

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité alimentaire

Département : Biologie

Thème

Analyse comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources et les eaux de citernes commercialisées dans la région de Guelma

Présentée par :

- **BLANCHET Tayma Chayma**
- **MEKHANIA Wissam**

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr. FOUZARI Aicha (MAB)

Université de Guelma

Examinatrice : Dr. ELBAH Djamilia (MCB)

Université de Guelma

Encadreur : Dr. ABDI Soumia (MCB)

Université de Guelma

JUIN 2025





Remerciements et Reconnaissance

Louange à Allah qui nous a accordé le succès dans l'achèvement de cette recherche scientifique, qui nous a pourvus de santé, de bien-être et de détermination. Louange à Allah abondamment.

*Nous exprimons également nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance aux membres du jury, **Dr. Fouzari Aicha** et **Dr. Elbah Djamil** d'avoir acceptés d'examiner ce travail.*

*Nous adressons nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre encadrante **Dr. Abdi Soumia**. À toi, dont les remerciements sont impuissants à exprimer notre gratitude, les mots les plus élogieux ne sauraient rendre pleinement hommage à ta valeur. Merci pour tout ce que tu nous as apporté comme orientations et informations précieuses qui ont contribué à enrichir notre sujet d'étude.*

*Nous n'oublions pas de remercier et d'exprimer notre gratitude au **Dr. Merzoug Seyf Eddine**, maitre de conférences au centre universitaire de Mila qui a eu un impact significatif sur ce travail.*

Merci à tous les enseignants de notre faculté SNV et STU de l'université 08 mai 1945 de Guelma surtout de département de biologie qui ont tout donné pour nous amener là où nous sommes aujourd'hui.

Merci à vous tous...

Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir guidée, soutenue et bénie tout au long de ce parcours."

Que je dédie :

Mon chère père Djelloul merci pour ta force, ton amour discret et ton soutien constant. Ce diplôme est aussi le tien. Que Dieu te protège et te récompense.

*Ma chérie mère leïla, ma lumière et mon refuge. Ton amour, ta tendresse et tes prières m'ont portée. Ce diplôme est le fruit de ta patience ; merci de tout cœur ; Que Dieu te bénisse et t'accorde Sa paix.
À mon frère Islam et ma sœur salssabil, Vous avez été ma force et ma lumière dans ce chemin, votre présence a rendu tout plus doux, plus simple ; merci du fond du cœur ce succès est aussi le vôtre.*

Ma binôme wissam ;

Tu as été bien plus qu'une camarade ; une sœur de cœur. Merci pour ton soutien, ta patience et ta gentillesse. Ce succès, je le partage avec toi.

À l'âme de mon oncle Abd Alghani Haffaressas (Matou),

Que Dieu lui accorde Sa miséricorde, et à l'âme de mon grand-père Ahmed Blanchet, que le Paradis soit votre demeure éternelle. Vous êtes à jamais dans mon cœur, et ce succès est une prière qui vous est adressée.

À toutes mes tantes, en particulier Tata Nadjette et Tata Assia, Merci pour votre amour et votre soutien.

Un remerciement spécial à Mima Fatima et à ma grand-mère Kfmissa.

À mes cousines Wissem, Amani, Douaa, Oumayma, Rania, Amina, Mouhdja, chérine, sourai Vous êtes la joie de ma famille.

À mes merveilleuses amies Kholoud, Meriam, Samira, Roumaysa, rania, Sawssen, Donia, Djanet, Vous avez embelli mon chemin et été mon soutien constant.

À vous tous, merci du fond du cœur.

Je dédie cette réussite :

*Une histoire écrite avec persévérance et nuits blanches,
Un moment de bonheur tant attendu, du plus profond de mon cœur.*

Tayma chayma



Dédicace

Louange à Allah qui a facilité les débuts et nous a fait atteindre les fins par Sa grâce et Sa générosité.

Je dédie cette réussite à moi en premier lieu, qui a commencé avec ambition et s'est achevé avec succès. Ensuite, à tous ceux qui se sont efforcés avec moi pour mener à bien mon parcours universitaire. Que vous restiez pour moi un soutien éternel.

*Avec tout mon amour, je dédie le fruit de ma réussite et de ma remise de diplôme à la lumière qui a éclairé mon chemin et à la lampe qui ne s'éteint jamais, celui qui a déployé les efforts de tant d'années pour que je puisse gravir les échelons du succès, à celui dont je porte son nom, mon cher père « **Ahmed** », Je t'ai toujours promis cette réussite, voici que j'ai accompli ma promesse et je te la dédie.*

*Ma chère mère « **Nafissa** », à toi qui as été mon pilier et mon aide, ma force et ma motivation, chaque lettre de ce mémoire et chaque idée qui y a germé porte l'empreinte de ton amour et de tes soins. Ce succès est aussi le tien, il t'appartient même en premier et en dernier lieu. Je prie Allah de prolonger ta vie, de t'accorder santé et bien-être.*

*À celui qui est toujours l'épaule et le soutien qui ne faiblit jamais, à ma côte stable et à mon âme sœur, mon cher frère « **Oussama** ».*

*À l'être cher qui nous a quittés et dont l'âme continue de flotter dans le ciel de ma vie, mon cher grand-père « **Ali** », que Dieu ait son âme.*

*À celles qui m'ont réjouie et soutenue, ne serait-ce qu'avec un mot, tout au long de ma période de réalisation de ce mémoire : **Hiba, Mona, Saida, Samira, Widade**, ma grand-mère **Roquia**, mes oncles, mes tantes et tous leurs enfants. Je tiens aussi à mentionner mes chères amies **Kholoude** et **Meriem**.*

*Je dédie également ce travail à notre encadrante **Mme. Abdi Soumia**, Grâce à votre patience, votre dévouement et vos encouragements constants, nous avons pu surmonter les difficultés et atteindre le succès.*

Je vous souhaite une santé et un bien-être durables, davantage d'éclat dans votre carrière éducative.

*À ma compagne de route et soutien de vie, toi qui as été à mes côtés à chaque pas, et qui as partagé ma joie et ma tristesse. À toi, ma chère amie « **Tayma** », je dédie le fruit de cet effort.*

Wissam



Sommaire

Remerciements et Reconnaissance.....	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction Générale.....	1

PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01 :Généralité sur l'eau et la pollution

1. Définition de l'eau.....	6
2. Le cycle de l'eau	6
3. Ressources hydriques	7
3.1. Eaux de pluie.....	7
3.2. Les eaux de surface	8
3.3. Les eaux souterraines	8
3.4. Eaux de mers	8
4. Classification des eaux	9
4.1. Les eaux de consommation	9
4.2. Les eaux non destinées à la consommation.....	9
5. Propriétés de l'eau	9
5.1. Propriétés chimiques de l'eau.....	10
5.2. Propriétés biologiques de l'eau	10
6. Pollution de l'eau	11
6.1. Définition	11
6.2. Sources de pollution des eaux	11
6.2.1. Pollution Agricole	11
6.2.2. Pollution domestique :.....	12
6.2.3. La pollution d'origine industrielle :.....	12
6.2.4. Pollution naturelle ou accidentelle :	13

6.3. L'impact de la pollution	13
-------------------------------------	----

Chapitre 02 : Les maladies à transmission hydrique.

1. Les maladies à transmission hydrique.....	16
1.1. Définition	16
2. Les principaux facteurs générateurs de MTH	17
3. L'origine des maladies à transmission hydrique	17
3.1. Les maladies d'origine bactérienne	18
3.1.1. La fièvre typhoïde	18
3.1.2. La gastro-entérite.....	18
3.1.3. Dysenteries	19
3.1.4. Choléra	19
3.2. Les maladies d'origine virales :	20
3.2.1. L'hépatite A :	20
3.2.2. Hépatite E :	21
3.2.3. La poliomyélite :	21
3.3. Les maladies d'origine parasitaire :	22
3.3.1. Amibiase :	22
3.3.2. La bilharziose :	23
3.3.4 Cryptosporidiose :	24
3.3.5 Giardiase :	25

PARTIE PRATIQUE

Chapitre 03 : Matériel et méthodes

1. Description générale de wilaya de Guelma :	28
1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma :	28
1.2. Étude climatologie :	28
1.3 Précipitation :	29
1.4. L'humidité :	30
1.5. Réseau hydrologique	30

2.Présentation des sites d'études :	32
2.1. Sources Dahwara (El Basbassa) :	32
2.2. Source Ain Souda :	33
3.Matériel et méthodes :	34
3.1. Nature et période de prélèvement :	34
3.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons :	35
3.3. Transport et conservation des échantillons :	36
3.4. Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques :	36
3.4.1. Les paramètres physico-chimiques :	36
3.4.2 Techniques des mesures des paramètres bactériologiques :	49
3.4.3 Identification biochimique et test complémentaire :	67
3.4.4.Examens liés aux caractères enzymatique et biochimique :	69

Résultats et discussion

I. Les paramètres physico-chimiques :	76
1.Le potentiel d'hydrogène (pH) :	76
2. La température (T°) :	77
3. La turbidité (Transparence) :	78
4. La conductivité électrique :	79
5. La dureté TH :	80
6.Titre alcalimétrique simple et complet (TA et TAC) :	81
7. Calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} :	81
8. Le chlorure (Cl^-) :	83
9. Matière en suspension :	84
10. Résidu sec :	85
11. L'ammonium NH_4^+ :	86
13.Phosphate PO_4^{3-} :	87
14. Nitrate NO_3^- :	88
II. Les paramètres bactériologiques :	90
1.Recherche et dénombrement des germes totaux :	90

2. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réductrices (ASR) (Clostridium) :	91
3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :	91
4. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux :	94
5. Résultats des germes pathogènes :	95
5.1. Caractère macroscopique et microscopique :	95
5.2. Résultats de l'identification biochimique :	99
6. Discussion :	100
Conclusion.....	102
Référence bibliographique	105
Annexes	119
Résumé	128
summary	128
ملخص.....	130

Liste des figures

Figure 1: Le cycle de l'eau	7
Figure 2: Limite géographique de la wilaya de Guelma	28
Figure 3: Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma	29
Figure 4: Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma	31
Figure 5: Localisation des zones d'études sur la carte des limites administratives de la Wilaya de Guelma	32
Figure 6: La source de Dahwara Basbassa.	33
Figure 7: la source de Ain Souda.	33
Figure 8: Flacon d'échantillonnage muni d'une étiquette.	35
Figure 9: Transport des échantillons.	36
Figure 10: pH-mètre	37
Figure 11: Multi paramètres.	38
Figure 12: turbidimètre.....	39
Figure 13: conductimètre	40
Figure 14: dosage de calcium.	43
Figure 15: Solution de (K_2CrO_4) et ($AgNO_3$).....	44
Figure 16: détermination de résidu sec.....	45
Figure 17: dosage d'ammonium.....	46
Figure 18: dosage des Sulfates	47
Figure 19: Dosage de Phosphate	48
Figure 20: dosage de nitrite	49
Figure 21: Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C dans les eaux.	52
Figure 22: Protocole de la recherche et du dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteur.	54
Figure 23: coupe schématique d'un appareil de filtration sur membranes.	56
Figure 24: Pompe à vide.....	56
Figure 25: technique de filtration par membrane	56
Figure 26: Les étapes d'analyses par filtration.....	57
Figure 27: Aspect des colonies de coliformes totaux.....	59
Figure 28: Test de confirmation des coliformes fécaux	60
Figure 29: Résultat positif de la recherche d' <i>E. coli</i>	60
Figure 30: Aspect des colonies streptocoques fécaux.	62
Figure 31: Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux.	67
Figure 32: Procédure de la coloration de gram	69

Figure 33: Teste oxydase.....	70
Figure 34: galerie API 20 E avant l'incubation.....	71
Figure 35: Présentation de la galerie API 20 ^E	72
Figure 36: galerie API 20 NE avant l'incubation.....	74
Figure 37: variation de pH des eaux de sources et des citernes.	77
Figure 38: variation de la température de l'eau de nos prélèvements.	77
Figure 39: Variation de la turbidité de l'eau de nos prélèvements.....	78
Figure 40: Variation de la conductivité dans les eaux de nos prélèvements.	79
Figure 41: Variation de la dureté dans les eaux de nos prélèvements.....	80
Figure 42: Variation du TAC dans les eaux de nos prélèvements.	81
Figure 43: Variation de calcium Ca ²⁺ dans les eaux de nos prélèvements.	82
Figure 44: Variation de magnésium dans les eaux de nos prélèvements.	83
Figure 45: Variation du chlorure dans les eaux de nos prélèvements.	84
Figure 46: Variation du résidu sec dans les eaux de nos prélèvements.....	85
Figure 47: Variation de l'ammonium NH ⁴⁺ dans les eaux de nos prélèvements.....	86
Figure 48: Variation de SO ₄ ²⁻ dans les eaux de nos prélèvements.....	87
Figure 49: Variation de PO ₄ ³⁻ dans les eaux de nos prélèvements.....	88
Figure 50: Variation du nitrate NO ₃ ⁻ dans les eaux de nos prélèvements.	88
Figure 51: Estimation des germes totaux dans les eaux de sources et de citernes.	90
Figure 52: Résultat négative (-) de la recherche des ASR.....	91
Figure 53: Estimation des coliformes totaux/ml dans les eaux de nos prélèvements.....	92
Figure 54: Estimation des coliformes fécaux/ml dans les eaux de nos prélèvements.	93
Figure 55: Estimation des streptocoques fécaux dans les eaux de nos prélèvements.....	94
Figure 56: Aspect des colonies sur Gélose SS	96
Figure 57: Bacille à gram négatif (-).(Grossissement × 100)	96
Figure 58: Aspect des colonies sur Gélose Héctoén	96
Figure 59: . Bacille à gram négatif (-). (Grossissement × 100).....	96
Figure 60: Aspect des colonies sur Gélose GNAB	96
Figure 61: des coccobacilles à gram négatif Et des bacilles à gram négatif (-). (Grossissement × 100).	96
Figure 62: Aspect des colonies sur Gélose SS.	98
Figure 63 : Petite bacille à Gram négatif (-) (Grossissement × 100).	98
Figure 64: Aspect des colonies sur Gélose Héctoén.	98
Figure 65: Bacilles à gram négatif (-).(Grossissement × 100).....	98
Figure 66: Aspect des colonies sur Gélose GNAB.	98
Figure 67: Cocci à gram positive (+). (Grossissement × 100).....	98
Figure 68: Profil biochimique de la souche <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	99

Figure 69: Profil biochimique de la souche <i>Serratia odrifera</i> I.	99
Figure 70: Profil biochimique de la souche <i>Proteus mirabilis</i>	100
Figure 71: Profil biochimique de la souche <i>Aeromonas hydrophila</i>	100

Liste des tableaux

Tableau 1: l'humidité mensuelles la région de Guelma.....	30
Tableau 2: Nature et période de prélèvement.....	35
Tableau 3: La couleur des colonies isolées à partir des géloses SS et Hektoen.....	65
Tableau 4: Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH	76
Tableau 5: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	78
Tableau 6: Classes des eaux selon la turbidité usuelles (NTU, néphélométrie turbidité unit).....	79
Tableau 7: Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	80
Tableau 8: Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium.....	83
Tableau 9: les normes des paramètres physico-chimiques.....	89
Tableau 10: Normes nationales et internationales de la qualité microbiologique des eaux.....	94
Tableau 11: Aspects macroscopiques, microscopiques et teste enzymatiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude dans les échantillons de Dahwara.....	95
Tableau 12: Aspects macroscopiques, microscopiques et teste enzymatiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude sur les échantillons de Ain Souda.....	97
Tableau 13: Les espèces identifiées par le test API 20 E et 20 NE.....	99

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP : Approvisionnement en eau potable.

ans : Année.

API : interface de programmation d'application des bactéries.

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs.

BEA : Bile -eculine -azoture.

Ca²⁺ : Ion de calcium.

CaCO₃ : Bicarbonate de calcium.

CE : Conductivité électrique.

CF : Coliforme fécaux.

Cl⁻ : Chlorure.

Cm : Centimètre.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

CT : Coliformes totaux.

E. coli : Escherichia coli.

EDTA : Ethylène Diamine Tétracétique.

F° : Degré français.

Fe³⁺ : Fer Ferrique.

FeS : Sulfure de fer.

Fe²⁺ : Fer.

Fig. : Figure.

GNAB : Gélose Nutritif Alcaline Bilée.

h : Heure.

H⁺ : Hydrogène.

H₂S: Thiosulfate de sodium.

H₂SO₄: Acide sulfurique.

HCl : Chlorure d'hydrogène.

Hm³ : Hectomètre cube.

IND : Indole.

JORA : Journal Officiel De La République Algérienne

Km : Kilomètre.

Km² : kilomètre carré.

Km³ : kilomètre cube.

KMNO₄ : permanganate de potassium.

l/s : Litre par seconde.

m : Mètre.

MES : Matière En Suspension.

mg : Milligramme.

Mg²⁺ : Magnésium.

mg/l : Milli gramme par litre

ml : Milli litre.

mm : Milli mètre.

MO : Matière organique.

MTH : Maladies à transmission hydrique

N : Normalité.

Na₂SO₃ : Sulfite de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

NET : Noir d'Eriochrome T.

NH⁴⁺ : Ammonium.

NH₄OH : Hydroxy d'ammonium.

NO²⁻ : Nitrate

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrie.

O₂ : Oxygène dissous.

OH⁻ : Ion hydroxyde.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

P : Précipitation.

PCA : Plate count agar.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

RS : Résidus Secs.

RT-PCR : transcription inverse, réaction en chaîne par polymérase.

SF : Streptocoques fécaux.

SS : Gélose de Salmonella-Shigella.

T° : Température.

TA : Titre Alcalimétriques Total.

Tab : Tableau.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TDA : Tryptophane Décarboxylase.

TGEA : Glucose Tryptonée à l'Extrait d'Agar.

TH : titre hydrométrique (dureté totale)

UFC/ml : Unité Formant une Colonie par millilitre.

V : Volume.

VF : Viande Foie.

VHA : Virus Hépatite A.

VHE : Virus Hépatite E.

VP : Pyruvate de sodium.

VP1 : réactif Hydroxyde de potassium.

VP2 : réactif Alpha-naphtol.

μm : Micromètre.

μS/cm : Micro siemens par centimètre.

μS : Micro siemens.

% : Pourcentage.

(-) : Négative.

(+) : Positive.

< : Inférieure.

> : Supérieure.

°C : Degré Celsius.

Introduction

Générale

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, la molécule d'eau est l'association d'un atome : d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H_2O . L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel, il se congèle à $0^{\circ}C$, il peut devenir vapeur à $100^{\circ}C$ qui est sa température d'ébullition, mais ces principales caractéristiques sont qu'il est inodore, incolore et sans goût **(Gerard, 1999)**.

De point de vue diététique, l'eau est indispensable à nos cellules, elle permet de s'hydrater, se rafraîchir ou encore se purifier, s'enrichir de minéraux nécessaires à l'organisme, elle sert à véhiculer les éléments nutritifs et à maintenir le fragile équilibre électrolytique à l'intérieur des cellules. A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine **(Euzen, 2013 ; Taleb, 2005)**.

Les eaux minérales et les eaux de sources restent une importante source destinée à la consommation humaine. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique **(CSEM, 2016)**. Cependant, leur qualité a connu, dans le monde, ces dernières années, une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture **(Kaldi *et al.*, 2018)**.

L'utilisation et la consommation d'eau polluée ou contaminée est l'une des causes de diverses pathologies humaines **(Adesakin *et al.*, 2020 ; OMS et UNICEF, 2018 ; Ounokis et Achour, 2014)**. L'assemblée générale des nations unies a noté avec une vive préoccupation en 2018, que près de 900 millions des personnes au monde n'ont pas accès à l'eau potable **(OMS et UNICEF, 2018)**. Le problème de la dégradation des ressources en eau est devenu l'un des aspects les plus inquiétants et pourrait constituer à long terme un réel danger pour l'avenir de l'humanité **(Belaid, 2010 ; Belghiti *et al.*, 2013)**. La contamination des eaux par des agents pathogènes est un problème de pollution qui remonte de très loin dans le temps. Au cours du 19^e siècle, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra, entre autres **(Adetunde et Glover, 2020 ; O.M.S, 2000 ; Diallo, 2017 ; Roux M, 1987 ; Samake, 2002)**.

Aujourd'hui, ces maladies sont à l'origine d'un taux de mortalité très élevé dans les pays en voie de développement. Dans le monde, 100 millions de personnes souffrent en permanence de gastro-entérites hydriques tandis qu'environ 6 millions d'enfants meurent chaque année suite à ces maladies **(OMS et UNICEF, 2018 ; Diallo T, 2017)**. En Afrique, plus de 300

millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et les maladies hydriques sont la première cause de mortalité (**Bazié, 2014**).

La demande en eau potable est définie comme la somme des volumes à mobiliser pour satisfaire les différents besoins en eau potable. La ville de Guelma est alimentée en eau potable essentiellement à partir des barrages. Et la demande en eau globale mensuelle augmente au même rythme où est plus élevée durant la période du mois de mai jusqu'au mois de septembre, cette augmentation est due à l'utilisation intensive pendant la période de l'été. Diminution des ressources par l'effet du changement climatique et l'augmentation de la dotation.

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

En raison de la pénurie d'eau potable ces dernières années ainsi que certaines préoccupations ont été soulevées concernant leur qualité dans la région de Guelma, où les habitants ont exprimés des inquiétudes quant à la potabilité des eaux de robinets ; donc la plupart des gens ont commencé à utiliser l'eau des citernes provient des eaux de sources et qui sont distribuées et vendues dans la région de Guelma, notamment : la source Dahwara, Ras El Ma, Salawa, Ain Souda.... etc.

L'objectif de ce travail consiste à faire une analyse comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de source et des eaux de citerne (Dahwara et Ain Souda) dans la région de Guelma, afin d'évaluer leur potabilité et d'identifier les éventuels risques sanitaires associés. L'étude vise à comparer aussi la qualité des eaux de source et les eaux de citerne de la même source pour montrer si le transport et la distribution de ces eaux à travers les réservoirs modifie leur qualité ou non afin de proposer des mesures de prévention ou d'amélioration selon les résultats obtenus.

Afin d'atteindre les objectifs de cette étude ; nous avons organisé notre travail après une introduction générale en deux parties différentes :

- La première partie (partie bibliographique) est composée de deux chapitres :
 - **Chapitre 01** : est un rappel sur les généralités d'eau et la pollution et son impact;
 - **Chapitre 02** : dans ce chapitre, nous avons parlé sur les maladies à transmission hydrique comme le Choléra, fièvre typhoïde, l'hépatite A etc....

- Et la deuxième partie (partie expérimentale) divisée en deux chapitres aussi :
 - **Chapitre 03** : consacrée à la présentation du matériel et la méthodologie suivie pour la réalisation des analyses bactériologique et physico-chimiques effectuées durant ce travail ;
 - **Chapitre 04** : sous formes des tableaux et des graphes explique les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, avec une discussion de ces résultats.
- Ces deux parties sont suivies par une conclusion qui clôture ce mémoire.

PARTIE 1 :

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQ

Chapitre 01

*Généralité sur l'eau et
la pollution*

1. Définition de l'eau

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

De plus des grandes étendues d'eau, l'eau liquide peut également être trouvée dans des endroits tels que les mares, les fossés, les étangs, les canaux et même les zones interstitielles du sol. En fin de compte, l'eau est une ressource vitale qui doit être gérée avec soin pour répondre aux besoins de notre planète et de ses habitants **(Culligan, 2025)**.

Le mot « eau » est dérivé du latin **aqua**, est une substance chimique composée de molécules d'H₂O, incolore, inodore, insipide, généralement neutre et liquide à température ordinaire **(Roux, 1987)**. La gestion de l'eau est une question centrale en géopolitique, en raison de son rôle primordial dans l'apparition et le maintien de la vie. L'eau est en effet essentielle à la préservation des écosystèmes et au cycle de l'eau, mais elle est également vitale pour notre organisme humain **(Culligan, 2025)**.

L'eau pure H₂O n'existe pas dans la nature, ces éléments suivants peuvent être des gaz (oxygène dissous, gaz carbonique) qui jouent un rôle important dans l'action de l'eau sur les matériaux. Des acides et des bases partiellement ou complètement dissociés en ions positifs (cations) et ions négatifs (anions). Des matières en suspension non dissoutes, de nature organique ou minérale. Certaines matières organiques sont dissoutes, particulièrement les acides humiques, qui sont des éléments de décomposition des débris provenant des microorganismes **(Viland et al., 2001)**.

2. Le cycle de l'eau

L'eau, sous ses trois formes (liquide, l'état gazeux et solide) passe par un cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation, dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation, d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère, c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous-

sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (Coulibay, 2005).

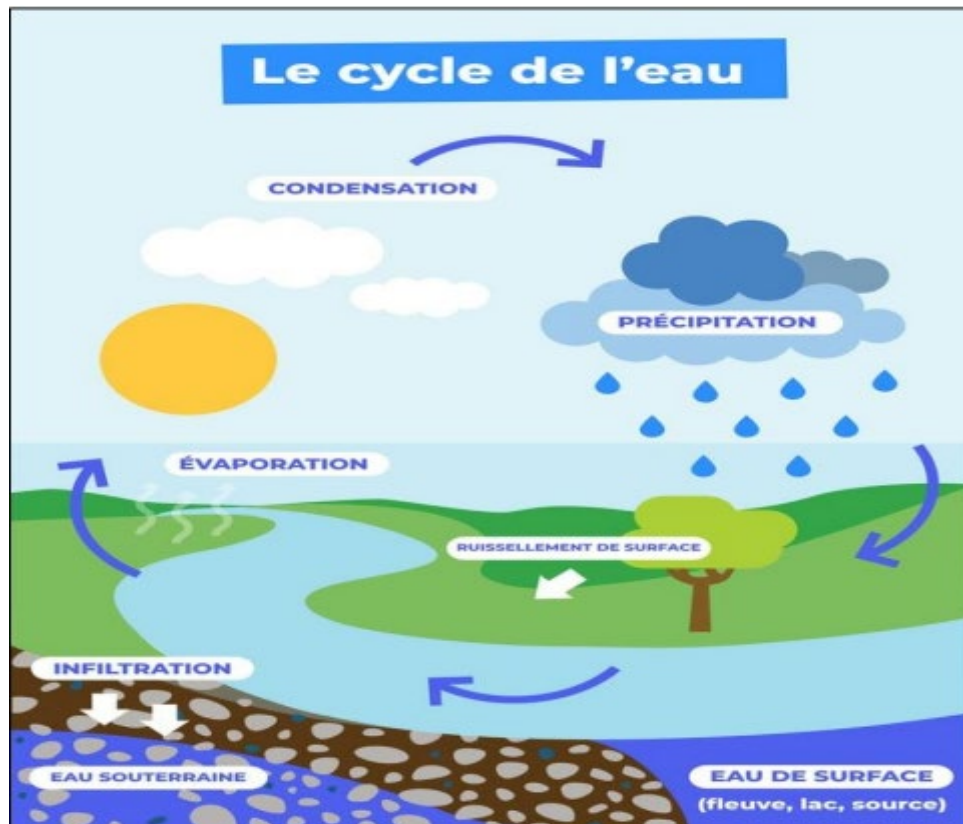


Figure 1: Le cycle de l'eau (Hassan Omar, 2019).

3. Ressources hydriques

D'après Desjardins, 1997, on trouve quatre sources principales d'eau brute :

- Les eaux de pluies ;
- Les eaux de surfaces ;
- Les eaux souterraines ;
- Les eaux de mer .

Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de L'eau et du milieu environnant.

3.1. Eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous. Ce sont donc des eaux

douces, mais qui peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques (**Desjardins, 1997**).

3.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit des eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (**Degremont, 2005**). Ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques.

Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eau de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques (**Molinie, 2009**).

3.3. Les eaux souterraines

Ce sont les eaux qui circulent sous le niveau du sol et qui remplissent les fractures du socle rocheux ou les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers (**Merouanie et Bouguedah, 2013**).

Elles proviennent de l'infiltration lente d'environ 20 % des eaux de précipitation, à travers le sol, jusqu'aux couches imperméables où elles s'accumulent en nappes plus ou moins importante et profondes. La pénétration et la rétention de ces eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leurs structures. L'eau souterraine est d'une composition plus stable que celle des eaux de surface sa composition chimique est déterminée par la nature géologique du terrain, Puisque l'eau est en contact continu avec le sol dans lequel elle stagne ou circule (**OMS, 2000**).

3.4. Eaux de mers

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (**Boeglin, 2001**).

4. Classification des eaux

Les eaux sont classées en plusieurs volets :

4.1. Les eaux de consommation

Eaux des réseaux d'adduction publique (Robinets) : Elles doivent être potables, elles proviennent de captages des eaux superficielles (cours d'eau, barrage) ou de celui des nappes ou des sources souterraines (Eaux en général mieux protégées). Avant leur distribution, ces eaux subissent plusieurs traitements épurateurs (filtration, floculation, décantation et désinfection).

Les eaux de captage individuel (Puits) : Ces captages des sources ou gisements souterrains sont destinées à l'alimentation d'une maison, un hameau ou une industrie, principalement en zone rurale non desservie, par l'eau de distribution. Cette eau ne subit aucun traitement avant utilisation.

Les eaux embouteillées : (Eaux de source prenables, eaux minérales naturelles), ces eaux doivent provenir des nappes souterraines naturellement protégées et mises à l'abri de toute souillure. Ces eaux ne subissent pas de traitements désinfectants, elles sont mises en bouteilles dans des conditions d'hygiène bien précises (OMS, 2015).

4.2. Les eaux non destinées à la consommation

Les eaux industrielles : Qu'elles soient utilisées pour la préparation ou l'entretien (lavage), les utilisateurs doivent s'assurer qu'elles répondent à des critères bactériologiques précis car elles peuvent véhiculer des germes dangereux pour la santé.

