l'eau (water quality index) ; c'est une méthode très appréciable et largement utilisée dans l'évaluation de la qualité de l'eau potable. L'indice de qualité de l'eau (IQE) reflète l'influence composite des différents paramètres de qualité de l'eau sur sa potabilité et permet de décrire l'état global de la qualité de l'eau en un seul terme qui repose sur la comparaison des différents paramètres de qualité de l'eau avec les normes internationale ou nationales recommandées. L'indice de qualité de l'eau a été initialement conçu par **Brown et al., (1970)**. Puis modifié par **backman et al., (1998)**. Selon les rapports de **l'OMS, (2004)**. L'utilisation de l'IQE aiderait à clarifier l'effet combinatoire de chaque paramètre ainsi que tous les paramètres qualitatifs sur la qualité de l'eau potable (**Abbasnia et al., 2018**).

L'indice de qualité de l'eau a été largement appliqué pour surveiller la qualité de l'eau au cours des dernières années et est en fait une méthode pratique tenant compte des variables environnementales critiques, qui représentent les conditions de pollution d'un plan d'eau à un certain endroit (**Hoseinzadeh et al., 2014 ; Effendi, 2016 ; Rabei, 2018 ; Zhang, 2019**). La valeur de chaque paramètre qualitatif est déterminée en fonction des normes recommandées et corrélée à d'autres paramètres.

Dans notre étude, le IQE est calculé en utilisant la méthode de l'indice arithmétique pondéré (**Brown et al., 1970 ; Brown et al., 1972 ; Chatterji et Raziuddin, 2002 ; Yidana 2010 ; Talhaoui et al., 2020**). Dans cette approche, Une valeur numérique appelée poids (wight), comprise entre 1 et 5, est attribuée à chaque paramètre, reflétant son degré d'influence sur la qualité de l'eau selon l'impact du contaminant sur la santé humaine (**Rabei, 2018 ; Zhang et al., 2019**). Les poids attribués aux différents paramètres physico-chimiques sont présentés dans :

Trois étapes ont été suivies pour le calcul l'indice de qualité de l'eau Dans la première étape c'est le poids relatif (W_i) de chaque paramètre qui a été déterminé à l'aide de l'équation (1) :

$$W_i = w_i / \sum w_i \quad i=1 \text{ -----(1)}$$

Où W_i est le poids relatif, w_i est le poids de chaque paramètre et n est le nombre des paramètres.

La deuxième étape consiste au calcul de l'échelle de notation de la qualité (qi) à l'aide de l'équation (2) : $q_i = (C_i/S_i) \times 100$ ----- (2)

Où **qi** : échelle de notation de la qualité, **Ci** : la concentration de chaque paramètre en mg/l et **Si** : la norme de l'OMS de chaque paramètre en mg/l.

Quant à la troisième étape au calcul du Sous-Indice de qualité (SIi) (équation 3) qui est le premier indice à déterminer pour calculer l'Indice de la Qualité de l'Eau à partir de la somme des Sous Indices de chaque paramètre ce qui permet de déterminer l'IQE de chaque échantillon

(Équation 4) :

$$SI_i = W_i \times q_i \text{----- (3)}$$

$$IQE = \sum SI_i \text{----- (4)}$$

Tableau 11 . Poids des paramètres physico-chimique

Paramètres	Facteur de poids WI	Poids relatifs Wi	Norme de l'OMS Si
Ph	3	0,103	8,5
T°C	4	0,138	25
EC	3	0,103	900
TUR	2	0,069	51
TH	3	0,103	100
TAC	3	0,103	200
O2	3	0,103	6
Ca ²⁺	2	0,069	75
Mg ²⁺	2	0,069	50
Cl-	4	0,138	200
Somme	29		

