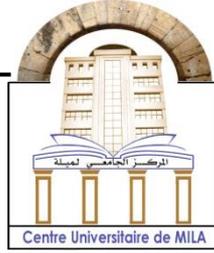


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

- Filière : Ecologie et environnement
- Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème :

**Évaluation de la potabilité de quelques sources d'eau dans la
wilaya de Mila**

Présenté par :

- BELATTAR Nadjla
- HARIMI Chayma

Devant le jury :

Présidente : Dr. KHERIEF NACEREEDINE Saliha MCA Centre universitaire Mila
Examineur : Dr. BRAHMIA Hafid MCA Centre universitaire Mila
Promoteur : Dr. BOUNAB Nourhane Amani MCB Centre universitaire Mila

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage, et la volonté de mener à bien ce travail.

Nous aimerons exprimer nos gratitudeux aux êtres les plus chers aux mondes « **nos parents** » pour tous les efforts et les sacrifices qu'ils ont entrepris afin de nous voir réussir et pour l'éducation qu'ils nous ont prodigué.

Nous tenons à remercier Madame **BOUNAB Nourhane Amani**, notre promotrice, d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, son avis et ses remarques, ses critiques et ses qualités humaines et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Un grande merci à toute l'équipe de **P'ADE** Mila pour leur travail exceptionnel et leurs conseils tout au long de la période de notre stage.

On remercie sincèrement les membres du jury **KHERIEF NACEREEDINE Saliha** et **BRAHMIA Hafid** pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos études.



Merci

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A ma très chère mère «Fahíma » qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle ma réussite n'aura pas eu lieu. Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.

A mon père « Amar » qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes conseils et pour l'encouragement et le soutien moral et physique dans toutes les étapes de ma vie.

A mes chères sœurs, Aida et Nada pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A mes frères, Riyad et Marwen qui m'ont soutenu et encouragé à continuer.

A ma tante « Bani » qui m'a soutenu et encouragé moralement et physiquement pour continuer.

A toi également mon amie et mon binôme Chayma, merci pour la confiance que tu m'as accordée et pour ton accord de réaliser ce mémoire ensemble.

A tous mes amis « Kouka, Aya, Sara et Marwa » qui ont été là pour moi quand j'en avais besoin.

Merci à tous....

Nedjla.

Dédicaces

A Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'a accordé son soutien durant les périodes les plus difficiles.

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

***A ma mère :** La lumière qui éclairé mon chemin dans les moments sobres aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu vous accorder santé, bonheur et longue vie.

***A mon père :** qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes conseils et pour l'encouragement et le soutien morale et physique dans toutes les étapes de ma vie.*

***A mes sœurs :** BESMA et NARDJIS mes adorées qui sont aussi mes meilleures amis, merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante, vous êtes ma source de joie et de bonheur, et je suis fier de vous avoir dans ma vie. Que Dieu garde pour moi, merci d'être toujours à mes côtés.*

***A mes frères :** SOFIANE et BILAL Que Dieu garde pour moi, merci d'être toujours à mes côtés.*

***A ma partenaire « NEDJLA »** qui m'as accompagné durant tout mon cycle universitaire, et a partagé avec moi, les bons et les durs moments.*

***A mes très proches amies :** « Loay, Noussa, Wissal, Hiba, Nesrine et Aya » Je leur souhaite tout le bonheur du monde, et à mon Cousin Haytem.*

A tous ceux qui me sont chères, ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidées et soutenue.

Chayma.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction	1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralité de l'eau.....	4
1.1. Définition de l'eau	4
1.2. Le cycle de l'eau	5
1.3. Les ressources d'eau	6
1.4. Les types d'eau	6
2. Normes de potabilité d'une eau.....	6
3. Caractéristiques de l'eau potable.....	8
3.1. Paramètres organoleptiques	8
3.1.1. La couleur.....	8
3.1.2. L'odeur.....	8
3.1.3. La saveur	8
3.2. Paramètres physico-chimiques	9
3.2.1. La température (°C)	9
3.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)	9
3.2.3. La conductivité électrique (CE)	9
3.2.4. La turbidité	9
3.2.5. La Salinité (SAL).....	10
3.2.6. Le total des sels dissous (TDS)	10

3.3. Les paramètres de pollution.....	10
3.3.1. Les nitrites (NO_2^-).....	10
3.3.2. Les phosphates (PO_4^{3-}).....	10
3.3.3. L'ammonium (NH_4^+)	10
3.4. Les paramètres volumétriques	11
3.4.1. Le calcium (Ca^{2+})	11
3.4.2. Les chlorures (Cl^-)	11
3.4.3. Le titre hydrométrique (TH).....	11
3.4.4. Le titre alcalimétrique simple (TA)	11
3.4.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC)	11
3.5. Les paramètres bactériologiques.....	12
3.5.1. Les coliformes	12
3.5.1.1. Les coliformes totaux.....	12
3.5.1.2. Les Coliformes fécaux	13
3.5.2. Les streptocoques fécaux	13
3.5.3. Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	14
3.5.4. Escherichia coli	15
4. La Pollution de l'eau.....	15
4.1. Définition.....	15
4.2. Origines de la pollution	15
4.2.1. La pollution d'origine domestique et urbaine	16
4.2.2. La pollution d'origine agricole.....	16
4.2.3. La pollution d'origine industrielle.....	16
4.2.4. La pollution naturelle.....	17
5. Les principaux polluants	17
5.1. Polluants physiques.....	17
5.2. Polluant chimique	18
5.3. Polluant biologique	18
5.3.1. Les organismes libres.....	19

5.3.2. Les agents pathogènes	19
6. L'impact de pollution	19
6.1. Sur la santé.....	19
6.2. Sur le milieu naturel.....	20
6.3. Sur l'économie.....	20

Chapitre II: Description de la zone d'étude

1. Présentation de la Wilaya de Mila.....	22
1.1. La situation géographique	22
1.2. Les caractéristiques géologiques.....	22
1.2.1. La géologie.....	22
2. Le réseau hydrologique.....	24
3. Climatologie.....	24
4. La synthèse climatique	26
4.1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen.....	26
4.2. L'indice pluviométrique d'Emberger.....	27

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Lieu de stage	30
2. La description des stations de prélèvement	30
3. Nature et période de prélèvement.....	33
4. Prélèvement de l'eau à analyser	33
5. Echantillonnage	33
6. Transport des échantillons	33
7. Les analyses physico-chimiques	34
7.1. Le pH.....	35
7.2. La conductivité électrique (CE).....	35
7.3. La salinité (SAL) et le totale des solides dissous (TDS).....	36
7.4. La dureté totale (TH).....	36
7.5. La turbidité	37
7.6. Le résidu sec	37

7.7. L'alcalinité.....	37
7.8. Calcium (Ca ²⁺) et magnésium (Mg ²⁺).....	38
7.9. Chlorure (Cl ⁻).....	38
7.10. Sulfates (SO ₄ ²⁻)	38
7.11. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	38
7.12. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	38
7.13. Phosphates (PO ₄ ²⁻)	38
7.14. Fer (Fe ²⁺)	39
7.15. Matière organique (M.O).....	39
8. Les analyses bactériologiques de l'eau.....	39
8.1. Matériel et méthode de prélèvement	39
8.2. Recherche et dénombrement des Coliformes, Coliformes fécaux (<i>E. Coli</i>)	40
8.3. Recherche et dénombrement des streptocoques	41

Chapitre IV : Résultats et Discussions

Résultats des analyses physico-chimiques.....	44
1. Les paramètres physiques	45
1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)	45
1.2. Conductivité électrique (CE).....	46
1.3. Salinité (SAL)	47
1.4. Taux des sels dissous (TDS).....	48
1.5. Dureté totale (TH).....	48
1.6. Turbidité	50
1.7. Résidu sec	51
2. Paramètres chimiques	51
2.1. Titre Alcalimétrique Complet (TAC).....	51
2.2. Le calcium (Ca ²⁺).....	52
2.3. Magnésium (Mg ²⁺)	53
2.4. Chlorure (Cl ⁻).....	54
2.5. Sulfate (SO ₄ ²⁻).....	55

2.6. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	55
2.7. Nitrite (NO ₂ ⁻)	56
2.8. Phosphate (PO ₄ ³⁻).....	57
2.9. Fer	57
2.10. Matière organique	58
3. Comparaison des analyses physico-chimique.....	59
4. Les paramètres bactériologiques	61
4.1. Résultats des analyses des coliformes totaux, <i>E.coli</i> et des streptocoques fécaux	61
4.2. Comparaison des analyses bactériologique.	62
Conclusion.....	65
Références bibliographiques	68
Annexes	76

Liste des figures

Figure 01 : La répartition de l'eau sur terre	4
Figure 01 : le cycle de l'eau	5
Figure 03 : Coliformes totaux.....	13
Figure 04 : Coliformes fécaux	13
Figure 05 : Streptocoques fécaux	14
Figure 06 : Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR)	14
Figure 07 : Escherichia coli.....	15
Figure 08 : Situation géographique de la wilaya de Mila	22
Figure 09 : Représentation des différentes formes des reliefs de la wilaya de Mila	23
Figure 10 : Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Gausсен.	26
Figure 11 : Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger	28
Figure 12 : Source El-Oussaf	31
Figure 13 : Source Tamda 1	31
Figure 14 : Source Houima	32
Figure 15 : Localisation des stations de prélèvement de l'eau	32
Figure 16 : pH-mètre multi paramètre	35
Figure 17 : Conductimètre de marque Hach	36
Figure 18 : Turbidimètre de marque Hach	37
Figure 19 : Variation du pH des eaux analysées.	45
Figure 20 : Variation de la conductivité des eaux analysées.....	46
Figure 21 : Variation de salinité des eaux analysées.	47
Figure 22 : Variation du TDS des eaux analysées.	48
Figure 23 : Variation de dureté totale des eaux analysées.	49
Figure 24 : Variation de la turbidité des eaux analysées.....	50
Figure 25 : Variation des résidus secs pour des eaux analysées.....	51
Figure 26 : Variation de TAC des eaux analysées.....	52
Figure 27 : Variation de calcium des eaux analysées.	53
Figure 28 : Variation de magnésium des eaux analysées.....	54

Figure 29 : Variation de chlorure des eaux analysées	54
Figure 30 : Variation de sulfate des eaux analysées	55
Figure 31 : Variation de nitrate des eaux analysées.....	56
Figure 32 : Variation de phosphate des eaux analysées.....	57
Figure 33 : Variation du fer des eaux analysées.....	57
Figure 34 : Variation de la matière organique des eaux analysées.....	58

Liste des tableaux

Tableau 01 : Normes d’OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l’eau potable	7
Tableau 02 : Normes d’OMS des paramètres bactériologique pour l’eau potable	8
Tableau 03 : Moyenne mensuelle des températures (Station d’Ain-Tin 2010-2019).	25
Tableau 04 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (Station d’Ain-Tin 2010-2019).	25
Tableau 05 : Nombre et qualité mobilisée des eaux de source de la wilaya de Mila	30
Tableau 06 : Nature et période de prélèvement.....	33
Tableau 07 : Paramètres mesurés et Méthodes d’analyse utilisées.	34
Tableau 08 : caractéristiques physico-chimiques de l'eau provenant des trois sources.....	44
Tableau 09 : Grille d’estimation de la qualité de l’eau selon le pH	45
Tableau 10 : Qualité de l’eau en fonction de la conductivité électrique.....	47
Tableau 11 : Qualité de l’eau en fonction de la dureté totale.....	50
Tableau 12 : Classes des eaux selon la turbidité usuelles.....	51
Tableau 13 : Les résultats des analyses physico-chimique obtenus des deux années consécutives (2022 et 2023).	59
Tableau 14 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux étudiées.	61
Tableau 15 : Les résultats de l’analyse bactériologique obtenus des deux années consécutives (2022 et 2023).	62

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

OMS : Organisation mondiale de la santé

°C : Degré Celsius

CE : Conductivité électrique

Cl⁻ : Chlorure

Ca²⁺ : Calcium

E. coli : Escherichia coli

Fe²⁺ : Fer

g : gramme

hm³ : hectomètre cube

hg : hectogramme

km : kilomètre

h : heure

H₂O : Eau

HCO₃⁻ : Alcalinité

H₂SO₄ : Acide sulfurique

K₂Cr₄ : Chromate de potassium

l : litre

m : mètre

m³ : mètre cube

ml : millilitre

mg : milligramme

min : minute

Mg²⁺ : Magnésium

nm : nanomètre

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

NaCl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NTU : Unité turbidité Néphélométrique

P : précipitation

pH : Potentiel d'Hydrogène

PO₄³⁻ : Phosphates

R.S : Résidus sec

SO₄²⁻ : Sulfates

s : seconde

S/C : Simple concentration

SS: Salmonella-Shigella

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique complet

T : Température

TH : Dureté totale

TGEA : Tryptone Glucose Extract Agar

UFC : Unité Faisant Colonie

µs/cm : Microsimens par centimètre

V : Volume

% : Pourcent

> : Supérieure

< : Inferieure

Résumé

L'eau est essentielle à la vie sur terre, car elle remplit de nombreuses fonctions importantes dans notre corps et notre environnement. L'objectif de ce travail est de comparer et d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau provenant de trois sources de la Wilaya de Mila (source d'El-Ouassaf, la source de Tamda 1 et la source d'Houima). Dans cette étude, trois échantillons ont été prélevés et leur caractérisation physico-chimique et bactériologique a été réalisée pour évaluer la qualité de l'eau. Un total de 17 paramètres physico-chimiques ont été analysés: le pH, la conductivité électrique, la salinité, le total des solides dissous, la dureté totale, la turbidité, le résidu sec, l'alcalinité, le magnésium, le calcium, les chlorures, les sulfates, les nitrates, les nitrites, les phosphates, le fer et la matière organique. De plus, trois paramètres bactériologiques ont été étudiés : les coliformes totaux et fécaux, ainsi que les streptocoques fécaux.

Les résultats des analyses ont indiqué que les paramètres physico-chimiques et bactériologiques étudiés respectent les normes algériennes et celles de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Cela signifie que l'eau provenant de ces trois sources est de bonne qualité et sans danger pour la consommation humaine. Cette qualité est attribuable au fait que les trois sources sélectionnées sont peu polluées par des rejets directs d'eaux usées industrielles ou domestiques.

Mots-clés : *eau potable, source El-Ouassaf, source Tamda, source Houima, analyse physico-chimique, analyse bactériologique.*

ملخص

الماء ضروري للحياة على الأرض، لأنه يؤدي العديد من الوظائف الهامة في أجسامنا وبيئتنا. يهدف هذا العمل الى مقارنة وتقييم الجودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية المستمدة من ثلاثة ينابيع لولاية ميله (منبع الوصاف، منبع تامدة 1، منبع حويمة). في هذه الدراسة، تم جمع العينات الثلاث وتم تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لتقييم جودة المياه من خلال تحليل سبعة عشر عامل فيزيوكيميائي: (درجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، الملوحة، إجمالي المواد المذابة، الصلابة الكلية، التعكر، البقايا الجافة، المغنيسيوم، الكالسيوم، الكلوريدات، الكبريتات، النترات، النتريت، الفوسفات، الحديد والمواد العضوية). وثلاثة عوامل بكتريولوجية: (القولون الكلي والبرازي، العقديّة البرازية).

أظهرت نتائج التحليل أن العوامل الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية المدروسة تتوافق مع المعايير الجزائرية ومعايير منظمة الصحة العالمية، مما يعني أن المياه من هذه المصادر الثلاثة ذات نوعية جيدة وأمنة للاستهلاك البشري وهذا راجع الى أن المصادر الثلاثة بعيدة كل البعد عن أن تكون ملوثة بالتصريف المباشر لمياه النفايات الصناعية أو المنزلية.

الكلمات المفتاحية: ماء الشرب، منبع الوصاف، منبع تامدة، منبع حويمة، تحليل فيزيوكيميائي، تحليل بكتريولوجي.

Abstract

Water is essential for life on Earth as it serves many important functions in our bodies and the environment. The objective of this study is to compare and evaluate the physicochemical and bacteriological quality of water from three sources in the Mila province (El-Ouassaf source, Tamda 1 source, and Houima source). In this study, three samples were collected, and their physicochemical and bacteriological characteristics were determined to assess water quality. A total of 17 physicochemical parameters were analyzed, including pH, electrical conductivity, salinity, total dissolved solids, total hardness, turbidity, dry residue, alkalinity, magnesium, calcium, chlorides, sulfates, nitrates, nitrites, phosphates, iron, and organic matter. Additionally, three bacteriological parameters were studied: total coliforms, fecal coliforms, and fecal streptococci. The analysis results indicated that the studied physicochemical and bacteriological parameters comply with Algerian standards and the World Health Organization (WHO) standards. This means that the water from these three sources is of good quality and safe for human consumption. This quality is attributed to the fact that the selected sources are not significantly polluted by direct discharges of industrial or domestic wastewater.

Keywords: *drinking water, El-Ouassaf source, Tamda source, Houima source, physicochemical analysis, bacteriological analysis.*

Introduction

Introduction

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, elle est nécessaire à toute activité humaine. C'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle occupe de plus en plus le centre des intérêts stratégiques.

Cependant, l'eau douce, qui représente seulement 3% de toute l'eau sur terre et qui proviennent principalement des eaux souterraines, est une ressource limitée et vulnérable. Cette eau destinée à la consommation humaine doit répondre à plusieurs critères organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques. En effet, elle ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé.

D'après la littérature, les chercheurs ont signalé que dans certains cas l'eau est devenue le vecteur de transmission de nombreuses maladies aiguës, notamment l'hépatite, le choléra, la dysenterie, la cryptosporidiose, la giardias, la diarrhée et la typhoïde (**Roushdy *et al.*, 2012; Kerrichi *et al.*, 2021; Nanfack *et al.*, 2004**). Ce danger vient de nombreuses sources de pollution par les activités humaines telles que les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. Le traitement des eaux naturelles contaminées et surtout les eaux souterraines prend du temps, coûte cher et dans certains cas est impossible (**Cuq, 2007**).

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse car l'Algérie est un pays aride et semi-aride, ce qui signifie qu'elle est confrontée à des défis majeurs liés à l'utilisation de l'eau dans plusieurs secteurs (l'industrie, l'agriculture...). La demande en eau en Algérie est en constante augmentation en raison de l'augmentation de la population, de la croissance économique et de l'urbanisation, ce qui entraîne une pression croissante sur les ressources en eau disponibles (**Remini, 2010**).

Il est donc important de prendre soin de cette ressource vitale et de faire des choix responsables pour sa préservation, sa protection et sa conservation pour les futures générations (**Mayrand, 2008**).

Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation agricole (**Lahreche *et al.*, 2021**). A cet effet, dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau potable d'origine souterraine, distribuée dans les zones ; Houïma, Tamda et El-Ouassaf dans la commune de la wilaya de Mila.

La présente étude est divisée en quatre chapitres :

Chapitre I: Synthèse bibliographique sur l'eau.

Chapitre II: Description de la zone d'étude.