Les eaux usées industrielles ou domestiques : Doivent être correctement traitées pour éviter les contaminations de l'environnement (usines de traitement).

Les eaux destinées à des activités d'aquaculture : Soit en eaux de mer, soit en eaux douce doivent présenter une qualité bactériologique satisfaisante.

Il existe aussi des eaux médicales, des eaux dites stériles et des eaux pour hémodialyse (Mouffok, 2016).

5. Propriétés de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables

deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression (**Alger Géophysique, 1997**).

5.1. Propriétés chimiques de l'eau

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 kJ/mol, est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques.

La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvation complète est une dissolution) (**Boelglin, 2001**).

5.2. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants (**Dajoz, 1982**). Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

➤ Les critères de potabilité

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts fixés par le ministère de la santé. Les critères d'une eau "propre à la consommation" portent sur :

➤ La qualité microbiologique

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

➤ La qualité chimique :

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou " toxiques".

➤ La qualité physique et gustative

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.

Les substances "indésirables" : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (Aoualmia *et al.*, 2015).

6. Pollution de l'eau

6.1. Définition

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (Ramade, 1984).

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversées (Boeglin, 2001).

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies (Rodier, 2005).

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

6.2. Sources de pollution des eaux

6.2.1. Pollution Agricole

L'agriculture moderne est responsable d'une importante pollution de l'eau due à l'utilisation de produits agrochimiques, de matière organique, de sédiments et de solution saline. Cette pollution touche des milliards de personnes et coûte des milliards de dollars chaque année.

L'utilisation intensive des terres et l'utilisation croissante de pesticides synthétiques, d'engrais et d'autres intrants agricoles sont à l'origine de cette pollution (FAO, 2023).

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

6.2.2. Pollution domestique :

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

6.2.3. La pollution d'origine industrielle :

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, des eaux résiduaires industrielles qui sont des eaux en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur et qui sont responsables des plusieurs types de pollution (Koller, 2004) :

- **Pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries...) ; ont une température de l'ordre de 70 °C à 80 °C. Elle diminue jusqu'à 40 °C à 45 °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'Oxygène (Koller, 2004).

- **Pollution chimique**

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories : organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols...) et minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) (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 (**Mekhalfa, 2009**).

- **Pollution organique**

C'est les effluents chargés des matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'Oxygène dissous de ces eaux, en 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**).

6.2.4. Pollution naturelle ou accidentelle :

La pollution naturelle des eaux peut être due à plusieurs facteurs, notamment les éruptions volcaniques, les tremblements de terre, les glissements de terrain et les tempêtes, Les développements technologiques ont montré que certains polluants dans les eaux et les sols ont une origine naturelle. Cette accumulation naturelle résulte de processus géologiques. Des irrptions volcaniques, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures, peuvent aussi être à l'origine de pollutions (**Kara, 2019**).

6.3. L'impact de la pollution

- **Sur le milieu naturel :**

Les modifications de la température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'Oxygène par les microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes (**Moletta, 2002**).

- **Sur l'économie :**

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches. Personne ne peut nier la nécessité de prendre en compte notre environnement. La prolifération d'algues qui viennent dans certaines périodes de l'année s'échouer et pourrir sur les côtes

conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions. Cette prolifération est attribuée aux rejets des polluants azotés et phosphorés. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important (**Moletta, 2002**).

- **Sur la santé :**

Les maladies liées à la présence des éléments pathogènes ou des molécules toxiques sont très répondues :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions des cas annuels dont 90 % en Afrique, et 300 millions des porteurs des parasites) ;
- Filaires (maladie due à un ver injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant. Les métaux lourds comme le Mercure, le Plomb, le Cadmium, le Cuivre... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles (**Moletta, 2002**).

Chapitre 02 :
Les maladies à
transmission hydrique.

L'eau est une ressource indispensable à la vie. D'autre part, elle représente la première cause de mortalité et de maladie dans le monde. De nombreux germes infectieux sont ainsi transmis et provoquant des épidémies graves connues sous le nom de maladies à transmission hydriques (MTH).

1. Les maladies à transmission hydrique

1.1. Définition

Le mot MTH recouvre un large spectre de pathologie d'origine bactérienne, fongique, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau.

Ce sont des maladies fécales dangereuses à allure épidémique comme la peste, dont les symptômes sont principalement des symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, vomissements, etc.) (Benhalima, 2019).

La dégradation de l'environnement est souvent responsable de l'apparition d'épidémies, de maladies à transmission hydrique ou alimentaire, (10.000 cas annuels en moyenne). L'OMS (2014) estiment que l'eau sale est responsable de 9,1 % des maladies enregistrées et de 6% des décès dans le monde chaque année. Au moins 2 milliards de personnes dans le monde utilisent des sources d'eau potable contaminées par des matières fécales. En 2019, seuls 50 % des établissements de santé des pays les moins avancés avaient accès aux services d'eau de base, 37 % avaient accès à l'assainissement de base et 30 % avaient accès à la gestion des déchets de base (OMS 2020).

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des matières fécales animales ou humaines, qui contiennent des micro-organismes pathogènes. Les maladies d'origine hydrique se propagent par la contamination des systèmes de distribution d'eau potable par l'urine et les excréments de personnes ou d'animaux infectés (Ayed, 2016). En général, la dose requise est plus faible pour les virus et les protozoaires que pour les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut déclencher une maladie, mais certaines bactéries nécessitent des concentrations de 10³ à 10⁶ bactéries (Madigan *et al.*, 2007).

2. Les principaux facteurs générateurs de MTH

- La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross-connexions entre les réseaux d'approvisionnement en eau potable (AEP) et l'assainissement.
- L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à une forte poussée démographique et d'autre part en développement économique et industriel.
- Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, la multiplication autour de grandes villes du pays : Alger, Annaba, Constantine, Oran
- Une urbanisation rapide, un contexte démographique et géographique favorable
- La dégradation de l'environnement (**Aroura, 1997**).

3. L'origine des maladies à transmission hydrique

Les MTH recouvrent un large éventail des manifestations pathologiques d'origine :

- Bactérienne : fièvre typhoïde, choléra, gastro-entérite, dysenteries...
- Virale : Hépatite A et E, poliomyélite....
- Parasitaire : amibiase, bilharziose, onchocercose...

Elles se transmettent par : eau de boisson, le lait, les mains, les légumes qui se mangent crus (salades, radis, carottes...etc. arrosés avec des eaux usées), les coquillages ramassés à proximité du point de déversement des égouts, les sources d'eau (puits) qui sont à proximité d'un cabinet d'hygiène défectueux (**Bouziyani, 2012**).

• Mode de transmission :

Les maladies hydriques sont transmises par plusieurs voies dont les principales :

- La voie digestive : par absorption d'eau contaminée (ou aliment) par des déchets humains (ou animaux) contenant différents types d'agents pathogènes.
- La voie respiratoire : par inhalation des aérosols contaminées exemple : les pommes de douches peuvent disperser dans l'atmosphère des pathogènes (*Legionella*...).
- La voie cutanéomuqueuse : concerne surtout les pathologies de baignade. Cette voie inclut aussi la voie oto-rhino-laryngologique (**Benhalima, 2019**).

3.1. Les maladies d'origine bactérienne

3.1.1. La fièvre typhoïde

La fièvre typhoïde (du grec tephos, torpeur) ou typhus abdominal est une maladie infectieuse découverte en 1818 par Pierre Bretonneau (**Jamai *et al.*, 2010**). Elle représente actuellement 47% de l'ensemble des MTH déclarées (**Bouziani, 2012**).

➤ **Agent pathogène :**

- *Salmonelles majeurs* ;
- *Salmonella typhi* (bacille d'Eberth) ;
- *Salmonella paratyphi A, B, C* ;
- Entérobactérie gram négatif ;
- Munie d'une endotoxine, résistante dans le milieu extérieur, particulièrement dans l'eau.

➤ **Aspect clinique :**

Elle se manifeste par une symptomatologie digestive et générale secondaire à la multiplication de la bactérie dans l'intestin et son passage après dans le sang.

➤ **Diagnostic :**

Hémoculture, coproculture, sérodiagnostic de (Widal et Félix).

➤ **Transmission :**

- Direct : inter humaine (selles, linges souillés mains sales) ;
- Indirect : eaux et aliments contaminés (**Bouziani, 2012**).

3.1.2. La gastro-entérite

Appelée familièrement (gastro) est une inflammation intestinale faisant suite à une infection touchant les muqueuses présentes dans l'estomac et l'intestin. Cette pathologie est due dans la majorité des cas à un virus ou plus rarement à des bactéries (**Merzoug, 2009**).

➤ **Transmission**

- Par l'eau ou par les aliments souillés et causée par des salmonelles, des staphylocoques et des shigelles ;

- Elle se manifeste essentiellement par les symptômes suivants : des nausées, des vomissements, des crampes abdominales et de la diarrhée (**Masschelein, 1996**).

3.1.3. Dysenteries

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de colique, des nausées et de vomissement. Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20% des cas (**Briere, 2000**).

- **Shigelloses** (Recto-colite aiguë fébrile, due à des bactéries du genre *Schigella*)

➤ **Agent pathogène :**

-Entérobactérie : gram négatif ;

-Quatre sous-groupes des bacilles dysentériques A, B, C et D.

➤ **Clinique :**

-Syndrome dysentérique (diarrhées liquides glaireuses et sanglantes).

➤ **Transmission**

- Direct : Infection manu portée ;

- Indirect : Aliments souillés et consommés crus (irrigation par des eaux usées), les mouches (**Bouziani, 2012**).

3.1.4. Choléra

C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive.

➤ **Agent pathogène :**

-*Vibrio cholerae* ;

- Bacille gram négatif ;

- deux agents occasionnent le choléra : *vibrio* classique et le *Vibrio cholerae* El Tor.

➤ **Réservoir :**

- En période d'épidémie : homme (malades, porteurs sains) ;
- En période inter épidémique : environnement milieu hydrique (eau douce, milieu marin).

➤ **Transmission :**

- Direct : inter humaine par manipulation de produits contaminés ou de cadavres : maladie des mains sales ;
- Indirect : eaux et aliments souillés.

➤ **Clinique :**

- L'aspect purement hydrique des selles, la déshydratation ;
- Diagnostic positif : coproculture et sérologie (**Bouziani, 2012**).

3.2. Les maladies d'origine virales :

3.2.1. L'hépatite A :

L'hépatite A est une maladie infectieuse aiguë du foie causée par le VHA. Autrefois, cette hépatite virale était appelée « hépatite infectieuse » pour son caractère contagieux et épidémique (**Connor, 2005**).

➤ **Agent pathogène :**

-VHA : picornavirus, résistant aux antiseptiques et à la chaleur ; le virus reste infectieux de plusieurs jours à plusieurs mois au niveau des sols et des sédiments marins, de l'eau douce et de l'eau de mer (**Murray et al., 2005**).

➤ **Transmission :**

La transmission de cette maladie virale se fait par :

- l'eau, les aliments, les boissons.
- les objets contaminés directement ou indirectement par les fèces de personnes contaminées (contamination féco-orale) (**Ryan et Ray, 2004**).

➤ **Clinique :**

-La sévérité de l'hépatite A augmentée généralement avec l'âge (**Cuthbert, 2001**) ;

-Peuvent être observées Les formes fulminantes, mortelles ou nécessitant une greffe hépatique sont peu fréquentes (**Murray *et al.*, 2005**).

➤ **Diagnostic**

Pour cette maladie virale, il n'y a pas de traitement spécifique. Il y'a des vaccins sûrs et efficaces utilisés pour la prévention de l'hépatite A (**Belataf *et al.*, 2004 ; OMS, 2012**).

3.2.2. Hépatite E :

L'hépatite E est une maladie virale aiguë due au virus VHE. Pendant des années, cette hépatite était une maladie des pays en voie de développement, classiquement liée au péril fécal (**Thomassin, 2011**).

➤ **Agent responsable :**

- VHE : moins résistant dans le milieu extérieur, plus sensible aux désinfectants et au chlore ; le VHE est classé dans la famille des *Hepeviridae*, genre *hepevirus*, dont il est le seul représentant (**Van Regenmortel *et al.*, 2002**).

➤ **Transmission :**

La transmission du virus se fait classiquement selon le modèle du péril fécal : eau de boisson peu ou pas traitée, puisée dans des puits contaminés ou directement dans le fleuve ou la rivière, fuites dans les canalisations d'eau potable qui entraînent la contamination de l'eau circulante par le milieu environnant (**AFSSA, 2007**).

➤ **Clinique :**

Le malade va pouvoir présenter différents symptômes, mais de manière inconstante : asthénie fébrile, troubles digestifs... (**Péron et Mansuy, 2009**).

➤ **Diagnostic**

-Direct : est basé sur la RT-PCR qui consiste à amplifier une partie du génome du VHE.

-indirect : vise à caractériser la présence d'IgG ou d'IgM dans le sérum (**Renoua *et al.*, 2009**).

3.2.3. La poliomyélite :

La poliomyélite est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique.

➤ **Agent pathogène :**

- Causée par des poliovirus sauvages (3 séro- types différents 1, 2 et 3).

➤ **Transmission :**

- Par voie oro-pharyngée dans les pays développés ;

- Par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux).

- L'infection est inapparente dans l'immense majorité des cas ;

➤ **Clinique :**

- Patente pour 200 formes inapparentes ;

- Cette maladie est apparue dans les pays à mauvaise hygiène : l'endémie y est permanente avec une recrudescence saisonnière estivo-automnale, elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralysie infantile) (OMS, 2000 ; Zoungrana, 2009 ; Gaüzere, 2012).

3.3. Les maladies d'origine parasitaire :

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemples : l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis...etc. (Ayad, 2017).

3.3.1. Amibiase :

L'amibiase est une parasitose liée au péril fécal humain, due à un protozoaire, *Entamoeba histolytica*. Sa prévalence est très élevée en milieu tropical en raison principalement des mauvaises conditions d'hygiène fécale (benhalima, 2019).

➤ **Agent pathogène :**

-protozoaire formant des pseudopodes appartenant à la super classe des Rhizopodes,

phylum Amoebozoa, classe *Lobosa*, ordre *Amoebida* (Stanley, 2003).

-Parasite présente sous trois formes : Une forme kystique, Deux formes végétatives ou trophozoïtes (La forme minuta, et histolytica) (Espinosa-Cantellano et Martinez-Palomo, 2000 ; Stanley, 2003).

➤ **Transmission :**

-ingestion de kystes présents dans l'eau ou les aliments contaminés.

➤ **Cliniques :**

-manifeste par des diarrhées glairo-sanglantes avec douleurs abdominales ;

-des appendicites, des perforations et des abcès de la muqueuse colique (**Benhalima, 2019**).

➤ **Diagnostic :**

- Pour affirmer le diagnostic d'amibiase à *E. histolytica* il faut mettre en évidence des trophozoïtes hématophages mobiles dans les selles ;

-Ils sont utilisés en cas de suspicion d'amibiase intestinale, et le PCR (**Yau et al., 2001**).

3.3.2. La bilharziose :

La bilharziose est une anthroponose parasitaire, Elle est considérée comme la seconde endémie parasitaire mondiale derrière le paludisme et sévit principalement en Afrique sub-Saharienne (**Anofel, 2006**).

➤ **Agent pathogène :**

-Les schistosomes sont des métazoaires appartenant à l'embranchement des Plathelminthes ;

- *Prosostomata*, sous-ordre *Strigaeta* et la famille des *Schistosomatidae* (**Chevalier et al., 2002**).

➤ **Transmission :**

- liée à la nature des contacts de l'homme avec l'eau douce ;

- La contamination de l'eau par l'hôte définitif est assurée par l'absence de dispositifs d'assainissement des eaux usées des populations ;

- ainsi que la possibilité d'accès à ces points d'eau par des espèces animales réservoirs de parasites (**Anofel, 2006**).

➤ **Cliniques :**

Impliquées par :

-Phase de contamination ou d'infection cercarienne (**Chevalier et al., 2002**).

-Phase d'invasion ou phase toxémique (**Klotz et Debonne, 1996**).

-Phase d'état (**Chevalier *et al.*, 2002 ; Ross, 2002**).

➤ **Diagnostic :**

-Indirect : en phase d'invasion et de croissance repose sur les méthodes immunologiques ;

-Direct : en phase d'état repose essentiellement sur des méthodes parasitologiques (**Anofel, 2006 ; Aubry, 2007**).

3.3.4 Cryptosporidiose :

La cryptosporidiose est une maladie parasitaire, ainsi la cryptosporidiose humaine sont décrits essentiellement chez des patients immunodéprimés (**Fayer *et al.*, 2000**).

➤ **Agent pathogène :**

- *Cryptosporidium* est un eucaryote unicellulaire (protozoaire) se classe parmi l'embranchement des *Apicomplexa*, la classe des *Coccidea*, l'ordre des *Eimeriida*, et la famille des *Cryptosporidiidae* (**Xiao et Ryan, 2004**).

➤ **Transmission :**

- l'eau du robinet, le contact avec un animal ou un homme infecté, la consommation de nourriture contaminée, l'ingestion d'eau de source ou de piscine contaminée....

- l'ubiquité du parasite (**Smith et Rose, 1998**).

➤ **Cliniques**

- diarrhée aqueuse profuse, de couleur jaune pâle et ayant une odeur désagréable.

- diarrhée s'accompagne de l'excrétion d'oocystes (**O'Donoghue, 1995**).

➤ **Diagnostic**

-La PCR apporte une grande facilité d'usage et une grande spécificité, la capacité d'analyser un grand volume d'échantillons et de distinguer les différents génotypes de *Cryptosporidium* (**Griffiths, 1998**).

3.3.5 Giardiase :

La giardiase, appelée également giardiase ou lambliaise, est une protozoose digestive qui atteint de nombreuses espèces animales, notamment les carnivores domestiques ainsi que l'Homme. La giardiase est généralement caractérisée par une prévalence élevée chez les enfants, surtout lorsque les conditions d'hygiène s'avèrent insuffisantes (**Adam, 2001**).

➤ Agent pathogène :

-*Giardia duodenalis* ;

-Le trophozoïte : forme active et mobile ;

-Le kyste : forme de résistance (**Lujan et al., 1998 ; Lanfredi-Rangel et al., 1999**).

➤ Transmission

-voie oro-fécale, suite à l'ingestion de kystes car ils sont immédiatement infectant dès leur émission.

-peut se faire soit par contact direct avec les selles d'un animal excréteur, soit de façon indirecte

- Le pelage des animaux ou les mouches peuvent représenter des vecteurs mécaniques (**Slifko et al., 2000**).

➤ Cliniques :

-selles pâteuses, diarrhées, malaises, crampes abdominales, météorisme, ballonnement, malabsorption des graisses.

-D'autres symptômes couramment observés sont une anorexie et une perte de poids (**Gardner et Hill, 2001 ; Hoque et al., 2002**).

➤ Diagnostic :

-Échantillons de selles fraîches ou fixées au formaldéhyde ;

-La filtration, la floculation ;

- la centrifugation en flux continu sont trois méthodes envisageables pour la concentration des kystes de *Giardia* présents dans les eaux (Méthode œuf et parasite, Techniques immunologiques, Diagnostic moléculaire) (**Aziz et al., 2001 ; Johnston et al., 2007**).



PARTIE PRATIQUE

Chapitre 03 :
Matériel et méthodes

1. Description générale de wilaya de Guelma :

1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma :

La wilaya de Guelma est située au nord-est de l'Algérie, à environ 60 kilomètres de la mer Méditerranée (**Fig. 02**). Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Sud-est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui. Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km² (**Aouissi, 2010**). Sur le plan administratif la wilaya de Guelma forme un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi, Souk Ahras et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud (**Bouaicha, 2018**).

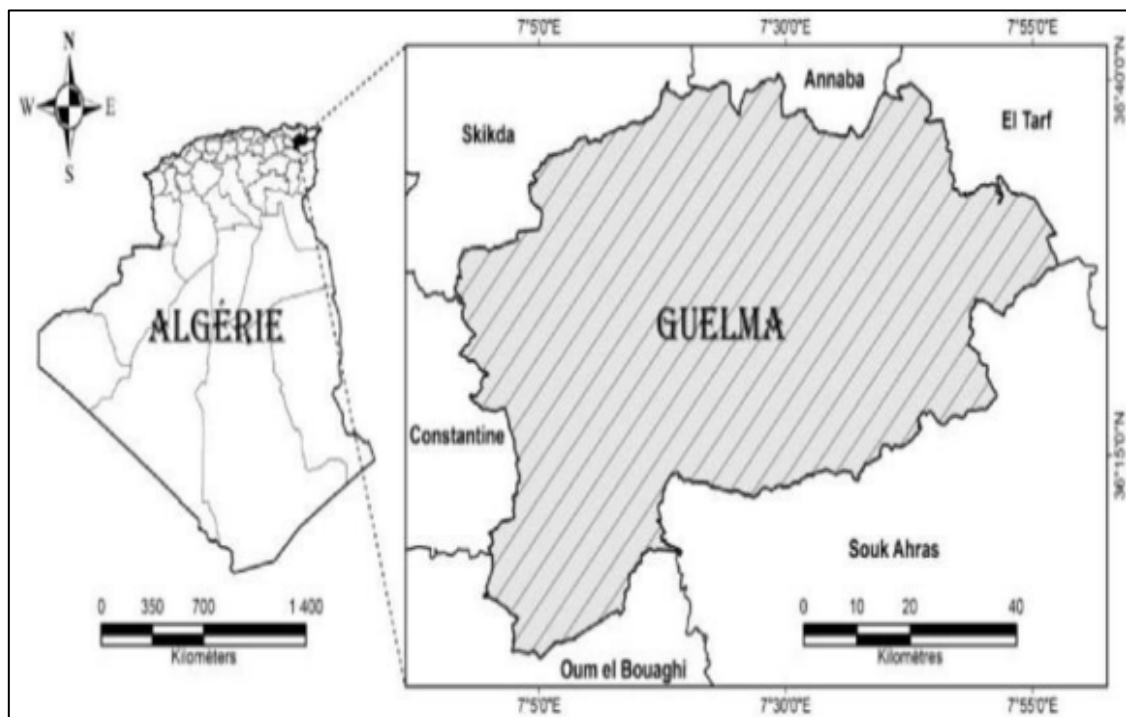


Figure 2: Limite géographique de la wilaya de Guelma (**Soltani, 2019**).

1.2. Étude climatologie :

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans l'état des cours d'eau et l'approvisionnement possible en eau souterraine, en particulier la quantité de précipitations, qui constitue le facteur fondamental intervenant dans sa répartition annuelle, mensuelle et journalière.

Ces différents aspects des précipitations, plus ou moins influencés par l'influence conjuguée d'autres paramètres physiques (altitude et exposition) et climatiques (température et évapotranspiration), permettent d'expliquer quantitativement l'évolution de la composition des précipitations, Etat hydrologique de la zone d'étude (Aouissi, 2010).

La wilaya de Guelma est soumise à un climat de type méditerranéen, puisque son climat est caractérisé par deux périodes différentes, l'une pluvieuse humide, l'autre sèche. Avec une pluviométrie de 570 mm/an et une température moyenne annuelle d'ordre de 18 °C. Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semiaride vers le Sud. Ce climat est chaud en été et doux et pluvieux en hiver (Nedjraoui et Bedrani, 2008).

1.3 Précipitation :

Les précipitations sont tout type d'eau tombant du ciel, que ce soit sous forme liquide ou solide. Elle représente un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (Hocine *et al.* 2022).

D'après la figure n° 03, les précipitations moyennes mensuelles maximales sont Janvier a enregistré 90,79 mm. Par contre, la valeur la plus basse correspond à Juillet 3,56 mm (Fig. 03) (Hocine *et al.*, 2022).

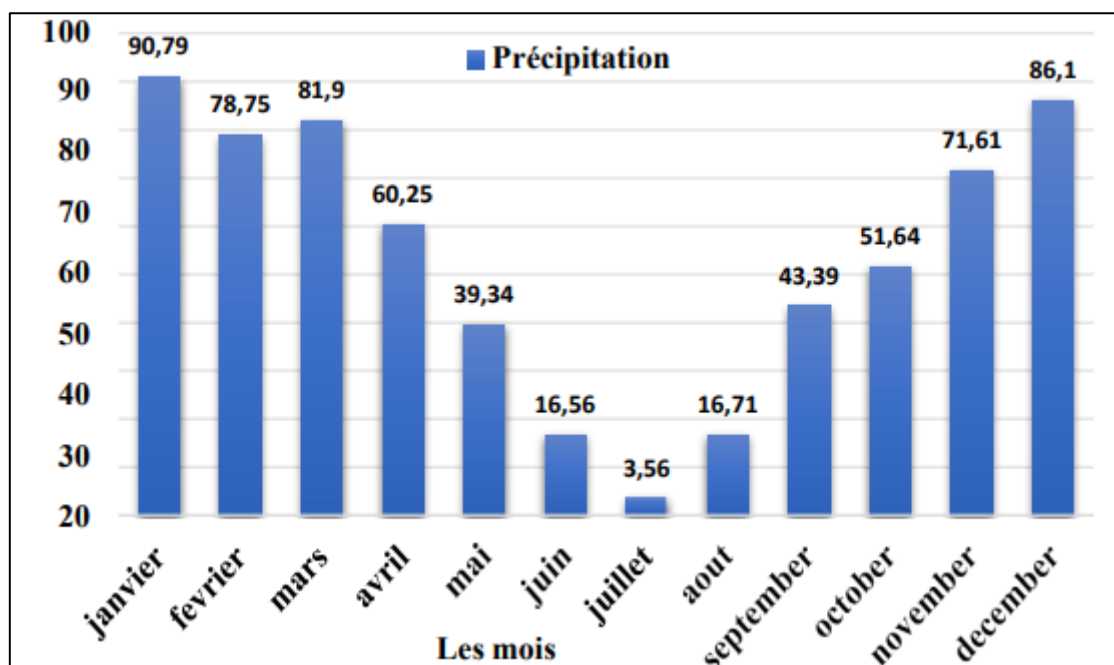


Figure 3: Histogramme de la précipitation moyenne mensuelle à la station météorologique de Guelma (2002 à 2015) (Hocine *et al.*, 2022).

1.4. L'humidité :

Les données d'humidité moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma (2002_ 2017), sont consignées dans le tableau (01) (**Metidji et al., 2022**).

Tableau 1: l'humidité mensuelles la région de Guelma (2002_ 2017) (**Metidji et al., 2022**).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
H%	77,65	74,1	74,79	72,85	68,79	60,41	55,55	57,26	63,12	70,3	69,24	77,68

Humidité relative mensuelle la plus élevée observée de Décembre à Avril. En revanche, les valeurs les plus basses se produisent entre Mai et Novembre (**Metidji et al., 2022**).

1.5. Réseau hydrologique

Les ressources hydrauliques regroupent les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces dernières sont, en l'absence d'études hydrogéologique récentes et fiables, encore mal connues. Les quelques données existantes qui les concernent indiquent qu'elles sont a priori plus faibles que les premières (**ANDI, 2013**).

➤ Eaux superficielles :

-Barrage de Bouhamdane (commune de Hammam Dabbagh) : 184 Hm³

-Barrage de Medjez El Begar (commune de Ain Makhlouf) : 2,86 Hm³

-Barrage de Hajar Guefata (commune de Nechmaya) : 0,44 Hm³

-15 retenues collinaires. [1]

➤ Eaux souterraines :

- Nappe alluviale s'étalant sur trois communes (Guelma, Belkhier, Boumahra Amed).

- La nappe calcaire à Hamam bradaa qui si t'étend entre les villes d'Héliopolis et de Guelaat Bou Sbaa.

- La nappe d'oued Hlia

- La nappe de la plaine de Bouchegouf.

Et des vallées tels que :

- Vallée du Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km², pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba (**Metidji et al., 2022**).
- Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est. Son apport est de 96 millions m³/an ;
- Oued al-meleh provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³/an ;
- Oued al-Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord. Son apport est estimé à 107 millions m³/an. (**Zouaidia, 2006**)

Ces vallées qui drainent les eaux de pluie vers la mer sont alimentées par un important réseau hydrologique de petites vallées fluviales et quelques affluents importants. Notamment l'Oued Seybouse (57,15 km) dont les principaux affluents coulent d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), (**Fig. 04**) l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham (**Metidji et al., 2022**).

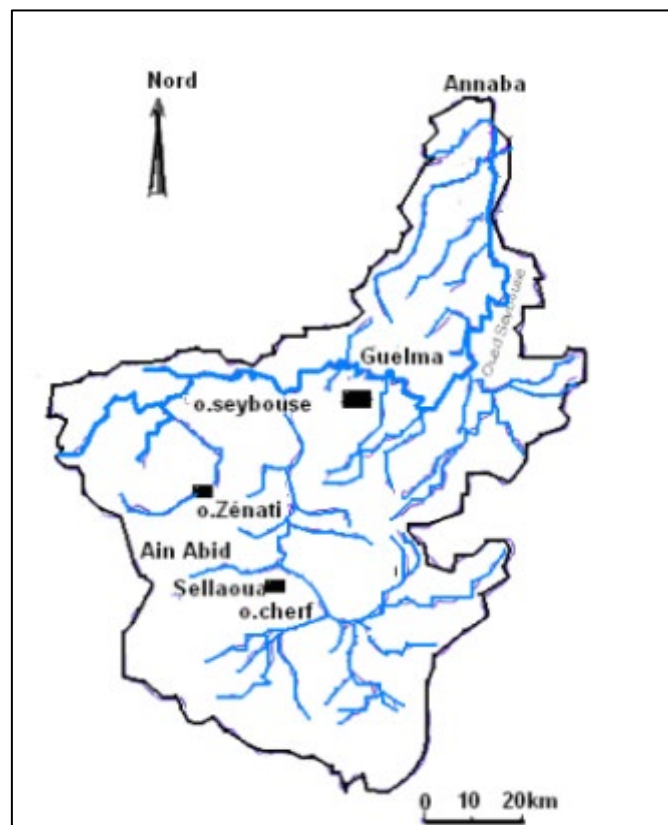


Figure 4: Réseau hydrographique de la wilaya de Guelma (**Benmarce. 2007**).