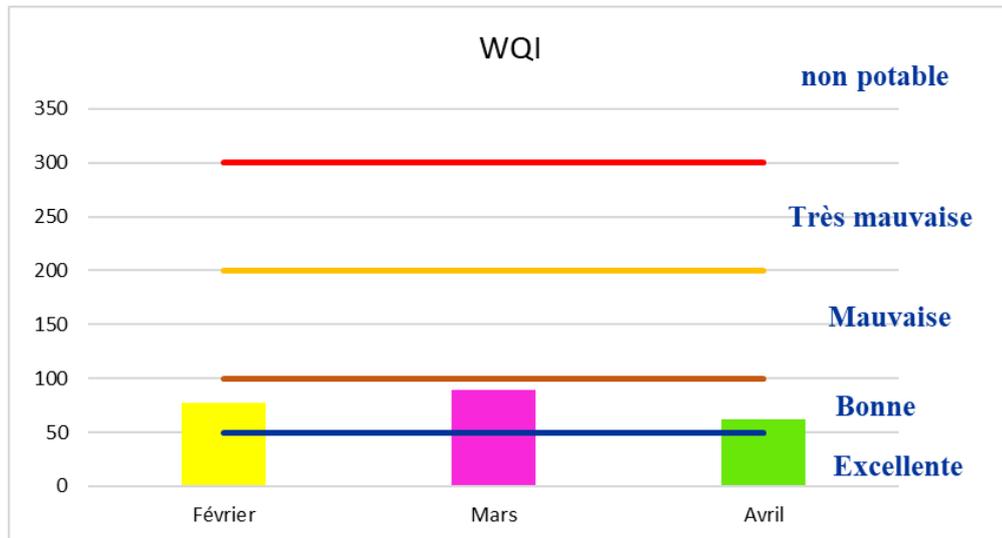


Figure 39 . L'indice de la qualité de l'eau.

Selon le graphique de l'indice de la qualité de l'eau pendant les mois de Février, Mars et Avril, nous pouvons constater que l'eau de la station d'Ain El-tine conforme aux normes d'OMS et de bonne qualité pendant les trois mois.

La diminution de l'indice de qualité de l'eau en Avril est due à l'absence de chlorure et de nitrate, résulte d'un manque de produit dans la station.

*Conclusion
générale.*

Conclusion générale

L'eau est essentielle pour la vie, cependant elle peut être aussi une source de maladie, il est impératif de bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé.

Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques.

Dans notre étude, nous avons étudié la qualité de l'eau avant et après le traitement. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de station de traitement des eaux potables d'Ain Tinn.

Nous avons analysé un nombre conséquent de paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Cette étude nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- Les paramètres organoleptiques indiquent que les eaux traitées sont claires.
- Les paramètres physico-chimiques liés à la composition naturelle de l'eau, comme la température, le pH, le calcium, les chlorures, et les sulfates, ne dépassent pas la norme Algérienne.
- Pour les analyses bactériologiques, nous avons trouvé que l'eau traitée de station d'Ain El-tin n'est pas contaminée par les bactéries analysées (les germes totaux, les coliformes totaux, fécaux et *Escherichia coli*, *clostridium*, streptocoque totaux et fécaux)

Ce constat a été consolidé par le calcul de l'indice de qualité de l'eau, confirmant ainsi que l'eau étudiée est de bonne qualité.

Nous pouvons conclure que ces méthodes d'analyse permettant le suivi et le contrôle continu de la qualité des eaux destinées à la consommation et que les résultats obtenus après analyse répondent aux normes de l'eau potable.

*Références
bibliographique.*

Références bibliographiques

«A»

1. **Abbasnia A, Yousefi N, Mahvi A H, Nabizadeh R, Radfard M, Yousefi M, Alimohammadi M** (2018). Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: Case study of Sistan and Baluchistan province (Iran). *Human and Ecological Risk Assessment. An International Journal*, p. 1–18.
2. **Aissaoui A** (2013). Evaluation du niveau de contamination des eaux de Barrage Hammam Grouz de la région d'oued Athmana (wilaya de mila) par les activités agricoles. Thèse de magister, université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, faculté de science Biologique et science Agronomique, (Algérie), p. 75.
3. **Alley E R** (2007). *Water quality control handbook*. v 2. New york: mcgraw-hill.
4. **Amoros C, Petts G** (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Collection d'écologie. Masson, Paris, p. 300.
5. **APHA** (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st ed. Washington, dc: american public health association.