Chapitre III: Matériel et méthodes qui contiennent la présentation du lieu de stage et les méthodes d'analyses utilisées pour la réalisation de ce travail.

Chapitre IV: Résultats et discussion qui comporte les résultats obtenus et leur discussion.

Et enfin, une conclusion générale.

Chapitre I:
Synthèse bibliographique

1. Généralité de l'eau

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Aucune substance liquide ne peut remplacer l'eau. En fait, il possède plusieurs particularités qui le rendent unique parmi les autres minéraux (Chelli, 2013).

Les études analytiques de l'eau sont indispensables dans le cadre du suivi et du contrôle réglementaire de l'eau potable afin d'assurer au consommateur sa qualité avec deux références principales ; la santé et l'hygiène ainsi que le confort et l'agrément (Gerad, 1999).

1.1. Définition de l'eau

L'eau est une substance chimique composée de molécules d' H_2O . Ce composé est très stable mais très réactif, et l'eau liquide est également un excellent solvant dans de nombreuses circonstances. Le terme « eau » désigne l'eau liquide au sens étroit lui aussi utilisé pour représenter des solutions aqueuses diluées (eau douce, eau potable, eau de mer, eau de chaux, etc.).

La majeure partie de l'eau (97%) se trouve dans l'océan (Figure 01) est salée, cela le rend inutilisable pour l'homme. Cependant, les 3 % d'eau douce restants ne sont pas entièrement disponibles pour la consommation humaine. En fait, environ 68,3 % de l'eau existe dans les glaciers sous forme solide et seulement 31,4 % existe sous forme liquide dans les eaux souterraines, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau des organismes vivants, entre autres. Une petite fraction de ces 31,4 % existe dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (Assouline, 2007).

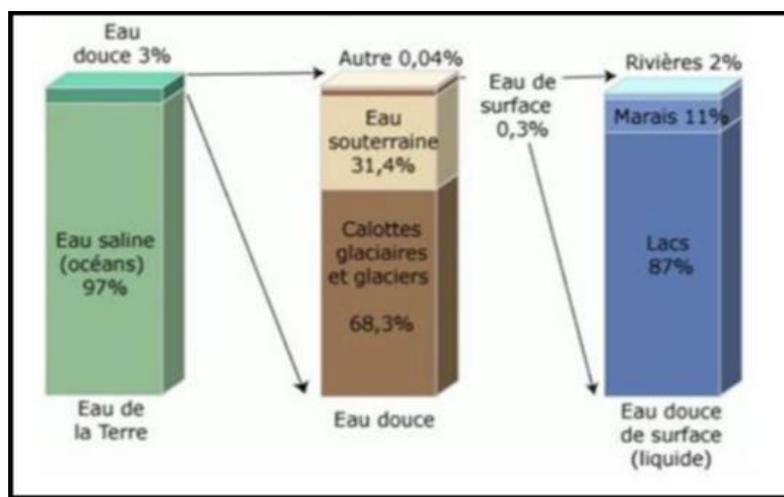


Figure 01 : La répartition de l'eau sur terre (Vasco, 2017).

L'eau destinée à la consommation humaine (l'eau potable), est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques pour être conservée, et qui contient une certaine quantité de sels inorganiques et de microorganisme saprophytes. Il doit également être clair, incolore et sans gout ni odeur désagréable (OMS, 1986).

L'eau potable est toute eau qui ne porte pas atteinte à la santé du consommateur, quel que soit son âge ou son état physiologique, et ce à court terme et à long terme. Les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques doivent être conformes à des normes de potabilité (Rambaud et Dellatre, 1992).

1.2. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (ou cycle hydrologique) est un phénomène naturel qui représente le trajet entre les vastes réservoirs terrestres de liquide, solide ou de vapeur d'eau : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eau souterraine et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui pilote tous les autres échanges en facilitant l'évaporation de l'eau (Figure 02). La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Elle peut être subdivisée en hydrogéologie, hydrologie de surface, hydraulique urbaine, etc (Lambert, 1996).

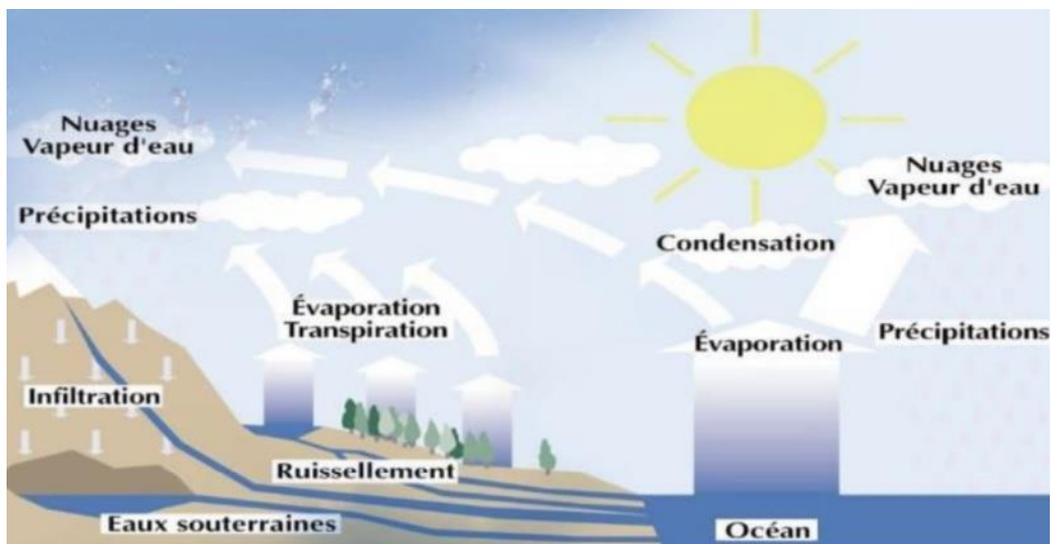


Figure 02 : le cycle de l'eau (Lambert, 1996).

1.3. Les ressources d'eau

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées des eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrages, lacs, rivières), des eaux de surface et des eaux de mer.

1.4. Les types d'eau

- **Les eaux superficielles**

Ce sont des eaux qui circulent ou sont stockées à la surface du continent (rivières, lacs, étangs, barrages, etc.). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature du terrain que ces eaux traversent lors de leur parcours à travers tous les bassins versants. Dans la plupart des cas, ces eaux sont des sites de développement de la vie microbienne en raison des déchets qui y sont rejetés et de la grande interface avec le milieu extérieur. De ce fait, l'eau est rarement potable sans aucun traitement (**Boeglin, 2001**).

- **Les eaux souterraines**

Ce sont des eaux qui circulent sous le niveau du sol et remplissent les fissures du substratum rocheux ou les pores présents dans les milieux granulaires tels que le sable et le gravier. Elles proviennent de la lente infiltration d'environ 20% des eaux de précipitations, à travers le sol, jusqu'à la couche imperméable, où elles s'accumulent en couches profondes plus ou moins importantes. L'infiltration et la rétention de ces eaux dans le sol dépendent des caractéristiques du terrain considéré, notamment de sa structure. La composition des eaux souterraines est plus stable que celle des eaux de surface, et sa composition chimique est déterminée par la nature géologique du terrain car l'eau est en contact permanent avec le sol où elle stagne ou circule (**OMS, 2000**).

2. Normes de potabilité d'une eau

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères et des normes de qualités.

La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un nombre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau industrielle ou destinée à la consommation.

Le **Tableau 01**, présente les normes algériennes et de l'OMS de la potabilité de l'eau qui ont été prises en compte dans cette étude.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population et pour garantir la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (**Bouziანი, 2000**).

Les normes algériennes de l'eau potable sont définies par l'Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits (ANCSEP) en Algérie. Ces normes sont régulièrement mises à jour et sont destinées à assurer la qualité et la sécurité de l'eau potable en Algérie.

Tableau 01 : Normes d'OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potable (**OMS, 2003; JORA, 2011**)

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Turbidité	NTU	< 2,5	< 5
Température	°C	< 25	< 5
TA	mg/l	< 15	< 5
TAC	mg/l	< 15	< 500
Calcium	mg/l	< 270	< 200
Magnésium	mg/l	< 50	< 150
Concentration en ions hydrogène	Ph	≥ 6,5 et ≤ 9,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	< 500	< 200
Conductivité à 20°C	μs/cm	< 2100	< 2800
Ammonium	mg/l	< 0,5	< 0,5
Potassium	mg/l	< 20	< 12
Fer	mg/l	< 0,3	< 0,3
Manganèse	mg/l	50	50
Nitrate	mg/l	< 50	< 50
Nitrite	mg/l	< 0,1	< 0,2
Oxydabilité	mg/l d'O ₂	< 5	< 5
Sulfate	mg/l	< 400	< 400
Résidu sec	mg/l	< 1500	< 150
Chlorure	mg/l	< 250	< 500

Le **Tableau 02**, représente les normes d'OMS des paramètres bactériologique pour l'eau potable.

Tableau 02 : Normes d'OMS des paramètres bactériologique pour l'eau potable
(OMS, 2003)

Variable	Concentration maximale admissible (eau désinfecté)
Coliformes totaux /100ml	0
Coliformes fécaux/100ml	0
Streptocoque fécaux/100ml	0

3. Caractéristiques de l'eau potable

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre à plusieurs critères, les suivant :

3.1. Paramètres organoleptiques

Ces paramètres considèrent les qualités sensibles de l'eau: la couleur, l'odeur, la saveur. Ils n'ont pas de valeurs sanitaires directes. D'un point de vue sanitaire une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être absolument consommable (**Luc et Lagardette, 2009**).

3.1.1. La couleur

La couleur est due à l'existence de matières organiques colorées en suspension, des métaux ou des rejets industriels colorés. Un changement anormal est couramment l'indice d'une pollution de la ressources ou du réseau (**Luc et lagardette, 2009; Savary, 2010**).

La couleur réelle de l'eau est liée aux seules substances dissoutes donc après élimination de turbidité (**Savary, 2010**).

3.1.2. L'odeur

L'odeur due à l'existence des substances volatiles, un changement anormal ou l'apparition d'une odeur sont caractéristiques d'une dégradation de la qualité et fréquemment précurseur de la pollution (**Bordet, 2007**).

3.1.3. La saveur

La saveur, c'est le gout de l'eau. Elle n'est pas toujours caractéristique de sa qualité. Cependant son changement peut être l'indice d'une dégradation (**Bordet, 2007**).

3.2. Paramètres physico-chimiques

3.2.1. La température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique, Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on suppose que l'eau doit être claire. Lorsque la température de l'eau naturelle est supérieure à 15°C, la croissance des micro-organismes, des algues peuvent s'accélérer, provoquant un goût et une odeur désagréables et augmentant la couleur et la turbidité. Les changements de température saisonniers peuvent affecter les eaux, en particulier dans les eaux peu profondes (**Nouyti et al., 2015**).

3.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration d'ions H⁺ dans l'eau. Par conséquent, il reflète l'équilibre entre l'acide et la base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de nombreux facteurs, dont la source d'eau. Le pH doit être mesuré sur place avec un pH-mètre ou par coloration (**Hasly et al., 1993**).

3.2.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité indique la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Il est déterminé par la teneur en substances dissoutes, la capacité d'ionisation, la charge ionique, la température, la mobilité.

La conductivité est également utilisée pour évaluer le degré de minéralisation de l'eau. Une conductivité élevée reflète un pH anormal ou une salinité élevée (**Kouidri, 2006 ; Nouayti et al., 2015 ; Tchadanaye et al., 2016**).

3.2.4. La turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa clarté. Il donne une idée de la teneur en matières en suspension. L'eau turbide contient des substances finement divisées (particules de silice, matière organique, limon...) qui forment parfois d'importants dépôts dans les canalisations et les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, la turbidité doit être maintenue en dessous de 5 NTU (**Jean, 1992**).

3.2.5. La salinité (SAL)

La salinité des sols et de l'eau est un problème majeur dans de nombreux pays du monde. La majeure partie de l'eau d'irrigation du Sahara algérienne provient du sol. Les eaux souterraines sont toujours très salées, avec des niveaux de résidus secs supérieurs à 4 à 5 g/l, souvent trois fois plus (Masmoudi, 2011).

3.2.6. Le total des sels dissous (TDS)

On appelle TDS (minéralisation totale) la masse totale des minéraux dissous (anions et cations) et non dissous (la silice) exprimés en mg/l (Guiraud *et al.*, 1980).

3.3. Les paramètres de pollution

3.3.1. Les nitrites (NO_2^-)

Le nitrite est une étape importante dans le métabolisme des composés azotés et ils font partie du cycle de l'azote. Entre l'ammoniac et le nitrite il existe soit par oxydation bactérienne de l'ammoniac soit par réduction du nitrate, ils ne sont qu'un stade intermédiaire et s'oxydent facilement. Pour le nitrate, la présence de nitrite naturel est très rare, ils ont été signalés dans les eaux de fonte des neiges et les aquifères profonds (Degrement, 1984).

3.3.2. Les phosphates (PO_4^{3-})

Les ions phosphate contenus dans les eaux de surface ou les eaux souterraines peuvent être d'origine naturelle : décomposition de matières organiques; lessivage de minéraux, ou dus à des rejets industriels (agro-alimentaire, etc.), domestiques (polyphosphates dans les détergents), engrais (agents pesticides, etc.).

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates ne sont présents qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles et ils pénètrent dans les eaux de surface (rivières, lacs) par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante. La concentration maximale admissible en phosphates dans l'eau potable est de 0,5 mg/l (Jean, 1992).

3.3.3. L'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium n'a pas d'effet notable sur la santé des consommateurs, mais sa présence dans l'eau est un indicateur de pollution des eaux profondes, et sa présence peut aussi être due aux conditions réductrices des nappes phréatiques. Il doit être éliminé de l'eau potable car c'est un élément qui permet à certaines bactéries de se multiplier dans les réseaux de distribution (Desjardins, 1997).

3.4. Les paramètres volumétriques

3.4.1. Le calcium (Ca^{2+})

C'est un élément majeur de l'eau potable, il reflète la dureté de l'eau, il est présent à l'état de traces dans l'eau de pluie, il peut être ingéré comme poison en quantité inférieure aux besoins de l'organisme, estimés à environ 0,7g/j (**Desjardins, 1997**).

3.4.2. Les chlorures (Cl^-)

Le chlorure est présent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Pénétration à travers des sols salins.
- L'eau de mer s'infiltré dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles.

Les chlorures présents en excès dans les approvisionnements en eau peuvent corroder les réseaux de distribution d'eau et être nocifs pour les plantes. Les fluctuations spectaculaires du chlorure dans le temps peuvent être considérées comme un indice de pollution (**Berne, 1972**).

3.4.3. Le titre hydrométrique (TH)

La dureté de l'eau, ou nom de l'aréomètre, est une grandeur liée à la somme des concentrations des cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, etc. Dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) sont généralement les plus abondants. Le calcium étant l'un des ions les plus abondants, il constitue un bon indicateur de la dureté de l'eau (**Guilbert, 2000**).

3.4.4. Le titre alcalimétrique simple (TA)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcaline caustique. Donc c'est la teneur en hydroxyde (OH^-) et la moitié de la teneur en carbonate (CO_3^{2-}) (**Rodier et al., 1996**).

3.4.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet ou TAC, c'est le volume d'acide en ions H_3O^+ nécessaire pour doser 100 ml d'eau en présence de méthylorange le TAC s'exprime en F° .

Le TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (Rodier *et al.*, 1996).

3.5. Les paramètres bactériologiques

L'eau potable ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes ni de bactéries fécales indicatrices.

Pour l'analyse bactériologique de l'eau, les comptages de colonies sont souvent effectués sur gélose nutritive à 37°C et à 20°C.

Le comptage eux-mêmes ont donné peu d'indication de contamination fécale. Il est possible de récolter des données intéressantes au fil du temps, car une augmentation soudaine du nombre totale de bactéries peut être l'être le premier signe d'une contamination récente. Cette mesure permet d'évaluer l'efficacité du processus de désinfection mais les bactéries ainsi dénombrées sont généralement médiocres.

Le dénombrement des bactériens totaux sont utilisés comme indicateur de contamination dans les milieux naturels, généralement dans des eaux de très bonne qualité microbiologique qui se sont avérées exemptes de contamination. Il s'agit donc d'eaux souterraines provenant d'aquifères profonds ou alluviaux (Cheval, 1982).

3.5.1. Les coliformes

Le terme coliforme appartient en nombreuses espèces de bactéries appartenant à la famille des enterobactériaceae, qui se caractérisent typiquement par la fermentation du lactose et la production de gaz. Deux types sont distingués :

3.5.1.1. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux (Figure 03) sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-), non sporulant. Ils fermentent le lactose en produisant de l'acide et de gaz en 48 h à des températures variant de 35°C à 37°C (Cheval, 1982).

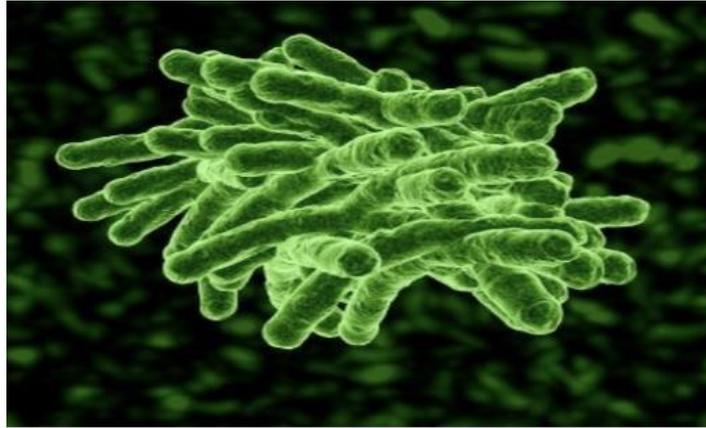


Figure 03 : Coliformes totaux (Cheval, 1982).

3.5.1.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux (**Figure 04**) sont des bâtonnets, aérobies et facultativement anaérobies, gram (-), non sporulant, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures se situant entre 36°C et 44°C en moins de 24 h (Cheval, 1982).



Figure 04 : Coliformes fécaux (Cheval, 1982).

3.5.2. Les streptocoques fécaux

Ces bactéries (**Figure 05**) appartiennent à la famille de streptococaceae, au genre streptococcus et au groupe sérologique D de Landefeld. Ils sont définis comme étant des Cocci sphériques légèrement ovales, grams positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développant le mieux à 37 °C et possédant un caractère homo-fermentaire avec production d'acide lactique sans gaz (Rodier, 1996).

