



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
l'Univers
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences biologiques

Référence...../2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :
Mellah Samah et M'hamel Sirine

02 juin 2025

Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau selon des pratiques traditionnelles : cas de l'huile de cade à Biskra

Jury:

M.	Moussi Abdelhamid	Pr	Université de Biskra	Président
Mme.	Hamlaoui Bochra	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mlle.	Benabdallah Fatima Zohra	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire: 2024/2025

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu de nous avoir donné le courage, la force et la volonté nécessaires pour surmonter les moments difficiles et mener à bien la rédaction de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant, **Dr. Hamlaoui Bochra**, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de diriger ce travail. Aucun mot ne suffirait à lui témoigner toute notre reconnaissance pour la confiance qu'elle nous a accordée, pour son expertise en biologie, sa patience, sa gentillesse, ainsi que pour ses précieux conseils et son soutien tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remercions également **M. Moussi Abdelhamid** et **Mlle. Benabdallah Fatima Zohra** pour leurs éloges et leurs critiques constructives, qui ont contribué à enrichir notre sujet.

Nos vifs remerciements vont aussi au laboratoire du Collège des Sciences Naturelles et de la Vie pour sa gestion efficace et les efforts déployés pour faciliter notre recherche.

Enfin, nous adressons une pensée reconnaissante à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Que nos collègues et amis trouvent ici l'expression de notre gratitude pour les moments partagés et leur soutien précieux.

Dédicace

A Mes Très Chers Parents Mr Samir et Mme Nafisa tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. Vous êtes les meilleurs, vous avez su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi et réalisé aujourd'hui l'un de vos rêves qu'Allah vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie afin que vous demeuriez le flambeau illuminant mon chemin.

À mes chères sœurs attentionnées Hadil et Nour han Et mon unique frère Houssame Et aussi à mon partenaire de vie et à mon âme Chaima Pour le soutien constant

À mes merveilleux amies Nesrine , Manar , Houda et Radhia , Roufaïda Je les remercie pour le sourire qu'elles ont su toujours dessiner sur mon visage

A toute ma famille et toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

...Samah....

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, à mes parents,et mon fiancé pour leurs sacrifices et encouragements à mon égard, que Dieu leur accorde une longue vie.

A ma sœur et mes frères

A toutes ma famille M'hamel de près ou de loin

A tous mes amis

Pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

....Sirine....

Table de matières

Remerciements	
Dédicace	
Table de matières.....	I
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VII
Introduction.....	8

Partie bibliographique

Chapitre 01 Généralités sur l'eau

1.1. Définition.....	3
1.2. Cycle de l'eau	3
1.3. Importance de l'eau	4
1.4. Ressource de l'eau	5
1.4.1. Eau souterraine.....	5
1.4.2. Eau de surface	5
1.5. Catégories de l'eau.....	5
1.5.1. Eau minérale Naturelle	5
1.5.2. Eau potable	5
1.5.3. Eau de source	6

Chapitre 02 Qualité de l'eau

2.1. Qualité de l'eau	7
2.1.1. Paramètres chimiques et physiques.....	7
2.1.2. Paramètres organoleptiques	7
2.1.3. Paramètres bactériologiques	7
2.1.3.1. Bactéries indicatrices spécifiques de contamination fécale :	7
2.1.3.2. Bactéries non réellement spécifiques de contamination fécale	8
2.1.3.3. Bactéries pathogènes.....	9
2.2. Maladies d'origine hydrique liée aux bactéries	10
2.2.1. Choléra.....	10

2.2.2. Fièvre Typhoïde	11
2.2.3. Shigellose.....	11
2.3. Préparations traditionnelles pour la conservation et traitement de l'eau	11
2.3.1 Stockage dans des récipients appropriés	11
2.3.2. Utilisation des plantes purificatrices	11
2.3.3. Filtration	12
a. Le tamisage	12
b. La filtration sur sable	12
2.3.4. Désinfection	12
a. Bouillir l'eau	12
b. Distillation solaire	12

Partie Expérimentale

Chapitre 03 Matériel et méthodes

3.1. Présentation générale sur la région de Biskra	13
3.2. Description et localisation de site d'échantillonnage	14
3.3. Prélèvement des échantillons d'eau	14
3.4. Transport des échantillons	15
3.5. Analyses Bactériologiques	15
3.5.1. Préparation des dilutions	15
3.5.2. Recherche et dénombrement des germes totaux (Les germes revivifiables).....	16
3.5.3. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux (themotolérants).....	17
3.5.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	20
3.5.5. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ASR)	22
3.5.6. Isolement et identification des bactéries aquicoles et recherche des germes pathogènes	24
3.5.6.1. Entérobactéries	24
3.5.6.2. <i>Staphylococcus aureus</i>	26
3.5.6.3. Tests d'identifications complémentaires de l'analyse bactériologique	27
3.6. Généralité.....	31
3.7. Répartition géographique des genévriers	31
3.8. Description espèce de <i>Juniperus oxycedrus</i>	32