«B»

6. **Bäckhed f, Ley R E, Sonnenburg J L** (2005). Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Article de National Library of Medicine, Science*, p. 20, doi: 10.1126/science.1104816.
7. **Backman B, Bodis D, Lahermo P, Rapant S, and Tarvainen T** (1998). Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. *Environ Geol*, v 36, p. 55–64.
8. **Bakiri Z** (2007). *Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation*. Mémoire magister, Université Ferhat Abbas-Setif (Algerie), p. 25.
9. **Balala Kouidri Z** (2006). *Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-eltorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables*. Mémoire magister, université Hassiba ben Bouali de Chlef, (Algerie), p.18-20.
10. **Belabed Zediri H** (2021). *Pollution de l'eau*. Chapitre 4 dans : *cours d'environnement en biologie faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba (Algerie)*, p.14.

11. **Beldi H** (2022). Influence des facteurs écologiques sur l'accumulation des métabolites secondaire chez *Aristolochia longa* L et *capparis spinosa* L. Diplôme de Doctorat en biodiversité et valorisation des ressources naturel, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila (Algérie), p. 83-88.
 12. **Belghiti M I, Chahlaoui A, Bengoumi D** (2013). El moustaine étude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux souerraines de la Ppe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal, Université Moulay Ismail Maroc, ISSN 1112-3680, n°14, pp. 21-36. doi : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/10/3/54948>
 13. **Bengarnia B** (2016). Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued es-Saoura cas de Aéni-Abbès, Ougarta et Zeghamra. Thèse doctorat en biologie, Université Ahmed Ben Bella Oran, (Algerie), p. 4-87.
 14. **Bengoumi M** (2013). Qualite de l'eau en élevage avicole dans la région de Meknes (Maroc) impact sur la santé et la production. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°13, ,doi : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/10/2/54929>
 15. **Benmerine B** (2017). Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued es-saoura cas de Béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra. Thèse Doctorat en biologie, Université Oran 1 - Ahmed Ben Bella (Université Es-Sénia) (Algérie), p. 26.
 16. **Bernard C** (2007). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Livre : Edition Bibliobazaar, p. ll. Doi : <http://dx.doi.org/doi:10.1522/cla.bec.int>
 17. **Brown R M, Clelland N I, Deininger R A, O'Connor M F** (1972). A water quality index crashing the psychological barrier. In Indicators of environmental quality Springer, Boston, MA, p. 173-182.
 18. **Brown R M, McClelland NI, Deininger RA, Tozer RG** (1970). A water quality index- do we dare, p. 339-43.
- « C »
19. **Chatterj C, Raziuddin M** (2002). Determination of water quality index of a degraded river in Asanol Industrial area, Raniganj, Burdwan, West Bengal. Nature, Environment and Pollution Technology, 1 (2), p. 181-189.

20. **Chen A**, Zhang E, Tian M (2020). Water pollution. Dictionary of geotourism. Springer, Singapore, p. 677
21. **Chevalier C** (2003). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p. 4.
22. **Chigneur M**, (2013). La qualité microbiologique des eaux à l'hôpital ibn sina de rabat. Thèse doctorat université mohamed v-souissi faculté de médecine et de pharmacie, rabat. p. 46-47.
23. **Christophe**, (2006). Propriétés d'eau physique chimique. (Disponible sur : www.econologie.com/proprietes-eau-physiques-chimiques).
24. **Cieau** (2023). Ressource en eau potable, eau usée. (Disponible sur www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quels-traitements-sophistiques-pour-rendre-leau-potable). Consulté le 14.4.2023).
25. **Claesson M J, Sullivan O, Wang Q** (2009). Comparative analysis of pyrosequencing and a phylogenetic microarray for exploring microbial community structures in the human distal intestine, PUBMED, doi: 10.1371/journal.pone.0006669
26. **CNRS**. La composition chimique d'une eau. (Disponible sur: [www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/compochim.html#:~:text=les%20matieres%20minerales%20a,les%20nitrates%20\(nod\)](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/compochim.html#:~:text=les%20matieres%20minerales%20a,les%20nitrates%20(nod))). Consulté le 16.5.2023).
27. **Culligan F** (2023). Qu'est ce que l'eau. (Disponible sur: www.culligan.fr/conseils/qu-est-ce-que-l-eau). Consulté le 10.04.2023).