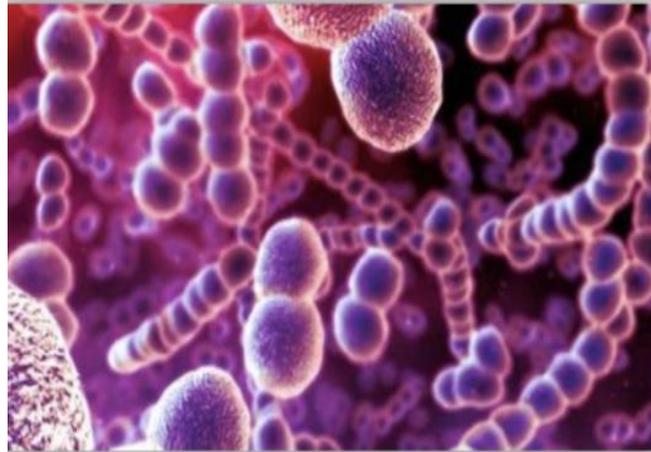


Figure 05 : Streptocoques fécaux (Rodier, 1996).

3.5.3. Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

Ces bactéries (**Figure 06**) sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale; la forme spore beaucoup plus résistant que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait de déceler une pollution ancienne ou intermittente. Le clostridium sulfito-réducteurs est pratiquement toujours présent dans les rivières et le sol, dans une nappe sous-jacente.

Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau, les Clostridium sulfito-réducteurs sont pris en compte dans la réglementation de l'OMS.

La recherche des CSR est utilisée pour contrôler l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificielle (Rodier, 1996).



Figure 06 : Les clostridium sulfito-réducteurs (CSR) (Rodier, 1996).

3.5.4. Escherichia coli

Escherichia coli (**Figure 07**) est une bactérie qui appartient au groupe des coliformes thermo tolérants, aussi appelés coliformes fécaux, trouve spécialement dans les matières fécales des êtres humaines et des animaux. Leur présence dans l'eau indique la présence de matières fécales, capable de fermenter le lactose à 44 °C, peuvent être détectés lors d'une incubation à 44-45°C (**Patrick, 2010**).



Figure 07 : Escherichia coli (**Patrick, 2010**).

4. La pollution de l'eau

4.1. Définition

La pollution est définie comme les substances qui provoquent la dégradation de l'environnement naturel en altérant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques (**Hadj, 1999**).

Il désigne l'ensemble des déchets que l'homme rejette dans l'écosystème et qui, s'ils ne présentent pas de danger réel pour les organismes vivants, ont un impact perturbateur sur l'environnement (**Ramade, 1998**).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement (**Ramade, 1998**).

4.2. Origines de la pollution

Les origines de la pollution de l'eau sont variées et intimement liées aux activités humaines : pollution domestique, industrielle, et agricole (**Zerrouki et al., 2006**).

Cette forme de pollution constitue la plus grande partie: pollutions domestiques (activité, eaux usées, eaux de cuisine...), industrielles (chimie, pétrochimie...) et agricoles (engrais, pesticides) (**Henry et Beaudry, 1992**).

4.2.1. La pollution d'origine domestique et urbaine

En cas d'installations sanitaires collectives ou individuelles déficientes, les eaux usées et les eaux grises peuvent contaminer les eaux souterraines avec des substances indésirables (substances organiques, détergents, solvants, antibiotiques, micro-organismes, etc.). Cette situation se traduit par des fosses d'aisance, des installations d'hygiène personnelle s'infiltrant dans le sol mal conçues ou mal dimensionnées et des stations d'épuration municipales surchargées. Les déchets ménagers entassés au hasard ou de qualité inférieure peuvent également libérer des lixiviats riches en polluants (Ayad, 2017).

4.2.2. La pollution d'origine agricole

Le régime et la qualité des eaux sont fortement influencés par les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage (Faurie *et al.*, 2003). Lorsqu'ils sont utilisés des manières excessives, les engrais chimiques contenant de l'azote et du phosphore, ainsi que les produits phytosanitaires utilisés pour protéger les cultures, peuvent devenir toxiques et contaminer les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration, particulièrement lors de période de pluie (Ayad, 2017).

4.2.3. La pollution d'origine industrielle

Les activités industrielles libèrent un grand nombre de substances qui pollueraient nos rivières et nos nappes phréatiques, parfois de manière si intense que nous ne connaissons pas ses effets à long terme (Ayad, 2017). Eaux industrielles qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur responsable de plusieurs types de pollution :

Pollution thermique: les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations centrales thermiques, nucléaires, raffineries,...

Pollution chimique: elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle (Koller, 2004).

Pollution mécanique: elle résulte des décharges des déchets et des particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension (Mekhlafa, 2009).

Pollution organique: industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices des nuisances olfactives (**Donnier, 2007**).

4.2.4. La pollution naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. Par exemple l'arsenic est connu pour être toxique et peut causer des problèmes de santé graves, y compris des troubles dermatologique, cardiovasculaire et certain types de cancer.

L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes (**Gaamoune, 2010**).

5. Les principaux polluants

Le polluant est un facteur physique, chimique ou biologique provoquant sous une intensité ou une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle (**André et Jean-Claude, 1999**).

On distingue les types des polluants suivants:

5.1. Polluants physiques

Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluant ayant un caractère physique: les polluants thermiques et les polluants radioactifs (**Arouya, 2011**).

- Les polluants thermiques

La pollution thermique se manifeste par le rejet d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaires et électrique, ce qui entraîne un réchauffement significatif des eaux. Ce réchauffement altère diverses propriétés physique de l'eau, telles qu'une diminution de sa densité, et provoque des perturbations graves dans les écosystèmes aquatiques (**Arouya, 2011; Mazzuoli, 2012**).

- **Les polluants radioactifs**

La radioactivité des eaux naturelles peut être due à des sources naturelles telles que l'uranium et le radium, ou à des sources artificielles telles que l'énergie nucléaire. Les substances radioactives relâchées dans l'eau peuvent provenir soit d'une radioactivité naturelle présente dans certaines eaux souterraines, soit d'une contamination résultant de retombées atmosphériques (par exemple, des explosions nucléaires), des sources de rayonnement industrielles ou encore de déversements accidentels provenant des installations des centrales nucléaires (**Pesson, 1976**).

- **Les polluants mécaniques**

La pollution par les déchets solides et les particules se produit lorsque des déchets et des particules solides sont déversés dans les eaux résiduaires industrielles et les eaux de ruissellement. Ces polluants peuvent inclure des éléments grossiers tels que du sable, ainsi que des matières en suspension (MES) (**Galaf et Ghannam, 2003**).

5.2. Polluant chimique

La pollution chimique des eaux survient lorsque des substances minérales toxiques telles que les nitrates, les phosphates, l'ammoniac, les sels et les ions métalliques sont déversés dans les cours d'eau. Ces substances ont un effet toxique sur les matières organiques et augmentent leur dangerosité (**Arouya, 2011**).

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autres éléments toxiques (**Bouziati, 2000**).

5.3. Polluant biologique

Les micro-organismes peuvent se développer dans l'eau, que ce soit dans leur habitat naturel ou en tant que moyen de transport. Leur présence est généralement plus faible dans les eaux souterraines en raison des conditions anaérobies et de la faible disponibilité de nutriments. Cependant, lorsque de la matière organique est transférée dans les nappes phréatiques, cela favorise leur prolifération. Ainsi, un polluant biologique dans l'eau fait référence à la présence de micro-organismes, de pathogènes ou de substances biologiques nocives qui peuvent entraîner une dégradation de la qualité de l'eau, ainsi qu'un risque pour la santé humaine et la vie aquatique. Ces polluants peuvent entraîner la contamination de l'eau,

la propagation de maladies d'origine hydrique et perturber l'équilibre des écosystèmes aquatique (**Bennana, 2013; Kankou, 2004**).

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes.

5.3.1. Les organismes libres

Parmi les organismes libres présents dans l'eau, qui jouent un rôle important qui influence significative sur l'écosystème aquatique sont : les planctons et les macros invertébrées. Ces organismes aquatiques, à la fois microscopiques et visibles à l'œil nu (**Moumouni, 2005**).

5.3.2. Les agents pathogènes

Ils comprennent: les virus, les bactéries et les parasites. Ces micro-organismes sont couramment associés aux risques sanitaires liés à la contamination fécale de l'eau (**Moumouni, 2005**).

6. L'impact de pollution

6.1. Sur la santé

La pollution de l'eau potable peut avoir de graves conséquences sur la santé humaine. L'eau est un contributeur majeur au développement des maladies d'origine hydrique, qui sont des maladies contractées après qu'un sujet soit entré en contact avec de l'eau contaminée ou ait mangé des aliments qui ont été contaminés par de l'eau contenant des matières fécales d'agents pathogènes (bactéries, virus ou protozoaires) est responsable de maladies infectieuses et constitue la troisième cause de décès dans le monde, en particulier chez les enfants (**Makoutoude, 1999; Lalanne, 2012 ; Bain et al., 2014; Belhadj, 2017**). Cinq catégories de maladies d'origine hydrique sont identifiées par les services de santé :

- Maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse) ;
- Infections de la peau et des yeux (trachome, gale, lèpre, conjonctivite et ulcères);
- Parasitoses (bilharziose et dracunculose);
- Maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches ;
- Infections dues au manque d'hygiène (**Belhadj, 2017**).

6.2. Sur le milieu naturel

Parmi les effets de la pollution de l'eau potable affectant l'environnement figurent:

- Ecosystèmes aquatiques perturbés : Les contaminations présentes dans l'eau potable peuvent avoir des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques. Ils peuvent altérer la qualité de l'eau, entraîner la mort de la faune et de la flore aquatique, et perturber les chaînes alimentaires et les interactions écologiques.
- Diminution de la biodiversité : Peut entraîner la disparition d'espèces animales et végétales spécifique à certains écosystèmes aquatiques. Cela peut réduire la biodiversité globale et affecter l'équilibre naturel des écosystèmes (**Moletta, 2002**).

Il est crucial de prévenir la pollution de l'eau potable pour protéger la santé du milieu naturel et préserver les écosystèmes aquatiques dans leur état naturel et équilibré.

6.3. Sur l'économie

Elle entraîne des coûts de traitement supplémentaires pour rendre l'eau propre à la consommation et des dépenses importantes en matière de santé publique pour traiter les maladies d'origine hydrique. La perte de productivité due aux maladies liées à l'eau contaminée affecte l'économie locale. De plus, la pollution de l'eau potable peut nuire au tourisme, à l'agriculture et à d'autres secteurs économiques dépendants de ressources en eau propres. La prévention de la pollution de l'eau potable est donc essentielle pour minimiser ces impacts négatifs sur l'économie (**Moletta, 2002**).

Chapitre II :
Description de la zone d'étude

1. Présentation de la Wilaya de Mila

1.1. La situation géographique

La wilaya de Mila se situe dans le nord-est Algérien à 464 m d'altitude, et à 73 Km de la mer méditerranéenne. Elle fait partie de l'est de l'atlas tellien, par une chaîne de montagne qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays (ANDI, 2013). Elle occupe une superficie de 0,14% de la superficie totale du pays. Une wilaya de 3407 km² où vivent aujourd'hui 1 006 199 habitants à fin 2020 (Direction du tourisme et de l'Artisanat Mila, 2020). C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposée en 32 communes (Chaalal, 2012). Elle est limitée par 6 wilayas (Figure 08):

- Au nord-ouest par la wilaya de Jijel;
- Au nord-est par la wilaya de Constantine et Skikda ;
- A l'ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au sud-est par la wilaya d'Oum-El Bouaghi et Batna.



Figure 08 : Situation géographique de la wilaya de Mila (ANDI, 2013).

1.2. Les caractéristiques géologiques

1.2.1. La géologie

Le bassin de Mila appartient au domaine externe de la chaîne Alpine d'Algérie nord orientale qui est rattaché à la branche sud des maghrébines entre le détroit de Gibraltar à l'ouest est la Sicile et la Calabre à l'est (Atmania, 2010).

La partie nord orientale de cette branche est généralement subdivisée en deux grands domaines qui sont: un domaine interne regroupant le socle kabyle et les formations des flysch et un domaine externe correspondant aux formations telliennes et de l'avant pays (**Atmania, 2010**).

A. Les reliefs

Selon l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (2013), les reliefs de la wilaya de Mila sont structuré en trois ensembles morphologiques:

- Au nord: elle est de caractère montagnard, sa surface agricole labourée est de 14%, la pluviométrie annuelle oscille entre 600 mm et 1200 mm annuellement. Cette zone est connue par la production des arbres fruitiers particulièrement l'olivier mais aussi la pratique de l'apiculture.
- Au centre : elle occupe 68% de la surface agricole labourée, des tranches pluviométriques annuelles de 400 mm à 600 mm par an.
- Au sud : elle occupe 18% de la surface agricole labourée. C'est la zone des hauts plateaux. Les précipitations ne dépassent pas 350 mm par an. Cette zone est connue par la culture des céréales fourragères, l'élevage et l'aviculture mais aussi par les cultures maraichères en irrigué (**Figure 09**).

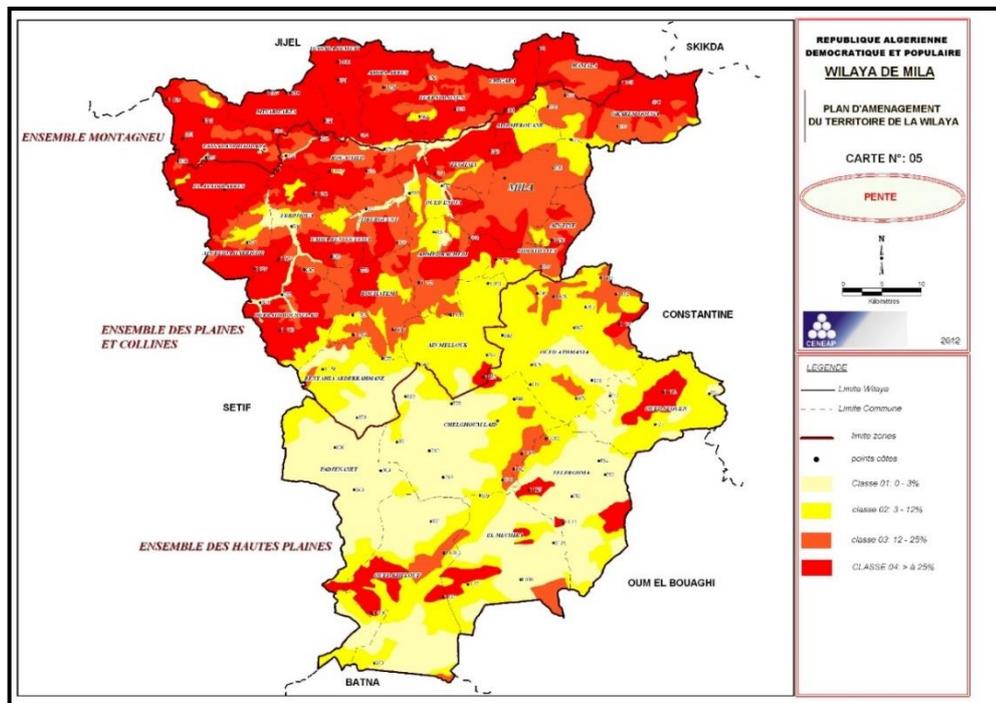


Figure 09 : Représentation des différentes formes des reliefs de la wilaya de Mila (**ANDI, 2013**).

2. Le réseau hydrologique

La wilaya de Mila abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrages, pour gérer la pénurie d'eau à Mila n'est pas une tâche aisée car celle-ci est un frein pour l'activité économique et la qualité de vie des ménages.

La wilaya de Mila dispose de :

A. Les barrages

Le barrage de Béni-Haroun le plus grand barrage d'eau au niveau national, qui alimente une grande partie de l'est algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation. Sa capacité de stockage est de 998 hm³.

Le barrage de Sidi Khalifa est un barrage transfert des eaux, située au Sud de la wilaya de Mila. Il fait partie du grand transfert de barrage de Béni Haroun par lequel transitent annuellement les 504 mm³, Il servira à alimenter 5 wilayas de l'est algérien. A environ 25 km au sud du chef –lieu, près de ville de Sidi Khalifa. Il possède une capacité de 33600000 m³ et une longueur de digue de 600 m (ANBT, 2015).

Le barrage d'Oued el Athmania d'une capacité de stockage de 33 hm³.

Le barrage de Hammam Ghrouz d'une capacité de stockage de 41 hm³.

B. Les puits

Le nombre de puits recensé est de 57 avec un débit mobilisé de 6.685.632 m³/an. Ils se situent plutôt dans la partie méridionale de la wilaya.

C. Les forages

Il existe 127 puits publics avec un taux de remplissage de 40 cm³/an, et 950 puits sont privés de remplissage à un taux de 6,7 mètres cubes/an.

D. Les retenues collinaires

Au nombre de 4 d'un taux de remplissage de 1,5 hm³ (Hydraulique Mila, 2023).

3. Climatologie

La description du climat tient principalement compte de certains paramètres essentiels, telle que la température, les précipitations, le régime des vents et l'humidité. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées de la station d'Ain-Tin, sur 09 ans (2010-2019).

A. La température

La température est un facteur écologique de première importance (Ramade, 1984). Avec les précipitations, il constitue l'élément climatique le plus courant. Il affecte grandement les conditions générales de développement et de croissance des organismes.

Les données de la station météorologique d'Ain-Tin mentionnées dans le (Tableau 03) font ressortir que la température moyenne mensuelle, la plus basse, est celle enregistrée durant le mois de Janvier avec 5°C et que les mois les plus chauds sont Juillet et Août, avec des températures moyennes de l'air atteignant les 34,8°C et 34,5 °C.

Tableau 03 : Moyenne mensuelle des températures (Station d'Ain-Tin ; 2010-2019).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T (°C)	8,9	9,0	11,3	14,5	17,7	23,4	28,6	26,3	22,3	18,7	13,2	9,7

- T : température moyenne mensuelle (°C);

B. Les précipitations

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui détermine les débits saisonniers et donc l'état des rivières et des aquifères.

Les données récoltées sur 9 ans (2010-2019) mentionnées dans le (Tableau 04) montrent que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 85 mm/mois ce qui produit une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimiques. Tandis que, l'été est sec avec une faible recharge de 19 mm/mois, ce qui produit une évaporation et une concentration des éléments chimiques.

Tableau 04 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles (Station d'Ain-Tin ; 2010-2019).

Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	sep	Oct	Nov	Déc
Pmm (mm)	83	99	96	55	51	25	7	24	32	58	70	73

- Pmm: moyenne des précipitations mensuelles (mm);

4. La synthèse climatique

4.1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен

Le diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен une méthode graphique ; nous a permet de connaître les caractères des saisons dans cette région et d'avoir une idée sur la durée et l'intensité et l'humidité de la période de sécheresse, Il construit en portant en abscisse les mois et en ordonnées les précipitations moyennes mensuelles (P) sur un axe et la température moyenne mensuelle (T) sur un autre axe où l'échelle de la précipitation est double de celle de la température ($P = 2 T$).

Un mois est considéré comme biologiquement sec si la pluviométrie moyenne (P) en millimètres est égale ou inférieure à deux fois la température moyenne (T) en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Les lectures sont prises directement sur le graphique. Quand la saison sèche arrive la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe des températures (**Bagnouls et Gausсен, 1957**).