➤ **Eaux des sources :**

Le nombre de sources dans la wilaya de Guelma est très élevé puisqu'il atteint les 1040 sources [1].

Les ouvrages de captage des eaux souterraines sont construits pour alimenter les réseaux de distribution en toute sécurité et au moindre coût en consommant le moins d'énergie possible, et elles sont sous la menace permanente de la pollution industrielle, urbaine ou agricole. Malgré la diversité des ressources hydriques mobilisées, les besoins domestiques en eau ne sont pas totalement satisfaits (**Martin, 1997**).

2. Présentation des sites d'études :

2.1. Sources Dahwara (El Basbassa) :

Source Dahwara (S1) est l'un des sources hydrauliques de grande valeur qui existe encore au niveau de la wilaya de Guelma, elle occupe une situation géographique de 36°21'06" Nord et 7°43'58"Est (**Fig. 05**).

Elle est considérée comme l'une des meilleures eaux de source de Guelma, en plus de la présence d'une usine d'eau de cette source appelée Besbassa (**Fig. 06**).



Figure 5: Localisation des zones d'études sur la carte des limites administratives de la Wilaya de Guelma (1/500 000ème).



Figure 6: La source de Dahwara Basbassa.

2.2. Source Ain Souda :

Cette source est située dans la commune d'Ain Souda (Ain Sandel) wilaya de Guelma, elle occupe une situation géographique de $36^{\circ}14'41''$ Nord et $7^{\circ}30'45''$ Est (**Fig. 05**).

Suite à plusieurs enquêtes sur cette source menées auprès des habitants de la région de notre part , nous avons pu découvrir que cette source a été fermée pendant deux années successive, lors d'une enquête auprès de la station algérienne des eaux de la wilaya de Guelma (**ADE**), il a été constaté qu'en raison de la rénovation de la route et lors des travaux, les eaux de cette source ont été contaminés par les eaux usées de la région. Pour cette raison cette source à été fermé jusqu'à ce que la route et les canalisations soient réparées (**Fig. 07**).



Figure 7: la source de Ain Souda.

3. Matériel et méthodes :

L'objectif de notre travail consiste à faire une étude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique entre les eaux de source (Dahwara et Ain Souda) et les eaux de citerne proviennent de mêmes sources ; et qui sont vendu dans la région de Guelma.

La totalité des analyses effectuées lors de cette étude ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'établissement algérienne des eaux de la wilaya de Guelma (**ADE**), cela coïncide avec notre stage dans ce laboratoire ainsi que le laboratoire de microbiologie de l'université de Guelma durant une période allant du mois de février jusqu'à le mois de mai 2025.

3.1. Nature et période de prélèvement :

Nos prélèvements ont été effectués au niveau des eaux de sources et les eaux des citernes dans la région de Guelma.

Il convient d'être très attentif pour éviter toute contamination accidentelle de l'échantillon durant le prélèvement (**Rejsek, 2002**).

Les techniques de prélèvements sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de source (eau souterraine), les flacons sont ouverts sous le robinet de l'eau, ensuite le bouchon est également placé sous le robinet de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**Rodier *et al.*, 1996**).

Concernant les analyses bactériologiques les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en verre pyrex munis d'un bouchon, d'une contenance de 250 ml, stériles pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination (**Derwich *et al.*, 2008, Merzoug ; 2009**). Ces flacons ne seront jamais remplis complètement, toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire (**Rodier *et al.*, 2009**).

Pour les analyses physico-chimiques les échantillons sont prélevés par des bouteilles en plastique de 1,5 litre.

Tableau 2: Nature et période de prélèvement.

Echantillons	Prélèvement	La date	L'heur
Dahwara	Source	23/02/2025	8 :30 AM
	Citerne	23/02/2025	8 :00 AM
Ain Souda	Source	03/03/2025	7 :00 AM
	Citerne	03/03/2025	8 :40 AM

3.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, le numéro de station (**Fig. 08**) (**Rodier *et al.*, 1996**).

**Figure 8:** Flacon d'échantillonnage muni d'une étiquette.

3.3. Transport et conservation des échantillons :

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire. Il importe de procéder à l'analyse doivent être soumis à l'analyse dans un délai dépassant 24 heures, Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérés (**Guiroud, 1998**). Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes. Habituellement, cette protection est obtenue grâce à l'utilisation d'une glacière contenant des poches de glace (**Fig. 09**). On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4°C (**Mayat, 1994**).



Figure 9: Transport des échantillons.

3.4. Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques :

3.4.1. Les paramètres physico-chimiques :

3.4.1.1 Mesure du pH (Le potentiel d'hydrogène) :

➤ **Principe :**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présents dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode en verre et une électrode de référence (Calomel - Kcal saturé), plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (**Coulibaly, 2005**). Il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Le Ph des eaux naturelles compris entre 5,5 et 10 (**Bonnin *et al*, 1977**).

➤ **Mode opératoire :**

• **Etalonnage de l'appareil :**

- Allumer le pH mètre (de marque Hach).
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH=7.
- Régler l'agitation a faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH=7.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à l'affichage du standard.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

➤ **Dosage de l'échantillon :**

- Prendre environ =100ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation (Coulibaly, 2005).



Figure 10: pH-mètre

3.4.1.2 La température (T°) :

La température optimale pour des eaux de consommation se situe entre 9 et 12 °C ; Il faut éviter de distribuer une eau à plus de 15 °C. Les eaux souterraines ont très généralement une

température comprise entre 10 et 12°C (**Bonnin *et al*, 1977**), Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision (**Rodier *et al*, 2009**). En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (**De Villers *et al*, 2005**).

➤ **Principe :**

Les mesures de la température de l'eau sur le lieu de prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux, car de cette température dépendent la solubilité du gaz et la vitesse de la réaction de l'eau. La température est mesurée au même temps avec le pH par le pH mètre (**ADE, 2025**).



Figure 11: Multi paramètres.

3.4.1.3 La turbidité (Transparence) :

La turbidité donne une idée de la tenue des matières en suspension. La turbidité en gouttes de mastic est une mesure orientée sur tout pour la recherche des particules colloïdales non décantables et non filtrables (**Voeltzel 1969**).

➤ **Principe :**

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solution de Formazine. La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson) (**Glaude et Robert, 2001**).

➤ **Mode d'opérateur :**

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure (**Alaimia et Braham,2021**).



Figure 12: turbidimètre

3.4.1.4 La conductivité électrique :

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est à dire sa capacité à transporter et à favoriser le passage du courant électrique (**Wilke et Boutiere, 1999 ; Rejsek, 2002**).

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, et dépend de leur nature et leurs concentrations (**Rejsek, 2002**). Donc, Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**Rodier et al, 2009**).

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 celle de la viscosité. Elle s'exprime en siemens par mètre (**Rejsek, 2002**).

➤ **Mode d'opérateur :**

- D'une façon générale, utiliser de la verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée, avant usage.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement

immergées. Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. (Rodier et Nicole ,2009).



Figure 13: conductimètre

3.4.1.5 Dosage du titre hydrotimétrique (la dureté TH) :

Les carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium forment la dureté carbonatée, se précipitant sous l'influence de la chaleur et se déposant en formant du tartre sur les parois des appareils et des canalisations (Alfred voeltzel ,1969).

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamin tétracétique (EDTA). (Rodier *et al*, 2009)

➤ **Réactifs :**

- Indicateur noir d'eriochrome T (**Annexe 01**)
- Solution d'EDTA (**Annexe 01**)
- Solution tampon NH_4OH (K10).

➤ **Mode opératoire :**

Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de solution tampon ($\text{pH} = 9,5 - 10$) et quelques grains d'indicateur coloré NET, verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vers bleu.

Expression des résultats :

$$\text{TH } ^\circ\text{f} = V \text{ titre} \times 2$$

V titre : volume d'EDTA (ADE. 2025).

3.4.1.6 Titre alcalimétrique simple et complet (TA et TAC) :

⇒ TA :

➤ Principe :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de la solution alcoolique de phénolphtaléine (Annexe 01) ;
- Développement d'une coloration rose, dans le cas contraire le TA= 0 et $\text{pH} < 8.3$;
- Titrer avec H_2SO_4 jusqu'à décoloration complète de la solution ;
- Soit V le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage.
 - ✓ Si une coloration rose apparaît titre avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'à disparition de couleur.
 - ✓ Si la couleur n'apparaît pas TA = 0 ($\text{pH} < 8,3$ donc TA = 0) (ADE 2025).

⇒ TAC :

- Prendre l'échantillon traité précédemment.
- Ajouter 2 gouttes de Méthylorange (Annexe 01).
- Développement d'une coloration jaune.
- Titre 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 (ADE, 2025).

➤ Expression des résultats :

➤ TA

- $V/5$ exprime le titre alcali métrique en milliéquivalents par litre.
- V exprime le titre alcali métrique en degrés français.
- $12 \cdot V$ exprime le titre alcali métrique en milligrammes de CO_3^{2-} par litre.

➤ TAC

- $(V' - 0.5) / 5$ exprime le titre alcali métrique complet en milliéquivalents par litre.
- $V' - 0.5$ exprime le titre alcali métrique complet en degrés français

- 12.2 ($V' - 0.5$) exprime le titre alcali métrique en milligrammes de HCO_3^- par litre. (ADE, 2025).

3.4.1.7 Calcium (Ca^{+2}) et Magnésium (Mg^{+2}) :

➤ Principe

Le Calcium et le Magnésium sont dosés avec une solution aqueuse d'E.D.T.A 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 libres, 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 (ADE, 2025).

➤ Mode opératoire :

- (V1) Ca^{+2} :

- prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N ;
- Ajouter du Murex ide ;
- Et titre avec l'E.D.T.A (Annexe 01) jusqu'au virage (violet).

- (V2) Mg^{+2} :

- prendre 50 ml d'eau à analyse ;
- Ajouter 2 ml de NH_2OH (Annexe 01) ;
- Ajouter noir érichrome ;
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage.

➤ Expression des résultats :

- Les résultats sont lus en mg/l (ADE, 2025).



Figure 14: dosage de calcium.

3.4.1.8 Détermination des chlorures (Cl⁻) :

➤ **Principe :**

Dans chaque eau naturelle on trouve du chlore en générale en dessous de 30mg /L. le chlore peut ainsi s'adjoindre à l'eau par les matières organique, ce qui peut la rendre mauvaise (Alfred voeltzel, 1996).

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 (Rodier *et al*, 2009).

➤ **Mode opératoire :**

- Introduire 25 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 10% (Annexe 01).
- Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min (Annexe 01) (ADE, 2025).



Figure 15: Solution de (K_2CrO_4) et ($AgNO_3$).

➤ **Expression des résultats :**

$$FG : V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl} / PE = V_{AgNO_3} \times 0,1 \times 35,5 \times 1000 / 25$$

V_{AgNO_3} : volume d' $AgNO_3$

N_{AgNO_3} : la normalité d' $AgNO_3$

M_{Cl} : la masse molaire du chlore

Teneur (mg/l) = V titre * 142 (ADE.2025).

3.4.1.9 Détermination des matières en suspension (MES) :

➤ **Principe :**

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration. L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. (Rodier *et al.*, 2009).

➤ **Mode opératoire :**

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 mn
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser soit p_1 : poids des membranes avant filtration
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105°C) afin de les sécher pendant 20 mn.

- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une 2eme fois soit p2 : poids des membranes après filtration. (ADE.2025).

➤ **Expression des résultats :**

$$\text{MES (Mg/L)} = (p1-p2) \times 5 \times 1000$$

P1 : poids des membranes avant filtration.

P2 : poids des membranes après filtration. (ADE.2025).

3.4.1.10 Résidu sec (RS) :

➤ **Principe :**

- Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières par litre d'eau.
- Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarie.
- Le résidu dessèche est ensuite pesé.

➤ **Mode opératoire :**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée puis dessécher.
- Prélever 200 ml d'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105 c pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ heure aux dessiccateurs.
- Peser immédiatement et rapidement. (ADE 2025)

➤ **Expression des résultats :**

$$\text{RS (Mg/L)} = (Pp-Pv) \times 5 \times 1000$$



Figure 16: détermination de résidu sec.

3.4.1.11 Dosage de l'ammonium (NH_4^+) :

➤ Principe

Mesure spectrométrique du composé coloré formé par réaction de l'Ammonium avec les ions Salicylate et Hypochlorite de Sodium qui forme un complexe vert dont l'absorbance est proportionnelle à la concentration d'Azote Ammoniacal vers 655nm (ADE, 2025).

➤ Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau analysé.
- Ajouter 4 ml de réactif I (Annexe 01).
- Ajouter 4 ml de réactif II (Annexe 01) et ajuster à 50 ml avec H_2O distillée.
- Attendre 1h30 min.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+ , Effectuer la lecture à 655 nm (ADE, 2025).



Figure 17: dosage d'ammonium

- #### ➤ Expression de résultats : Le résultat est lu directement en mg/l (ADE, 2025).

3.4.1.12 Dosage des Sulfates (SO_4^{2-}) :

➤ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum. En présence de BaCl_2 .

➤ Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante (Annexe 01).
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum (Annexe 01).

- Agiter énergiquement pendant 1 min.
- Passer au spectrophotomètre = 420 nm.
- **Expression des résultats :** Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l (ADE, 2025).



Figure 18: dosage des Sulfates

3.4.1.13 Dosage de Phosphates (PO_4^{2-}) :

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ADE, 2025).

- **Mode opératoire :**
 - 40 ml d'eau à analyser.
 - 1 ml acide ascorbique (Annexe 01).
 - 2 ml du réactif mixte (Annexe 01).
 - Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
 - Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.
- **Expression des résultats :** Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l (ADE, 2025).



Figure 19: Dosage de Phosphate

3.4.1.14 Dosage des nitrates (NO_3^-) :

➤ **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C.
- (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H_2SO_4 laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au Spectrophotomètre UV-Visible aux 415 nm (ADE, 2025).

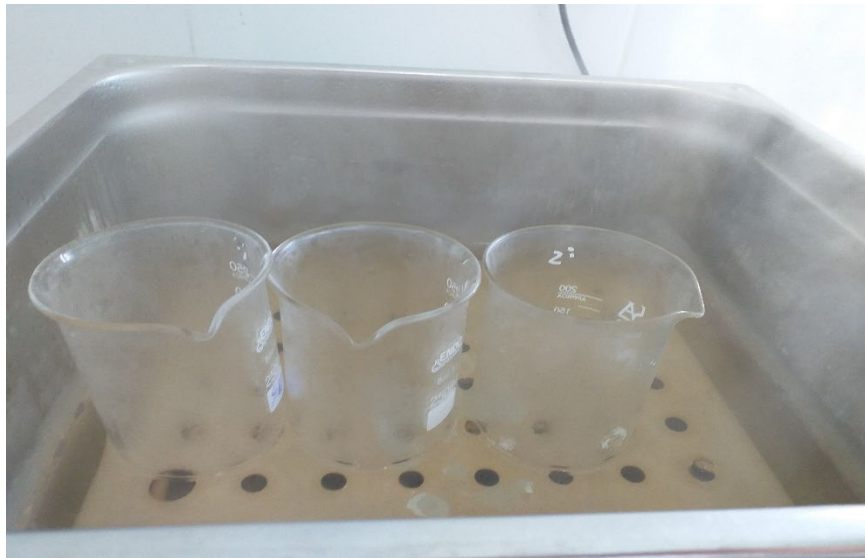


Figure 20: dosage de nitrite

3.4.2 Techniques des mesures des paramètres bactériologiques :

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale (**Rodier *et al*, 2009**).

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- ◆ Recherche et dénombrement des germes totaux.
- ◆ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- ◆ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.
- ◆ Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.
- ◆ Recherche et dénombrement des germes pathogène (**Rodier *et al*, 2009**).

Dans la plupart des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Ces déterminations sont établies à partir :

- ✓ Soit d'un dénombrement direct des colonies après concentration par filtration ou inoculation d'un volume donné de l'échantillon en milieu solide ;
- ✓ Soit d'une évaluation par calcul statistique du nombre le plus probable d'unités infectieuses (NPP), après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tubes de

milieu de culture liquide ou dans des puits de microplaques contenant un substrat nutritif déshydraté, et en tenant compte du nombre respectif de cultures « positives » ou « négatives » obtenues (**Mouffok F, 2001**).

A. Recherche de dénombrement des germes révivifiable à 37°C° (Germe totaux a 37°C°) :

Les microorganismes révivifiables, et plus précisément les bactéries révivifiables, ne sont pas des germes indicateurs de contamination fécale, ils sont recherchés dans certaines eaux à 22°C et à 37°C car ils peuvent parfois exprimer un risque de contamination microbienne au-delà d'un certain seuil. Ils sont encore appelés germes totaux ou flore totale ^[1].

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture. Quel que soit le milieu utilisé, le développement de l'ensemble des bactéries présentes n'est jamais obtenu : certaines espèces demandent des apports nutritifs et des conditions de milieu qui sont défavorables à la prolifération d'autres espèces (**Lebres, 2002**). Leur dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution, pour celui-ci on utilise la technique d'ensemencement dans la masse avec le milieu TGEA a été utilisée (**Rejesk, 2002**).

➤ Définition des germes totaux :

Microorganismes revivifiables nommés également mésophile aérobies sont toute bactérie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans un milieu spécifié à des températures optimales de croissance (après 24 h à 37 °C et 72 h à 22 °C) (**Rejsek, 2002**).

➤ Mode opératoire :

A partir de l'eau à analyser, porter 20 gouttes dans une boîtes de Pétrie vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45 °C (**Lebres, 2002**).

Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes (**Merzoug, 2009**). Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose (**Lebres, 2002**), sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Laisser solidifier les boites sur la paillasse. (**Fig. 21**) (**Merzoug, 2009**).

➤ **Incubation :**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Rodier *et al*, 1996**).

➤ **Lecture :**

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie lenticulaire, on calcule le nombre de ces colonies présentes en unité formant colonie dans un millilitre d'eau (UFC/ml) après 24 et 48 heures.

Examiner les boîtes dès que possible après la période d'incubation, sinon les conserver à 4 °C pendant 48 heures au maximum (**Rodier *et al*, 1996**). Les germes revivifiables se présentent sous forme des colonies lenticulaires poussant en masse, ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies (**Labres, 2002**).

➤ **Interprétation :**

Calculer la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 37 °C à part, en tenant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \sum c / 1.1 * d$$

$\sum c$: est la somme des colonies dénombrées sur deux boîtes de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution. (**Labres *et al*, 2008**).

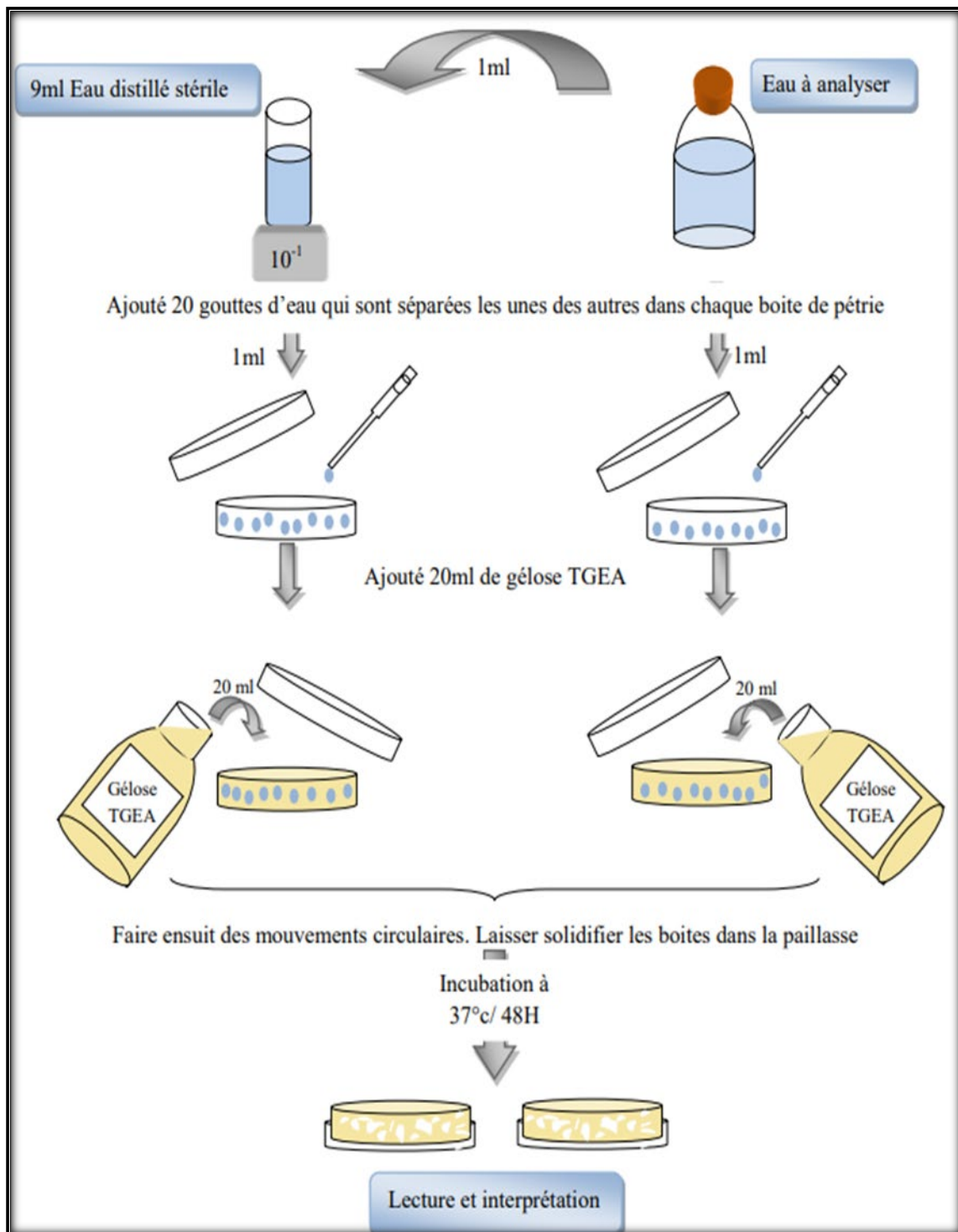


Figure 21: Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 37°C dans les eaux.

B. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices ASR (*Clostridium*) :

➤ Définition :

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif (Lebres, 2002), ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement (Ferron, 1984) ; se développent à une température de 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne Fe S (sulfure de fer) de couleur noire (Pechère *et al.*, 1982 ; Lebres, 2002).

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) est un groupe de bactéries se développant uniquement en absence d'oxygène et qui possèdent des caractéristiques biochimiques particulières, notamment la production de sulfure d'hydrogène. Dans ce groupe on retrouve principalement *Clostridium perfringens* mais également le groupe des *Clostridium botulinum* et d'autres germes capables de réduire les sulfites (certains *Bacillus* et streptocoques) (M. Boyer, 2021).

➤ Mode opératoire :

Le mode opératoire de recherche et dénombrement des spores sulfito-réducteurs est schématisé dans la (**Fig. 22**) A partir de l'échantillon à analyser :

- A partir de l'eau à analyser, transférer environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage à 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose viande foie (VF), fondue puis refroidie à 47 ± 1 °C, (Lebres *et al.*, 2008), additionnée 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer (Rodier *et al.*, 2009) ;
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air.

- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$, pendant 24 à 48 heures (**Fig. 22**) (**Lebres *et al.*, 2008**).

➤ **Résultat :**

Après l'incubation on considère comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito - réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir indique la présence des spores (**Rodier, 2009**).

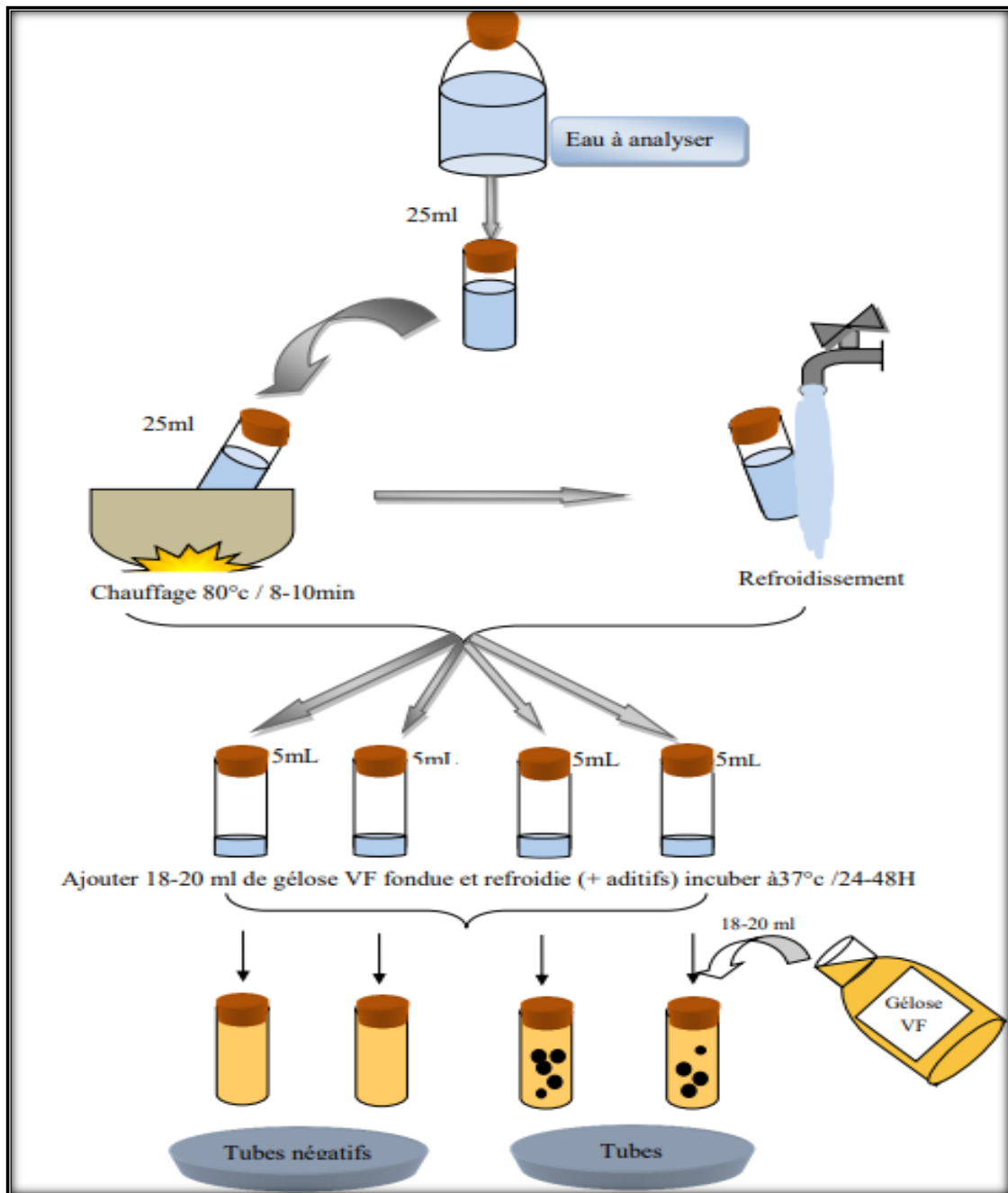


Figure 22: Protocole de la recherche et du dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteur.

Pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques on utilise la méthode de filtration sur membrane, Cette technique permet la mise en évidence des germes grâce à des membranes (filtres) poreuses dont les pores ont un diamètre très réduit qui retiennent les microorganismes. Ces microorganismes seront ensuite isolés sur des milieux d'isolement spécifiques. Cette méthode est rapide, simple, normalisée, mais nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration (**Fig.23**).

➤ **Le matériel pour filtration sur membrane :**

- Un entonnoir réservoir (1) cylindrique ou conique, en acier inoxydable, de taille généralement de 50 à 500 ml, gradué ;
- Un support métallique (2) formant une sorte de cuvette conique dont le bord supérieur reçoit une plaque poreuse (3) (généralement de 50 mm de diamètre) destinée à supporter une membrane filtrante (4) de même diamètre. La partie inférieure de la cuvette est prolongée par un tube creux, muni d'un robinet (5), permettant le passage d'une aspiration par trompe à vide et l'évacuation du liquide filtré ;
- Un dispositif d'assemblage (6) des deux pièces précédentes, variable selon le modèle d'appareil. Permet de solidariser réservoir et support et d'assurer l'étanchéité, en évitant toute fuite du liquide contenu dans le réservoir ;
- un matériel de liaison supportant l'ensemble de cet appareil de filtration et le reliant à un dispositif d'obtention du vide. Dans sa version la plus simple, représentée sur le schéma, il consiste en une fiole à vide en verre, de capacité suffisante pour éviter des vidanges trop fréquentes de l'eau filtrée (5 litres par exemples), reliée à une trompe à eau ou une pompe à vide par l'intermédiaire d'un flacon de garde, muni d'un manomètre. Dans des dispositifs plus complexes, la fiole à vide est remplacée par une rampe supportant plusieurs appareils de filtration. La face supérieure du support métallique et la plaque poreuse au contact avec la face supérieure de la membrane sont généralement stérilisées à la flamme. (**Rodier *et al.*, 2016**).