«D»

28. **Dictionnaire de l'académie de médecine**. (Disponible sur: www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?Q=degr%20chlorom%20a9trique) consulté le 3.5.2023).
29. **Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghity D** (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec Ouedfes. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, p.107-108,110, (Disponible sur : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/8/1/54851>). Consulté le 21.5.2023).

30. **Desbordes M** (2001). Innovation management in the sports industry: lessons from the salomon case. *European sport management quarterly*, p. 501, doi: 10.1080/16184740108721892.
31. **Djebbar R, Ould said C, Boulahia K, Eid M A, Rady M M, Abrous-Belbachir O** (2021). Exogenously used proline offers potent antioxidative and osmoprotective strategies to re-balance growth and physio-biochemical attributes in herbicide-stressed *Trigonella foenum-graecum*. *Journal de Soil Science and Plant Nutrition*, p. 21, 3254-3268.
32. **Documentation de station** (2023).
33. **Dumon A** (2021). *Chimie nouvelle*, n° 138.

«E»

34. **Effendi H** (2016). River water quality preliminary rapid assessment using pollution index, v33, p. 562-567. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.108>.
35. **EPA** (2022). (Disponible sur: <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-phosphorus>). Consulté le 25.4.2023).

«F»

36. **Fakih lanjri A, Brigui J, El Cadi A, Khaddor M, Salmoune F** (2014). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, *Journal of Materials and Environmental Science*, p. 2230- 2235, (disponible sur : https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol5/vol5_NS1/31-JMES-S1-2014-lanjri.pdf (5)). Consulté le 15.5.2023).
37. **FAO 2023**: <https://news.un.org/fr/>.
38. **Frank C W** (2014). Water and aqueous solutions: dielectric properties. In *comprehensive biophysics*, Elsevier. v 1, p. 50-66.

«G»

39. **Gathe E** (2015). *Herine jeandel et rémy mosseri (dir.), l'eau à découvert. Livre : CNRS Éditions, Paris, DOI : 10.4000/books.editions-cnrs.9746*.
40. **Gerard G** (1999). *L'eau, milieu naturel et maîtrise*, Edition INRA, v1, p. 204.
41. **Ghazali D, Zaid A** (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (region de meknes –maroc).

Meknes, maroc, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, p. 25-36 (isponible sur: <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/11/2/55106>. Consulté 23.5.2023).

«**H**»

42. **Haddad H, Ghoualem H** (2014). Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique cotier algerois. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°18, P. 155-167. (Disponible sur : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/125/11/2/55>. Conduité le 24.4.2023).
43. **Hadji A** (2020), caractères organoleptique des eaux de boisson. Cour faculté de pharmacie, Université de Batna 2 (Algérie).
44. **Hakemi Z** (2019). Auto ecologie d'Aristolochia baticea L dans les monts de Tessala (Algerie de l'ouest) et physiologie de germination de ses grains. Thèse de doctorate en science, Université Djillali de Sidi Abess (Algérie), p. 195.
45. **Hassan Omer N** (2019). Water Quality - Science, Assessments and Policy, inetchopen,p. 6 -13 doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89657>
46. **Hosseinzadeh M T** (2004). Hydrochemical evaluation of groundwater in the Blue Nile Basin, eastern Sudan, using conventional and multivariate techniques. Hydrogeology Journal, v 12(2), p.144–158.