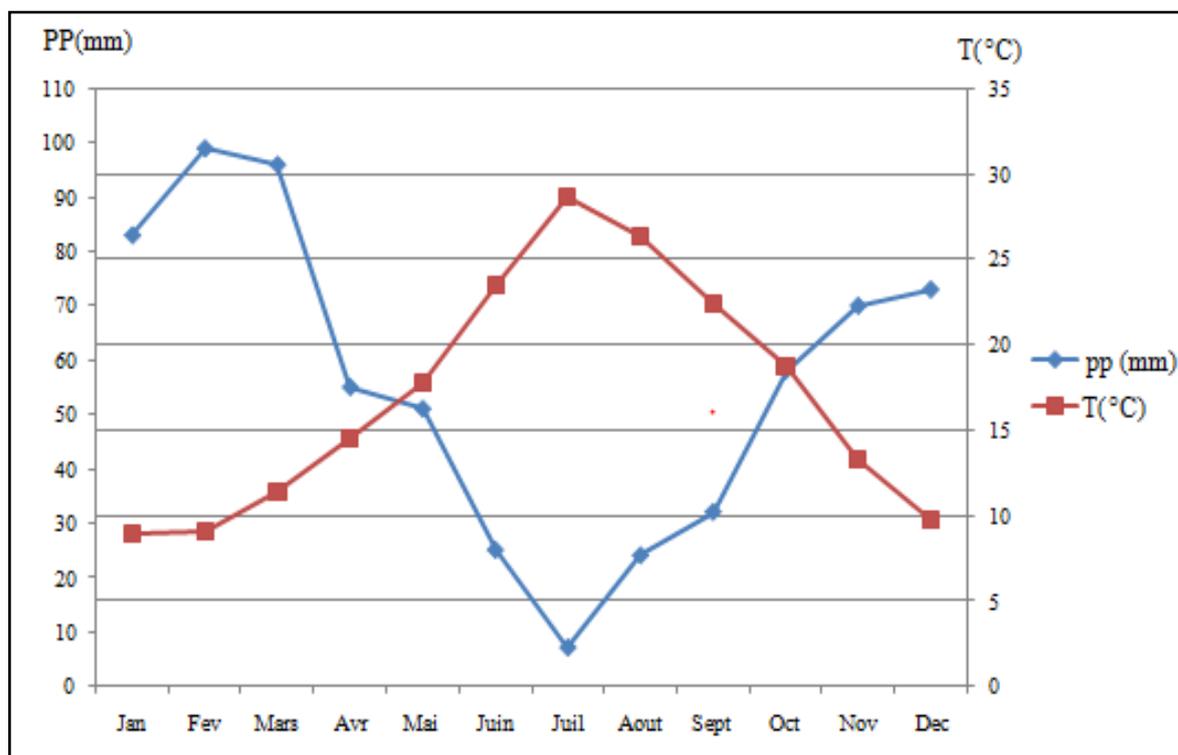


Figure 100 : Diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausсен.

4.2. L'indice pluviométrique d'Emberger

L'indice pluviométrique d'Emberger nous aide à définir les cinq étages de climat méditerranéen de plus aride jusqu'à celui de haut montage (**Emberger, 1955**).

Emberger a classé les climats méditerranés en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température qui s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Où :

- **Q₂** : le quotient pluviométrique d'Emberger ;
- **P** : moyenne des précipitations annuelles (mm);
- **M** : Moyenne maximale du mois le plus chaud (°K) ;
- **m** : Moyenne minimale du mois le plus froid (°K) (**Ramade, 2003**).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273,2$].

Les données météorologiques de la région de Oued el Athmania pendant la période 2010 /2019, montrent que :

$$P = 673\text{mm}$$

$$M = 28,6 \text{ C}^{\circ} = 301,8\text{K}^{\circ}$$

$$m = 8,9 \text{ C}^{\circ} = 282,1\text{K}^{\circ}$$

$$\text{Donc : } Q_2 = 117,01$$

L'indice pluviométrique équation de Mila égale 117,01 donc cette région est située dans l'étage bioclimatique Sub-humide à hiver chaud.

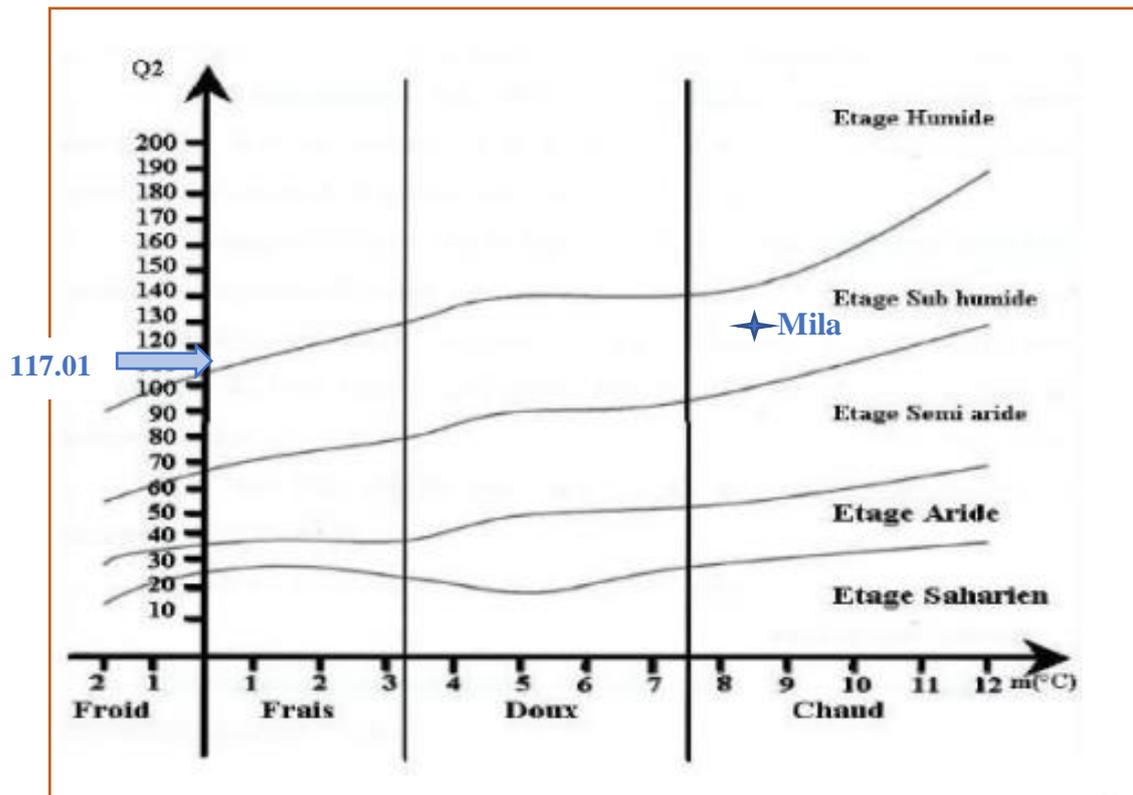


Figure 111 : Situation de la région de Mila dans le climogramme d'Emberger
 La région de Mila présente ainsi un $Q_2 = 117,01$ et se classe dans l'étage bioclimatique à Sub-humide à hiver chaud (**Figure 11**).

Chapitre III :
Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail consiste à étudier la potabilité de l'eau de trois sources naturelles dans la wilaya de Mila, afin de mettre en place des mécanismes de surveillance.

1. Lieu de stage

Notre stage de Master a été réalisé au niveau de laboratoire d'analyses physico-chimiques et bactériologiques géré par l'unité de l'algérienne des eaux (ADE) de la wilaya de Mila durant une période de 5 mois (Janvier- Mai).

Ce laboratoire de contrôle et de suivi de qualité de l'eau a commencé ces activités en mars 2003, il est situé à la commune de Mila, dispose des travailleurs chargés de l'autocontrôle des eaux par l'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux destinée à la consommation humaine.

2. La description des stations de prélèvement

La wilaya de Mila connaît beaucoup de difficulté malgré la présence du grand barrage de Béni Haroun. L'inconstance de la distribution de l'eau potable affecte toujours l'approvisionnement des ménages et cette intermittence fragilise la qualité du service sur la consommation de l'eau potable et le comportement des ménages pour lutter contre les pénuries d'eau (**Tableau 05**) (**Soukehal et cherrad, 2011**).

Tableau 03 : Nombre et qualité mobilisée des eaux de source de la wilaya de Mila (**Hydraulique Mila, 2023**).

Commune	Source	
	Nombre de source	Débit (m ³ /j)
Hamala	9	173
Grarem-Gouga	1	518
Ahmed-Rachedi	3	173

Station 01: La source d'El-Ouassaf (**Figure 12**) est située à proximité du hameau Ain chakouf et du village Kelaà Zekra, dans la commune de Hamala dans la Wilaya de Mila (**Mairie Hamala, 2023**).



Figure 122 : Source El-Ouassaf (**Photo personnel**).

Station 02 : La source de Tamda ou Tamda Falls (**Figure 13**) est une source d'eau naturelle qui émerge des grottes et des montagnes, formant un petit lac qui ne dépasse pas les 3 mètres. Elle est située au sud de Mishta Tamda, à 5 km de la commune d'Ahmed Rashedi dans la Wilaya de Mila Ain Tamda, qui signifie bassin d'eau, est l'un des sites archéologiques les plus importants et les plus anciens (**Mairie Ahmed Rashedi, 2023**).

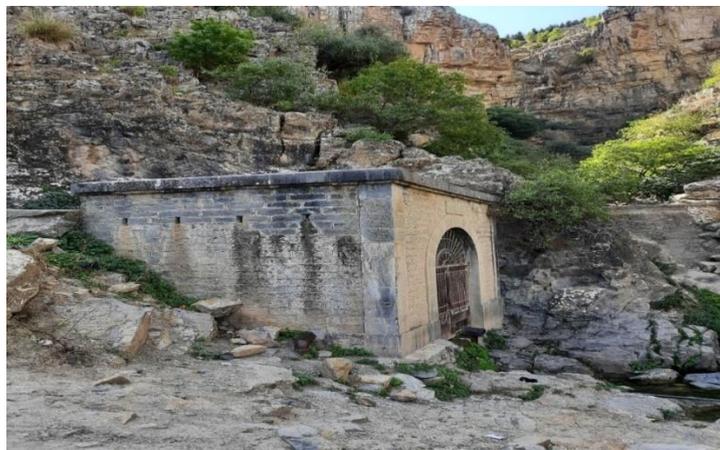


Figure 133 : Source Tamda 1 (**Photo personnel**).

Station 03 : La source de Houïma (**Figure 14**) est située dans les limites de la municipalité d'Al-Grarem-Gouga, près de Jabal Bounaaja, et à côté de Ghar Salim et Ouadi Rizk (**Mairie Grarem-Gouga, 2023**).



Figure 144 : Source Houïma (Photo personnel).

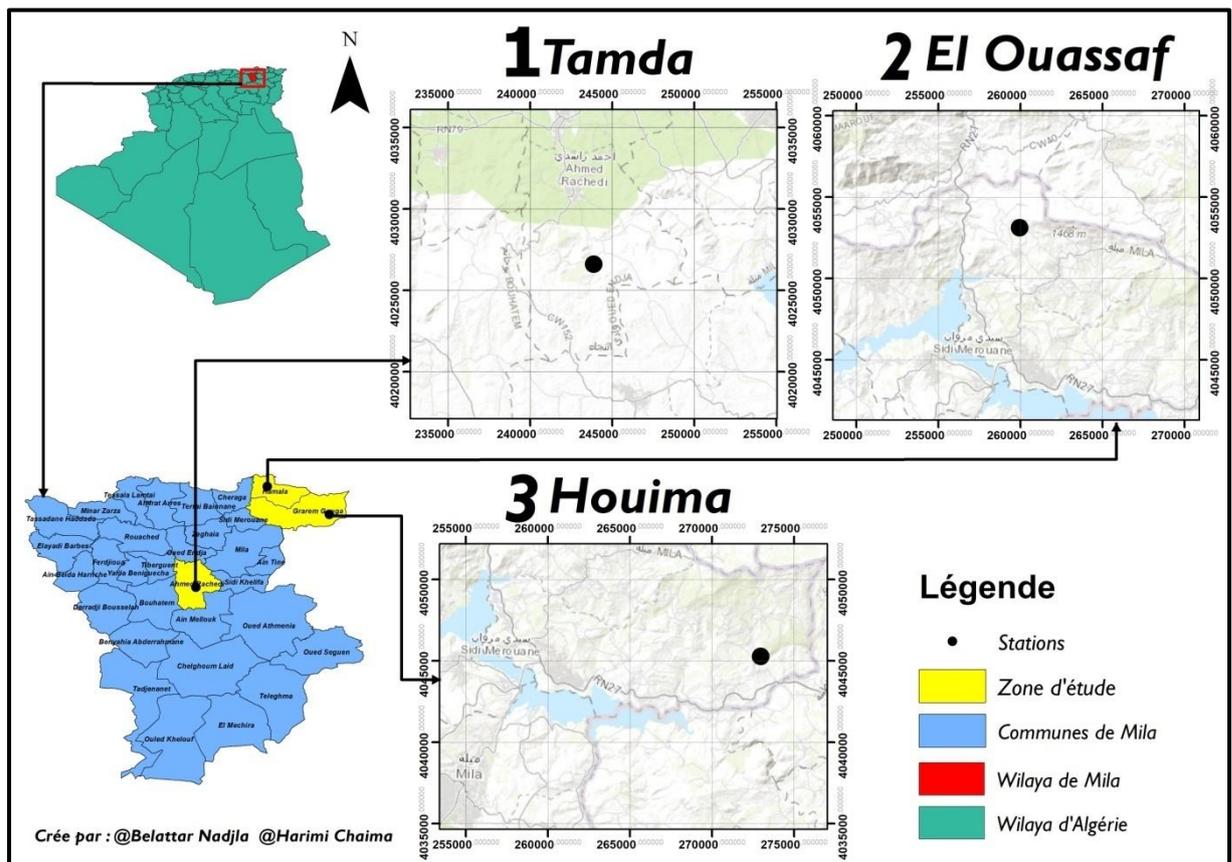


Figure 155 : Localisation des stations de prélèvement de l'eau (carte personnel)

3. Nature et période de prélèvement

Tableau 04 : Nature et période de prélèvement

Eaux de source	Lieu de prélèvement	Période de prélèvement	Type d'analyse effectuée
Source 1	El- Ouassaf	26 février 2023	Physico-chimiques et bactériologiques
Source 2	Tamda 1	26 mars 2023	
Source 3	Houima	28 mars 2023	

4. Prélèvement de l'eau à analyser

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité des préleveurs ;
- Date et heure de prélèvement ;
- Point de prélèvement d'eau ;
- Origine de l'eau : eau de source de la wilaya de Mila (Source El-Ouassaf, Source Tamda 1, Source Houima) (**Rodier, 2009**).

5. Echantillonnage

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des bouteilles en plastique, rincés plusieurs fois avec de l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse au laboratoire de l'ADE de Mila.

6. Transport des échantillons

Les échantillons triés sont soigneusement placés dans une glacière à 4°C puis transportés au laboratoire. Si le transfert doit excéder une 1 h, il convient d'utiliser une boîte isotherme munie d'un élément réfrigérant dont la température doit être comprise entre 4 et 6 C°. L'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximum de 8 h après le prélèvement. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures (**Rodier et al., 1996**).

7. Les analyses physico-chimiques

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherché, en plus de la possibilité de réaliser cette analyse.

Les paramètres de la qualité des eaux analysés sont résumés dans le **Tableau 07**.

Tableau 05 : Paramètres mesurés et Méthodes d'analyse utilisées.

Paramètre	Symbole	Unité	Méthode d'analyse
pH	pH	/	Potentiométrie
Conductivité électrique	C.E	$\mu\text{S/cm}$	Conductivimétrie
Salinité	SAL	%	Conductivimétrie
Total des solides dissous	TDS	mg/l	Conductivimétrie
Dureté totale	TH	$^{\circ}\text{F}$	Méthode volumétrique à l'EDTA
Turbidité	/	NTU	Turbidimétrie
Résidu sec	R.S	mg/l	Méthode volumétrique
Alcalinité	T.A, T.A.C	$^{\circ}\text{F}$	Méthode volumétrique
Calcium	Ca^{2+}	mg/l	Méthode volumétrique à l'EDTA
Magnésium	Mg^{2+}	mg/l	Méthode volumétrique à l'EDTA
Chlorure	Cl^{-}	mg/l	Méthode volumétrique
Sulfate	SO_4^{2-}	mg/l	Méthode Néphélométrique au chlorure de barium
Nitrate	NO_3^{-}	mg/l	Méthode colorimétrique au salicylate de sodium
Nitrite	NO_2^{-}	mg/l	Méthode colorimétrique
phosphate	PO_4^{2-}	mg/l	Méthode colorimétrique à l'acide ascorbique
Fer	Fe^{2+}	mg/l	Méthode colorimétrique au phénantroline
Matière organique	MO	mg/l d' O_2	Méthode à chaud

7.1. Le pH

Le pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou basique, il conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6. Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés.

Le pH peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (Rodier *et al.*, 1996).

Dans notre étude, les mesures du pH ont été faites à l'aide d'un pH-mètre multi paramètre (Figure 16).



Figure 166 : pH-mètre multi paramètre (Photo personnel)

7.2. La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique de l'eau, définit sa capacité à transporter et à favoriser le passage du courant électrique (Wike et Boutiere, 1999; Rejsek, 2002).

La conductivité reflète la minéralisation totale de l'eau (Rodier *et al.*, 1996; Rejsek, 2002).

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, et dépend de leur nature et de leurs concentrations (Rejsek, 2002). Par conséquent, il existe une relation entre la teneur en sels dissous dans l'eau et sa conductivité (Rodier *et al.*, 1996).



Figure 177 : Conductimètre de marque Hach (**Photo personnel**)

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec l'augmentation de la viscosité (**Rejsek, 2002**).

Les mesures ont été faites à l'aide conductimètre Hach (**Figure 17**).

7.3. La salinité (SAL) et le totale des solides dissous (TDS)

Les mesures de TDS sont également effectuées à l'aide d'un conductimètre Hach (**Figure 17**).

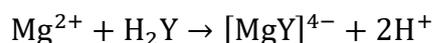
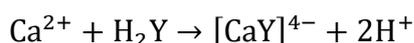
Le TDS de l'eau est une mesure de la quantité totale de substances dissoutes dans l'eau, telles que les minéraux, les sels et les métaux. Elle est exprimée en mg/l.

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans l'eau (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La salinité est mesurée à l'aide de la formule $SAL = TDS/1000$.

7.4. La dureté totale (TH)

Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide EDTA à pH 10. Le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur.



7.5. La turbidité

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, et c'est ce qu'on appelle l'effet Tyndall en raison des particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie de rayons lumineux (Rodier, 2005).

L'appareillage utilisé pour la mesure est un turbidimètre Hach (Figure 18) et une cuve stérile.