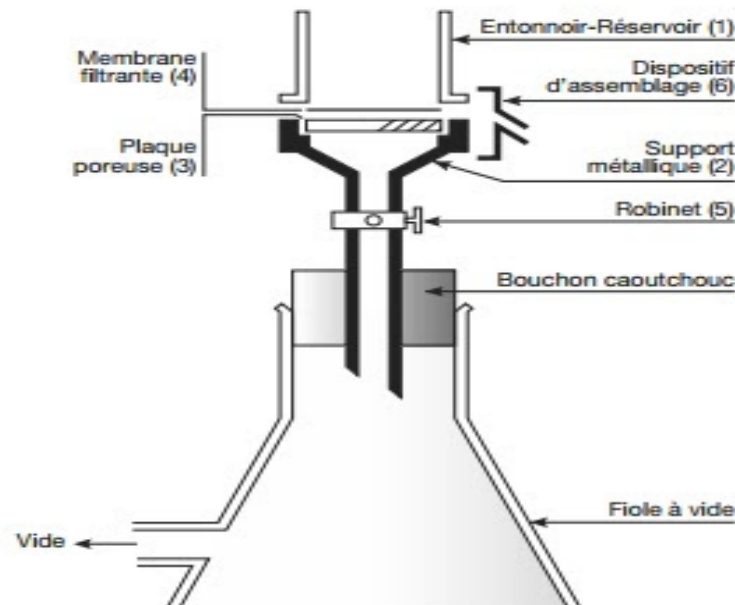


Figure 23: coupe schématique d'un appareil de filtration sur membranes.



Figure 24: Pompe à vide.

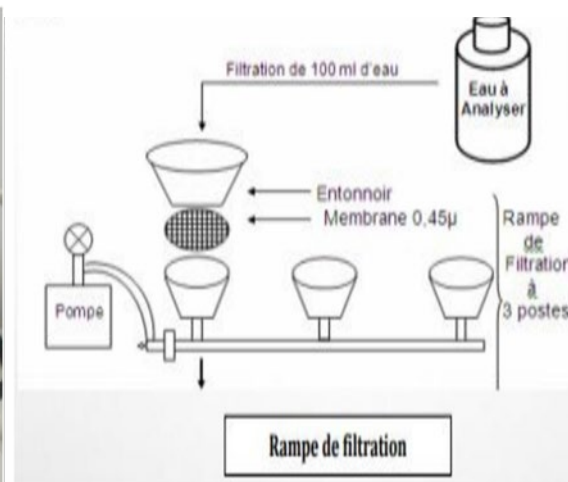


Figure 25: technique de filtration par membrane[2].

➤ **Technique de la filtration sur membrane :**

- Flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil. Fermer le robinet du support et mettre en marche la pompe à vide. Prélever une membrane stérile en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie, la déposer sur la plaque poreuse. L'entonnoir-réservoir flambé et refroidi est placé au-dessus de la membrane. Installer le dispositif de fixation. Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère (50 ou 100 ml selon l'appareil et selon le type d'analyse pratiquée) (**Fig. 26**) (**Rodier et al., 2016**).
- Ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide si le contenu du réservoir correspond à la prise d'essai nécessaire. Sinon,

fermer le robinet à ce moment-là, remplir à nouveau le réservoir avec de l'eau à analyser, et rincer lorsque tout l'échantillon a été filtré. Fermer le robinet, dès que la membrane parait sèche, enlever le dispositif de fixation et le réservoir (**Rodier *et al.*, 2016**).

- Prélever la membrane avec une pince flambée en la saisissant par son extrême bord, et l'introduire sur le milieu de culture choisi ou lui faire subir le traitement selon la méthode utilisée parmi celles qui seront décrites ultérieurement. Lorsque le volume d'échantillon a filtré est important, et que la teneur en matière en suspension n'est pas négligeable, la membrane peut être colmatée avant l'utilisation complète de la prise d'essai nécessaire à analyser. Plusieurs membranes devront donc être successivement utilisées (**Rodier *et al.*, 2016**).



Figure 26: Les étapes d'analyses par filtration.

C. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux avec identification d'*Escherichia coli* par une technique de filtration sur membrane :

Ce terme regroupe certaines espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaines caractéristiques biochimique (**Rodier et al, 2016**).

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (**Carbonnelle, 1988 ; Camille, 2003**).

Escherichia coli sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à $42\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ (**Labres 2008 ; Denis et al., 2007 ; Bourgeois et Leveau, 1980**).

• Coliformes totaux :

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aérobies ou anaérobies capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose, avec une production d'acide et de gaz en 48h à une température de 35-37°C (**Rodier et al, 2016**).

➤ Mode opératoire :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- le refroidies avec l'eau distillées stériles ;
- mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 micromètre entre la membrane preuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- verser aseptiquement 100 ml d'eau analysé, devant un bec bunsen.
- actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Gélose lactosée au TTC TERGITOL dans une boîte de pétri.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures (**ADE, 2025**).

➤ **Lecture :**

Après l'incubation, les coliformes totaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées et dénombrer le nombre des colonies (ADE, 2025).

➤ **Test de confirmation des coliformes fécaux :**

- On effectue un repiquage d'une colonie sur la gélose TSA à partir de la gélose TERGITOL, et on incube à 37°C pendant 24 heures (ADE, 2025).

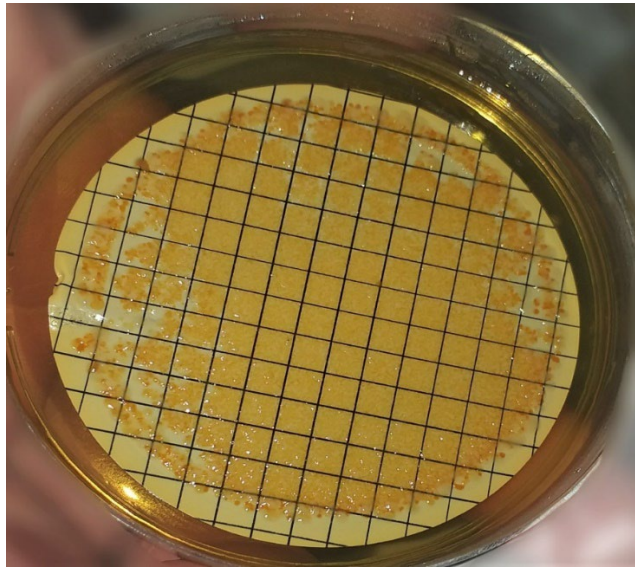


Figure 27: Aspect des colonies de coliformes totaux.

- **Coliformes fécaux :**

Ou de coliforme thermo-tolérants correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44°C (Rodier *et al*, 2016). L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. (Roux, 2003).

➤ **Test de confirmation des coliformes fécaux :**

- On effectue un repiquage d'une colonie de CT sur la gélose TSA à partir de la gélose TERGITOL, et on incube à 37°C pendant 24 heures
- Placer s'il y a des colonies à l'aide d'une pince stérile dans des tubes cloche du milieu Schubert. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures (ADE, 2025).

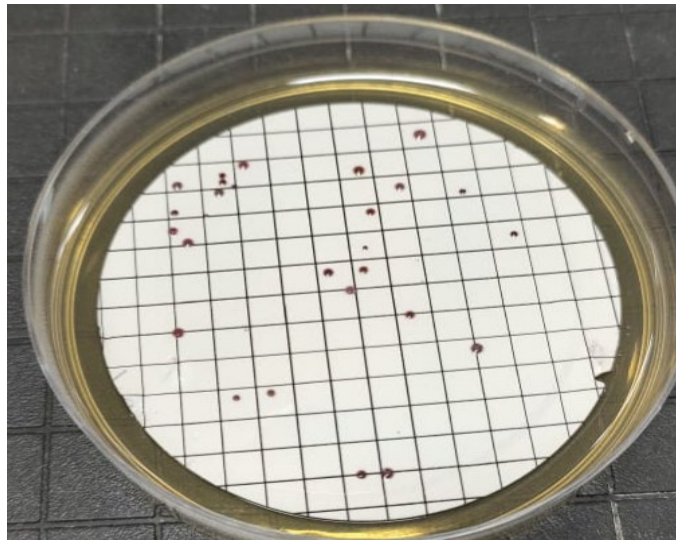


Figure 28: Test de confirmation des coliformes fécaux

➤ **Lecture :**

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

- Troubles de l'eau.
- Boules d'air plus de 10% dans les cloches.
- Pour les *Escherichia coli* : Adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs dans les tubes positifs.



Figure 29: Résultat positif de la recherche d'*E. coli*.

D. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Entérocoque) :

Les streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou *Streptocoques* du groupe D) sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain (Clausen *et al*, 1977 ; Gleeson et Gray, 1997).

Les streptocoques fécaux, sont des bactéries sous forme Cocci à Gram positif, sphérique à ovoïde, formant des chainettes, catalase négative, et possédant l'antigène de groupe D, et capable d'hydrolyser l'esculine en présence de 40% de bile (Rejsek, 2002). Ces streptocoques sont immobiles, anaérobie facultative, non sporulant (Gillespie et Hawkey, 2006 ; Harvey *et al*, 2007 ; Engelkirk, 2008).

➤ Mode opératoire :

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- le refroidies avec l'eau distillées stériles ;
- mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 micromètre entre la membrane preuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- verser aseptiquement 100 ml d'eau analysé, devant un bec bunsen.
- actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY additionnée au TTC probablement préparé dans une boîte de pétri.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (ADE, 2025).

- **Lecture** : considérer comme typiques toutes les colonies bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre sur l'ensemble de la colonie. (Rodier *et al*, 2016).

➤ Test de confirmation :

- Préchauffer le milieu Bile Esculine (BEA) é 44°C pendant quelques minutes ;
- À l'aide d'une pince stérile, transférer la membrane présentant la ou les colonies suspectes et le déposer (sans retournement) sur la gélose BEA.
- incubée à 44°C pendant 2 heures.

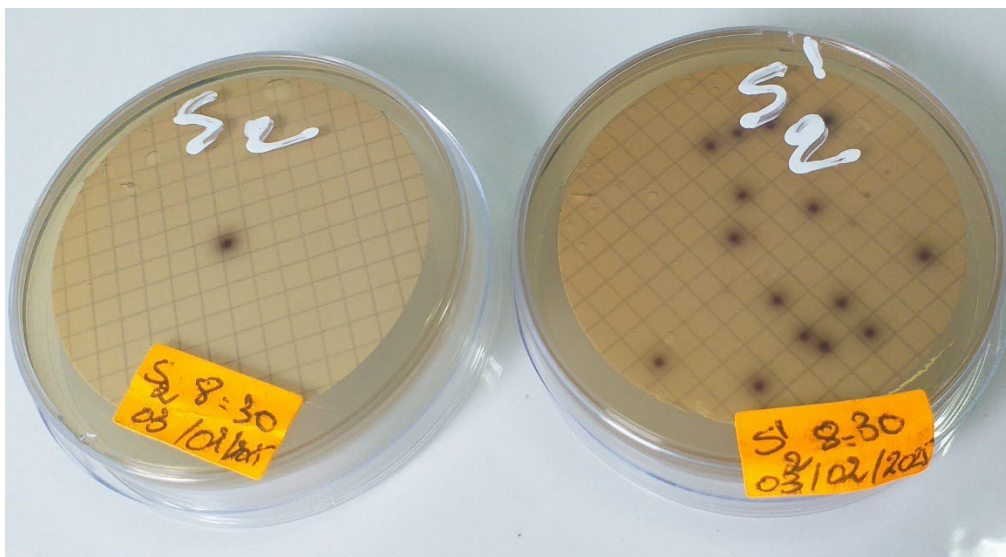


Figure 30: Aspect des colonies streptocoques fécaux.

E. Recherche des germes pathogènes :

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (**Rodier et al, 2009**).

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont *staphylocoques*, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* et *Vibrio* cholérique.

Les milieux utilisés sont : Hektoen pour *Salmonella*, *Schigella* par le milieu (SS), Chapman pour staphylocoques, et gélose nutritive (GN) pour les *Vibrio*.

Le travail d'ensemencement des microorganismes se pratique sur une paillasse conforme à la réglementation autour de la flamme d'un bec Bunsen (**Delarras, 2007**). L'ensemencement par stries sur boîtes de Pétrie est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface (méthode des quadrants) (**Aouissi, 2008**). Un isolement est effectué à l'aide d'une anse de platine, une pipette Pasteur ou d'un ensemencer à usage unique stérile (**Denis et al., 2007**).

1. Recherche de staphylocoque

➤ Définition :

Les staphylocoques font partie de la famille des *Micrococcaceae*, ce sont des coques Gram positif, groupés en amas, catalase positive, (**Rejesk, 2002**) ils sont immobiles, non sporulés (Federighi, 2005), et aérobies ou anaérobies facultatifs (**Pechère et al., 1982 Carbonnelle et al., 1988 ; Labres et al., 2008**). Les espèces de genre *Staphylococcus* peuvent être classées en fonction de leur capacité à coaguler le plasma de lapin, (**Federighi, 2005**) et qui se développent à 37°C sur un milieu sélectif de Chapman sans distinction de coloration des colonies (**Rejesk, 2002**).

Parmi les espèces retrouvées chez l'homme, trois occupent une place privilégiée : *S. aureus*, *S. epidermidis* et *S. saprophyticus* (**Avril et al., 1992**).

➤ Culture

On prépare les boîtes Pétrie avec le milieu Chapman. A partir de l'eau à analyser, on porte aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétrie qu'on étale à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 h (**Fig. 31**) (**Ait Kaci et al., 2008**).

➤ Identification

Après la période d'incubation les staphylocoques apparaissent sous forme des petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc (**Ait Kaci et al, 2008 ; Rodier, 2009**).

L'identification des staphylocoques nécessite :

- Coloration de Gram.
- Test à la catalase.
- Les API 20.

2. Recherche de *Shigella* :

➤ Définition :

Les *Shigelles* (bactéries du genre *Shigella*), sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées Exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (**Berche et al, 1988**) ; éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps.

Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E coli*. (**Pechère et al, 1982; Carbonnelle, 1988**).

➤ **Culture :**

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) et l'étale sur la surface de Gélose SS, et/ou Gélose Hectoën, par la méthode des ensomonsments, puis les incubent à 37 °C pendant 24 à 48 h (**Fig. 31**) (**Lebres, 2002**).

➤ **Identification :**

Sur milieux solides :

- Colonies de 02 à 04 mm de diamètre à bord réguliers, lisses
- Sur Hektoën colonies vertes (même couleurs du milieu).
- Sur SS colonie incolores

Les *Shigella* sont caractérisées par de nombreuses réactions négatives :

- Etat frais ;
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Ensemencement sur une galerie biochimique API 20 E.

3. Recherche de *salmonella* :

➤ **Définition :**

Les Salmonella sont des bactéries qui sont largement répandues à travers le monde. Elles sont, en général, considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément. Les hôtes naturels des *Salmonella* sont la population humaine (**ISO 19250,2010**).

Ce sont des bactéries gram négatif, oxydase négative, aéro-anaérobie facultatif, non sporulées, en fore de bâtonnet qui forme des colonies typiques sur milieu sélectif solide (**Rejesk, 2002**). Les *salmonella* sont des bactéries toujours pathogènes. Elles peuvent provoquer deux types de maladie : les fièvres typhoïdes et les gastro-entérites sévères.

➤ **Culture :**

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) et l'on étale à la surface de Gélose Hectoën, SS, par la méthode des quadrants, puis les incubent à 36 ± 2 °C pendant 18 à 24 h (Lebres, 2002).

➤ **Identification**

Les colonies de salmonella apparaissent se taille incolore (lactose négatif) à centre noir (production d'H₂S) sur milieu SS, ou des colonies bleus ou vertes à centre noire (lactose négative) sur milieu Hektoën.

- Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Ensemencement : ou d'une galerie biochimique API 20 E (Lebres, 2002).

Tableau 3: La couleur des colonies isolées à partir des géloses SS et Hektoën (Rodier *et al.*, 2009).

Gélose	La couleur des colonies	Espèces
Gélose SS	Rouges	<i>Enterobacter, Klebsiella, et autres coliformes tels E. coli</i>
	Incolores, centre noir	<i>Salmonella à H₂S⁺, Proteusvulgaris et mirabilis</i>
	Incolores transparentes	<i>Salmonella à H₂S⁻, Shigella, Serratia, E. hafniae, Alkalescens, Proteusmorganii ;</i>
	Colonies à centre orangé	<i>Proteusrettgeri, Providencia</i>
	Rouges, centre noir	<i>Citrobacterfreundii, Arizona.</i>
Gélose Hektoën	Jaune saumon	<i>E. coli, Citrobacter, Klebsiella, Enterobacter, Serratia, Arizona</i>
	Jaune saumon, centre noir	<i>Citrobacterfreundii, Proteusvulgaris</i>
	Bleues ou vertes, centre noir	<i>Proteus mirabilis, Salmonella</i>
	Bleuâtres ou vertes	<i>Shigella, Providencia, Proteusmorganii, Proteusrettgeri, Salmonella à H₂S⁻.</i>

4. Recherche de *Vibrio cholérique* :

➤ **Définition :**

Le genre *Vibrio* fait partie de la famille des *Vibrionaceae*. *Vibrio cholerae* est une protéobactérie aquatique, oxydase positive, à Gram négatif, incurvée, ayant de d'importantes interactions avec l'environnement qu'avec l'homme (**DonJ. Brenner, 2005**). Très mobiles grâce à une ciliature polaire, le plus souvent monotriche (**Oliver et Japer, 1997; Nauciel et Vildé, 2005 ; Denis *et al*, 2007 ; Harvey *et al*, 2007**).

➤ **Culture :**

On prépare la gélose GNAB dans les boîtes pétries, à partir 2 gouttes d'eau analyse (0,1ml), puis incuber à 37°C pendant 24 à 48h (**Fig. 31**).

➤ **Identification :**

Les colonies sur la gélose GNAB sont rondes, plates ; bords réguliers, sous forme de goutte rosées ; une identification morphologique et biochimique :

- Coloration de Gram ;
- Oxydase positive ;
- Ensemencement d'une galerie biochimique API 20 E

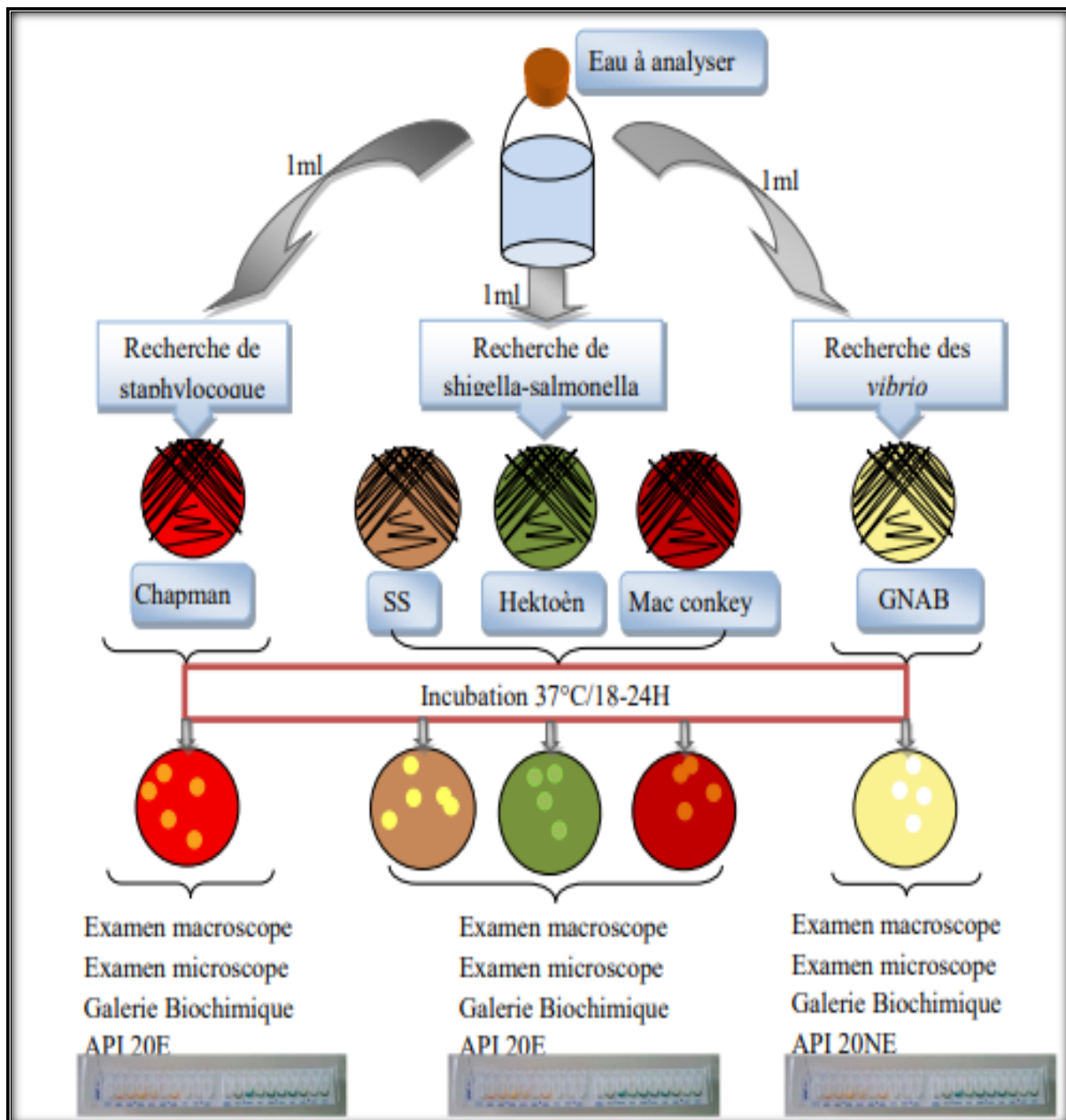


Figure 31: Protocole de recherche des germes pathogènes des eaux.

3.4.3 Identification biochimique et test complémentaire :

1. Examen macroscopique des caractères cultureux :

L'aspect des colonies dépend du milieu de la durée et la température d'incubation. Il ne pourra être décrite convenablement qu'à partir de colonies bien isolées. La description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- ❖ La taille
- ❖ La forme : bombée, plate, ombiliquée, à centrée surélevé

- ❖ L'aspect de surface : lisse, rugueux
- ❖ L'opacité : opaque, translucide, transparent
- ❖ La Consistance : grasse, crémeuse, sèche, muqueuse
- ❖ Pigmentation (**Joffin *et al*, 2001**).

2. Examen microscopique après coloration de gram :

L'examen microscopique après une coloration de Gram nécessite au départ une préparation d'un frottis, une colonie bien isolée d'une culture en milieu solide sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile et fixé par la chaleur sur une lame. L'observation se fait à l'objectif $\times 100$. Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères : leur forme (bacille, Cocci,...etc.) et leur affinité pour les colorants, en Gram positif et Gram négatif. Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à :

- Fixer le frottis par la chaleur ;
- Recouvrir le frottis de la solution de violet Gentiane. Laisser agir 1 minute ;
- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1.30 minute ;
- Rejeter le Lugol. Rincer à l'eau courante ;
- Décolorer à l'alcool 95° pendant 10 secondes ;
- Rincer à l'eau courante ;
- Recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir pendant 30 secondes à 1 minute ;
- Rincer abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres ;
- Utilisation l'huile à immersion pour l'observation microscopique (**Fig. 32**) (Grossissement X100) (**Degrémont, 2005**).

➤ Lecture

Après ce traitement, les bactéries à Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries à Gram négatif sont colorées en rose (**Fig. 32**) (**Carbonnelle, 1988 ; Prescott *et al*, 2003 ; Mamadou, 2005 ; Boukrouma, 2008**).

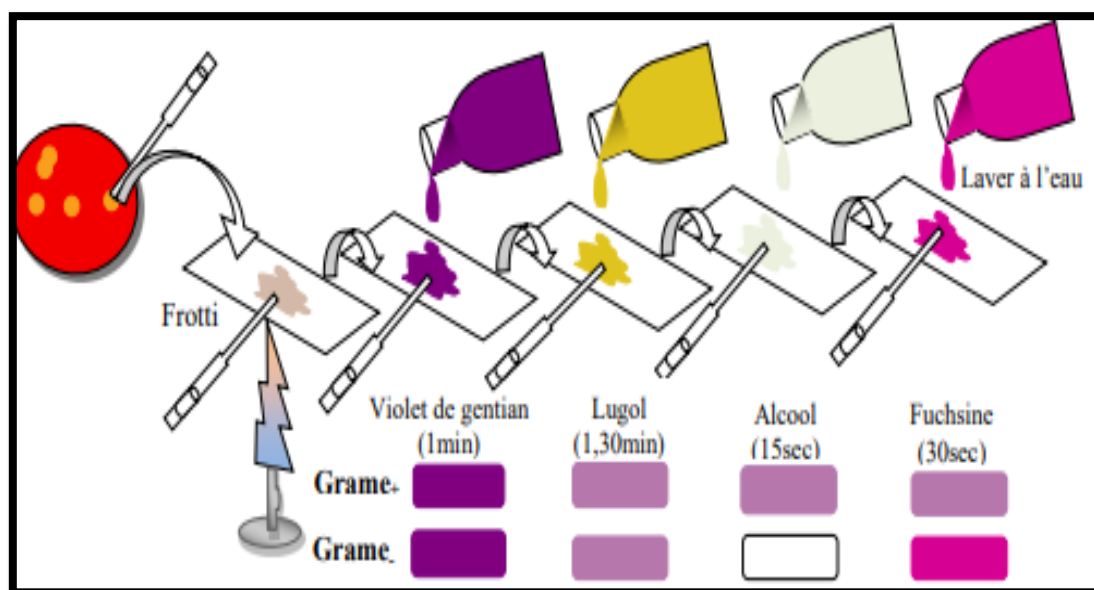


Figure 32: Procédure de la coloration de gram (Merzoug, 2009).

3.4.4.Examens liés aux caractères enzymatique et biochimique :

A. Caractère Enzymatique :

- Test oxydase :

Les bactéries possédant une chaîne respiratoire complète sont dotées d'un cytochrome oxydase (Denis *et al.*, 2007). La recherche s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. On pose le disque sur une lame, on l'imbibe avec une goutte d'eau distillée et étaler une colonie sur le disque. La présence d'une oxydase se traduit par l'apparition d'une coloration violette (Fig. 34) (Carbournelle *et al.*, 1988).

- Technique :

- On pose le disque sur une lame propre ;
- On ajoute une goutte d'eau distillée et étaler une colonie sur le disque ;
- Qui se trouve la couleur violette, elle présence oxydase. (Fig. 33).



Figure 33: Teste oxydase

B. Caractère biochimique :

- **La galerie API 20 E :**

La galerie API commercialisée, est un système standardisé pour l'identification de bactéries ; elle est composée d'un nombre variable de micro tubes (10 ou 20 le plus souvent), contenant des substrats déshydratés qui permettent de réaliser des tests biochimiques (**Camille, 2007**).

➤ **Technique :**

- **Préparation de la galerie :**

Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir de l'eau dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide. Déposer stérilement la galerie dans la boîte d'incubation (**Amiri et al, 2014**).

- **Préparation de l'inoculum :**

Faire une suspension bactérienne, dans un tube d'eau distillée stérile (environ 5 ml), d'opacité légère avec une seule colonie prélevée sur un milieu gélosé (**Amiri et al, 2014**).

- **Inoculation de la galerie :**

- Remplir les tubes et les cupules des tests : |CIT |, |VP |, |GEL| avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.

- Refermer la boîte d'incubation et la placer à 35-37°C pendant 18 à 24 heures (**Amiri *et al.*, 2014**).

➤ **Lecture :**

Noter sur la fiche de résultat toutes réactions spontanées et révéler les tests nécessitants.

• **L'addition de réactifs :**

-Test VP : ajouter une goutte de réactif VP1 et VP2. Attendre au minimum 10 minutes. Une couleur rose franche ou rouge indique une réaction positive ;

-Test TDA : ajouter une goutte de réactif TDA. Une couleur marron foncé indique une réaction positive ;

- Test IND : ajouter une goutte de réactif de Kowacs. Un anneau rouge obtenu en 2minutes indique une réaction positive (**Aouissi *et al.*, 2007 ; Merzoug, 2009 ; Rouaiguia, 2010**).

- La lecture de ces réactions se fait selon le profil numérique à l'aide du catalogue analytique API 20. (**Fig. 35**).