«**I**»

47. **ITC dosing pumps, chloration de l'eau potable Barcelona (Espagne), p11.** (Disponible sur : https://www.itc.es/wp-content/uploads/article-Chloration_eau_potable-FR.pdf. Consulté le 27.4.2023).

«**J**»

48. **Johnson E A, Summanen, P, Finegold S M** (2007). Detection of Clostridium perfringens toxin genes in the gut microbiota of autistic children, 9th ed, v45, p133-137.

«**K**»

49. **Kadjoudj N** (2022). Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions subhumides et semi-arides, thèse Doctorat en Biodiversité et valorisation des ressources naturelles, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila p. 56-58.

50. **Kara k** (2019), pollution de l'environnement, la pollution des eaux. Cour 2 Chapitre 4 la pollution des eaux Université Mentouri Constantine, (Algerie), p.2.
51. **Kim A S** (2001), Water: Structure and Properties, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, USA, P.1. doi: <https://doi.org/10.1038/npg.els.0003116>.
52. **Kouidri Belala Z** (2006). ETude et traitement de l'eau du barrage Djorf-El Torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sales.Memoire magister Université Hassiba Benbouali de Chlef (Algérie).

«L»

53. **Laala A** (2009). Comportement des semis de pin d'Alep sous contraintes thermique. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en biologie végétale, Uni. Mentouri Constantine, (Algérie), p. 204.
54. **Legube B** (2021), production d'eau potable procédés de traitement, paramètres de qualité, impacts du changement climatique, 2^{eme} édition, Dunod, France.

«M»

55. **Macfarlane C, Bursill I A** (2013). Electrical conductivity and resistivity of natural water. In treatise on geophysics v5 Elsevier. p.353-373.
56. **Madigou E** (2005). Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms (Epipsammonet Epilithon), thèse de doctorat, Université Claude-Bernard-Lyon 1, France, p. 235.
57. **Mandal Harashit K** (2022). Organoleptic Properties of Water Reservoir in Phagwara City (Punjab), Jodhpur, Environment and Microbial Biotechnology, University Narnadi (india), p.110.
58. **Murray B E** (1990). The life and times of the enterococcus. Clinical microbiology reviews, 3(1), p. 46-65. Doi: 10.1128/cmr.3.1.46.

«N»

59. **Nave C R** (2020). Electrical conductivity. Hyperphysics. Georgia state university Atlanta, Georgia. (Disponible sur: <http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/electric/conduc.html>.consulté le 13.5.2023).
60. **Nouayti N, Khattach D, Hilali M** (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de ziz (haut atlas central, Maroc). Oujda, Maroc, Journal of Materials and Environmental Science, p. 1068-1081.

(Disponible sur : http://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol6/vol6_N4/125-JMES-1319-2015-Nouayti.pdf. Consulté le 16.4.2023)

«O»

61. **Office** (2023). Québécois de la langue française québec ; fiche - eau traitée (gouv.qc.ca)
62. **Ombala R** (2013). Étude de l'accessibilité a l'eau potable dans les villages pilotes du projet irrigation de complément et information climatique dans la commune de Kongoussi, centre commun de recherche eau et climat. Mémoire master en ingenierie de l'eau et de l'environnement, centre commun de recherche eau et climat Burkina Faso, p.13.
63. **OMS** (2004). Guidelines for drinking-water quality, world health organisation, Geneva.