Figure 18 : Turbidimètre de marque Hach (photo personnel).

7.6. Le résidu sec

La détermination du résidu sec consiste à mesurer la quantité de matières dissoutes et en suspension dans une solution en éliminant l'eau par évaporation à 105°C et en pesant le résidu restant. La méthode est utilisée pour déterminer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. Le résultat du résidu sec permet de déterminer la pureté d'une substance et peut être utilisé pour évaluer la qualité de l'eau.

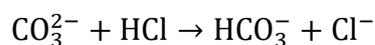
7.7. L'alcalinité

Le principe de l'alcalinité fait référence à la mesure de la capacité de l'eau d'un système à neutraliser les acides.

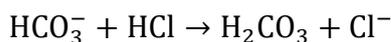
La détermination de l'alcalinité (T.A et T.A.C) est basée sur la neutralisation au niveau de pH 8,3 et 4,3, d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine (T.A) et méthylorange (T.A.C)).

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (T.A) :

$$T.A = [OH^-] + [CO_3^{2-}]$$



La seconde détermination sert à calculer le titre alcalimétrique complet (T.A.C) :

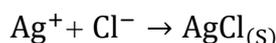


7.8. Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})

Le calcium et le magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'EDTA (acide éthylène diamine tétra acétique) à un pH de dosage se fait en présence d'un indicateur coloré. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium et de magnésium libre, l'indicateur varie de couleur rouge à la couleur violette, puis d'équivalence avec les ions calcium et magnésium combinés la couleur passe du violet au bleu.

7.9. Chlorure (Cl^-)

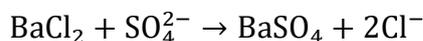
Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.



La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

7.10. Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum.



Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm.

7.11. Nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique à la longueur d'onde de 415 nm.

7.12. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec la N1 naphthalène diamine dichlorure donne naissance à une coloration rose mesurée à 543 nm.

7.13. Phosphates (PO_4^{2-})

Les ions phosphates réagissent en milieu acide avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium pour former un complexe de couleur bleue.

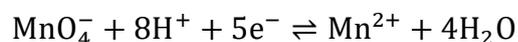
Qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm, après réduction par l'acide ascorbique.

7.14. Fer (Fe^{2+})

Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux ($\text{Fe}^{3+} + 1e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$) et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge-orange donnée par les sels ferreux avec la phénanthroline 1.10 susceptible d'un dosage spectrophotométrique à 510 nm.

7.15. Matière organique (M.O)

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.



8. Les analyses bactériologiques de l'eau

L'analyse bactériologique d'une eau de consommation consiste logiquement à rechercher les germes qu'elle pourrait contenir. Pour chaque échantillon, l'analyse microbiologique a concerné :

- La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux (*E.Coli*) ;
- La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux (**Rodier et al., 2009 ; Ouahchia et al., 2015**).

8.1. Matériel et méthode de prélèvement

Pour le matériel de prélèvement, on utilise généralement des flacons en verre piraxé d'une contenance 250 ml, c'est flacon sont près à l'aboûment stérilisé a l'autoclave pour être stérile à le moment de prélèvement, donc si flacon doit être étiqueté au moment de prélèvement ou on doit noter avec précession la date et l'heure de prélèvement, les identités de préleveur et toute se constance sur naturelle on moment de prélèvement, les prélèvements seront transportés dans un glacier avec un température qui doit être compris entre 4 et 6°C (**Rodier, 2005**).

8.2. Recherche et dénombrement des Coliformes, Coliformes fécaux (*E. Coli*)

- **Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Les coliformes totaux sont utilisés comme indicateurs de pollution d'origine organique (Merzoug, 2009).

- **Les coliformes fécaux, *E. Coli***

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux sont capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. Et présentent les mêmes propriétés des coliformes après incubation à cette température (Edberg et al., 2000).

La bactérie *E. Coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de ces derniers témoigne habituellement une contamination d'origine fécale. Plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale (Carbonnelle et Kouyoumdjian, 1998; Camille, 2003).

- **Méthodes par filtration sur membrane**

Avant de commencer l'expérience, la rampe de filtration sur membrane est d'abord préparée. Les entonnoirs en acier inoxydable sont stérilisés ainsi que la plaque poreuse à l'aide d'un bec-bunsen. Ensuite, les entonnoirs sont refroidis avec de l'eau distillée ou l'eau à analyser, une membrane est prise de son emballage à l'aide d'une pince stérile et déposée face quadrillé au-dessus sur la plaque de la rampe de filtration. Le flacon à analyser est soigneusement agité, la rampe de filtration est prête. 100 ml d'eau à analyser sont versés stérilement (dans la zone stérile), le robinet de la rampe est ouvert pour faire écouler l'eau. Dès que l'eau est filtrée la membrane est prélevée avec une pince stérile par son bord est déposée sur la surface d'une boîte de pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TERGITOL préalablement préparé, en faisons attention à ne pas piéger des bulles d'air. Cette dernières sera incubée couvercle en bas à première membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 h pour le dénombrement des coliformes totaux, et a deuxième membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 h pour le dénombrement des coliformes fécaux et *E. coli*, qui sont les seuls à se développés à cette température (Lebres, 2006).

Lecture et interprétation

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune. Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmations basées sur le test à l'indole.

- **Test à l'indole**

Pour cela, on transfère chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml du milieu Schubert. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber se dernier à $44 \pm 2^\circ \text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs, la virage du couleur de milieu à la surface du bouillon traduit le témoin de fermentation de lactose présente dans le milieu à partir de ces bactéries (Rodier, 2005).

Lecture des résultats

Après 24 heures d'incubation :

- Les coliformes totaux apparaissent sur la membrane sous forme de petites colonies jaunes, lisses et légèrement bombées.
- Les coliformes fécaux et *E. coli* apparaissent sur la membrane sous formes de petites colonies jaunes orangé (Lebres et Mouffok, 2008).

8.3. Recherche et dénombrement des streptocoques

- **Les streptocoques :**

Ce sont des hôtes ordinaires de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène.

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, sporophytes des eaux, de l'air, du sol (Delarras, 2014).

- **Méthodes par filtration sur membrane**

La recherche des streptocoques fécaux par filtration sur membrane se fait sur le milieu de culture Slanetz. Avant d'entamer l'expérience, la rampe de filtration est d'abord préparée, selon les étapes déjà citées dans la méthode de démembrement des coliformes et *E. coli*.

Après, avoir prélevé la membrane avec une pince stérile par son bord, elle est déposée sur le milieu Slanetz, en faisant attention à ne pas piéger des bulles d'air. Enfin, les boîtes de pétri sont incubées à 44°C pendant 48 heures le couvercle vers le bas (**Lebres, 2002**).

Lecture

Les streptocoques fécaux se présentent sous forme des colonies lisses légèrement bombées, de taille moyenne régulière et pigmentées en rose ou en rouge.

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation se fait sur gélose BEA (Bile Esculine Azoture.). La membrane est transférée de manière aseptique du milieu Slanetz vers le milieu BEA préchauffé préalablement à 44°C. Enfin, elles sont incubées à 44°C pendant 2 h.

Lecture

Les colonies caractéristiques présentent une coloration noire, ce qui indique l'hydrolyse de l'esculine plus présente dans le milieu (**Lebres, 2002**).

Note : Si la couleur des colonies existe ne change pas, cela signifie qu'il n'y a pas des Streptocoques fécaux dans l'échantillon analysé.

Chapitre IV :
Résultats et Discussions

1 Les résultats des analyses physico-chimiques

Le tableau ci-dessous présente les résultats des divers paramètres physico-chimiques. Ces résultats ont été obtenus suite à l'analyse de trois sources d'eau (Source 1: El Ouassaf, Source 2: Tamda 1 et Source 3: Houima) dans la région de Mila. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de l'ADE Mila. Les normes algériennes et de l'OMS concernant la qualité de l'eau potable ont été utilisées pour interpréter ces résultats.

Tableau 06 : caractéristiques physico-chimiques de l'eau provenant des trois sources

	Sources		Source 01	Source 02	Source 03
	Paramètres	Unité			
Paramètres physiques	pH	/	7,13	7,79	7,80
	Conductivité	µs/cm	305	482	1609
	Salinité	%	0,10	0,20	0,80
	TDS	mg/l	146,4	233	805
	Dureté totale	°F	158	320	476
	Turbidité	NTU	1,42	0,36	0,61
	Résidu sec à 105°C	mg/l	291	237	1278
Paramètres chimiques	TAC	°F	150,06	400,16	367,22
	Calcium	mg/l	32,86	90,58	154,90
	Magnésium	mg/l	18,46	22,84	48,90
	Chlorure	mg/l	22,68	22,68	145,35
	Sulfate	mg/l	31,30	20,70	18,30
	Nitrate	mg/l	8,55	36,61	0,37
	Nitrite	mg/l	00	00	00
	Phosphate	mg/l	0,010	0,020	00
	Fer	mg/l	0,050	0,017	0,026
	Matière organique	mg/l	0,28	0,14	0,20

1. Les paramètres physiques

1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre important donne une idée sur l'acidité ou l'alcalinité de l'eau.

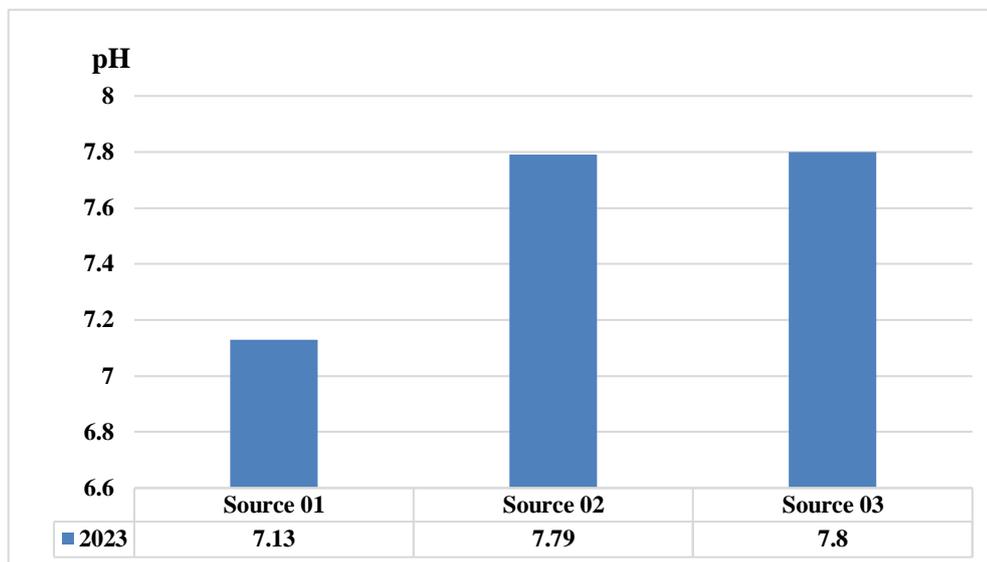


Figure 19 : Variation du pH des eaux analysées

Les mesures du pH de l'eau pour les trois sources étudiées (**Figure 19**), effectuées au laboratoire de l'ADE, révèlent une variation entre 7,13 et 7,80, indiquant que ces eaux présentent un pH légèrement alcalin. Selon le **Tableau 09**, la qualité de l'eau se rapproche de la neutralité dans tous les cas. D'après les normes de pH établies par l'OMS, ces résultats semblent respecter les normes, tout en satisfaisant également les exigences de la norme algérienne.

Tableau 09 : Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH (**Izabatene et al., 2019**)

pH	Qualification de l'eau
pH<5	Acidité forte
pH= 7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité rapproché, majorité des eaux de surfaces
5,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité, évaporation intense

1.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité se traduit par la minéralisation totale de l'eau. Elle varie entre [200-2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$], donc la mesure de ce paramètre permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau (Ben chehba *et al.*, 2017). D'après les résultats obtenus, l'eau de la source 3 d'Houimm est caractérisée par une conductivité très élevée par rapport à les deux autres sources, ce qui signifie que cette eau à une minéralisation légèrement élevée. Cette variation peut être due à la variation de la concentration totale de certains éléments tels que le sodium, le potassium, le calcium, le magnésium et le chlorure. D'une manière générale, la conductivité électrique d'une eau de source peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la saison, la géologie de la région, les activités humaines, etc. Les résultats de la conductivité électrique sont regroupés dans la **Figure 20**.

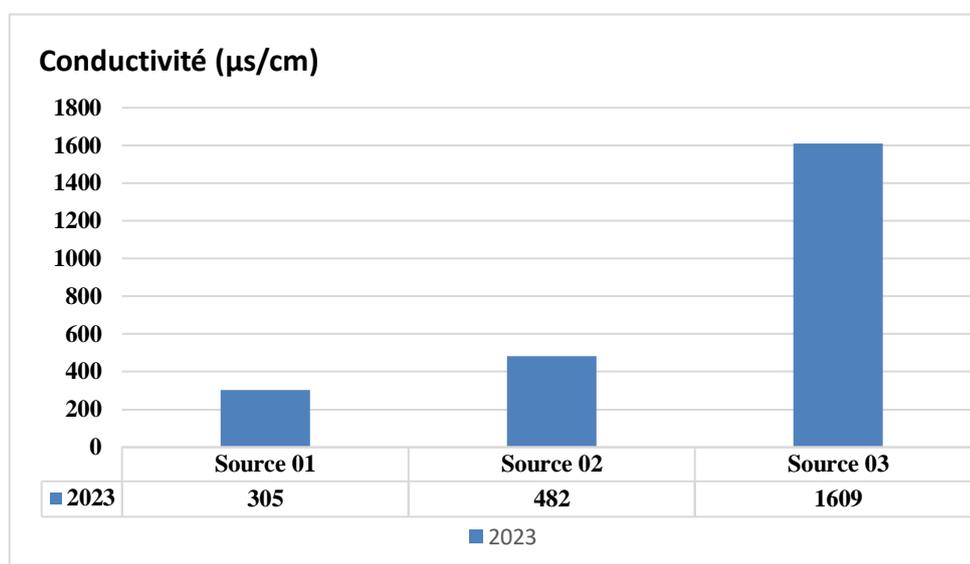


Figure 180 : Variation de la conductivité des eaux analysées

Dans tous les cas, les valeurs de conductivité électrique enregistrées sont inférieures à la limite fixée par la norme de conductivité qui est inférieure à 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. D'après le **Tableau 10**, la qualité de l'eau des sources 1 et 2 est considérée comme bonne, tandis que la qualité de la source 3 est jugée médiocre.

Tableau 7 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique
(Izebatene *et al.*, 2019).

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Qualification de l'eau
CE<400	Excellente
400<CE<750	Bonne
750<CE<1500	Passable
1500<CE<3000	Médiocre

1.3. Salinité (SAL)

La variation de la salinité de l'eau des trois sources étudiées est présentée dans la **Figure 21**. Il convient de noter que la salinité de l'eau peut varier considérablement d'une saison à l'autre et d'une région à l'autre (Mihoubi, 2008). Les mesures de salinité ont révélé des valeurs allant de 0,1% à 0,8%, la source d'Houima enregistrant la valeur la plus élevée. Cette différence peut être expliquée par la géologie distincte des trois sources d'eau. Dans les régions où il existe des dépôts de sel, lorsque l'eau de pluie pénètre dans le sol, elle dissout le sel et d'autres minéraux, ce qui peut entraîner une augmentation de la salinité de l'eau (Zereg, 2019).

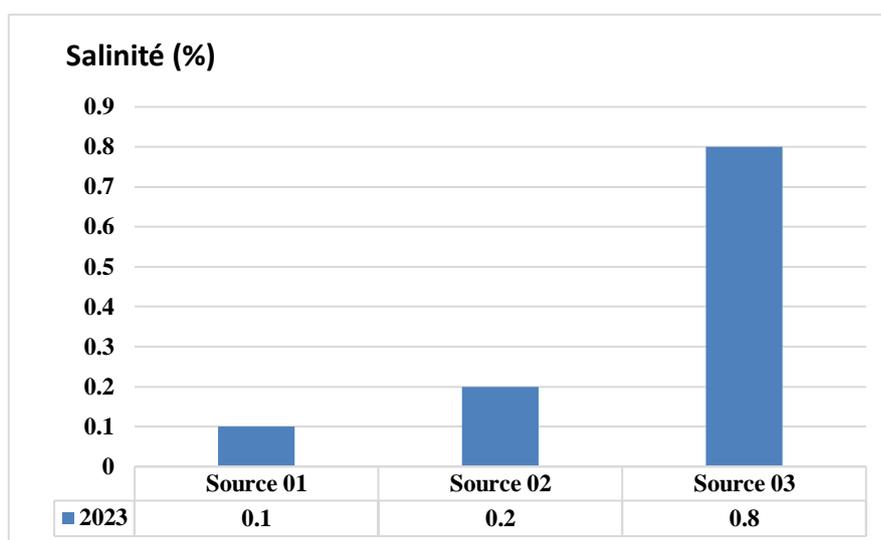


Figure 191 : Variation de salinité des eaux analysées

1.4. Taux des sels dissous (TDS)

TDS est le total des solides dissous dans l'eau; c'est la mesure de la quantité totale de substances solides dissoutes dans l'eau, y compris les minéraux, les sels, les métaux et les molécules organiques. Il est exprimé en milligrammes par litre (mg/l) ou en parties par million (ppm) et est une mesure importante de la qualité de l'eau, car un TDS élevé peut affecter le goût et la couleur de l'eau, et peut avoir des effets sur la santé. Les valeurs de TDS de l'eau des sources étudiées sont présentées dans la **Figure 22**.

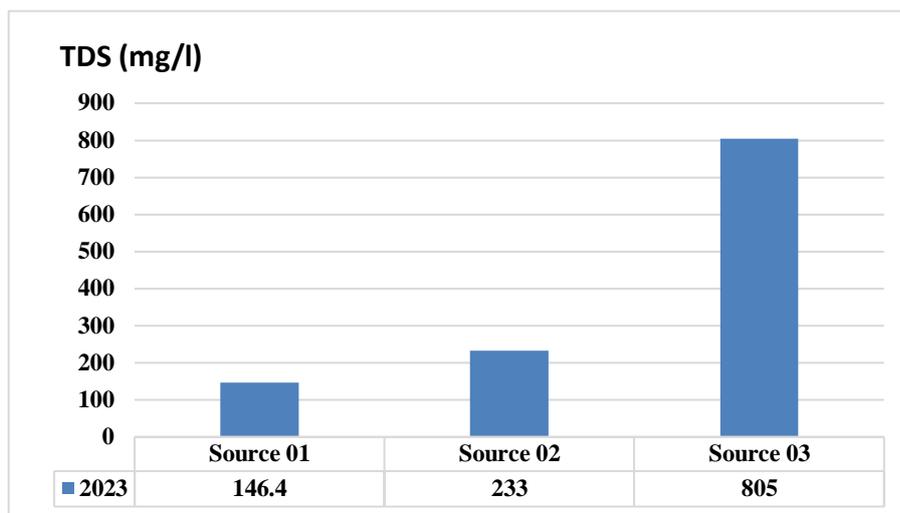


Figure 202 : Variation du TDS des eaux analysées.