Figure 34: galerie API 20 E avant l'incubation

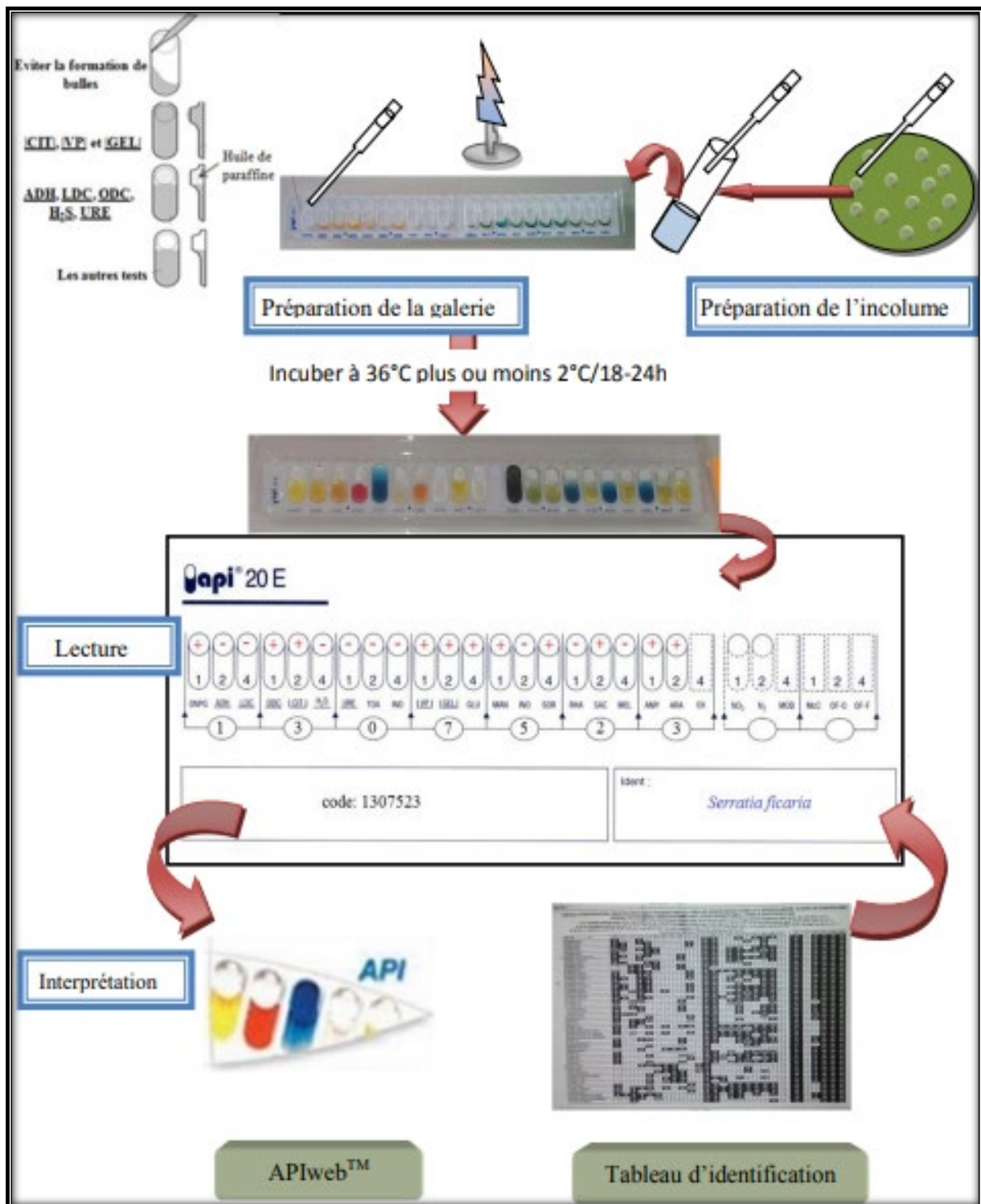


Figure 35: Présentation de la galerie API 20^E (Merzoug, 2009).

- **La galerie API 20 NE :**

- **Principe :**

La galerie API 20 NE se compose d'une galerie constituée de 20 micro tubes contenant milieux et substrats sous forme déshydratée. Les tests conventionnels sont inoculés avec une suspension bactérienne saline qui reconstitue les milieux. Les réactions produites durant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition des réactifs. Les tests d'assimilation sont inoculés avec un milieu minimum et les bactéries cultivent seulement si elles sont capables d'utiliser le substrat correspondant. **(Fig. 36) [3].**

- **Technique :**

- **Préparation de la galerie :**

Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir de l'eau dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide. Déposer stérilement la galerie dans la boîte d'incubation.

- **Préparation de l'inoculum :**

Faire une suspension bactérienne, dans une ampoule de NaCl 0,85% Medium ou dans un tube d'eau distillée stérile

- **Inoculation de la galerie :**

- Remplir les tubes (et non les cupules) des tests NO₃ à PNPG avec la suspension précédente. Eviter la formation de bulles.
- Transférer 200 µl (4 à 8 gouttes) de la suspension précédente, dans une ampoule AUX Medium. Homogénéiser.
- Remplir les tubes et cupules des tests GLU à PAC.
- Remplir d'huile de paraffine les cupules des trois tests GLU, ADH, URE
- Incuber 24 heures à 30°C. **[3]**

- **Lecture :**

Après incubation, la lecture de la galerie doit se faire en se référant au Tableau de Lecture. Réaliser les tests nécessitant l'addition de réactifs **(Annexe 02).**



Figure 36: galerie API 20 NE avant l'incubation.

Résultats et discussion

I. Les paramètres physico-chimiques :

1. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le potentiel d'hydrogène (pH) est un paramètre influencé par les changements des composants d'eau et les activités biologiques. Le tableau (04) présente la grille d'estimation de la qualité de l'eau selon ce paramètre.

Tableau 4: Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH (Benslimen, 2002).

pH	Qualité de l'eau
pH<5	Acidité forte
ph=7	Neutralité (eau pure)
7<ph<8	Neutralité rapproché (eau de surface)
5.5<pH>8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité, évaporation intense

Selon les résultats obtenus de la variation de pH de nos prélèvements (**Fig. 37**), en marquent comme une valeur minimale 7,05 (Ain Souda) et comme une valeur maximale 7,97 (Dahwara). Selon la grille d'estimation de la qualité des eaux (**Tab 04**) les valeurs de pH de nos prélèvements situés dans la zone de neutralité, c'est-à-dire des eaux de bonne qualité.

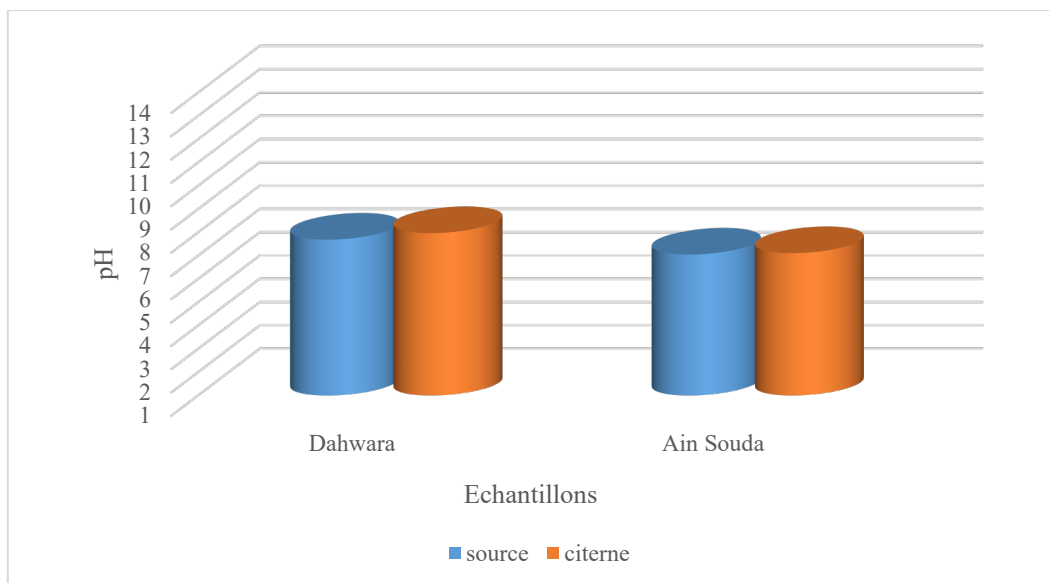


Figure 37: variation de pH des eaux de sources et des citernes.

2. La température (T°) :

La température des eaux son varies par plusieurs facteurs, selon la saison et l'heure de prélèvement. Elle a une grande influence sur les propriétés physico chimiques.

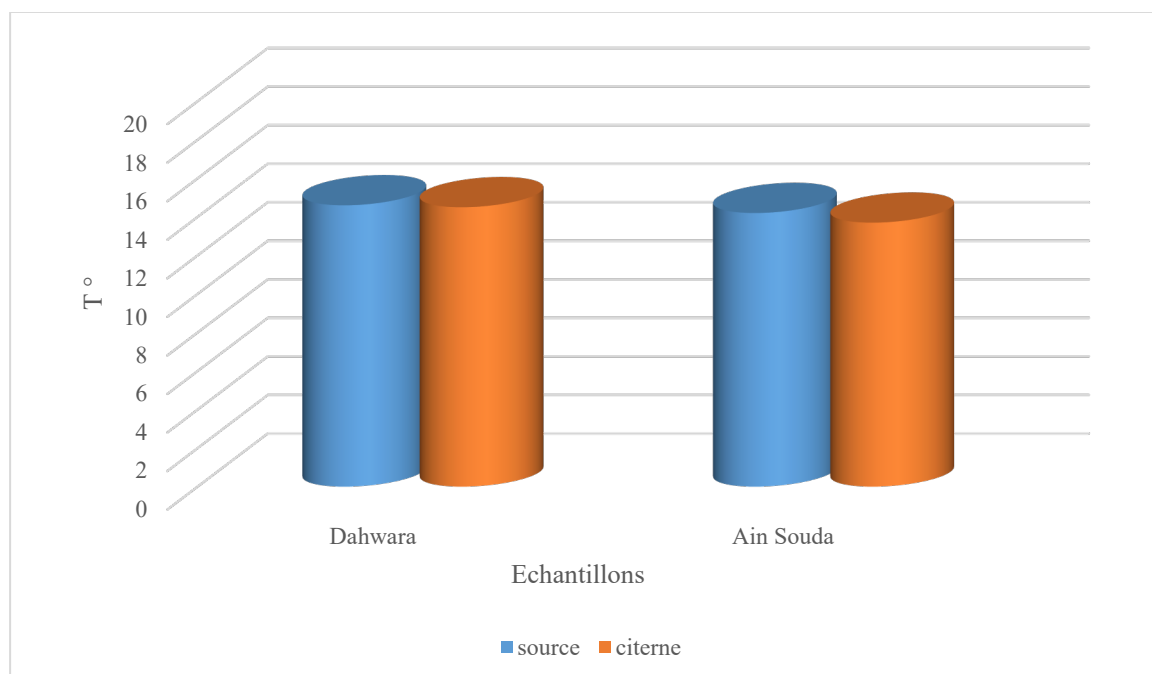


Figure 38: variation de la température de l'eau de nos prélèvements.

Les valeurs obtenues pour ce paramètre (**Fig. 38**) oscillent entre 14,6 °C à 14,2 °C pour les eaux de source, et 13,7 °C à 14,5 °C pour les eaux de citernes. Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de ce paramètre (**Tab 05**) nos eaux sont de qualité normale (< 20).

Tableau 5: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (**Monod, 1989 ; Merzoug, 2009**).

Température	Qualité
$< 20\text{ °C}$	Normale
$20\text{ °C} - 22\text{ °C}$	Bonne
$22\text{ °C} - 25\text{ °C}$	Moyenne
$25\text{ °C} - 30\text{ °C}$	Médiocre
$> 30\text{ °C}$	Mauvaise

3. La turbidité (Transparence) :

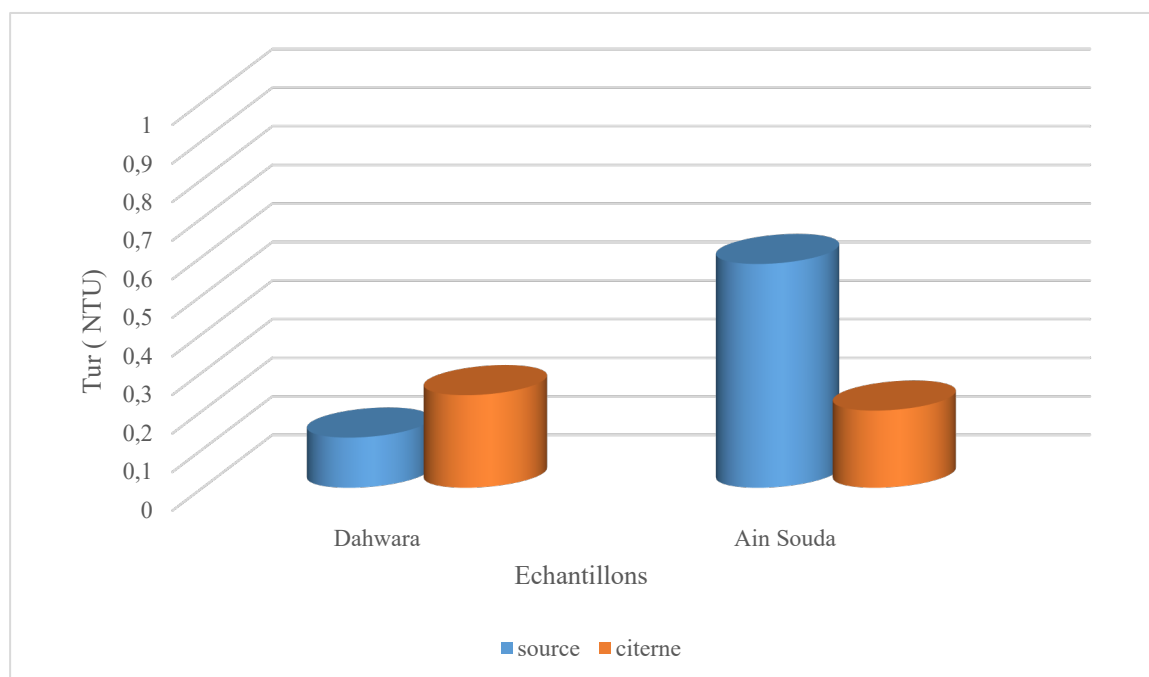


Figure 39: Variation de la turbidité de l'eau de nos prélèvements.

Les résultats obtenus de la turbidité (**Fig. 39**) ne dépassent pas 5 NTU pour tous les échantillons. Selon le (**Tab 06**) les eaux de nos prélèvements sont claires et de bonne qualité.

Tableau 6: Classes des eaux selon la turbidité usuelles (NTU, néphélométrie turbidité unit) (Rodier *et al.*, 2005).

NTU	La plupart des eaux des surfaces en Afrique atteignent ce niveau de turbidité.
NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

4. La conductivité électrique :

Les valeurs obtenues de la conductivité électrique variés entre 635 à 650 $\mu\text{S}/\text{Cm}$ pour les eaux de sources, et 520 à 589 US/Cm pour les eaux de citernes (**Fig. 40**).

Selon les normes dans le (**Tab 07**), Les eaux de nos prélèvements sont de bonnes qualités.

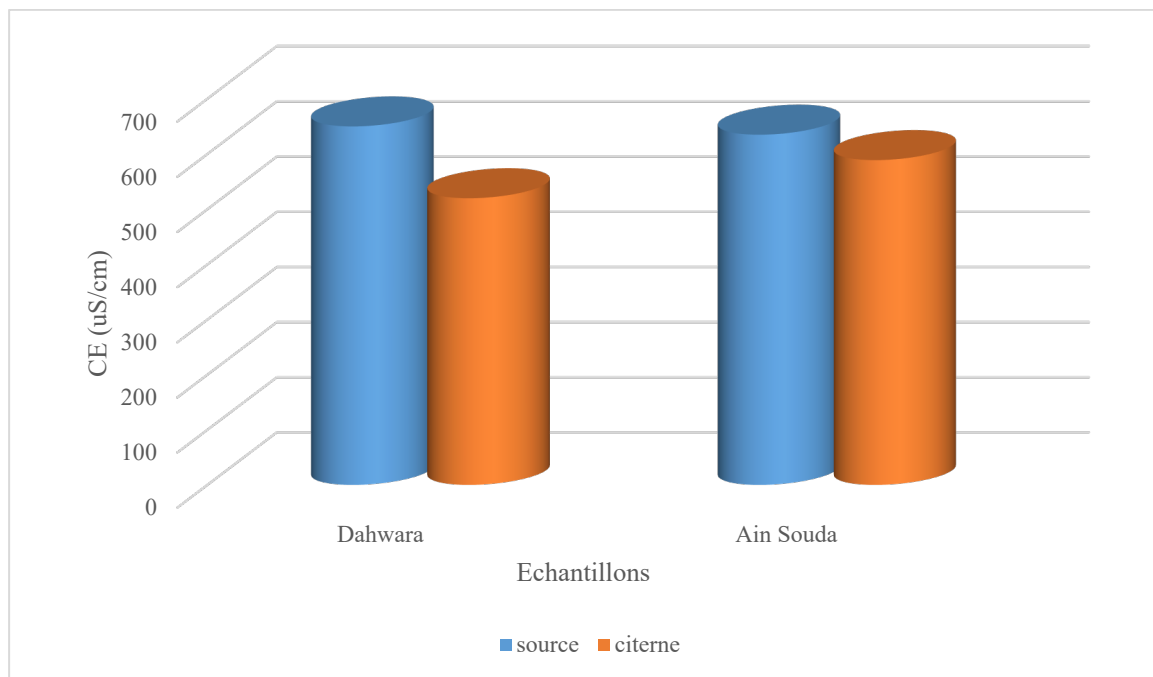
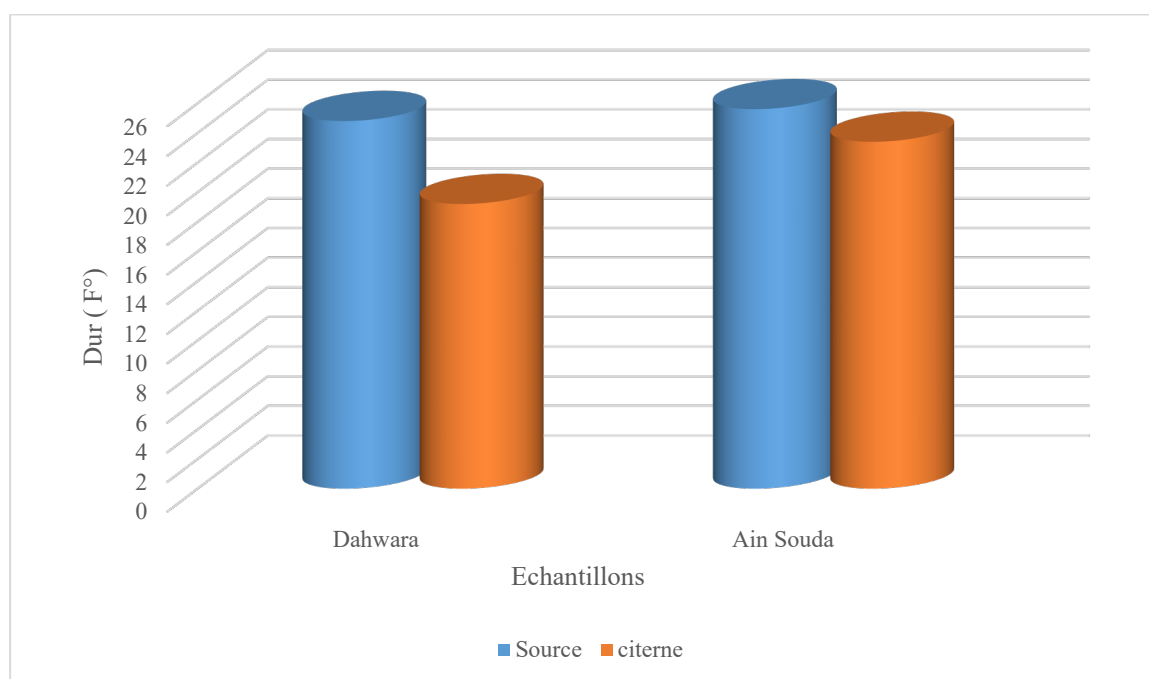


Figure 40: Variation de la conductivité dans les eaux de nos prélèvements.

Tableau 7: Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Merzoug, 2009).

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité des eaux
$\text{CE} < 400$	Bonne
$400 < \text{CE} < 750$	Bonne
$750 < \text{CE} < 1500$	Passable
$1500 < \text{CE} < 3000$	Médiocre

5. La dureté TH :

**Figure 41:** Variation de la dureté dans les eaux de nos prélèvements.

Le graphique (**Fig. 41**) présente des variations importantes entre les valeurs de la dureté pour les quatre échantillons. On remarque une dureté plus élevée pour les eaux de source Dahwara et Ain souda ; respectivement $24,8\text{ F}^\circ$ et $25,6\text{ F}^\circ$, par rapport aux eaux de citerne, avec une la dureté de $19,2\text{ F}^\circ$ et $23,4\text{ F}^\circ$ dans le même ordre. Car dans l'eau du camion on peut ajouter des détergents, comme de l'eau de javel, ce qui rend l'eau moins dure. Cependant, nous expliquons la dureté élevée des eaux de sources par le fait qu'elle est souterraine et interagit avec les roches, en plus de ne pas être soumise à des traitements. D'après les résultats obtenus dans la (**Fig. 41**) on peut dire que l'eau avec une dureté inférieure à 500 mg/l , Celsius présente une qualité relativement bonne.

6. Titre alcalimétrique simple et complet (TA et TAC) :

Pendant les résultats, il a été observé que dans tous les prélèvements (eau de source et citerne de Dahwara et Ain Souda) n'a été enregistré aucune trace de TA pour les eaux de sources et les eaux de citerne ($TA=0$), c'est-à-dire que le TA est nul dans les eaux de nos prélèvements. Donc on explique que les alcalins libres et les carbonates existent dans l'eau en quantité négligeables, donc selon l'OMS la qualité de nos eaux est bonne.

Le graphique (**Fig. 42**) montre les variations du Titre Alcalimétrique Complet (TAC) de quatre échantillons (eau de source et citernes) pour les deux sites d'étude. On a enregistré des valeurs oscillent entre (14 et 22 $^{\circ}F$). Selon les données présentées dans le graphique (**Fig. 42**), et en supposant que les unités du graphique sont en $^{\circ}F$, les valeurs de TAC des quatre échantillons d'eau sont conformes à la norme algérienne de 500 mg/l.

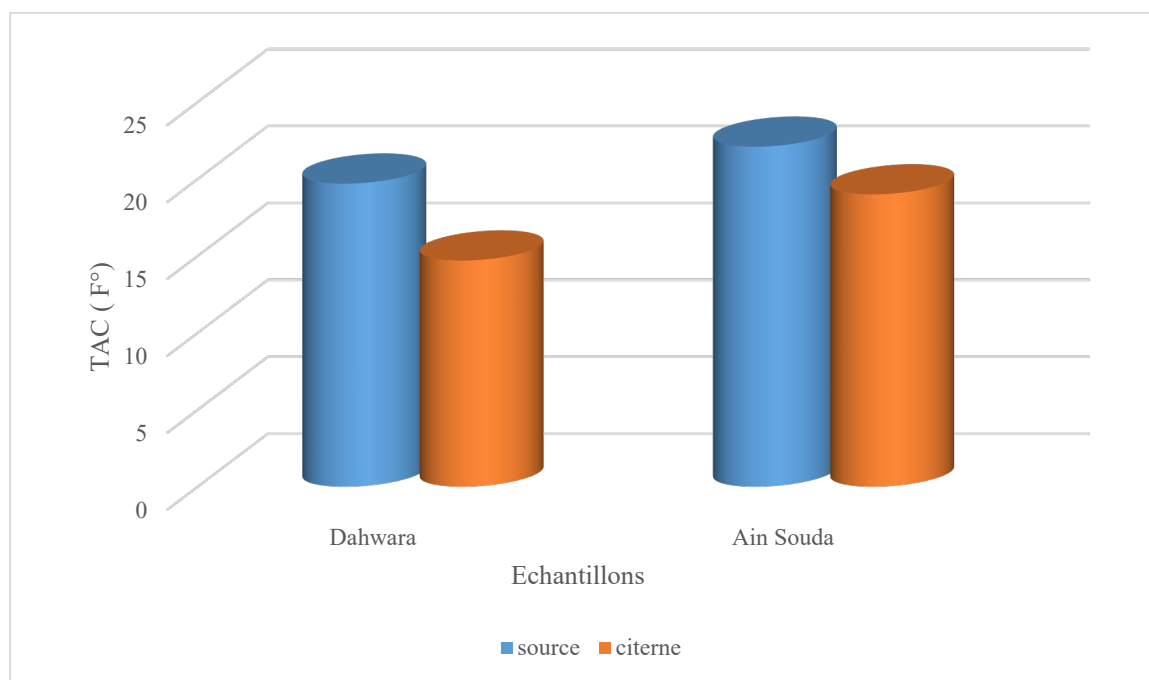


Figure 42: Variation du TAC dans les eaux de nos prélèvements.

7. Calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} :

Le graphique (**Fig. 43**) montre la variation de la concentration en Calcium (Ca^{2+}) dans les quatre échantillons d'eau. L'unité de mesure est mg/l.

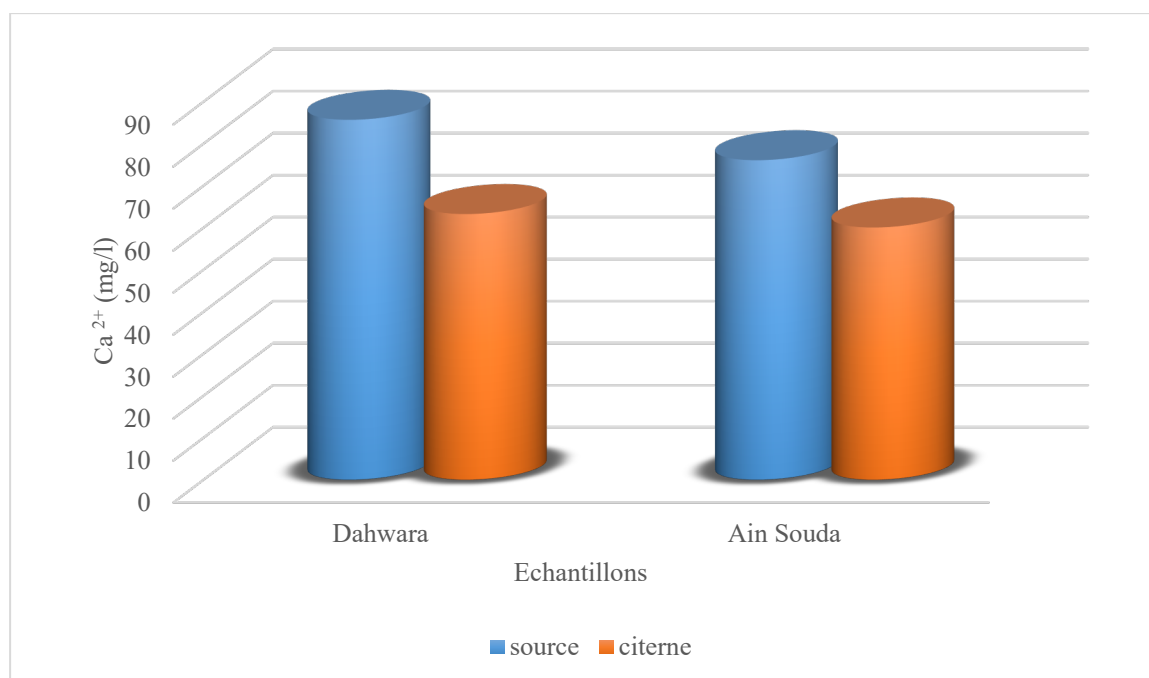


Figure 43: Variation de calcium Ca^{2+} dans les eaux de nos prélèvements.

Nos résultats montrent des variations importantes dans les valeurs de calcium entre les eaux de sources et ceux des citernes ; ou on a enregistré une diminution de ces valeurs dans les eaux de citerne par rapport aux eaux de source (85,7mg/l source de Dahwara ; 63,27mg /l citerne de Dahwara) ; (76,09mg/l source de Ain Souda ; 60,07 mg/l citerne de Ain Souda).

D'après la **Presse universitaire de Franche-comté, (2020)** ; La teneur en calcium est affectée par la température de l'eau ; donc la diminution des teneurs de calcium dans les eaux de citernes est expliquée par le biais que ces citernes sont exposées pendant toute la journée au soleil ; donc la température de l'eau augmente et le calcium devient plus susceptible de précipiter sous forme de tartre (CaCO_3 , solide) dans le fond de citerne.

Les teneurs en calcium de nos prélèvements sont tous inférieurs aux normes algériennes (200 mg/l) (**ADE, 2025**).

En ce qui concerne le magnésium (Mg^{2+}), Le diagramme (**Fig. 44**) présente les résultats de mesure de ce paramètre durant notre période d'étude, ou on a enregistré des valeurs assez proches les unes des autres entre les eaux de sources et ceux de citernes pour les deux sites d'étude. Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau (**Ministère des ressources en eaux**) (**Tab 08**), les eaux de nos prélèvements sont de bonne qualité.

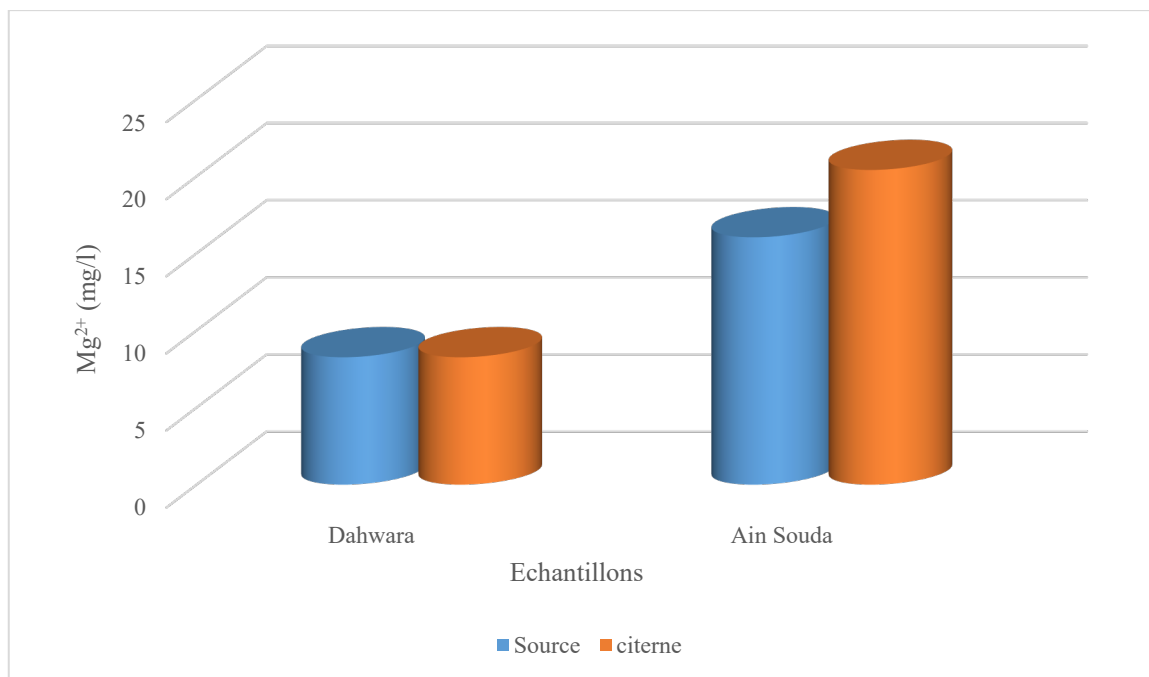


Figure 44: Variation de magnésium dans les eaux de nos prélèvements.