«P»

64. **Philippe S** (2014). Propriétés physiques de l'eau. Institut Français de Recherche pour l'exploitation de la Mer, France.
65. **Poxton I R, Stephen H, Gillespie, Peter M, Hawkey** (2006). Other clostridium spp, principles and practice of clinical bacteriology, 2nd ed, West sussex : john wiley, sons, ltd. p. 567-574. doi:10.1002/9780470017968

«R»

66. **Rabei R E** (2018). Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area. Environ. Sci. Pollut. Res, v 25, p.30808–30817.
67. **Raferty J** (2023). water cycle, (disponible sur: <https://www.britannica.com/science/water-cycle>. Consulté le 2.5.2023).
68. **Rodier J** (2009). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 9th Edition, Dunod, paris, p. 1384.
69. **Rodier J, Bazin C, Broutin J, Champon P, Champsaur H** (2005). L'analyse de l'eau. 8ème Edition. P. 135, 138,140.
70. **Rosborg I, Frantisek K** (2019). drinking water minerals and mineral balance; second edition springer nature, Switzerland, p. 4-9.
71. **Ruiz-Garbajosa, P Bonten, m.j.m., Robinson D A, Top J, Nallapareddy S R, Torres C, Coque TM, Cantón R, Baquero f, Murray B E, Del Campo R** (2006). Multilocus sequence typing scheme for enterococcus faecalis reveals hospital-adapted

genetic complexes in a background of high rates of recombination. *Journal of clinical microbiology*, 44(6), p. 2220-2228. Doi: 10.1128/jcm.02596-05

«S»

72. **Sangare M, Kalivogui S, Bah M K** (2022). Etudes de la qualité microbiologique d'une pâte alimentaire faite de maïs (ZEA MAYS), d'arachides (ARACHIS HYPOGAEA), de sésames (SESAMUM INDICUM) et de moringa (MORINGA OLEIFERA), consommée dans la région de kindia, Institut de recherche en biologie Appliqué de Guinée (IRBAG), Département de Bactériologie, v19, n°3.
73. **Smedley P L, Kinniburgh D G** (2002). A review of the source, behaviour and distribution of electrical conductivity in natural waters. *Applied geochemistry*, v17(5), p. 517-568.

«T»

74. **Tchobanoglous G, Burton F L, Stensel H D** (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4th ed. New.
75. **Tchobanoglous G, Peavy H S, Rowe D R** (1985). *Environmental engineering*. *American Journal of Analytical chemistry*, v6, n6, New York.
76. **Tenaillon O, Skurnik D, Picard B** (2010). The population genetics of commensal *Escherichia coli*. *Nat rev microbiol*, v8, p. 207–17.
77. **Tomar M** (1999), *Quality assessment of water and wastewater*. 1st edition, Boca raton: crc press.

«W»

78. **Werner G, Coque T M, Hammerum A M, Hope R, Hryniewicz W, Johnson A, klare I, kristinsson K G, Leclercq R, Lester C H, Lillie M, Novais C, Olsson-Liljequist , Peixe L, Sadowy E, Simonsen G S, Top J Vuopio-Varkila J, Willems R J, Witte W, Woodford N** (2008). Emergence and spread of vancomycin resistance among enterococci in Europe. *Eurosurveillance*, v13, p.47,9046. Doi: 10.2807/ese.13.47.19046
79. **Who** (2022): www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash.

«Y»

- 80. Yidana S M, Yidana A** (2010). Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis. *EnvironmentalEarth Sciences*, v59, n°7, p.1461-1473. <https://doi.org/10.1007/s12665-0090132-3>.

«Z»

- 81. Zhang Q, Xu P, Qian H** (2019). Assessment of Groundwater Quality and Human Health Risk (HHR) Evaluation of Nitrate in the Central-Western Guanzhong Basin, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v16, p. 24.

Liste des sites web :

- 1:** www.cpepesc.org/. Consulté le 02-04-2023.
- 2:** Propriétés physiques de l'eau (lerm.fr). Consulté le 12-04-2023.
- 3:** www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/la-salinite-de-l-eau-s1342. Consulté le 14-04-2023.
- 4:** www.lcalve.univ-tln.fr/oceano/fiches/fiche3b.htm. Consulté le 02-04-2023.
- 5:** www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-phosphorus. Consulté le 22-04-2023.
- 6:** www.humeau.com/equipement/floculateur.html. Consulté le 27.3.2023.