Les résultats des mesures de TDS montrent une variation des valeurs allant de 146 mg/l pour la source 1, qui présente également la valeur minimale de conductivité et de salinité, à une concentration de 805 mg/l de TDS pour la source 3, qui enregistre également la valeur la plus élevée de conductivité et de salinité. Cette observation peut s'expliquer par le fait que les sels solubles contribuent à la salinité et augmentent la conductivité électrique. Le TDS et la salinité évoluent de la même manière que la conductivité électrique. Cette variation des valeurs de TDS peut être attribuée à la présence de différents minéraux dans la région d'Houïma. Les trois valeurs de TDS obtenues sont inférieures aux normes algériennes et de l'OMS, comme indiqué dans le (**Tableau 01**).

1.5. Dureté totale (TH)

La dureté d'une eau reflète sa concentration en sels minéraux dissous plus dure (**Sekera et al., 1975**). La **Figure 23** présente la variation de la dureté de l'eau des sources étudiées. L'évolution de la dureté totale dans notre étude, révèle des valeurs inférieures que les normes algériennes et de l'OMS (**Tableau 01**).

En effet, la valeur minimale est enregistrée dans le cas de la source 1 (158°F) par contre la valeur maximale est enregistrée dans le cas de la source 3 (476°F).

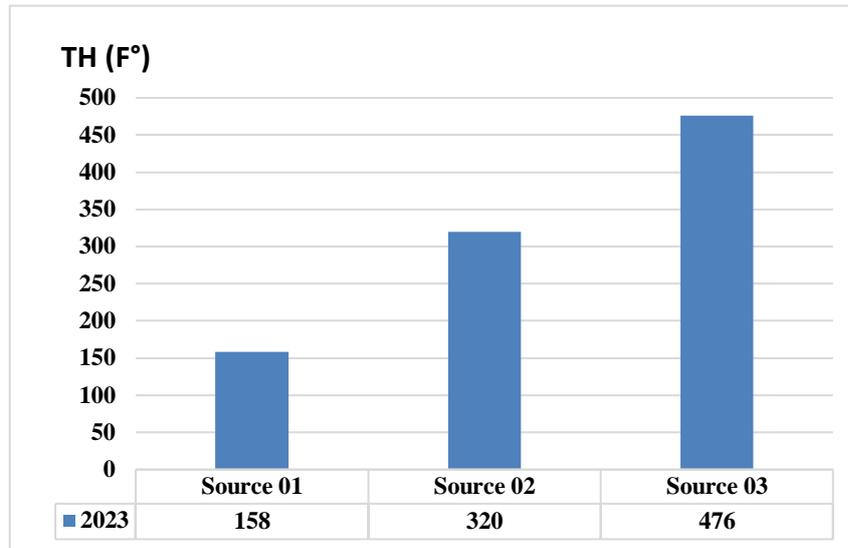


Figure 213 : Variation de la dureté totale des eaux analysées

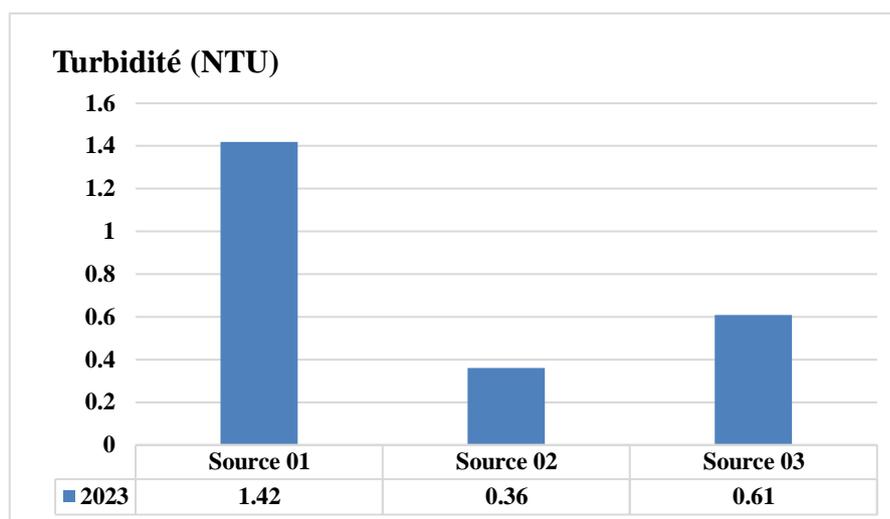
Bien que les résultats soient conformes aux normes, les trois sources présentent une eau très dure (**Tableau 11**). Bien qu'elle ne soit pas nocive pour la santé humaine, l'eau dure peut avoir divers effets sur la peau, les cheveux et les appareils ménagers. En ce qui concerne la peau, l'eau dure peut provoquer des irritations et des démangeaisons, tout en entraînant un assèchement de la peau et une sensibilité accrue aux problèmes de dermatite et d'eczéma. Pour les cheveux, l'eau dure peut les rendre secs, cassants et ternes. En ce qui concerne les appareils ménagers, l'eau dure peut entraîner la formation de dépôts de calcium qui réduisent leur efficacité et peuvent raccourcir leur durée de vie (**Orelien, 2017**). Il convient de noter que la réglementation algérienne et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ne fixent pas de valeurs recommandées pour les eaux destinées à la consommation humaine. Cependant, l'OMS souligne que des niveaux élevés de dureté peuvent entraîner la formation de dépôts, tandis qu'une faible dureté peut causer des problèmes de corrosion (**Miourigh, 2011**).

Tableau 8 : Qualité de l'eau en fonction de la dureté totale (Izebatene *et al.*, 2019).

Dureté totale (°F)	Qualification de l'eau
0 à 7	Très douce
7 à 15	Eau douce
15 à 30	Moyennement dure
30 à 40	Dure
+ 40	Très dure

1.6. Turbidité

La turbidité représente la transparence d'une eau, cette transparence peut être affectée par la présence des particules en suspension organiques et /ou inorganiques (Ben chehba *et al.*, 2017).

**Figure 224** : Variation de la turbidité des eaux analysées.

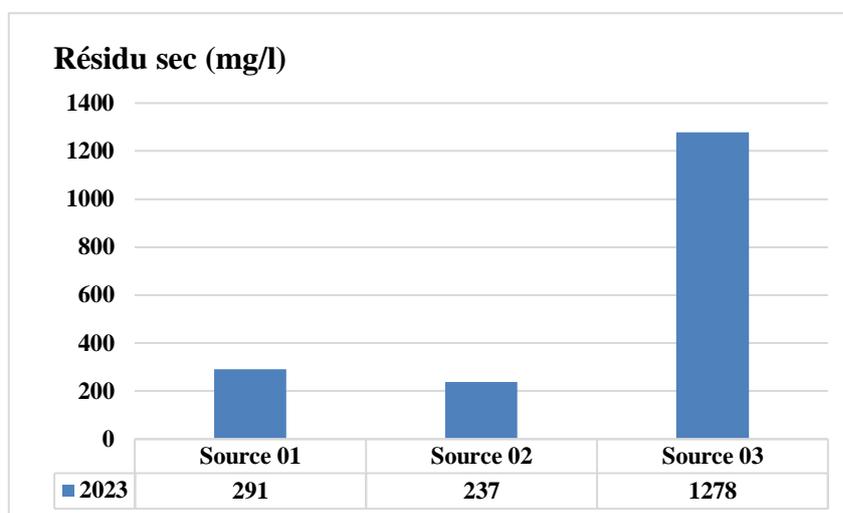
Les résultats obtenus (**Figure 24**) indiquent que l'eau des trois sources est conforme aux normes de turbidité recommandées par l'OMS et l'Algérie (**Tableau 01**). De plus, en se référant à la classification des eaux en fonction de la turbidité (**Tableau 12**), on peut conclure que la qualité de l'eau des trois sources est bonne en ce qui concerne la turbidité.

Tableau 9 : Classes des eaux selon la turbidité usuelles (Hakmi, 2002)

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

1.7. Résidu sec

La détermination du résidu sec dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau et ces matières jouent un rôle dans la formation de tartre (Khelili et Lazali, 2015; Rodier, 2009).

**Figure 235** : Variation des résidus secs pour des eaux analysées

D'après les résultats obtenus (**Figure 25**), les valeurs des résidus secs des trois sources étudiées indiquent que nos échantillons sont considérés comme ayant une qualité acceptable selon les normes en vigueur en Algérie et définies par l'OMS.

2. Paramètres chimiques

2.1. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau est une mesure de la capacité totale d'une solution à neutraliser les acides. Il représente la quantité d'acide que l'eau peut neutraliser (Lahmer *et al.*, 2021). Il représente la teneur en carbonates, hydroxydes et bicarbonates alcalins présents dans l'eau. Pour un pH inférieur à 8,3, la contribution de l'ion CO_3^- et de l' OH^- à l'alcalinité est nulle (Masmoudi, 2009). La **Figure 26** montre que les valeurs de TAC des trois échantillons étudiés dans cette étude varient de 150°F à 400°F.

Il convient de noter que l'Organisation mondiale de la santé ne définit pas de valeurs spécifiques pour ce paramètre, car quelle que soit la teneur en bicarbonates dans l'eau potable, cela n'affecte pas sa potabilité.

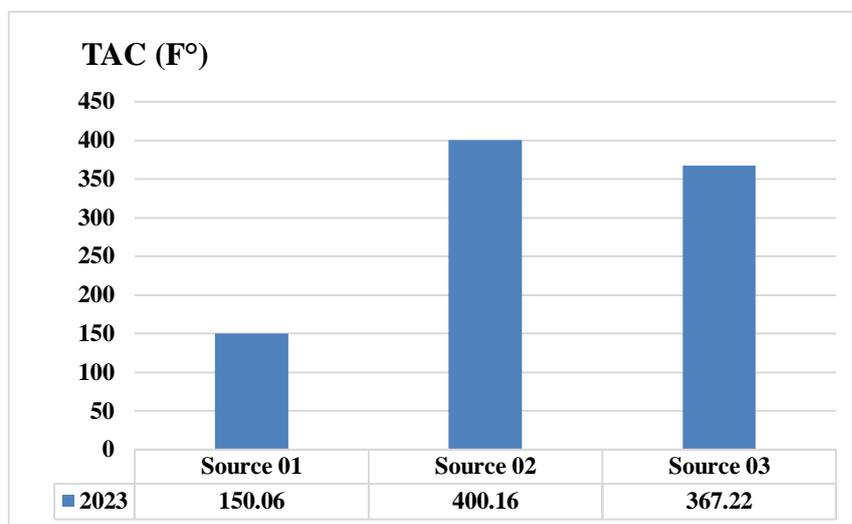


Figure 246 : Variation de TAC des eaux analysées.

2.2. Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium présent dans l'eau potable peut, d'une part jouer un rôle bénéfique en bloquant l'absorption des métaux lourds augmenter la masse osseuse, prévenir certains types de cancer «cancer du côlon humain» et même faire disparaître les premiers signes du cancer colorectal (**Garland *et al.*, 1985**).

Ce cancer survient plus fréquemment que prévu chez les personnes buvant de l'eau douce à faible teneur en calcium (**Silberner, 1985**).

En sur dosage, le calcium peut être nocifs pour la santé à des concentrations très élevée car il réduit l'absorption d'autres éléments minéraux essentiels comme le fer (**Monser *et al.*, 1976**).

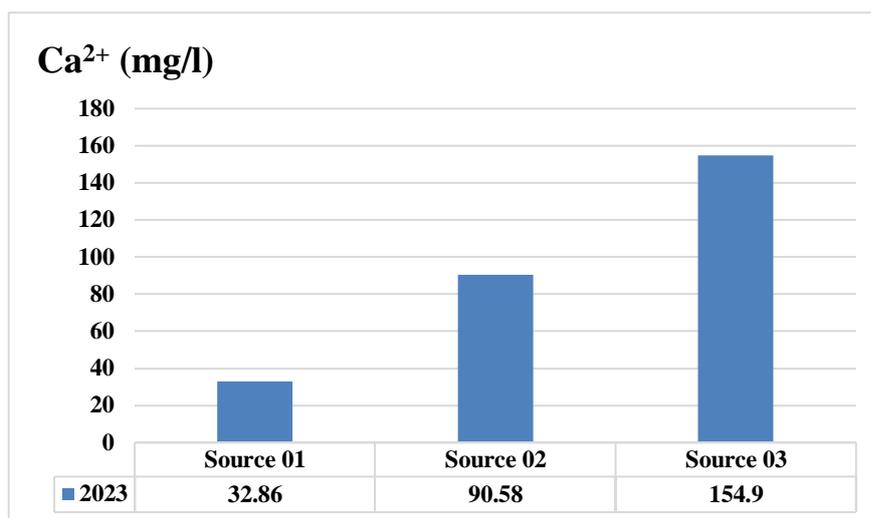


Figure 257 : Variation de calcium des eaux analysées

D'après les résultats obtenus (**Figure 27**), la concentration de calcium dans l'eau des trois sources varie de 32 mg/l à 154 mg/l. Ces résultats sont en accord avec les normes de potabilité de l'eau établies par l'Algérie et l'OMS.

2.3. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un élément essentiel pour le métabolisme humain car le magnésium est essentiel à la régulation de la perméabilité cellulaire, et les concentrations de cet élément peuvent gravement endommager les fonctions cardiovasculaires, neuromusculaires et surtout rénales. L'inconvénient le plus évident de la présence de magnésium dans l'eau potable est son effet laxatif.

Le corps humain a besoin d'environ 25 grammes de magnésium. L'apport en magnésium apporté par l'eau de boisson varie fortement en fonction de sa dureté. Les sujets consommant 1,5 litre d'eau par jour avaient un apport journalier compris entre 2,5 mg/l (eau douce, 1 mg/l de Mg^{2+}) (**Bokovay, 1986**).

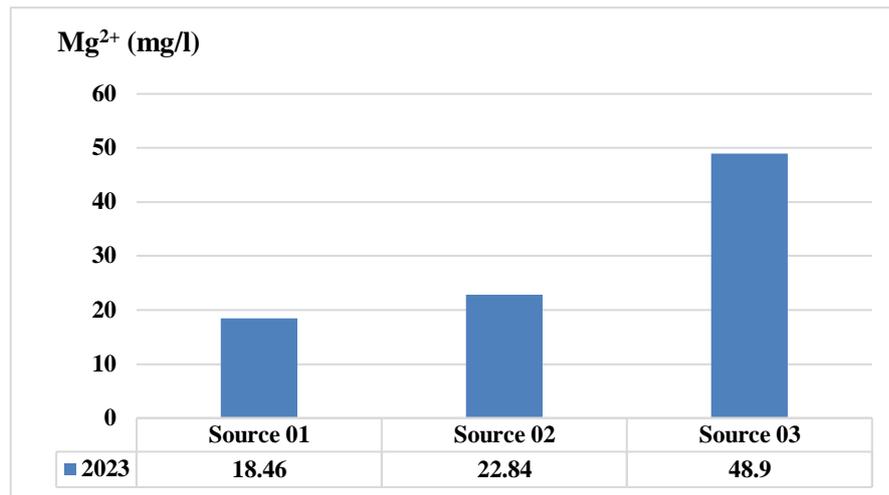


Figure 28 : Variation de magnésium des eaux analysées.

Les résultats obtenus (**Figure 28**) montrent que la source d'Houïma présente une concentration de magnésium plus élevée, atteignant 48,9 mg/l. Ces valeurs restent dans les limites acceptables de la norme algérienne et de l'OMS, qui fixent un seuil de magnésium ne dépassant pas 50 mg/l pour les trois sources d'eau.

2.4. Chlorure (Cl)

Le chlorure est largement distribué dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) ou de potassium (KCl), l'eau de mer contient la plus grande quantité de chlorure dans l'environnement (**Conseil National de la Recherche de Canada, 1977**).

Les effets nocifs des chlorures sur la santé peuvent provoquer une hypertension artérielle ou une sensibilité au sodium (Na) (**Ministère de la santé, Canada, 1983**).

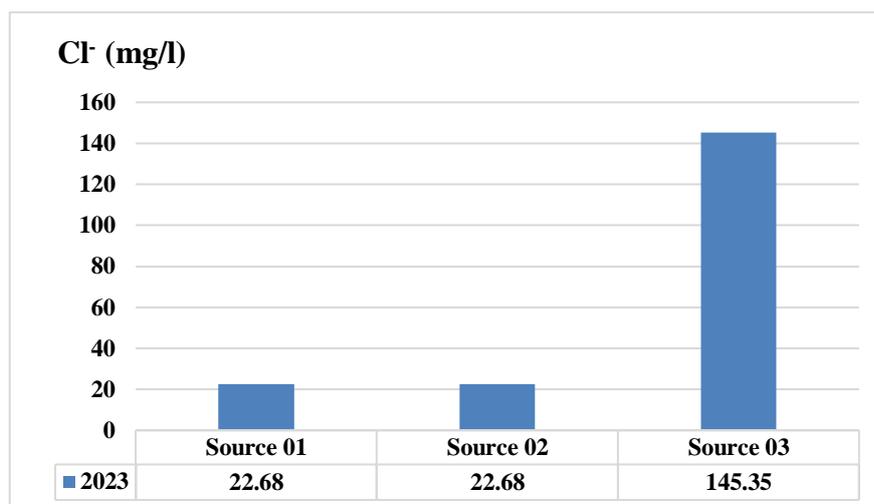


Figure 29 : Variation de chlorure des eaux analysées.

D'après les normes de potabilité de l'eau en Algérie et les normes de l'OMS (**Tableau 01**), qui établissent une limite admissible de 500 mg/l pour la concentration de chlorure, les résultats obtenus (**Figure 29**) indiquent que les trois sources étudiées présentent une qualité acceptable.

2.5. Sulfate (SO_4^{2-})

Les niveaux de sulfate dans l'eau varient considérablement, principalement en fonction de la façon dont l'eau interagit avec les substances déposées dans les aquifères souterrains où les concentrations de Sulfate dépassent largement 100 mg/l en raison de la solubilité du gypse, de plus le sulfate peut également être formé en tant que produit final des processus d'oxydation microbienne associés à la dénitrification des nitrates dans les aquifères (**Barry, 1988**).