Tableau 8: Qualité des eaux en fonction de la quantité de Magnésium.

Magnésium mg/l	Qualité
<30	Bonne
50	Acceptable
400	Médiocre
>400	Excessivement polluée

8. Le chlorure (Cl⁻) :

Le graphique (**Fig. 45**) montre la variation de la concentration en chlorure (mg/l) dans les eaux de nos prélèvements. Des valeurs relativement proches ont été enregistrées pour tous les prélèvements. Selon les normes algériennes (**JORA, 2011**) (**Tab 09**), ces eaux sont considérées comme étant de bonne qualité.

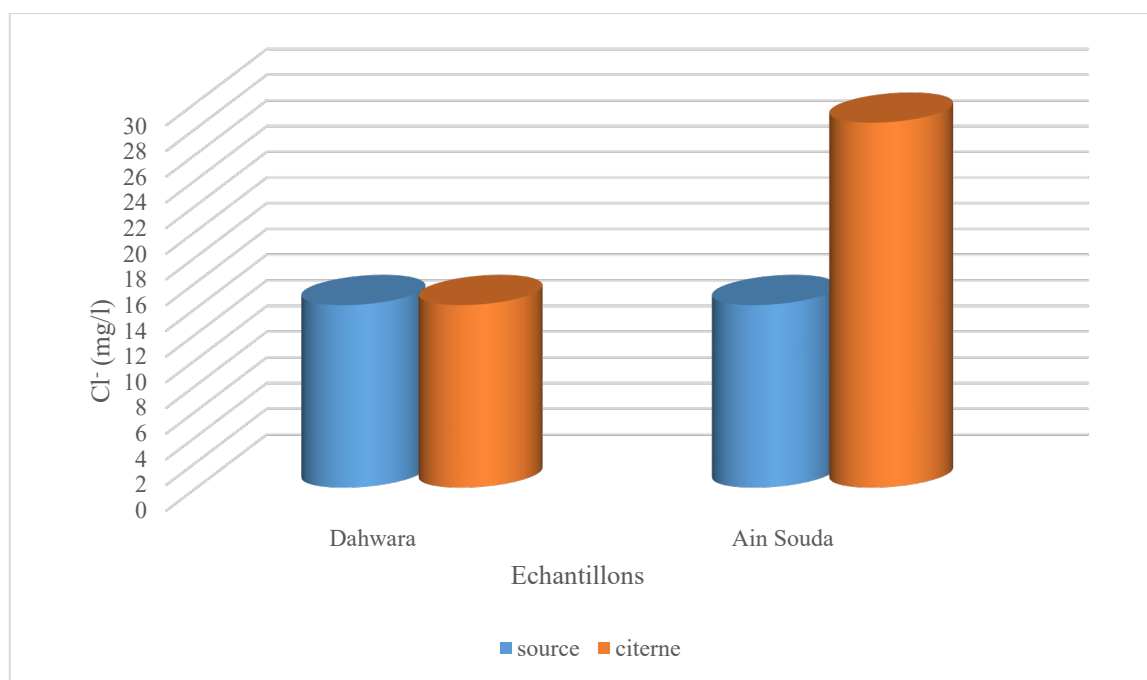


Figure 45: Variation du chlorure dans les eaux de nos prélèvements.

9. Matière en suspension :

Nos résultats ressortent que les quatre échantillons analysés affichent une concentration nulle en MES ; soit (0 mg/l).

Donc les quatre échantillons analysés sont conformes aux normes algériennes concernant la Matière en Suspension dans l'eau destinée à la consommation humaine (**JORA,2011**) (**Tab 09**).

10. Résidu sec :

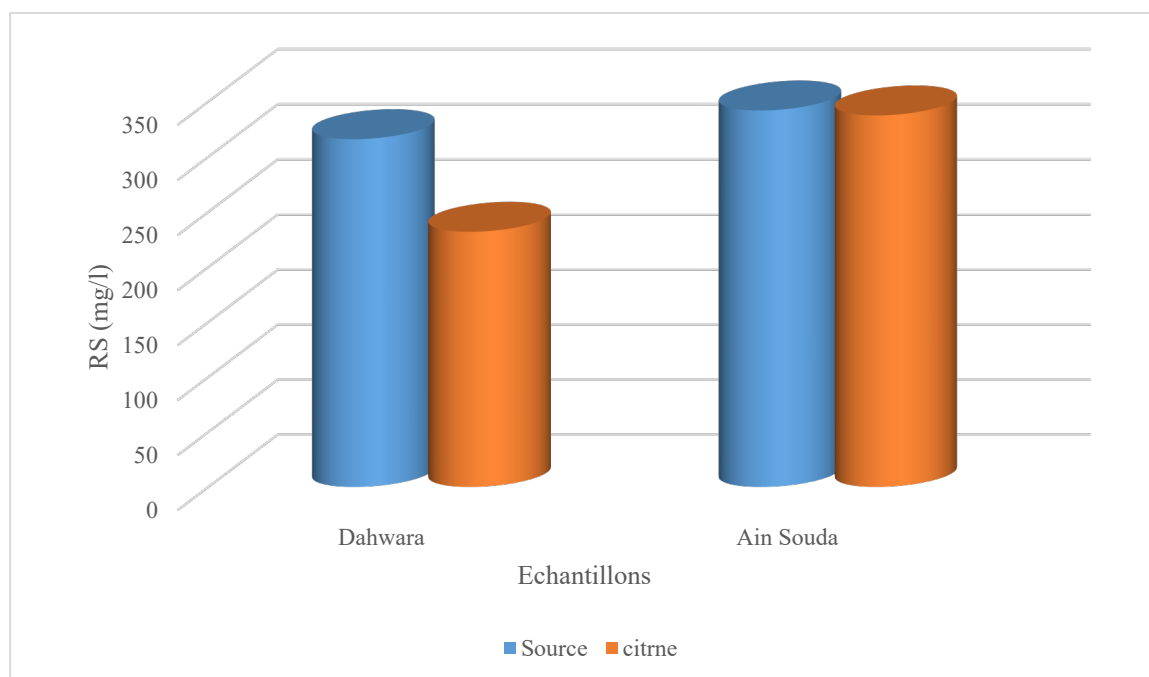


Figure 46: Variation du résidu sec dans les eaux de nos prélèvements.

Le graphique ci-dessus (**Fig. 46**) illustre les variations du Résidu Sec (RS), exprimé en (mg/l). Les valeurs enregistrées du résidu se varient entre 230 à 350 mg/l pour tous les prélèvements. En ce qui concerne les échantillons de Dahwara les valeurs de (RS) à la source dépassent celle mesurée dans les eaux de citerne. Tandis que, pour les échantillons de Ain Souda les valeurs sont quasiment identiques, suggérant une stabilité de la composition minérale.

Donc, ces résultats des résidus secs sont acceptables et ne dépassent pas la norme algérienne fixée à 200mg/l (**JORA, 2011**).

11. L'ammonium NH_4^+ :

L'ammonium est une forme d'azote présente dans l'eau et sa concentration est un indicateur important de la qualité d'eau.

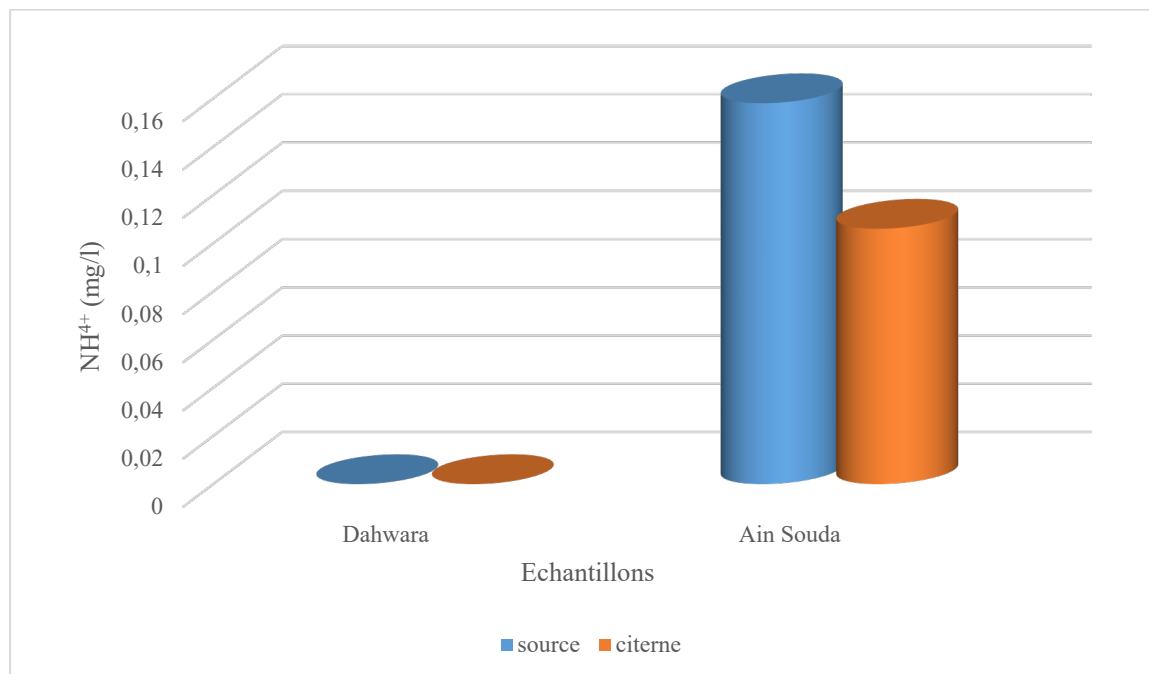


Figure 47: Variation de l'ammonium NH_4^+ dans les eaux de nos prélèvements.

Le diagramme (**Fig. 47**) représente la variation de la concentration de l'ammonium NH_4^+ dans les eaux de nos prélèvements (en mg/l). On observe une concentration très faible en ammonium dans les eaux de source et citerne de Dahwara (0 mg/l). Cette concentration est relativement élevée dans les eaux de source et citerne de Ain Souda, avec des valeurs plus proches respectivement (0,1mg/l) et (0,16mg /l).

Selon les normes algériennes (**Tab 09**) (**ADE, 2025**) les eaux de nos prélèvements sont de bonne qualité.

12. Sulfate SO_4^{2-} :

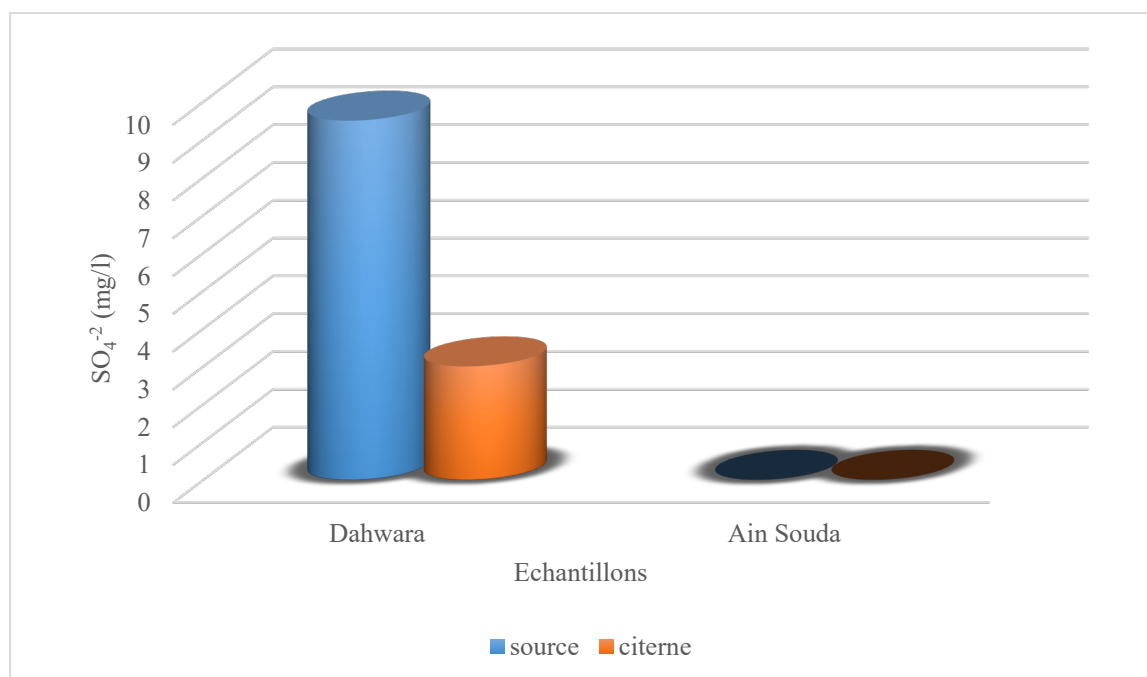


Figure 48: Variation de SO_4^{2-} dans les eaux de nos prélèvements.

Le graphique comparatif représente la concentration du sulfate SO_4^{2-} dans les eaux de nos prélèvements en (mg/l).

A partir des résultats obtenus (**Fig. 48**), on remarque que les eaux de nos échantillons ont des valeurs très faibles par rapport à la norme algérienne ($<400\text{mg/L}$), ce qui indique qu'elles sont très peu minéralisées et ne présentent aucun risque lié aux résidus secs. Donc, d'après ce critère, ces eaux sont bonnes à la consommation.

13. Phosphate PO_4^{3-} :

Le graphique (**Fig. 49**) montre la concentration de phosphate PO_4^{3-} dans les quatre échantillons d'eau. Selon les résultats obtenus, les valeurs sont conformes à la norme <5 à une valeur maximale $0,2\text{ mg/l}$ et une valeur minimale $0,118\text{mg/l}$, donc les résultats indiquent que les eaux des sites d'étude contiennent de très faibles concentrations de phosphate, ce qui témoigne de la qualité de l'eau en termes de cet indicateur.

Ces résultats peuvent être encourageants car une faible concentration de phosphate dans l'eau réduit le risque de pollution.

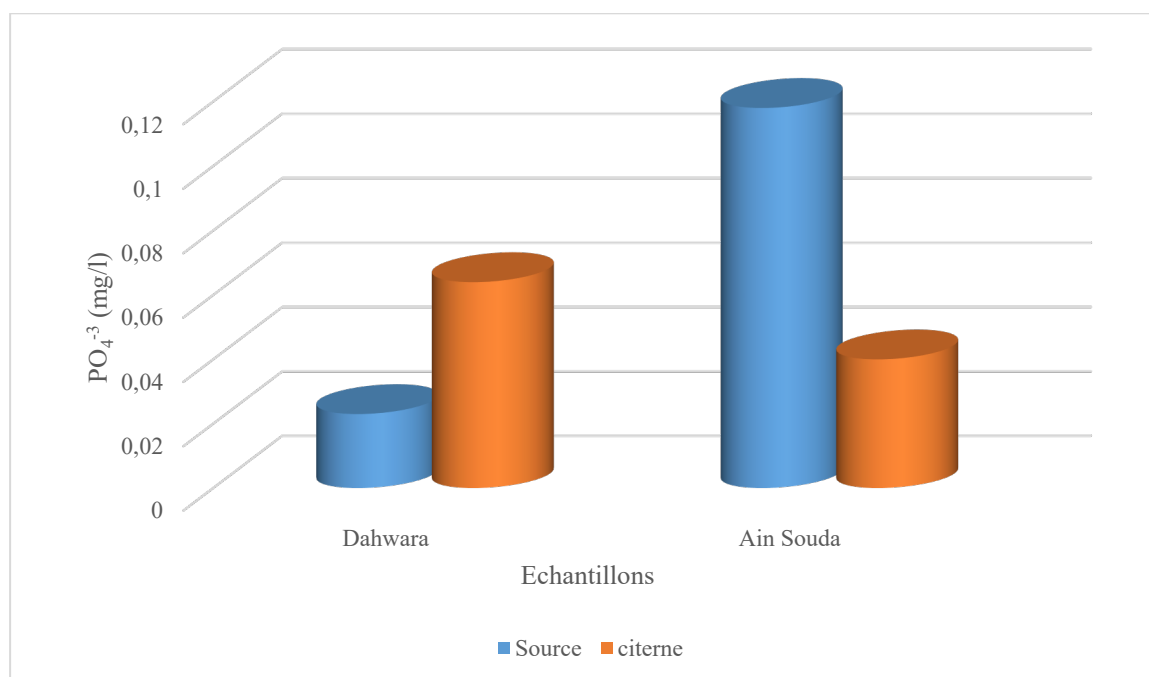


Figure 49: Variation de PO_4^{3-} dans les eaux de nos prélèvements.

14. Nitrate NO_3^- :

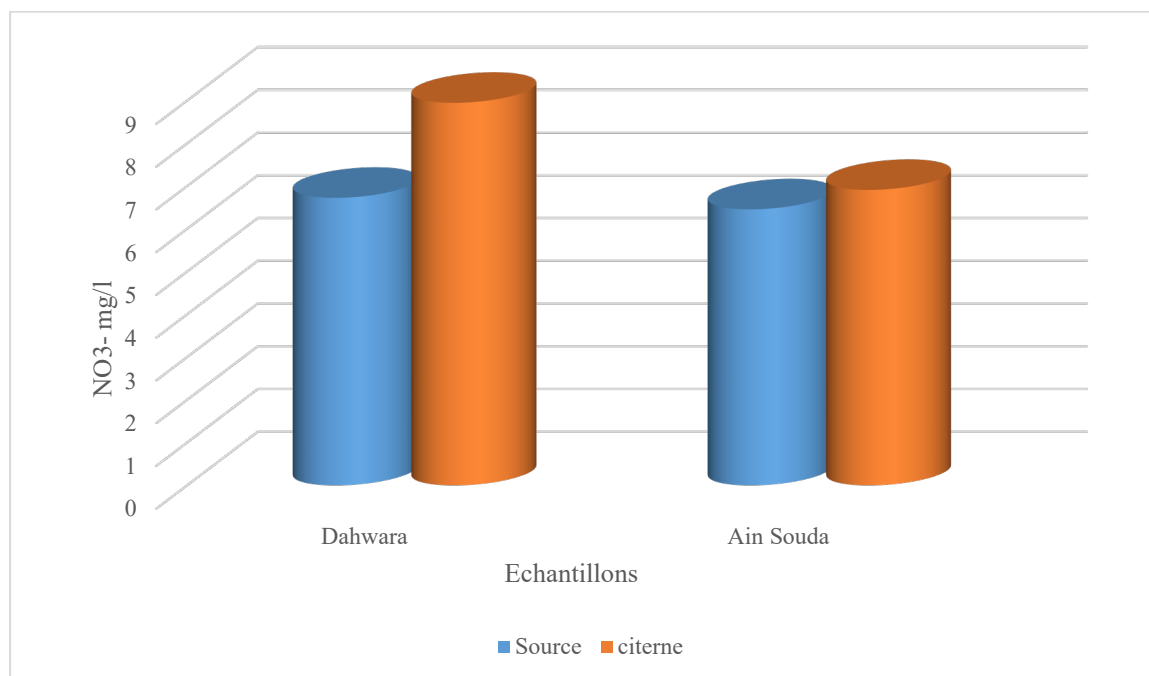


Figure 50: Variation du nitrate NO_3^- dans les eaux de nos prélèvements.

Selon les résultats obtenus (**Fig. 50**) on observe une différence notable entre la source (7 mg/L) et la citerne (19 mg/L) de Dahwara, avec une concentration plus élevée dans la citerne.

Cela pourrait indiquer une contamination locale de la citerne. Les concentrations en nitrates dans les eaux de Ain Souda sont similaires entre la source et la citerne (6 et 8 mg/L) (**Fig. 50**), ce qui suggère une qualité d'eau plus homogène entre les deux points de prélèvement. Les citernes ont tendance à avoir des concentrations en nitrates légèrement plus élevées que les sources, bien que tous ces valeurs restent en dessous de la norme. L'eau des sources et citernes de Dahwara et Ain Souda est de bonne qualité en ce qui concerne les nitrates, respectant largement la norme de 50 mg/L (**Tab 09**).

Tableau 9: les normes des paramètres physico-chimiques (ADE, 2025).

Paramètres	Unités	Norme de Journal Officiel
Nitrites (NO^{-2})	mg/l	<0.2
Nitrates (NO^{-3})	mg/l	<50
Ammonium (NH^{4+})	mg/l	<0.5
Fer (Fe^{2+})	mg/l	<0.3
Sulfate (SO_4^{2-})	mg/l	<400
Phosphore (PO_4^{3-})	mg/l	<5
Calcium (Ca^{2+})	mg/l	<200
Magnésium (Mg^{2+})	mg/l	<500
Résidus secs	mg/l	<1500
Dureté total	mg/l	<500
Matière en suspension	mg/l	00
Salinité	g/l	1
Hydrogénocarbonates (TAC)	mg/l	<500
Chlorures (Cl^{-})	mg/l	<500

II. Les paramètres bactériologiques :

1. Recherche et dénombrement des germes totaux :

Les germes totaux à 37°C sont des bactéries de différentes origines (humaine, animale ou environnementale) (El Haissoufi *et al.*, 2011 ; CEAEQ, 2011).

D'après les résultats obtenus (**Fig. 51**), le nombre des colonies sur gélose TGEA de l'échantillon de Dahwara (source et citerne) est égale à zéro, donc selon l'équation de calcul des germes totaux ce calcul est impossible.

On ce qui concerne l'échantillon de Ain souda on a pu enregistrer une valeur de 17,27 UFC/ml pour les eaux de source et une valeur de 80,90 UFC/ml pour les eaux de citernes.

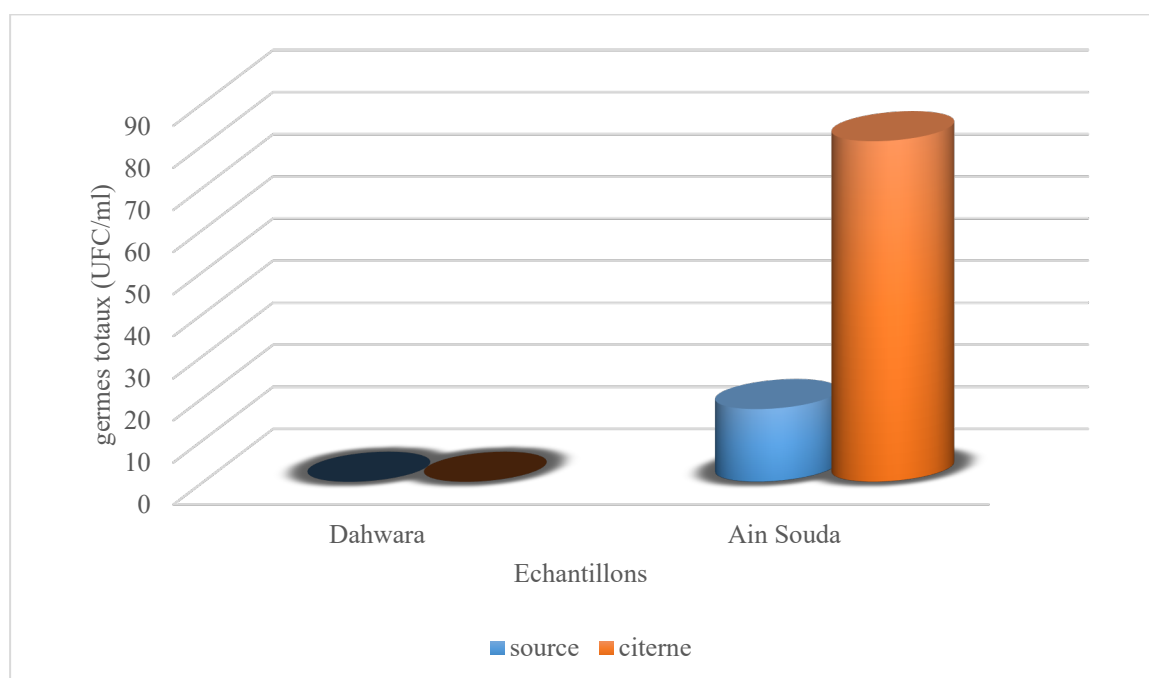


Figure 51: Estimation des germes totaux dans les eaux de sources et de citernes.

D'après ces résultats on peut conclure que les eaux de source et citerne de Dahwara sont de bonne qualité d'après les normes algériennes (10 UFC/ml) (JORA, 2011). Tandis que les eaux de Ain Souda (source et citerne) dépassent largement les normes.

Les bactéries revivifiables ne sont pas forcément d'origine fécale mais ont également une origine environnementale. Ces bactéries se développent principalement à des températures basses (Rodier *et al.*, 2009).

2. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfite réductrices (ASR) (*Clostridium*) :

La présence des spores des ASR dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination ancienne, ils constituent aussi un bon indicateur de pollution (Georges et Pierre, 2002).

On a enregistré une absence totale de *Clostridium sulfito- réducteur* dans les eaux de sources et les eaux de citernes (Fig. 52). Donc elles ne dépassent pas les normes locales (JORA, 2011) et celles de l'OMS (1994) de 00 Sp/100 ml.

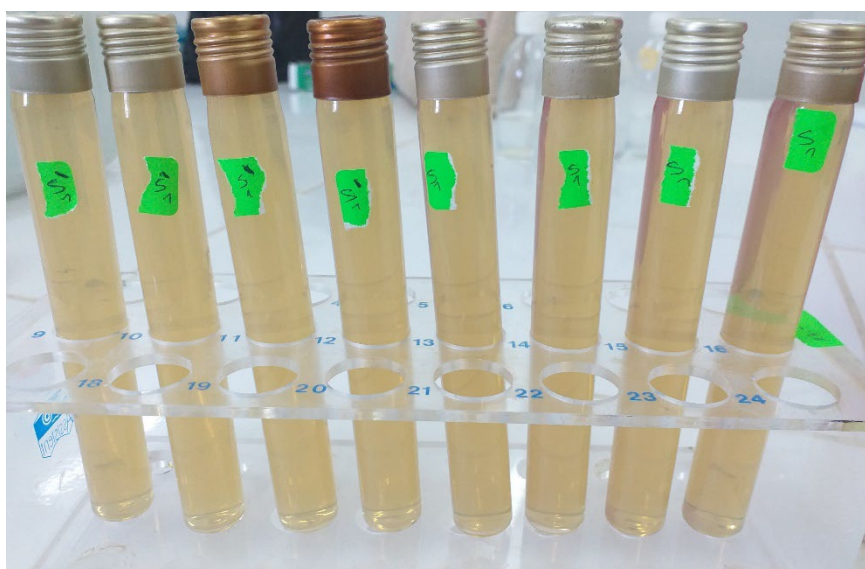


Figure 52: Résultat négatif (-) de la recherche des ASR.

3. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

- **Les coliformes totaux :**

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Leyral, et al., 2002).

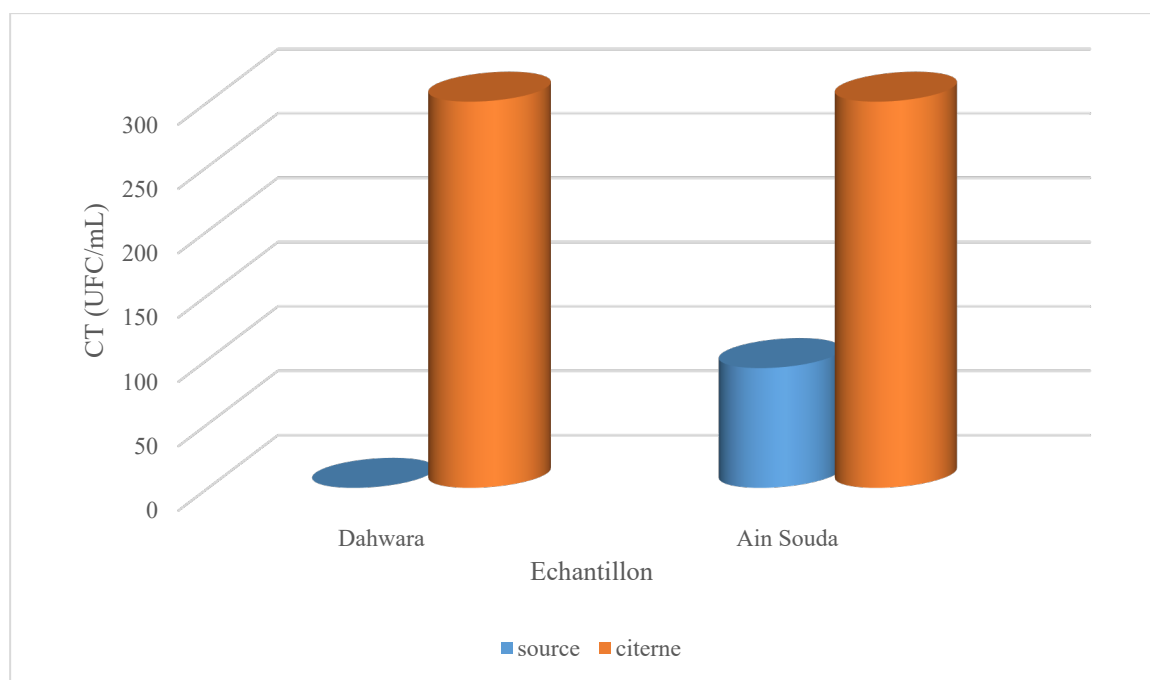


Figure 53: Estimation des coliformes totaux/ml dans les eaux de nos prélèvements.

D'après les résultats obtenus (**Fig. 53**), on a enregistré des variations importantes dans les valeurs des coliformes totaux entre les eaux de la source et les eaux de citernes. Nous constatons une absence totale de coliformes totaux dans l'eau de source de Dahwara, tandis que, une valeur de (> 300 UFC/ml) a été enregistré dans les eaux de citerne de la même source. Quant aux eaux de Ain Souda une valeur de (93 UFC/ ml) a été enregistré dans les eaux de source et une valeur de (> 300 UFC/ml) a été enregistré dans les eaux de citerne de la même source.

On constate que le nombre des coliformes totaux dépasse les normes déclaré des coliformes totaux pour les eaux de consommation (0 UFC/ml) (**JORA, 2011**), dans le prélèvement de citerne de la source de Dahwara, et dans les deux prélèvements de Ain Souda (source et citerne), donc ces eaux présentent une contamination.

• Les Coliformes fécaux :

Les Coliformes fécaux sont des bactéries associées ; très abondante dans les matières fécales des animaux à sang chaud, de ce fait, constituent des indicateurs fort dans le contrôle de la qualité des eaux énonce que la présence d'*E.coli* apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (**Rodier et al., 2009**).

Après la confirmation avec la gélose TSA à partir de gélose TERGITOL et Schubert les résultats montrent que les coliformes fécaux sont positifs dans la majorité des cas (présence de l'anneau rouge).

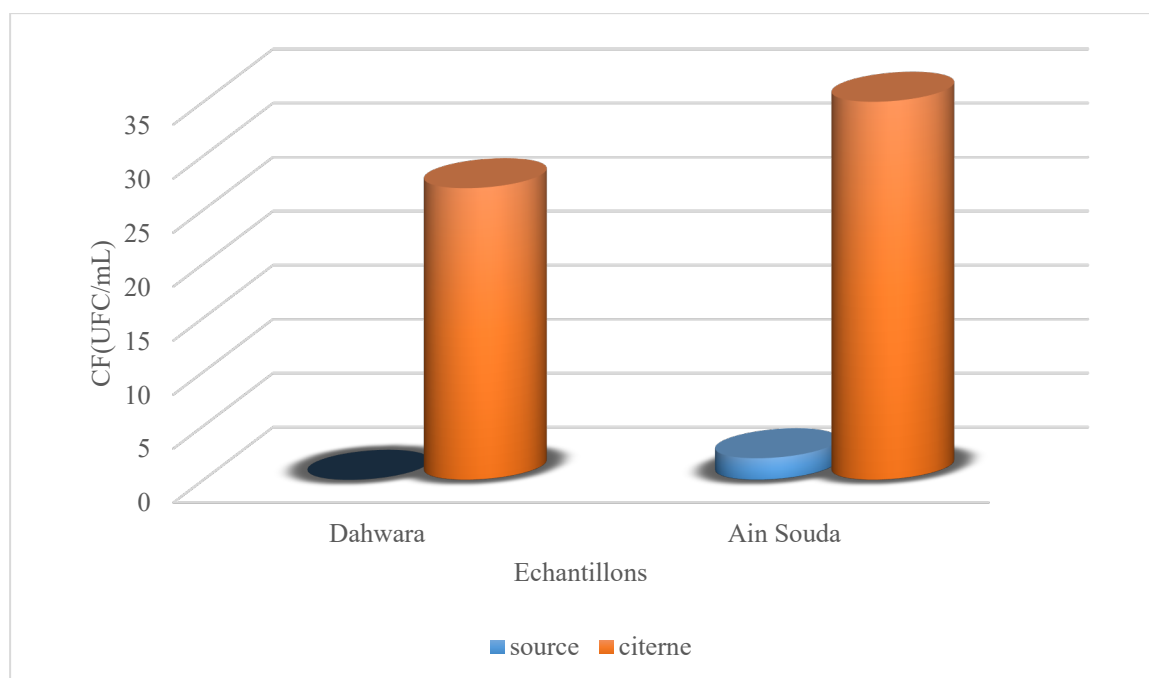


Figure 54: Estimation des coliformes fécaux/ml dans les eaux de nos prélèvements.

L'examen d'histogramme illustré dans la (**Fig. 54**), a montré la présence d'une valeur de 2 CF/100ml l'eau de source de Ain Souda. Contrairement aux eaux de citerne de Dahwara et Ain Souda qui renferment ces germes avec des concentrations qui varient respectivement de 27 CF/100 ml à 35 CF/100 ml. La concentration de cette flore dépassent la norme (0 germe/100ml) de l'OMS (**2011**) dans trois échantillon (citerne de Dahwara, source et citerne de Ain Souda).

Les Coliformes fécaux sont les plus importants des paramètres microbiologiques pris en compte dans le contrôle de la qualité des eaux, et cette charge sont suffisantes à confirmer qu'il y a effectivement une pollution fécale récente de ces eaux.

4. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux :

Ces germes sont considérés comme un bon indicateur de pollution, car ils sont nettement plus sensibles que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes. Ce sont des aéro-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale (**Rodier et al., 2009**).

D'après les analyses effectuées, on a obtenu des résultats qui varient d'un prélèvement à une autre (**Fig. 55**).

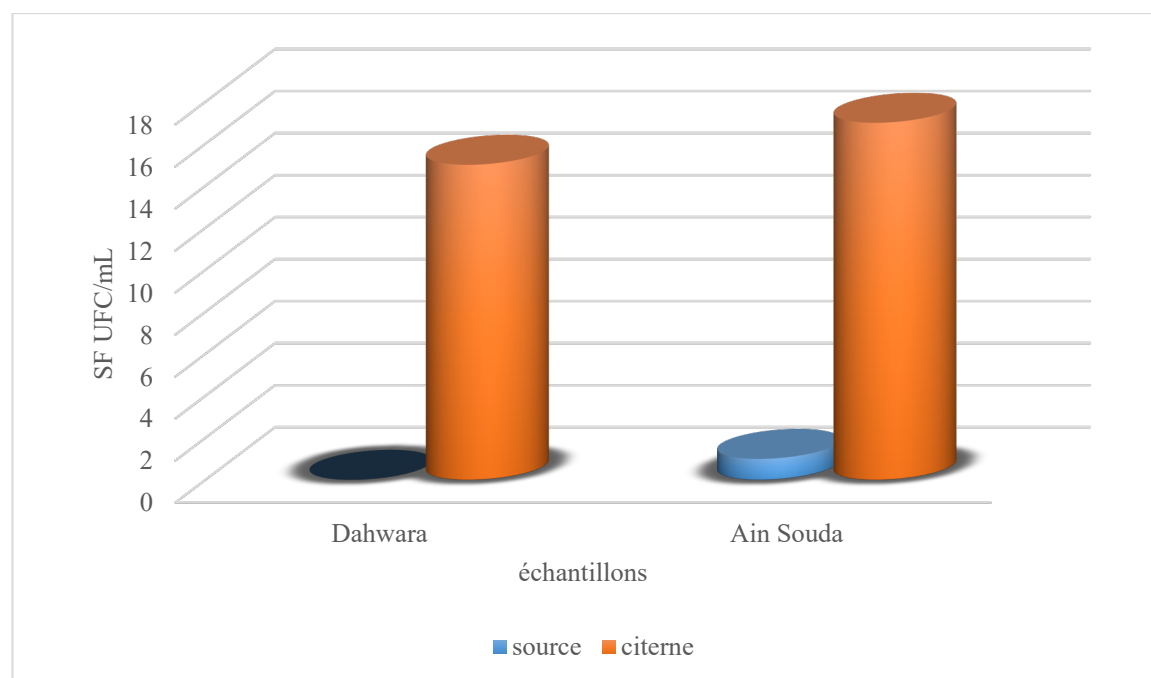


Figure 55: Estimation des streptocoques fécaux dans les eaux de nos prélèvements.

L'histogramme ci-dessus des streptocoques fécaux montre des variations remarquables entre les eaux de sources et celle de citernes dans les deux sites d'études. Absence totale de ces germes a été observé dans les eaux de sources de Dahwara, tandis que les autres échantillons présentent des valeurs qui sont supérieures à celles citées pour les eaux de consommation (0 UFC/100ml) (**JORA, 2011**) : (17 UFC/100 ml pour citerne de Dahwara ; 1 UFC/100 ml pour la source de Ain Souda et 17UFC/100 ml pour citerne de cette dernière).

La présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence des coliformes fécaux pour être certain qu'il y a une contamination fécale d'une eau. Le nombre de ces germes est directement lié à la quantité de matière fécale se trouvant dans l'eau.

Tableau 10: Normes nationales et internationales de la qualité microbiologique des eaux.

Paramètres	OMS (2017)	JORA (2011)
Coliformes totaux	0UFC/100ml	0UFC/100ml
Coliformes fécaux (<i>E. coli</i>)	0UFC/100 ml	0UFC/100ml
Streptocoques fécaux	0UFC/100 ml	0UFC/100ml
Clostridium sulfito réducteurs	0SP/20ml	0SP/20ml

5. Résultats des germes pathogènes :

5.1. Caractère macroscopique et microscopique :

Tableau 11: Aspects macroscopiques, microscopiques et teste enzymatiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude dans les échantillons de Dahwara.

Milieux de Cultures	Observation Macroscopique	Observation Microscopique	Test enzymatiques : (Oxydase)
Gélose Chapman	-Absences totales des colonies.	/	/
Gélose (SS)	-Colonies moyennes, marrons clairs, bombées, rondes, irrégulières, lisses. (Fig. 56)	Bacille à gram négatif (Fig. 57).	Positive (+)
Gélose Héктоen	-Petites colonies jaune oronge, ronde avec centres foncés et lisses. -Colonies moyennes marron avec centre foncée, bombées, rondes et lisses (Fig. 58). -Des colonies verte bombées, rondes et lisses. (Fig. 58).	Bacille à gram négatif Bacille à gram négatif (Fig. 59).	Les colonies jaune oronge : positive (+) Les colonies vertes : Négative (-).
Gélose GNAB	-Colonies moyennes, blanchâtres, rondes, lisses, -Des colonies transparentes(jaunâtre). (Fig. 60).	-coccobacilles à gram négatif. -bacilles à gram négatif. (Fig. 61).	Les colonies blanches : positive (+). Les colonies transparentes : Positive (+).



Figure 56: Aspect des colonies sur Gélose SS

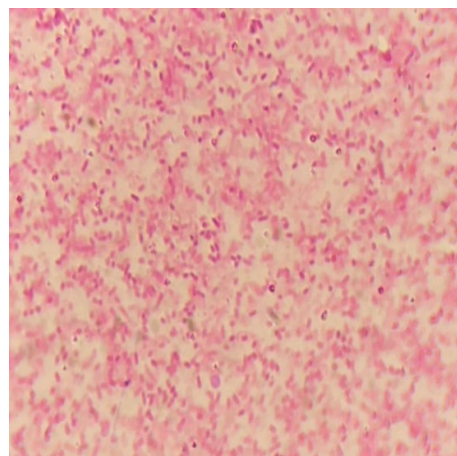


Figure 57: Bacille à gram négatif (-). (Grossissement $\times 100$)

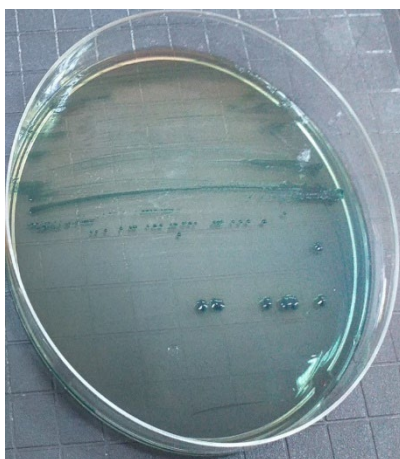
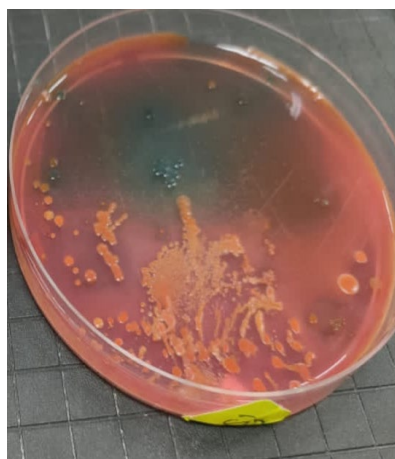


Figure 58: Aspect des colonies sur Gélose Héctoen

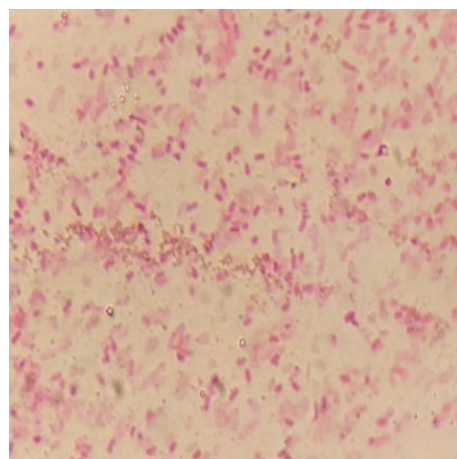


Figure 59: Bacille à gram négatif (-). (Grossissement $\times 100$).

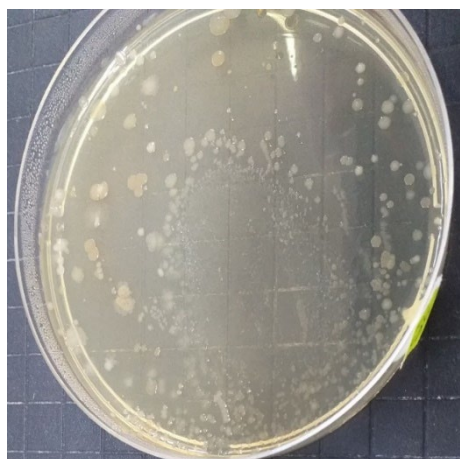


Figure 60: Aspect des colonies sur Gélose GNAB

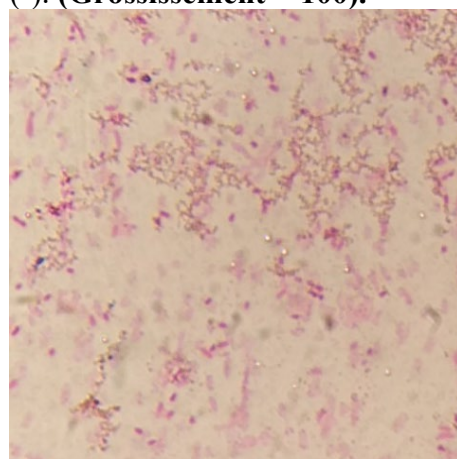


Figure 61: des coccobacilles à gram négatif Et des bacilles à gram négatif (-). (Grossissement $\times 100$).

Tableau 12: Aspects macroscopiques, microscopiques et teste enzymatiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude sur les échantillons de Ain Souda.

Milieux de Cultures	Observation Macroscopique	Observation Microscopique	Test enzymatiques : (Oxydase)
Gélose Chapman	-Absences totales des colonies.	/	/
Gélose (SS)	-Colonies moyennes, marrons clairs, bombées, rondes, Irrégulières, lisses. -colonies marrons claire a centre noire. (Fig. 62).	-Des petits bacilles à gram négatif. (Fig. 63).	Positive (+)
Gélose Héктоen	-Petites colonies 1mm de diamètre jaune oronge, circulaire avec centre foncées et lisses. (Fig. 64).	-Bacilles à gram négatif (Fig. 65).	Négative (-)
Gélose GNAB	-Colonies moyennes, blanchâtres, rondes, lisses, transparentes. (Fig. 66).	-Cocci à gram positive (Fig. 67).	Positive (+)



Figure 62: Aspect des colonies sur Gélose SS.

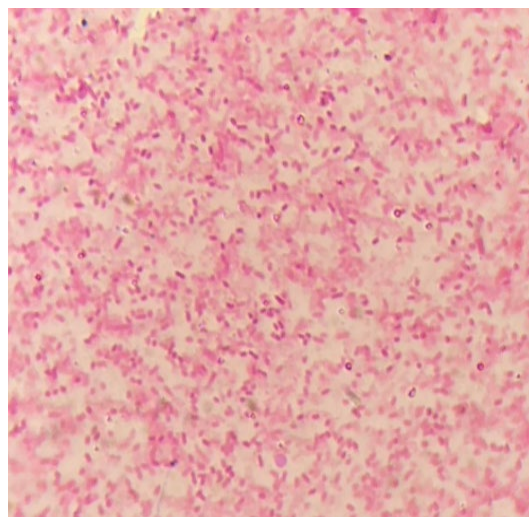


Figure 63 : Petite bacille à Gram négatif (-).
(Grossissement $\times 100$).

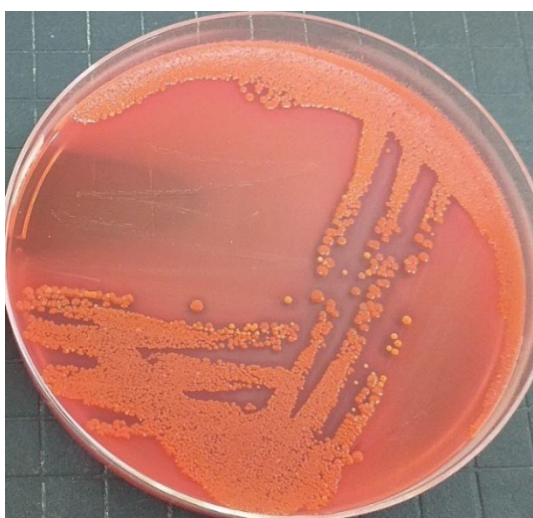


Figure 64: Aspect des colonies sur Gélose Héktoen.

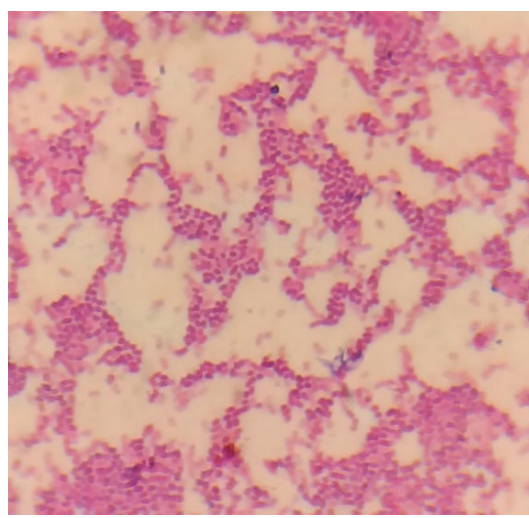


Figure 65: Bacilles à gram négatif (-).
(Grossissement $\times 100$)

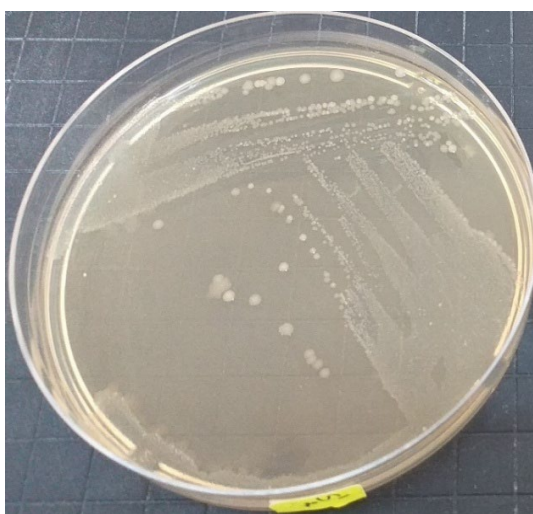


Figure 66: Aspect des colonies sur Gélose GNAB.

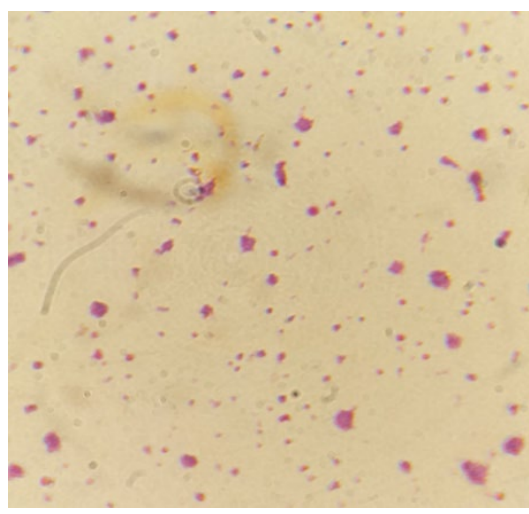


Figure 67: Cocci à gram positive (+).
(Grossissement $\times 100$).

5.2. Résultats de l'identification biochimique :

Tableau 13: Les espèces identifiées par le test API 20 E et 20 NE.

API système	Milieux de culture	Espèces identifiées
API 20 E	Héktoen	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> . (Fig. 68).
API 20 E	Héktoen	<i>Proteus mirabilis</i> (Fig. 69).
API 20 NE	SS	<i>Serratia odrifera 1</i> (Fig. 70).
API 20 NE	SS	<i>Aeromonas hydrophila</i> . (Fig. 71).
API 20 NE	GNAB	<i>Aeromonas hydrophila</i> . (Fig. 71).



Figure 68: Profil biochimique de la souche *Pseudomonas aeruginosa*.

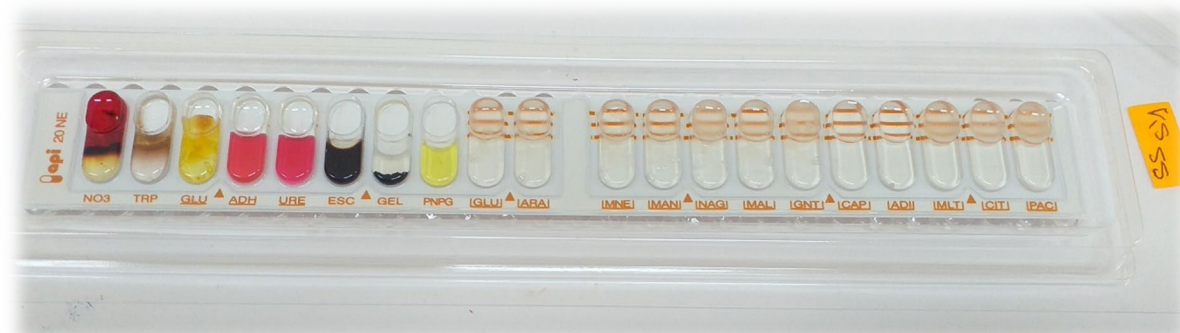


Figure 69: Profil biochimique de la souche *Serratia odrifera 1*.



Figure 70: Profil biochimique de la souche *Proteus mirabilis*.

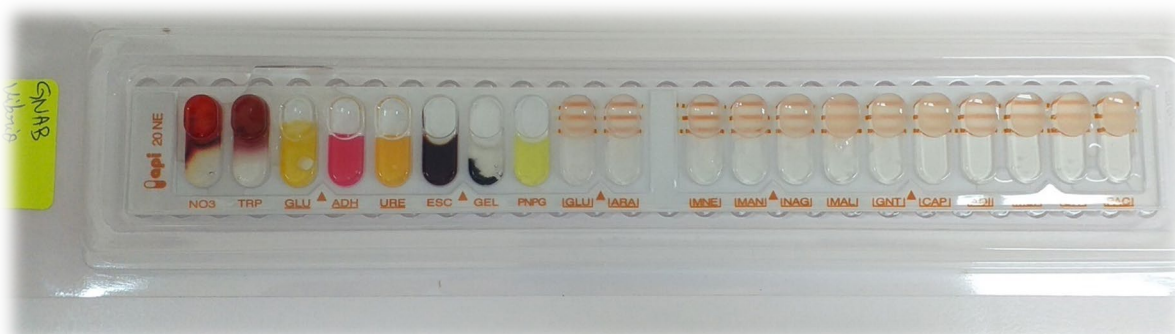


Figure 71: Profil biochimique de la souche *Aeromonas hydrophila*.

6. Discussion :

La présence des bactéries pathogènes dans l'eau potable constitue un grave problème de santé publique. L'ingestion de ses bactéries peut entraîner diverses maladies, allant de troubles gastro-intestinaux légers à des affections plus graves, potentiellement mortelles.

Sur la base des résultats obtenus ci-dessus, nous concluons que l'eau de sources de Dahwara est totalement exempte de bactéries pathogènes ce qui nous a conduit de dire que l'eau de cette source est de bonne qualité. Tandis que l'eau de source de Ain Souda contiens des germes totaux, des coliformes, et des streptocoques fécaux avec des valeurs qui dépassent la norme de (JORA, 2011). Donc il n'est pas considéré comme eau potable. La présence de ces germes dans l'eau indique qu'il y a une contamination fécale des eaux (notamment par des excréments d'origine animal ou humaine) (Rodier, 2005). Cette contamination est due à des infiltration des eaux usée de la région dans le réseau d'eau de cette source durant les travaux de constructions de la route et cette source a été fermé pendant deux année à cause de ce problème (d'après les déclarations des habitants de la région). Donc on peut conclure que l'eau de source de Ain Souda est toujours polluée et leur consommation présente un risque majeur sur la santé humaine.

Quant aux eaux de citerne (Dahwara et Ain Souda), la présence des indicateurs de contaminations fécales avec des valeurs dépasse largement les normes (supérieurs à 300 UFC/ml) ce qui indique que ces eaux sont de mauvaise qualité et ne sont pas considérées comme des eaux potables. On a pu aussi identifier la présence des bactéries pathogènes dans les eaux de citerne des deux sources et après l'identification biochimiques de ces bactéries, nous avons obtenus plusieurs types, dont : *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Serratia odorifera* 1, *Aeromonas hydrophila* ; leurs présences dans l'eau potable capable de peuvent causer des graves maladies infectieuses chez l'homme. Donc ces eaux ne sont pas potables et présentent un risque pour la santé.

La présence de ces germes pathogène dans les eaux de citerne comparant à celle des sources peut être expliqué par plusieurs point :

- Il y a possibilité que les eaux de citerne ne proviennent pas de la même source déclarée ;
- Un risque de contamination lors de processus de pompage des eaux (une mauvaise hygiène lors de remplissage) ;
- Les eaux stockées dans les tuyaux et les réservoirs s'il ne sont pas entretenus et désinfectés régulièrement devient un milieu favorable pour le développement de ces microorganismes.

***Conclusion
générale***

Conclusion

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de la définir précisément, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matière polluante, mais que leurs concentrations ont été jugées suffisamment faibles pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Dans ce contexte, notre étude vise à étudier et évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source et des eaux de citerne (Dahwara et Ain Souda) dans la région de Guelma. Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire de l'algérienne des eaux de la wilaya de Guelma (ADE) et au laboratoire de microbiologie de notre université.

Au cours de notre étude réalisée durant une période allant du mois de février jusqu'au mois de mai, nos résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques analysés répondent aux normes algériennes, donc nos eaux sont de qualité physico-chimique acceptable.

Concernant les analyses bactériologiques, les eaux de source de Dahwara présentent une bonne qualité ; Tandis que les eaux de citerne de cette source sont de mauvaise qualité. En ce qui concerne les eaux de source de citerne de Ain Souda les deux présentent une mauvaise qualité dus aux présences des germes totaux ; ainsi que les indicateurs de contamination fécale avec des valeurs dépassant largement les normes de l'OMS pour les eaux de consommations.

On a pu aussi montrer la présence de grande variété de germe très pathogène telle que *Pseudomonas aeruginosa* ; *Serratia odorifera* 1 ; *Proteus mirabilis*, ... , dans les eaux de citerne de Dahwara et Ain Souda.

A partir de ces résultats nous pouvons conclure que :

- L'eau de source de Dahwara est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique.
- Les eaux de source de Ain Souda contiennent des germes indicateurs de pollution et de contamination, donc l'eau de cette source est potentiellement dangereuse et nécessite un traitement ou une interdiction de consommation.
- Les eaux de citerne (Dahwara et Ain Souda) contiennent les germes indicateurs avec des valeurs très élevées ce qui indique que ces eaux sont de mauvaise qualité et ne sont pas considérées comme des eaux potables.

- La différenciation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques entre les eaux de source et celle de citerne indique qu'il y a une contamination au cours de stockage ou de transport de ces eaux.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons les perspectives suivantes :

- ✓ Mettre en place un réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées ;
- ✓ Réparer les réseaux d'assainissement dans le but de réduire la contamination due aux infiltrations ;
- ✓ Sensibiliser les responsables et les inciter à traiter les eaux avant consommation ;
- ✓ Utiliser des camions-citernes dédiés au transport d'eau potable, propres et désinfectés régulièrement ;
- ✓ Couvrir les ouvertures des citernes pendant le transport, et s'assurer que les tuyaux et l'équipement utilisés pour remplissage et la vidange des citernes sont propres et désinfectés ;
- ✓ Effectuer des tests périodiques de contrôle de la qualité des eaux de citerne pour s'assurer l'absence de contamination bactériologique et chimique.