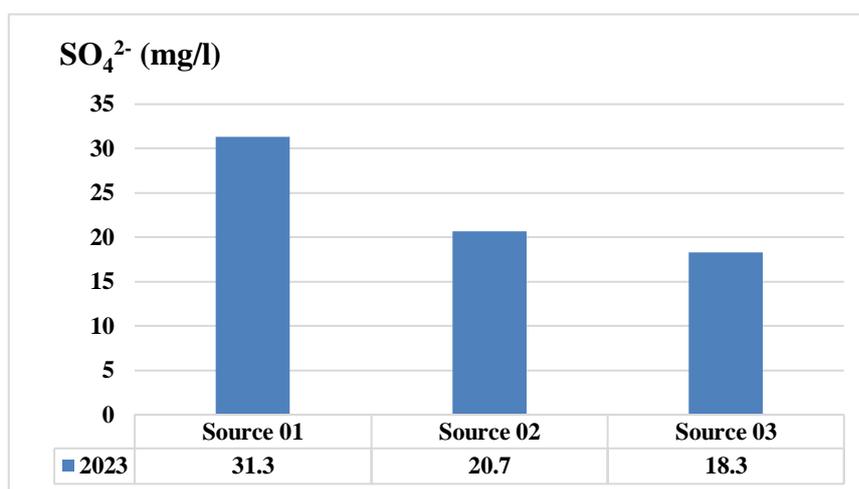


Figure 260 : Variation de sulfate des eaux analysées.

Les résultats obtenus pour les niveaux de sulfate (**Figure 30**) démontrent que toutes les valeurs respectent les normes algériennes et de l'OMS. La source 1 présente une valeur maximale de 31 mg/l, tandis que la source 3 affiche une valeur minimale de 18 mg/l. Par conséquent, l'eau provenant des sources étudiées est de bonne qualité.

2.6. Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates sont des composés d'azote et d'oxygène et sont indispensables aux développements des végétaux mais peuvent être toxiques pour l'homme. La plupart des eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses faibles de quelque mg/l. Cependant la quantité de nitrates dans l'eau de source peut varier en fonction de nombreux

facteurs, notamment les activités humaines, les pratiques agricoles, la géologie et les conditions climatiques locales (Cakir, 2020).

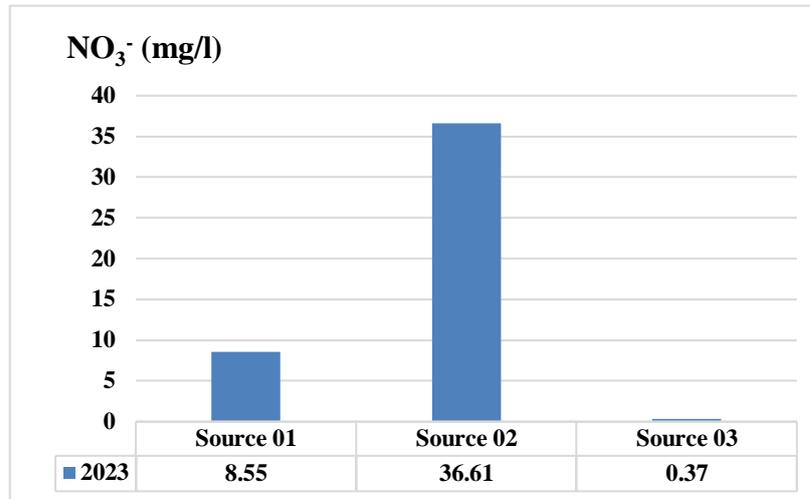


Figure 271 : Variation de nitrate des eaux analysées

Les résultats des analyses de NO_3^- des 3 sources étudiées sont présentés dans la **Figure 31**. La source 2 de Tamda 1 est caractérisée par la teneur de nitrate la plus élevée (36,61 mg/l). L'eau des trois sources est toujours dans les normes (**Tableau 01**) de l'eau potable destinée à la consommation humaine. Cependant, certaines réglementations locales peuvent exiger des taux plus stricts pour protéger la santé publique. D'après Madison et Brunett, 1985; la concentration de nitrates dans l'eau potable peut être classée selon quatre catégories : inférieure à 0,2 mg/l et entre 0,21-3 mg/l il y'a aucune influence sur la santé, entre 3,1 et 10 mg/l, l'eau est sans impact apparent sur la santé et supérieure à 10 mg/l des effets possibles sur la santé (**Madison et Brunett, 1985**).

2.7. Nitrite (NO_2^-)

Les nitrites, ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable de l'azote. C'est une forme toxique intermédiaire dans la transformation de l'ammonium en nitrates. Les nitrites proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammonium, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence des bactéries dénitrifiantes (**Rodier et al., 2009**).

Dans les trois sources, les résultats des analyses obtenus montrent une absence totale de nitrite (NO_2^-), Ceci montre que nos échantillons sont conformes à la limite de 0,2 mg/l de NO_2^- indiquée par les normes algériennes et de l'OMS.

2.8. Phosphate (PO_4^{3-})

Le nutriment en question est essentiel pour les organismes vivants, mais il peut être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à des concentrations élevées (**Rodier et al., 2009**).

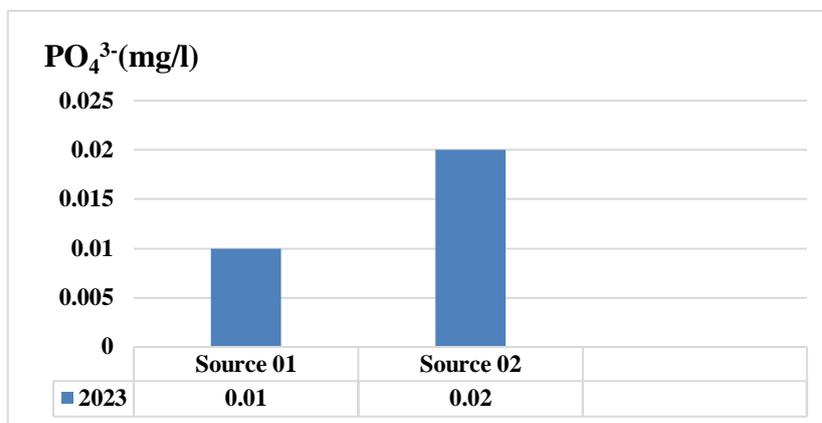


Figure 282 : Variation de phosphate des eaux analysées

Les résultats de l'analyse des phosphates (**Figure 32**) indiquent que les valeurs sont conformes aux normes algériennes et de l'OMS pour l'eau potable (**Tableau 01**). La valeur minimale est enregistrée pour la source 3, avec une concentration de 0 mg/l, tandis que la source 2 présente une valeur maximale de 0,02 mg/l.

2.9. Fer (Fe^{2+})

Le fer est un élément essentiel pour le bon fonctionnement de l'organisme, notamment pour la synthèse de l'hémoglobine dans le sang. Les besoins en fer varient quotidiennement en fonction de l'âge et du sexe (**Ben chehba, 2017**).

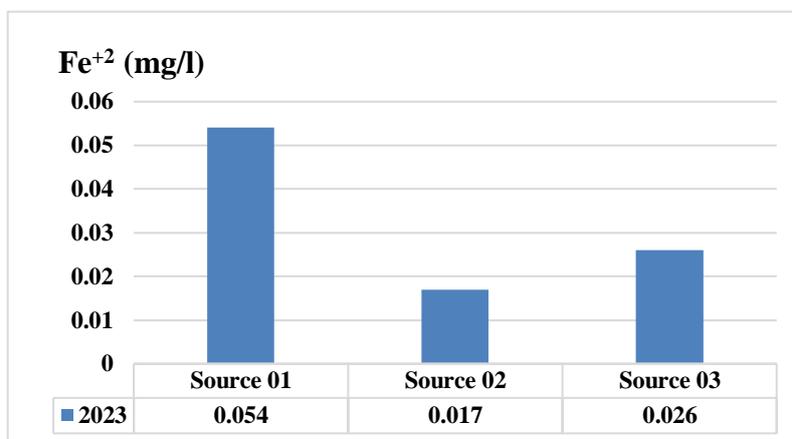


Figure 293 : Variation du fer des eaux analysées

Les résultats de l'analyse du fer (**Figure 33**) indiquent que les trois sources étudiées respectent les normes algériennes et de l'OMS en matière de potabilité de l'eau. La valeur minimale est de 0,017 mg/l (source 2) et la valeur maximale est de 0,054 mg/l (source 1).

2.10. Matière organique

La détermination des matières organiques peut être réalisée en utilisant des méthodes telles que l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (**Codex et Coin, 1981**). La matière organique est considérée comme une source d'énergie contenant du carbone, du phosphore et de l'azote lorsqu'elle se décompose. Elle sert également de support pour la synthèse biologique et constitue une source de métabolites (**Feuillade, 2004**).

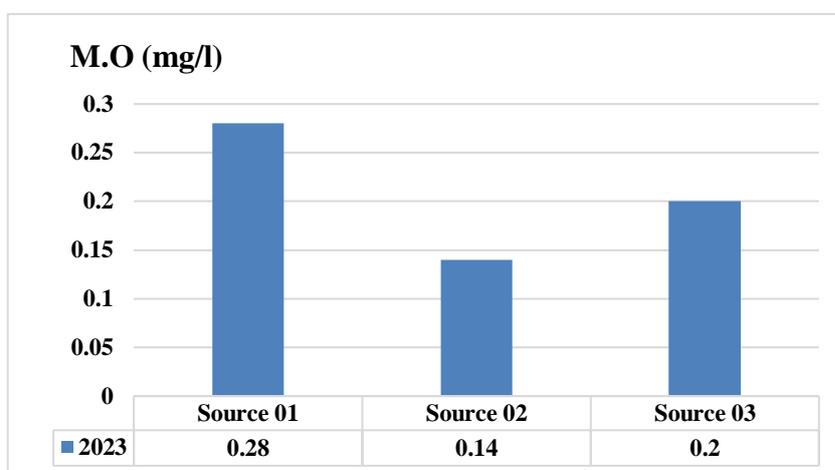


Figure 304 : Variation de la matière organique des eaux analysées

Les résultats de l'analyse de la matière organique (**Figure 34**) indiquent que les trois sources étudiées respectent les normes algériennes et de l'OMS en termes de potabilité de l'eau (**Tableau 01**).

3. Comparaison des analyses physico-chimique

Évaluer les analyses physico-chimiques pour une comparaison des caractéristiques de deux années.

Tableau 10 : Les résultats des analyses physico-chimique obtenus des deux années consécutives (2022 et 2023).

Les sources Paramètres	Source 01 El-Ouassaf		Source 02 Tamda 1		Source 03 Houima	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
	pH	7,86	7,13	7,95	7,79	6,83
Conductivité	379	305	552	482	1890	1609
Salinité	0,2	0,1	0,3	0,2	0,9	0,8
TDS	190	146,4	276	233	951	805
Dureté	214	158	264	320	680	476
Turbidité	0,96	1,42	0,34	0,36	0,36	0,61
Résidu sec	96	291	176	237	1340	1278
TAC	147,61	150,06	257,42	400,16	284,02	367,22
Calcium	36,07	32,86	85,77	90,58	200,00	154,90
Magnésium	30,13	18,46	12,15	22,84	45,04	48,90
Chlorure	22,68	22,68	21,98	22,68	162,60	145,35
Sulfate	00	31,30	21,68	20,70	140,22	18,30
Nitrate	7,16	8,55	2,75	36,61	4,28	0,37
Nitrite	0,01	00	0,03	00	00	00
Phosphate	0,007	0,010	00	0,020	0,004	00
Fer	0,006	0,05	00	0,017	00	0,026
M.O	1,02	0,28	00	0,14	0,48	0,20

A partir des résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus; les valeurs des différents paramètres des trois sources étudiées en 2022 et 2023 sont globalement conformes aux normes nationales et internationales définies par l'OMS. Cependant, une augmentation de la valeur de la dureté totale a été signalée dans l'eau de la source 3 en 2022 (680°F contre 500°F). De même, le taux du calcium des trois échantillons a été inférieur aux normes de l'OMS et les normes algériennes pendant les deux années, tout comme le taux de magnésium. Par ailleurs, la comparaison entre les trois sources sur la base des paramètres présentés dans le tableau a montré une différence entre les valeurs de certains paramètres étudiés. De plus, il a été observé que la conductivité, la salinité et le total des solides dissous mesurés dans l'eau de la source 3 étaient significativement plus élevés d'une façon remarquable que les valeurs des deux autres sources. De même, cette source été caractérisée par les valeurs les plus élevées de dureté totale, de chlorure, de magnésium, de calcium et de résidu sec.

En ce qui concerne les nitrates, la source 2 en 2023 a présenté la valeur la plus élevée par rapport aux autres sources, et une nette augmentation de ce paramètre a été observée dans la même source par rapport à l'année précédente.

Les valeurs du sulfate étaient élevées dans la source 3 en 2022, par rapport à une absence complète dans la source 1 au cours de cette année.

Dans l'eau des trois sources, la teneur en fer a augmenté au cours de cette année par rapport à l'année précédente, où une absence complète a été enregistrée. En termes de matière organique, le niveau le plus élevé était dans l'eau de la source 1 en 2022. Par contre, la valeur du résidu sec était la plus faible pour l'eau de cette source.

Nous avons constaté que l'eau des sources que nous avons étudiées montre des différences entre les résultats de l'année précédente et de l'année en cours, et cela est dû à l'influence des facteurs climatiques et géologiques et aux changements dans les précipitations.

En conclusion, sur la base de cette comparaison, nous pouvons classer l'eau de la source 1 (El-ouassaf) comme étant de bonne qualité par rapport à l'eau des deux autres sources (Tamda 1 et Houima).

4. Les paramètres bactériologiques

Lors de l'évaluation de la potabilité de l'eau, il est crucial de prendre en compte la qualité microbiologique. Par conséquent, nous avons entrepris des recherches visant à identifier les divers types de bactéries qui pourraient contaminer l'eau des sources.

4.1. Résultats des analyses des coliformes totaux, *E.coli* et des streptocoques fécaux

Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux étudiées.

Les paramètres	Les Sources		
	Source 01 El-ouassaf	Source 02 Tanda 1	Source 03 Houima
Coliformes totaux UFC/100ml	00	00	00
<i>E. coli</i> UFC/100ml	00	00	00
Streptocoques fécaux UFC/100ml	00	00	00

Pour assurer la qualité bactériologique de l'eau, il est idéal de ne trouver aucune trace de bactéries pathogènes, conformément aux normes nationales et internationales. En revanche, une eau de mauvaise qualité bactériologique est caractérisée par la présence de bactéries pathogènes telles que les coliformes fécaux, les coliformes totaux et les streptocoques (Rodier *et al.*, 2005).

Les coliformes totaux sont considérés comme des indicateurs de la qualité microbiologique de l'eau, car ils peuvent être associés indirectement à une contamination fécale (Leyral *et al.*, 2002). D'autre part, la présence d'*Escherichia coli* (*E. coli*) constitue une preuve incontestable d'une pollution fécale récente, ce qui en fait un indicateur important dans le contrôle de la qualité de l'eau (Rodier *et al.*, 2009).

Les résultats des analyses bactériologiques des sources d'eau étudiées ont révélé une absence totale de coliformes totaux et de coliformes fécaux (*E. coli*) dans les trois cas examinés. Ces échantillons sont conformes aux normes réglementaires algériennes et européennes, qui stipulent qu'une eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir aucun coliforme total ou fécal dans 100 ml d'eau (0 UFC/100 ml).

Les streptocoques fécaux sont également considérés comme de bons indicateurs de pollution, car ils sont plus sensibles que les coliformes et d'autres entérobactéries pathogènes. Ils font partie des indicateurs de contamination fécale et sont des aérobies-anaérobies facultatifs (Rodier *et al.*, 2009). Les résultats de l'analyse bactériologique ont montré une absence totale de streptocoques fécaux dans l'eau des trois sources étudiées.

4.2. Comparaison des analyses bactériologique

Les résultats des tests bactériologiques ont été examinés de près pour une comparaison précise.

Tableau 12 : Les résultats de l'analyse bactériologique obtenus des deux années consécutives (2022 et 2023).

Les paramètres	Source 01		Source 02		Source 03	
	El-ouassaf		Tamda 1		Houima	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Coliformes totaux UFC/100ml	00	00	00	00	01	00
E. coli UFC/100ml	00	00	00	00	01	00
Streptocoques fécaux UFC/100ml	00	00	00	00	00	00

L'analyse microbiologique des eaux provenant des trois sources a révélé, dans l'ensemble, l'absence de contamination par les trois populations étudiées, à l'exception de la source 3 où la présence de coliformes totaux et d'*E. Coli* a été détecté à une concentration de 1 UFC/ml en 2022.

Conclusion

Conclusion

L'eau est un élément essentiel et indispensable à la survie des êtres vivants. C'est un atout économique important pour le développement durable.

Au terme de notre étude, nous nous intéressons à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de trois sources dans la région de Mila (ADE) afin d'évaluer leur qualité à l'aide de normes d'eau potable basées sur les normes algériennes et les normes de l'OMS.

Nous avons constaté que l'eau des sources étudiées possède une composition plus au moins stable.

Les analyses physico-chimiques montrent que l'eau des sources présente généralement des sources conformes aux normes algériennes et à celle de l'OMS :

- ✓ Le pH de ces eaux est proche à la neutralité, Une minéralisation faible qui se traduit par une conductivité électrique faible, car les valeurs ne dépassent pas les normes, alors ces eaux sont bonne pour la consommation et conformes aux normes nationales et internationales.
- ✓ Les valeurs des matières organique et résidus sec sont dans les normes, traduisent une eau de bonne qualité.
- ✓ Les résultats des analyses de TAC, TH, et TDS sont tous conformes aux normes.
- ✓ Les valeurs de la turbidité sont inférieures à la norme et ne présentent généralement pas de risque pour la santé.
- ✓ Les teneurs en calcium et magnésium sont conformes aux normes.
- ✓ La teneur en azote (nitrites, nitrates) reflète une bonne qualité de l'eau.
- ✓ Les teneurs en phosphate, sulfate et fer sont relativement faible, ce qui indique que la qualité de l'eau est très bonne.
- ✓ Les teneurs en chlorure généralement sont conformes aux normes nationales et de l'OMS.

A traves ces résultats, on constate que l'eau des trois sources étudiées présente des valeurs de paramètres physico-chimiques conformes aux normes nationales et internationales d'eau potable et peut donc être utilisée pour l'alimentation humaine.

L'analyse bactériologique a révélé l'absence totale des indicateurs d'une contamination fécale telle que les coliformes totaux, *E. coli* et ainsi que les streptocoques fécaux. Ces résultats sont conformes aux normes exigées par l'organisation mondiale de la santé (OMS), donc l'eau est de bonne qualité bactériologique.

On réalise que l'eau des sources étudiées (El-Ouassaf, Tamda 1 et Houima), est loin de la pollution qui peut être générées que ce soit par les rejets directs et les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ADE., (2023).** Algérienne des eaux.
- **Aminot., A. and Chaussepied., M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Editions Jouve, CNEXO, Paris.
- **ANDI., (2013).** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- **ANBT., (2015).** Agence Nationale des Barrages et Transferts.
- **Atmania D., (2010).** Minéralogie des argiles et phénomène de retrait -Gonflement dans le bassin de Mila Mila (Nord constantinois). Thèse de doctorat. Université Mentouri, Constantine. 172p
- **André L-B., Jean-Claude R., (19991).** Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine: Guide méthodologique et réglementaire, 2ème Edition, Edition BRGM.
- **Ayad W., Kahoul M., (2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologiques des eaux de souterraines ; cas des puits de la région D'El-Harrouche. Thèse de doctorat en Science. Université 20 Août- Skikda.
- **Arouya K., (2011).** Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface.
- **Assouline S., (2007).** Géopolitique de l'eau: nature et enjeux. Edition Studyrama perspectives.
- **Bain R., Cronk R., Wright J., Yang H., Slaymaker. T, Bartram J. (2014).** Fecal Contamination of Drinking Water in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS Med.
- **Barraque., (2006).** Economie en question, l'eau des villes et l'eau des champs.
- **Bennanna M., (2013).** Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah. Mémoire de Master. Université Kasdi Marbah –Ouargla.
- **Berne f., (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Edition TECHNIP.
- **Bordet J., (2007).** L'eau dans son environnement rural 1^{er} Ed Johanet. Paris. ISBN : 978-2-9000-86-71-1.
- **Boeglin J-C., (2001).** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement.

- **Belhadj M.Z., (2017).** Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de skikda. Thèse de doctorat en Sciences. Université Mohamed Khider, Biskra.
- **Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn khaldon, -Oran.
- **Bagnoul S., et Gaussen H., (1957).** Les climats Biologiques et leurs Classifications, Annaba. Géogr.
- **Bokovoy., (1986),** recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada.
- **Bary.,(1988),** l'intension marine et son impact sur l'écosystème.
- **Ben chehba H., Ben Hennour N. (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana (Ain Defla) et Ain Deheb (Tiaret).Mémoire de master.
- **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France.
- **Carbonnelle. D., et Kouyoumdjian. S., (1998).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal.
- **Chelli L., Djouhr N., (2013).** Analyse des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant Mémoire de magister, Université A. MIRA-Bejaia.
- **Cheval A., (1982).** La désinfection des eaux de consommation étude technique de synthèse, technique de documentation. Paris.
- **Clayson., (2001).** Une crise mondiale de l'eau secrétaire du WWap, UNISCO.
- **Codex Stan et Coin., (1981).** La pratique de l'eau : usages domestiques. Collectif et industriel .Édition : Moniteur. Paris.
- **Conseil National de la Recherche de (Canada, 1977).** d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.
- **Cuq. L., (2007).** Microbiologie Alimentaire control microbiologique des aliments, Edition Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier 2, Département de Sciences et Technologie des IndustriesAlimentaires, Montpellier, France.
- **Degrement., (1984).** TOME I, Mémoire technique de l'eau, 9ème édition. Lavoisier.
- **Degremont .,(2005).** Mémento technique de l'eau, Deuxième édition Tom1.

- **Delarras C., (2014).** Pratique en microbiologie de laboratoire. 1er Ed Lavoisier. Paris. ISBN : 978-2-7430-1565-7. Pp234-652.
- **Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux, 2^eème édition revue et corrigée. Raymon.
- **Detay M., (1993).** Le forage d'eaux, réalisation, entretien et réhabilitation Masson p 393.
- **Donnier B., (2007).** La pollution chimique en méditerranée. Laboratoire. C.E.R.B.O.M. Nice.
- **Emberger L., (1955).** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Scien. Montpellier, France.
- **Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J., Allen, M. J., (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Symposium Series Society for Applied Microbiology. Vol. 88. 106 – 116p.
- **Faurie C., Medori P., Ferra C (2003).** Ecologie : Approche scientifique et pratique, 5^eème Edition, Lavoisier doc et tec, Paris. 312p.
- **Garland .,(1985).** prévision de la toxicité aigüe des eaux des rivières.
- **Gaamoune., Sofiane., (2010).** Le rôle des bio-films d'algues dans le traitement biologique des eaux. Mémoire de magister, université Ferhat Abbas-Sétif.
- **Galaf et Ghannam., (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin », ingénieur d'état : Université Hassan II Rabat-MAROC.
- **Guiraud J., (1980).** Microbiologie alimentaire Ed. Dunod. Paris.101, 105p.
- **Hadj S., (1999).** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse de Doctorat de l'Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice, France.
- **Hasly C., et Leclere H., (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. P 400
- **Henry M., et Beaudry J., (1992).** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada. PP 71-105.
- **Hydraulique Mila., 2023.**
- **Izebatene S., Nedil A. (2019).** Etude hydrochimique des sources d'eau situées à proximité du gisement polymétallique de Tala Hamza. Mémoire de Master. Université Abderrahmane Mira- Bejaia.

- **Jean claude B., (1992).** Chimie des eaux. 2^{ème} Edition. Les études. Du griffon d'Argile. P 213-215.
- **Kerrichi Z., Medakene R., (2021).** Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable des stations de déminéralisation de la ville d'Ouargla. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **Khelili R., Lazali D., (2015).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).
- **Koller E., (2004).** Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, boues. Dunod. 3^{ème} édition. Paris. France. 424 p.
- **Kouidri B., Z., (2006).** Etude et traitement de l'eau du barrage djorf-eltorba de la Wilaya de Bechar par filtration sur sables. Mémoire de magister. Universitaire Hassiba Benbouali. Chelf.
- **Lahmer F. Z., Bouchakour M., Bouchachi K. (2021).** Comparaison entre les eaux de consommations (Robinet et eau embouteillée). Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.
- **Lahreche C., Laraba D. (2021).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux du Barrage Hammam Grouz dans la Wilaya de Mila. Mémoire de Master. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila.
- **Lalanne, F. (2012).** Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou. (Région du Plateau Central, Burkina Faso).
- **Lebres. E., et Mouffok. F., (2008).** Le cours nationale d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie.
- **Lebres. E., (2002).** Cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux. Institut Pasteur.
- **Lebres. E., (2006).** Cours d'hygiène Et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). Institut Pasteur d'Algérie.
- **Leyral G., Ronnefoy C., Guillet F., (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris.
- **Lunc J., Lagradette M. (2004).** L'eau potable et l'assainissement, Johnat, Paris.

- **Madison R. J., Brunett, J. D., (1985).** Overview of the occurrences of nitrate in groundwater of the United States. US Geological Survey, Water Supply Paper, 2275, 93-105.
- **Makoutode M., Assani A. K., Ouendo E. M, Aguehv D et Diallo P. (1999).** Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de grand-popo.
- **Masmoudi A., (2011).** Effet de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et le végétale. Université Mohamed Khider –Biskra.
- **Masmoudi R., (2009).** Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable, cas de région de Biskra. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider- Biskra.
- **Mazzuoli L. S., (2012).** La gestion durable de l'eau Ressource. Qualité. Organisation. 2ème Ed.
- **Mekhalfa F., (2009).** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Université du 20 Août 1955 Skikda.
- **Merzoug. E., (2009).** Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Ben Azzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma.
- **Mihoubi N., (2008).** Fonctionnement et gestion hydrologique de ressources en eau du bassin de hammam grouz. Thèse de magister. Université Constantine 1.
- **Miourigh M., (2011).** Evaluation de la qualité hydro chimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de l'Oued N'Tissa. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. Ecole Nationale Supérieure Agronomique Hassen Badi - El Harrach - Alger.
- **Ministère de la Santé Nationale et du Bien-être social, Canada, 1983.**
- **Moletta R, (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires. 1ère édition. Lavoisier, Tec & Doc. Paris. 600 p.
- **Moumouni Djermakoye., M.H., (2005).** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impacts sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat, Université de Bamako.
- **Monser.,G Boersma., (1976),** environmental health.

- **Myrand D., (2008).** Guide technique: captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec.
- **Nouayti N., D Hihali M. (2015).** Evaluation de la qualité de l'eau physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). J. Mater Environ sci.1068-1081.
- **OMS., (1986).** Directives de qualité de l'eau de boisson ; Volume 2 : 1^{er} Edition, Genève.
- **OMS., (2000).** Directive de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2^{ém} Edition.
- **Orelien F., (2017).** Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau). Mémoire de Master. Université de Liège et de l'Université catholique de Louvain- Belgique.
- **Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F., Hamaidi, M. S., Saidi, F. (2015).** Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de Boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. Pp 139-154.
- **Ouali .,(2011).** Traitement des eaux, Ed Office des publications universitaires, Alger.
- **Patrcik M., (2010).** Economie de l'environnement et du développement durable
- **Pesson P., (1976).** La Pollution des eaux continentales : Incidences sur les biocénoses aquatiques (Géobiologie, écologie, aménagement), Gauthier-Villars, Paris.
- **Ramade F., (1998)** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience international, Paris.
- **Ramband & Delattre M., (1992).** Les eaux conditionnées, Edition technique et Documentation, Lavoisier 931.
- **Rodier J, Legube B, Merlet N., (2009).** L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 78-1368.
- **Rodier J., (1996).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8^{ém} édition Dunod Paris.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll. (2009).** L'Analyse de l'eau. 9^{ém} édition. Dunod. Paris.

- **Rodier. J., (2005).** L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p.
- **Roushdy R., Sieverding M., Radwan H. (2012).** The impact of water supply and sanitation on child health: Evidence from Egypt. Population council knowledge commons.
- **Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux.
- **Remini. B., (2010).** La problématique de l'eau en Algérie du nord. Lary . J. 08 : 27-46.
- **Edberg, Rice, Karlin R., Allen M. J. (2000).** Journal of Applied Microbiology.
- **Silberner., (1985).** Traitement électrolytique localisé des produits de corrosions.
- **Savary P., (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. 1^{er} Edition ; Territal à Bresson.
- **Soukehal B., cherrad S., (2011).** Département d'Architecture, université de Jijel, Algérie. Département d'Aménagement du territoire, université de Constantine, Algérie.
- **Sekerka ., JF Lechner., (1975).** Traitements d'eaux usées industrielles par congélation.
- **Wilke M., Boutiere H., (1999).** Petit lexique des paramètres du suivi physicochimique dans l'eau. Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée.
- **Zereg S., (2019).** Impacts de l'irrigation sur la qualité des eaux souterraines des régions semi-arides. Cas de la région de Tébessa. Thèse de doctorat. Université Mostefa Ben Boulaid-Batna 2.
- **Zerrouki H., Selt M.T., Ouadjina N., Milliani Z., Menoueri K., Krider C., Haddadi N., Bouzertit N., Boudjella A., Benguerba D., Azzouz D. et Ahmed Messoud R (2006).** Le fian de l'eau. Le magazine des journalistes scientifiques. Université Ssad Dahlab – Blida.

Annexes

Annexes

Annexe 01

➤ Composition des différents Réactifs

1.1. Nitrite (NO_2^-)

Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

Effectuer la lecture à 543 nm.

Réactifs:

Réactif Mixte :

- Sulfanilamide..... 40 g.
- Acide phosphorique..... 100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine 2 g.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/l :

- Nitrite de Sodium.....492.8 mg.
- H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Solution fille étalon d'azote nitreux à 1 mg/l :

- solution mère.....1 ml.
- H_2O distillée..... q.s.p 100 ml.

1.2. Phosphates (PO_4^{3-})

Mode opératoire :

- 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml acide ascorbique
- 2 ml du réactif mixte.

- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

Réactifs :

Réactif Mixte

-Heptamolybdate d'ammonium	13 g.	
- Eau distillée.....	100 ml.	A
-Tartrate d'antimoine.....	0.35 g.	
-Eau distillée.....	100 ml.	B
-Acide sulfurique pur.....	150 ml.	
-Eau distillée.....	150 ml.	C

(A + B) + C → 500 ml d'eau distillée.

Acide ascorbique à 10 %

Acide ascorbique.....	10g.
Eau distillée.	100ml.

Solution mère à 50 mg/l PO₄³⁻

Solution fille à 2 mg/l PO₄³⁻

1.3. Sulfates (SO₄²⁻)

Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre λ = 420 nm.

Réactifs :

Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de K₂SO₄

- Peser 1,81 g de K₂SO₄ 1000 ml d'eau distillée.

Solution stabilisante :

- Acide Chlorhydrique (c) 60 ml.
- Ethanol 200 ml.
- Chlorure de Sodium..... 150 g.
- Glycérol 100 ml.
- Eau distillée.....Q.S.P. 1000 ml.

Solution de chlorure de baryum:

- BaCl₂..... 150 g.
- Ou
- BaCl₂·2H₂O.....175.95 g.
 - Acide Chlorhydrique 5 ml.
 - Eau distillée..... q.s.p. 1000 ml.

1.4. Le Fer (Fe⁺²)**Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine. Mélanger soigneusement. Ajouter 2ml de tampon acétate. Ajouter 2 ml de la solution 1.10 de phénantroline et conserver à l'obscurité pendant 15min.Enfin passer au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.

Réactifs :

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau bi distillée exempte de toute trace de fer.

Tampon Acétate:

- Acétate d'ammonium40g.
- Acide acétique cristallisable.....50ml.
- Q.S.P 100 ml d'eau distillée.

Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 % :

- Chlorhydrate d'hydroxylamine10g.
- Q.S.P100 ml d'eau distillée.

Cette solution est stable pendant une semaine.

Solution de Phénanthroline -1,10:

- Dissoudre 0,42 g de Phénanthroline-1,10 monohydraté($C_{12}H_8N_2.H_2O$) dans 100ml d'eau distillée contenant 2gouttes d'Acide chlorhydrique.

- Cette solution est stable pendant une semaine.

- Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

Solution mère étalon de Fer à 1 g/l:

-Solution fille étalon de fer à 0,01 g/l (à préparer extemporanément).

-Diluer au 1/100 la solution précédente.

1.5. Chlorure (Cl)

Mode opératoire:

-Prendre 100 ml d'eau à analyser.

-Ajouter 1 ml de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).

-Titrer avec $Ag NO_3$ à 0,02 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

Soit V_E le nbre de mls de la solution $Ag NO_3$ utilisés pour obtenir le virage de l'Echantillon.

Soit V_0 le nbre de mls de la solution $Ag NO_3$ utilisés pour obtenir le virage du blanc.

Réactifs:

Solution de Nitrate d'Argent à 0.02N :

- $AgNO_3$ séché à $105^\circ C$3.3974 g.

-Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

Solution de Chromate de Potassium à 10 % :

- K_2CrO_410 g.

-Eau distillée..... q.s.p 100 ml.

Solution de Chlorure de Sodium à 0.02N :

- $NaCl$ séché à $105^\circ C$1.1688 g.

-Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

1.6. Alcalinité (HCO_3^-)

Mode opératoire :

TA

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de la solution alcoolique de Phenolphtaléine.
- Développement d'une coloration rose, dans le cas contraire le $\text{TA} = 0$ et $\text{pH} < 8,3$.
- Titrer avec l'acide jusqu'à décoloration complète de la solution.
- Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.

TAC

- Prendre l'échantillon traité précédemment.
- Ajouter 2 gouttes de Méthylorange.
- Développement d'une coloration jaune.
- Titrer avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé $\text{pH} = 4,3$.
- Soit V' le nombre de millilitres d'acide utilisés depuis le début du dosage.

Réactifs:

Solution d'acide Chlorhydrique ou Sulfurique à 0.02 N :

- H_2SO_40.53 ml.
- HCl0.612 ml.
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

Solution alcoolique de Phenolphtaléine à 0.5 % :

- Phenolphtaléine.....5 g.
- Alcool Ethylique.....500 ml.
- Eau distillée.....500 ml.

Solution de Méthylorange à 0.5 % :

- Méthylorange.....0.5 g.
- Eau distillée.....500 ml.

1.7. Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})

Mode opératoire :

- (V1) Ca^{2+} : - Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
- Ajouter du Murexide.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

- (V2) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$:- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1).
- Ajouter noir érichrome.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Réactifs :

Solution d'E.D.T.A ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{2H}_2\text{O}$): 10mmol/l:

- EDTA déshydraté 2 h à 80°C..... . 3,725 g.
- H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Cette solution doit conserver dans une bouteille en polyéthylène avec la vérification de sa concentration de temps à autre.

Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) :

- Chlorure d'ammonium.....67,5 g.
- NH_4OH (25%)..... 570 ml.
- EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$)5 g.
- H_2O distillée..... q.s.p 1000 ml.

: Noir érichrome T.

Solution étalon de référence, c (CaCO_3)=0.01mol/l

Sécher un échantillon de carbonate de calcium pur pendant 2heures à 150°C.

En introduire 1 g dans une fiole conique de 500ml et humidifier avec de l'eau. Ajouter goutte à goutte de l'acide chlorhydrique à 4mol/l jusqu'à ce que tout le carbonate soit dissous. Eviter un excès d'acide.

Ajouter 200ml d'eau et porter à ébullition quelques minutes afin d'éliminer le dioxyde de carbone. Refroidir et ajouter quelques gouttes de l'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale à 3mol/l jusqu'à ce que la solution devienne orange.

Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1000ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

1ml de la solution contient 0.4008 mg (0.01 mmol/l) de calcium.

Annexe 2

➤ **Composition des différents milieux de culture**

➤ **Milieu solide : (Formule en g/l d'eau distillée)**

Tergitol 7 et au TTC (base) - gélose lactose au [par type/germes] :

Peptone pancréatique de viande	10,0g.
Extrait de viande	5,0g.
Extrait autolytique de levure	6,0g.
Lactose	20,0g.
Tergitol 7	0,10g.
Bleu de bromothymol	0,050g.
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium	0,025g.
Agar agar	10,0g.
Eau distillée.	1000ml.

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,2.

Milieu «SHUBERT » (milieu indole mannitol) :

Tryptone :	0,2g.
Acide glutamique :	0,2g.
Sulfate de magnésium:.....	0,7g.
Sulfate diammonium:	0,4g.
Citrate de sodium:	2g.
Tryptone oxide:	10g.

Mannitol	7,5g.
Eau distillée :	500g.

Milieu slanetz :

La formule du milieu déshydraté complet en g/l d'eau distillée est:

Tryptone.....	20,0g.
Extrait de levure.....	5,0g.
Glucose.....	2,0g.
Mono hydrophosphate de potassium(K_2HPO_4)	4,0g.
Azide de sodium.....	0,40g.
Agar.....	10,0g
Chlorure de triphényltétrazolium(TTC).....	50ml.

pH final de milieu 7,2.

Milieu BEA la gélose Bile-Esculine-Azide :

Tryptone.	17,0g.
Peptone pepsique de viande	3,0g.
Extrat de levure.	5,0g.
Bile bœuf déshydratées.....	10,0g.
Azide de sodium.	0,25g.
Esculine.....	1.0g.
Citrate ferriques ammoniacal	0.50g.
Citrate de sodium.	1,0g.
Chlorure de sodium.....	5,0g.
Agar	13,0g.
Eau distillée stérile.	1000ml.

pH final de milieu 7,1 à température 8°C.

Composition des Réactifs :

Kowacks: la mise en évidence de la production d'indole :

Diméthyle-Amino-4 benzaldéhyde:.....50g.

Pentanol:..... 750g.

Acide chlorhydriquepur: 250g.

Annexe 3

➤ Matériels utilisé



Rampe de filtration.



Pipette pasteur en verre.



Boite de pétri milieu tergitol.



Boite de pétri milieu Slantez.



Gélose Slantez.



Gélose Tergitol.



Schubert.



VBL.



Kovacs.



Membrane de filtration.