*Références
bibliographiques*

A

- **A. AOUALMIA, kh.GASMALLAH** « Modélisation du système de coagulation-floculation : cas de la station de traitement de l'eau potable Ain Dalia-Souk Ahras, Juin 2015 »
- **Adam R.D. (2001)**. Biology of Giardia lamblia. Clin. Microbio. Rev. 14(3): 447-475.
- **ADE 2025**. Algérien des eaux, hammam Debagh. Guelma. (Des informations au cours de stage)
- **Adesakin A. T, Oyewale T. A, Bayero U, Mohammed A. N, Aduwo I. A, Zubeidat P.A, Adetunde, L.A., et Glover, R.L.K. (2020)**. Evaluation of bacteriological quality of drinking water used by selected secondary schools in Navrongo in Kassena- Nankana district of upper east region of Ghana. Prime J. Microbiol. Res. 1, 47–51.
- **AFSSA. (2007)**. Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale. Maisons-Alfort (France) : AFSSA ; 90 p.
- **Ait Kaci S, Hamdi M.S. (2008)**. Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous". DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L).45p.
- **Akram Soltani, Abderahmane Yahi, Larbi Djabri, Younes Hamed, Hamza Bouguerra (2019)**. Interférences des polluants endogènes et exogènes dans les eaux des puits et de l'Oued Seybouse : cas de plaine de Guelma, journal international science et technologie de l'Eau et de l'Environnement STEE, Volume IV - Numéro 2 Décembre 2019, en Tunisie), P4
- **Alaimia et Braham. (2021)**. Analyse de la qualité des eaux de la station de Hammam Debagh, mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma, (Algérie)p 24.
- **Algéo (Alger Géophysique) (1997)** : Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.
- **Amiri, Bouaillec. (2014)**. Étude bactériologique de l'eau de la retenue collinaire "Hadjar Gafna" de la commune Nechmaya (Wilaya de Guelma) (Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie). Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Département d'Écologie et Génie de l'Environnement.p62 63.
- **ANDI. (2013)**. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- **Anofel L. (2006)**. Parasitologie et Mycologie. 2ème édition, Lavoisier, 123p

- **ANOFEL. (2014).** Association française des enseignants et praticiens hospitaliers titulaires de parasitologie et mycologie médicales.
- **Aouissi A. (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-est de l'Algérie). Mémoire de Magister en Hydro-écologie, université de 08 Mai 1945 Guelma.
- **Aroua, A. (1997).** L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135.
- **Aubry P. (2007).** Diagnostic des bilharzioses en phase d'invasion place de la sérologie. In : lettre d'information du diplôme et de la capacité de médecine tropicale des pays de l'océan indien, n°10, disponible sur <http://medecinetropicale.free.fr/cours/letinfo10.htm> (consulté le 22 avril 2025).
- **Ayad, Wissem (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouch (wilaya de Skikda), thèse doctorat, Université d'Annaba, 37p.
- **Aziz H., Beek C.E., Lux M.F. and Hudson M.J. (2001).** A comparison study of different methods used in the detection of Giardia lamblia. Clin. Lab. Sei. 14(3): 150-154.

B

- **Bazie, S., Ayalew, A., & Woldetsadik, K. (2014).** Antifungal activity of some plant extracts against (*Colletotrichum musae*) the cause of postharvest banana anthracnose. Journal of Plant Pathology and Microbiology, 5(2), 1-4.
- **Belabed Zediri H (2021).** Pollution de l'eau. Chapitre 4 dans : cours d'environnement en biologie faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), p.14.
- **Belaid, N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques (Doctoral dissertation, Limoges).
- **Belataf M., Boukrine F., Zellagui. (2004).** Les maladies à transmission hydrique : Choléra, Fièvre typhoïde, Shigellose, Amibiase, Hépatites virales à transmission féco-orale, Edit. PP: 148-150.
- **Belghiti M.L., CHAHLAOUI A., Bengoumi D., EL Moustaine R. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, pp. 21- 36.
- **Benhalima L., (2019).** Polycopié pour le Master Microbiologie Appliquée Maladies à transmission hydrique P7.

- **Benmarce K. (2007).** Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma (N.E Algérien). Mémoire de magister en hydrogéologie, IST. Université Annaba. 126 p.
- **Berche P., Gaillard. J-L. et Simouet. M., (1988).** Bactériologie, les bactéries des infections Humaines. Flammarion, 660p.
- **Beriere G., (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2ème édition, Ecole polytechnique de Montréal. 03-19p.
- **Boeglin J.C. (2001).** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.
- **Bonnin J. (1977).** Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance. Éditions Eyrolles, 61 Bd Saint-Germain, Paris 5e.12p.
- **Bouaicha, F., & Dib, H. (2018).** Le géothermalisme de la région de Guelma (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1). ===
- **Boukrouma N., (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 64p.
- **Bouziani M., (2012).** Les pathologies infectieuses : aspects épidémiologiques et prophylactiques, ed, Dar. 10-45-46-50p
- **Boyer, M. 2021.** Clostridium, Anaérobies sulfito-réductrices. Laboratoire vigilab.

C

- **Camille D. (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.
- **Carbonnelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France. 251 p.
- **Chen A, Zhang E, Tian M (2020).** Water pollution. Dictionary of geotourism. Springer, Singapore, p. 677
- **Chevalier B., Martet G., Nicolas X. and Klotz F. (2002).** Schistosomoses. Encyclopédies Médico- Chirurgicale. Editions scientifiques et Médicales Elsevier SAS. Maladies infectieuses. 8-513- A-10, 20 p.
- **Christophe, (2006).** Propriétés d'eau physique chimique. (Disponible sur : www.econologie.com/proprietes-eau-physiques-chimiques).
- **Clausen, EM, BL Green and W Litsky (1977).** Fecal streptococci: indicators of pollution. Dans: Hoadley, AW et BJ Dutka, édit., Bacterial Indicators/Health hazards

associated with water. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 635, pp.: 247-264

- **Connor B.A. (2005).** Hepatitis A vaccine in the last-minute traveler. *Am. J. Med.* vol. 118
- **Coulibaly K. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de BAMAKO. Thèse doctorat. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odonto- Stomatologie. 69p.
- **CSEM, (2016).** Chambre Syndicale des Eaux Minérales. L'eau minérale naturelle : un produit naturel et protégé, une industrie responsable, un emballage recyclable.
- **Culligan F, 2023.** Quest ce que l'eau. (Disponible sur : www.culligan.fr/conceils/qu-est-ce-que-l'eau. Consulté le 15/04/2025 à 10 :30 pm).
- **Cuthbert J.A. (2001).** Hepatitis A: old and new. *Clin. Microbiol. Rev.*, vol. 14, n°1: p 38-58.

D

- **Dajoz R. (1982).** Précis d'écologie. 4ème édition, Gauthier Villars, p : 525.
- **De Villers J, Squilbin M, Yourassowsky C, (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). 16P.
- **Degremont G. (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec et doc, P : 3- 38.
- **Degremont S. (2005).** Mémento technique de l'eau, Lavoisier SAS. Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition.
- **Délarras C, (2008).** Surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux : Règlementation Prélèvements-Analyses. TEC & DOC. 269p.
- **Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L., Belghyti D., (2008).** Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. *Larhyss Journal*. (7). 59-77p.
- **Desjardins R. (1997).** Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de Montréal.
- **Diallo, T. M., Morin, A. J., & Lu, H. (2017).** The impact of total and partial inclusion or exclusion of active and inactive time invariant covariates in growth mixture models. *Psychological methods*, 22(1), 166.

- **Donnier B., (2007).** La pollution chimique en méditerranée. Laboratoire. C.E.R.B.O.M. Nice. 08p.

E

- **El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Oualilalami A. (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, PP : 37-68.
- **Espinosa-Cantellano M. and Martinez-Palomo A. (2000).** Pathogenesis of intestinal amebiasis: from molecules to disease. Clin. Microbiol. Rev. 13: 318-331.
- **Euzen A, Levi Y (2013).** Tout savoir sur l'eau de robinet.

F

- **FAO 2023:** <https://news.un.org/fr/>.
- **Fayer R., Morgan U.M. and Upton S. (2000).** Epidemiology of Cryptosporidium: transmission, detection and identification. I. J. Parasitol. 30 : 1305-22.
- **Ferron A., (1984).** Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12ème édition, éditions C. et R. 376 p

G

- **Gardner T.B. et Hill D.R. (2001).** Treatment of giardiasis. Clin. Microbiol. Rev. 14(1) : 114-128.
- **Gaüzere B.A., (2012).** Les maladies liées à l'eau, Médecine tropicale. 05p
- **Georges. T, Pierre. J, (2002).** L'eau, patrimoine mondial commun, Belgique, presses universitaire de NUMUR. 303p.
- **Gerard G. (1999).** L'eau, milieu naturel et maîtrise, Edition INRA, Volume 1, P 204.
- **Gillespie S. H., Hawkey P. M. (2006).** Principles and Practice of Clinical Bacteriology .2nd edition. John Wiley & Sons. England. 620 p.
- **Glaude. B, Robert. P, (2001).** Chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) ; de boeck, paris. 299p.
- **Griffiths J.K. (1998).** Human cryptosporidiosis: epidemiology, transmission, clinical Hill, 4 E éd., 541–4 p.
- **Guibert Ju, Goldstein F, Lafaise C, Gaudin H., (1981).** Infection à entérobactérie EMC, Paris, Maladies infectieuses.

- **Guiroud J-P, (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod. 625p.

H

- **Hassan Omer N (2019).** Water Quality - Science, Assessments and Policy, inetchopen, p. 6 -13 doi : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89657>
- **Hocine F., Chaibderraine M., Lahouareche L. et Kebbabsa I., (2022).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de quelques sources naturelles dans la région de Guelma. Mémoire de Master. Université 08 mai 1945 de Guelma. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de L'univers.
- **Hoque M.E., Hope V.T., Kjellstrom T., Scragg R. and Lay-Yee R. (2002).** Risk of giardiasis in Aucklanders: a case-control study. Int. J. Infect. Dis. 6(3): 191-197.

I

- **ISO 19250 :2010.** Qualité de l'eau — Recherche de Salmonella spp. Water quality — Detection of Salmonella spp. Première édition, 2010-07-15. Organisation internationale de normalisation

J

- **Jamai N., Kouider A. F., Halilem F. (2010).** La fièvre typhoïde, mémoire de fin d'étude, Université Abou Bar Belkaied, Faculté de médecine, Département de Pharmacie, Tlemcen, 23p.
- **Joffin J J-N et Leyrol G, (2001).** Microbiologie Technique 1 : dictionnaire des techniques, 3ème éditions. CRDP d'Aquitaine. 320p.
- **Johnson A., Di Giovanni G. and Rochelle P. (2007).** Detection of infection Cryptosporidium in treated drinking water using multiple cell culture assays and genotyping, American Water Works Association-Water Quality Technology Conference Charlotte, North Carolina, USA.
- **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2011).** Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP : 7-25.

K

- **Kara k., (2019).** Pollution de l'environnement, la pollution des eaux. Cour 2 Chapitre 4 la pollution des eaux Université Mentouri Constantine, (Algerie), p.2.

- **Khaldi, F. Smati, H. Grara, N. Smati, N. Maizi, N. Boukehili, K. Gheid, A. (2018).** Mesure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie. Environnement, risques santé, 17 (3), 253-261.
- **Klotz F. et Debonne J.M. (1996).** Bilharzioses. Rev. Pratic. Méd. Générale. 10: 43-50.
- **Koller E., (2004).** Traitement des pollutions industrielles : eau, air, déchets, sols, boues. Dunod. 3^{ème} édition. Paris. France. 424 p.

L

- **Labres E., Mouffok F. (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53 p
- **Lanfredi-Rangel A., Diniz J.R. and De Souza W. (1999).** Presence of a protrusion on the ventral disk of adhered trophozoites of *Giardia lamblia*. Parasitol. Res. 85 (12): 951-955.
- **Lebres E., (2002).** Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.p.
- **Leyral. G, Ronnefoy. C, Guillet. F, (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris. 245p.
- **Lujan H.D., Mowatt M.R. and Nash T.E. (1998).** The molecular mechanisms of *Giardia* encystation. Parasitol. Today. 14 (11): 446-450.

M

- **Madigan M et Martinko J., (2007).** Biologie des microorganismes, 11^{ème} édition, Pearson. Education, Paris, PP : 918-932.
- **Makhoukh M. (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc). P46.
- **Mamadou L.N., (2005).** Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d'étude supérieure en sciences naturel de l'environnement. Université de Badji Mokhtar, Annaba. 120p
- **Mandal Harashit K (2022).** Organoleptic Properties of Water Reservoir in Phagwara City (Punjab), Jodhpur, Environment and Microbial Biotechnology, University Narnadi(india), p.110.

- **Marcel D. (1995).** Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), P230.
- **Martin P. (1997).** « La géotechnique : principes et pratiques » p.109, MASSON edi. Paris.
- **Masschelein W.J., (1996).** Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spilliège. 181-345p.
- **Mayat S., (1994).** Techniques de traitement : aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- **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. 120 p.
- **Merouani M et Bouguedah A. (2013).** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA.
- **Merzoug S., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma.03-13-79p
- **Metidji T., KHebala A.et Saidia S., (2022).** Contribution à l'étude de la pédofaune de la région de Guelma cas Mahouna.Mémoire de Master.Université de 08 Mai 1945 – Guelma.
- **Moletta R., (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries Agroalimentaires. 1ère édition. Lavoisier, Tec α Doc. Paris. 600 p.
- **Mouffok F., (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger.40 p.
- **Mouffok F., (2016).** Contrôle bactériologique des eaux, Présentation des activités de l'Institut Pasteur.03-04-05 p.
- **Murray P.R., Rosenthal K.S., and Pfaller M.A. (2005).** Medical Microbiology. 5th ed., Elsevier Mosby.

N

- **Nedjraoui D et Bedrani S., (2008).** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo - La revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8, Numéro 1.

O

- **O'Donoghue P. (1995).** Cryptosporidium and cryptosporidiosis in Man and Animals. Int. J. Parasitol. 25 (2) : 139-95.
- **Oliver J. D., Japer J. B. (1997).** Vibrio species in sea food: Food microbiology – fundamentals and frontiers. Washington. 264 p.
- **OMS (2014).** Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 1977, 143 p.
- **OMS (2020).** Légionellose.
- **OMS et Unicef (2018).** Progrès en matière d'assainissement et d'eau potable ; Rapport. 98 p.
- **OMS (2011).** Weekly Epidemiological record, n°9, 86:73-80. Disponible sur <http://www.who.int/wer> (consulté le 17 avril 2025 à 12 :00).
- **OMS. (2015).** Surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Genève, 1977, 143 p.
- **OMS., (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition. 1050p.
- **Ounoki, S., & Achour, S. (2014).** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla. Possibilité de leur valorisation en irrigation. LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (20).

P

- **Pechère J. C, Acar J, Grenier B. et Nihoul E, (1982).** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4ème édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. 509p
- **Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982).** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4ème édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. Canada. 509 p.
- **Péron J.M. et Mansuy J.M. (2009).** Hépatite virale E. Hépatologie.7-015-B-55.

R

- **Ramade F. (1984).** Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac GrawHill. Paris, 397p
- **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- **Renoua C., Nicand E., Pariente A., Cadranel J.F. et Pavio N. (2009).** Quand rechercher et comment diagnostiquer une hépatite E autochtone ? Gastroenterol. Clin. Biol. 33S : F27-F35.

- **Rodier J, Legube B., Merlet N., et coll., (2009).** L'Analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. 1579 p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., (2009).** L'Analyse de l'eau. 9 Eme édition. Dunod. Paris. 1579 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., (2016).** L'Analyse de l'eau. 10 -ème édition. Dunod. Paris. 579-603 p.
- **Ross A.G.P. (2002).** Schistosomiasis. N. Engl. J. Med. 346(16): 1212-1220.
- **Rouaiguia M. (2010).** Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de master.
- **Roux M. (1987).** Office International De L'eau : L'analyse Biologique De L'eau. TEC&DOC. Paris. 229p Gerard G. (1999) : L'eau, milieu naturel et maîtrise, Edition INRA, Volume 1, P 204.
- **Roux M. (1987).** Office International De L'eau : L'analyse Biologique De L'eau. TEC&DOC. Paris. 229p.
- **Roux, (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université Paris. 12 p.
- **Ryan K.J. and Ray C.G. (2004).** Sherris Medical Microbiology, New York, McGraw Hill, 4 e éd., 541–4 p.

S

- **Samake H. (2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p.
- **Seghir K. (2008).** Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébéssa Hammamet (Est Algérien), Thèse de Doctorat. En Sciences de La Terre. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. P158.

- **Slifko T.R., Smith H.V. and Rose J.B. (2000).** Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *Int. J. Parasitol.* 30: 1379-1393.
- **Smith H.V. and Rose J.B. (1998).** Waterborne cryptosporidiosis: current status. *Parasitol.Today.* 14: 14-23.
- **Stanley S.L. (2003).** Amoebiasis. *Lancet.* 361 : 1025-34.

T

- **Taleb M. K. (2006).** Etat de l'assainissement d'une zone cotière : Analyses et perspectives d'aménagement. Cas : Commune d'Ain El Turck. Mémoire de Magistère. Université de Tlemcen. 169 p.
- **Taleb, S. (2005).** Confrontation des normes algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
- **Tardat H.M. (1992).** Chimie des eaux. Edition Québec : Griffon d'argile. 65.
- **Thomassin N. (2011).** L'hépatite E : Nouveautés depuis l'an 2000. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1. 133 p.

V

- **Van Regenmortel M.H., Fauquet C.M. and Bishop D.H.L. (2002).** Virus Taxonomy, 7 th ventral disk of adhered trophozoites of *Giardia lamblia*. *Parasitol. Res.* 85 (12): 951-955.
- **Vilaginés R. (2003) :** Eau environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie 26th edition. Lavoisier. TEC & DOC paris.
- **Viland, M., Montiel, A., Duchemin, J., Zarrabi, P. (2001).** Eau et santé. Editions du Gret. Paris (France) : Groupe de recherche et d'échanges technologiques, p109.
- **Voeltzel A. (1996).** Manuel du service des eaux. Éditions France Sélection, 9-13, rue du Département, Paris 19^e.p 16_18.

W

- **Weiner R.F. et Matthews. (2003).** Environmental engineering. Fourth Edition. Ed. Butterworth-Heinemann.
- **Wilke M., Boutiere H., (1999).** Petit lexique des paramètres du suivi Physico-chimique dans l'eau. Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée. 02p.

X

- **Xiao L., Morgan U.M., Fayer R., Thompson R.C. and Lal A.A. (2000).** Cryptosporidium systematics and implications for public health. Parasitol. Today. 16 (7): 287-92.

Y

- **Y.Barra, 2016.** « Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement Cas de la station de traitement de Hammam Debagh –Guelma ». Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma, 2016.
- **Yau Y.C.W., Crandall I. and Kain K.C. (2001).** Development of monoclonal antibodies which specifically recognize Entamoeba histolytica in preserved stools samples. J. Clin. Microbiol. 39 : 716-719.

Z

- **Zouaidia H. (2006).** Bilan des incendies de forêts dans l'Est Algérien cas de Mila, Constantine, Guelma, Souk Ahras. Mèmoire de Magister, Université Mentouri. Constantine.126 p.
- **Zoungrana E.I., (2009).** La poliomyélite, 12 Mai 2009. 09p.

Webographies :

- [1]. <https://interieur.gov.dz> consulté le 28 avril 2025 à 17 :30
- [2]. <https://bio-environnement.blogspot.com> Cours de Dr. Rezak Hadda Yasmine, faculté de médecine Constantine. Consulté le 10/03/2025.
- [3]. <https://theory.labster.com/fr/biochemical-identification-bacteria/> consulté le 17/04/2025 à 22 :39.

Annexe

Annexe 1

A. Analyse physico-chimique

➤ Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques :

⇒ Appareillages :

- Multi paramétré
- Etuve
- Spectrophotomètre UV
- Ph mètre
- Thermomètre
- Hotte

⇒ Verreries et matériels consommables :

- Bécher gradués stérile
- Burettes
- Erlen Mayer
- Fioles graduées
- Pissette
- Pipette graduée

➤ Réactifs, colorants et produits chimiques :

1. Ammonium (NH_4^+)

➤ Réactifs

• Réactif 1 :

- Acide dichlorodicyanurique ;
- Hydroxyde de Sodium (NaOH) ;
- Eau distillée.

• Réactif 2 :

- Trictrate de sodium ;
- Salicylate de Sodium ;
- Nitroprussiate de Sodium ;
- Eau distillée

2. Phosphates (PO_4^{2-})

➤ Réactifs

• Réactif Mixte :

- Heptamolybdate d'ammonium ;
- Tartrate d'antimoine et potassium ;
- Acide sulfurique pur ;
- Eau distillée ;
- Acide ascorbique à 10 % ;
- Solution mère d'ortho phosphate à 50 mg/l PO_4^{3-} ;
- Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-} ;

3. Sulfates (SO_4^{2-})

➤ Réactif

• Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de K_2SO_4 ;

⇒ Solution stabilisante :

- Acide chlorhydrique ;
- Ethanol ;
- Chlorure de sodium (toxique) ;
- Glycérol ;
- Eau distillée.

⇒ Solution de chlorure de baryum :

- BaCl_2 ;
- $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (toxique) ;
- Acide chlorhydrique ;
- Eau distillée ;

4. Chlorure (Cl^-)

➤ **Réactifs**

• **Solution de Nitrate d'Argent à 0.02N :**

- AgNO₃ séché à 105°C ;
- Eau distillée ;
- Solution de chromate de Potassium 10%
- K₂CrO₄ ;
- Eau distillée,

• **Solution de chlorure de sodium à 0.02N :**

- NaCl séché à 105°C ;
- Eau distillée ;

5. Alcalinité (HCO₃⁻)

➤ **Réactif**

• **Solution d'acide chlorhydrique ou sulfurique à 0.02 N :**

- H₂SO₄ ou bien HCl ;
- Eau distillée ;

• **Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.5 % :**

- Phénolphtaléine ;
- Alcool Ethylique ;
- Eau distillée ;

• **Solution de Méthylorange à 0.5% :**

- Méthylorange ;
- Eau distillée ;

6. Calcium (Ca⁺²) et Magnésium (Mg⁺²)

➤ **Réactif**

• **Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀H₁₄N₂O₈ 2H₂O) :**

- EDTA déshydraté 2h à 80° C ;

- H₂O distillée ;

- **Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N :**

- NaOH (pastilles) ;

- H₂O distillée ;

- Noir erichrome T ;

- Chlorure de sodium ;

- **Solution étalon de Ca⁺² à 10 m mol/l :**

- Carbonate de Calcium CaCO₃ ;

- HCL 4mol/l ;

- Eau distillée.

B. Analyse bactériologique :

➤ **Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques :**

⇒ **Appareillages :**

- Autoclave ;
- Etuve ;
- Bec bunsen ;
- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisable à la flamme ;
- Bain marie ;
- Glacier ;
- Incubateur.

⇒ **Verreries et matériels consommables :**

- Boîtes de pétri stériles ;
- Membrane de filtration stériles 0,45 um ;
- Flacons en verre ;
- Pince.

⇒ **Milieu de culture :**

- Gélose TGEA
- Gélose viande-foie (VF)

- Gélose lactosée au TTC et Tergitol
- Gélose Bile Esculine Agar (BEA)
- Gélose de Slanetz et Bertley avec TTC
- Gélose Hectoén
- Gélose SS
- Gélose GNAB
- Gélose Chapman

Annexe 2

Tableau 01 : La lecture des API 20 E.

Test	Négative	Positive
ONPG	Incolore	Jaune
ADH	Jaune	Rouge /orange
LDC	Jaune	Rouge /orange
ODC	Jaune	Rouge /orange
CIT	Verbal /jaune	Bleu/bleu vert
H₂S	Incolore /gris	Dépôt noir
URE	Jaune	Rouge /orange
TDA	Jaune	Marron/rouge aître
LND	Incolore /verbale	Rose
VP	Incolore	Rose /rouge
GEL	Non diffusé	Diffusion des pigments noirs
GLU	Bleu /blues vert	Jaune
MAN	Bleu/vert	Jaune
SOR	Bleu/vert	Jaune
RHA	Bleu/vert	Jaune
SAC	Bleu/vert	Jaune
MEL	Bleu/vert	Jaune
AMY	Bleu/vert	Jaune
ARA	Bleu/vert	Jaune
OX	Bleu/vert	Jaune

Tableau 02 : La lecture des API 20 NE.

Test	Négative	Positive
NO3	Incolore	Rose /rouge
TRP	Incolore	Goutte rouge
GLU	Bleu à vert	Jaune
ADH	Jaune	Orang/ rose/ rouge
URE	Jaune	Orang/ rose/ rouge
ESC	Jaune	Gris/ marron/ noir
GEL	Pas de diffusion de pigment	Diffusion des pigments
PNPG	Incolore	Jaune
GLU	Transparence	Trouble
ARA	Transparence	Trouble
MNE	Transparence	Trouble
MAN	Transparence	Trouble
NAG	Transparence	Trouble
MAL	Transparence	Trouble
GNT	Transparence	Trouble
CAP	Transparence	Trouble
ADI	Transparence	Trouble
MLT	Transparence	Trouble
CIT	Transparence	Trouble
PAC	Transparence	Trouble
OX	Transparence	Trouble



Résumés

Résumé

Dans le cadre de notre étude, nous avons réalisé des analyses comparatives de la qualité physiques, chimiques et bactériologiques des eaux de source et des eaux de citernes qui sont alimentés par ces source et commercialisés dans la région de Guelma. Afin d'atteindre les objectifs de cette étude ; quatre échantillons ont été prélevés : deux provenant des sources (Ain Souda et Dahwara) et deux autres des citernes alimentées par ces mêmes sources ; afin de déterminer si la qualité de l'eau y était préservée ou non après stockage ; transport et distribution de ces eaux de source par les citernes. Nos résultats ont montré que la majorité des paramètres physico-chimiques analysés répondent aux normes algériennes ou nous trouvons pour le pH une valeur de 7,05, et pour la température les valeurs ne dépassent pas 20°C, donc nos eaux sont de qualité physico-chimique acceptable. Concernant les analyses bactériologiques, les eaux de source de Dahwara présentes une bonne qualité ; Tandis que les eaux de citerne de cette source sont de mauvaise qualité ou nous avons enregistré une valeur supérieure à 300 UFC/ml pour les coliformes totaux. En ce qui concerne les eaux de citerne de Ain Souda et Dahwara ; les deux présentent une mauvaise qualité dus aux présences des germes totaux ; ainsi que les indicateurs de contamination fécal avec des valeurs dépassent largement les normes de l'OMS pour les eaux de consommations. On a pu aussi montrer la présence de grande variété de germe très pathogènes telle que *Pseudomonas aeruginosa* ; *Serratia odrifera* 1 ; *Proteus mirabilis*,... ,dans les eaux de citerne de Dahwara et Ain Souda. Donc ces eaux sont impropres à la consommation humaine.

Mots clés : eau de source, citernes, Ain souda, Dahwara, analyses physico-chimiques, bactériologiques.

summary

In our study, we conducted comparative analyses of the physical, chemical, and bacteriological quality of spring waters and cistern waters. These cisterns are supplied by these springs and are commercialized in the Guelma region. To achieve the objectives of this study, four samples were collected: two from the springs (Ain Souda and Dahwara) and two others from cisterns fed by these same springs. The aim was to determine whether the water quality was preserved or not after storage, transport, and distribution of these spring waters by the cisterns. Our results showed that the majority of the physicochemical parameters analyzed met Algerian standards we found a pH value of 7.05, and the temperature values do not exceed 20°C, indicating that our waters are of acceptable physicochemical quality. However, concerning the bacteriological analyses, Dahwara spring water exhibited good quality. In contrast, the cistern waters from this same source were of poor quality where we recorded a value higher than 300 CFU/ml for total coliforms. Regarding the cistern waters from Ain Souda and Dahwara, both showed poor quality due to the presence of total germs, as well as fecal contamination indicators with values significantly exceeding WHO standards for drinking water. We were also able to demonstrate the presence of a wide variety of highly pathogenic germs such as *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odorifera* 1, *Proteus mirabilis*, etc., in the cistern waters of Dahwara and Ain Souda. Consequently, these waters are unfit for human consumption.

Keywords: spring water, cisterns, Ain Souda, Dahwara, physicochemical analysis, bacteriological analysis.

ملخص

في دراستنا، أجرينا تحاليل مقارنة للجودة الفيزيائية، الكيميائية، والبكتريولوجية لمياه الينابيع ومياه الصحاري. يتم تزويد هذه الصحاري من نفس الينابيع وتُسَوَّق مياهها في منطقة قالمة. لتحقيق أهداف هذه الدراسة، تم جمع أربع عينات: اثنتان من الينابيع (عين السوداء والدهوارة) واثنتان أخريان من الصحاري التي تتغذى من نفس هذه الينابيع. كان الهدف هو تحديد ما إذا كانت جودة المياه قد حافظت على خصائصها أو تدهورت بعد مراحل التخزين، النقل، والتوزيع لمياه هذه الينابيع بواسطة الصحاري. أظهرت نتائجنا أن غالبية المعايير الفيزيائية الكيميائية التي تم تحليلها تتوافق مع المعايير الجزائرية، حيث نجد أن قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) هي 7.05، والنسبة لدرجة الحرارة فلا تتجاوز القيم 20 درجة مئوية، مما يشير إلى أن مياهنا ذات جودة فيزيائية كيميائية مقبولة. ومع ذلك، فيما يتعلق بالتحاليل البكتريولوجية، أظهرت مياه ينبوع الدهوارة جودة جيدة. في المقابل، كانت مياه الصحاري من نفس هذا المصدر ذات نوعية رديئة حيث سجلنا قيمة تفوق 300 وحدة مستعمرات/مل للكليفورمات الكلية. أما بالنسبة لمياه صحاري عين السوداء والدهوارة، فقد أظهر كلاهما نوعية رديئة بسبب وجود الجراثيم الكلية، بالإضافة إلى مؤشرات التلوث البرازي بقيم تتجاوز بكثير معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب. وقد تمكنا أيضاً من إثبات وجود مجموعة واسعة من الجراثيم شديدة الخطورة مثل *Pseudomonas aeruginosa*، *Proteus mirabilis*، *Serratia odorifera 1*، إلخ، في مياه صحاري الدهوارة وعين السوداء. وبناءً على ذلك، فإن هذه المياه غير صالحة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، صحاري، عين السوداء، الدهوارة، تحليل فيزيائي كيميائي، بكتريولوجي.