3.9. Définition de l'huile de cade	33
3.10. Preparation de l'huile de cade.....	34
3.10.1. Distillation per descensum.....	35
3.11. Propriétés de l'huile de cade.....	35
3.11.1. Antioxydants	35
3.11.2. Antifongiques.....	36
3.11.3. Anti-biofilms.....	36
3.11.4. Anti-inflammatoires	36
3.11.5. Anti-bactériennes	36
3.12. Traitement de l'eau de puit par l'huile de Cade et évaluation de son effet	36
3.13. Effet antibactérien de l'huile de cade sur <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i> dans le traitement traditionnel de l'eau.....	37
3.13.1. Dénombrement et recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> :.....	38
3.13.2. Dénombrement et recherche des <i>Escherichia coli</i> :.....	38
Chapitre 04 Résultats et discussion	
4.1. Paramètres bactériologiques	39
4.1.1. Germes totaux	39
4.1.2. Coliformes fécaux et totaux.....	40
4.1.3. Streptocoques fécaux.....	42
4.1.4. Clostridium sulfito-réducteurs	42
4.1.5. Résultats de germes Pathogènes	43
4.1.5.1. Entérobactéries	43
4.1.5.2. Staphylocoque	44
4.2. L'effet du traitement à l'huile de cade	48
4.3. Effet antibactérien d'huile de cade sur des souches références.....	50
Conclusion	54
Références.....	
Annexe 1	
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau 1. Paramètres de qualité physico-chimique de l'eau de consommation humaine.....	7
Tableau 2. Paramètres organoleptiques de l'eau de consommation humaine.....	7
Tableau 3. Milieux utilisés pour l'enrichissement et l'isolement ainsi que les conditions	26
Tableau 4. Structure de quelques composés majoritaires de l'huile de cade.	33
Tableau 5. Variation des paramètres bactériologiques de la source d'eau étudiée	39
Tableau 6. Résultats de l'effet de différentes concentrations d'huile de cade sur la croissance de <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Escherichia coli</i>	50

Liste des figures

Figure 1. Molécule d'eau.....	3
Figure 2. Cycle de l'eau.....	4
Figure 3. Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra	13
Figure 4. Situation géographique de la zone d'étude.	14
Figure 5. Préparation des dilutions décimales.....	16
Figure 6. Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes totaux.	17
Figure 7. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes.	19
Figure 8. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux.....	21
Figure 9. Recherche et de dénombrement des spores des bactéries <i>anaérobies</i> sulfite réducteurs.	23
Figure 10. Isolement des entérobactéries pathogènes.....	25
Figure 11. Isolement et identification des staphylocoques pathogènes.	27
Figure 12. Procédure de la coloration de Gram.	29
Figure 13. L'enzyme catalase.....	30
Figure 14. Exemple d'un test coagulase.....	31
Figure 15. Aire de répartition des genévriers en région méditerranéenne.....	32
Figure 16. Aspect général d'un arbre de l'espèce <i>Juniperus oxycedrus</i> dans la station de Moulay Slisse. (Ouaar <i>et al.</i> , 2021)	33
Figure 17. Principe de distillation per descensum.....	35
Figure 18. Eau de puit traitée par l'huile de Cade.....	37
Figure 19. Souches de référence de bactéries dans différentes concentrations d'huile de cade... 38	
Figure 20. Germe totaux dans le milieu TGEA après incubation pour le puit d'El-Kantara.	40
Figure 21. Test présomptif de coliformes fécaux dans milieu BCPL.	41
Figure 22. Test Confirmatif de la présence de coliformes fécaux (<i>E.coli</i>).....	41
Figure 23. Résultat de recherche des ASR dans milieu VF.	43
Figure 24. Résultat de la recherche des entérobactéries dans le milieu Mac Conkey.....	44
Figure 25. Résultat de la recherche des entérobactéries dans le milieu Hektoen.....	44
Figure 26. Résultat de la recherche des <i>Staphylococcus</i> dans le milieu Chapman.	45
Figure 27. Observation microscopique des Staphylocoques.	46
Figure 28. Résultat de test catalase.....	46
Figure 29. Résultat de test coagulation.....	47
Figure 30. Effet de l'huile de Cade sur la charge bactérienne (CT, CF, <i>S. aureus</i>) avant et après traitement.	48
Figure 31. Recherche des CT après traitement par l'huile de cade.	49

Figure 32. Recherche des CF après traitement par l'huile de cade.	50
Figure 33. Recherche des <i>S. aureus</i> près traitement par l'huile de cade.	50
Figure 34. Présentation de l'efficacité d'huile de cade sur la croissance de <i>S. aureus</i> et <i>E. coli</i> ..	51
Figure 35. Résultat d' <i>E. Coli</i>	52
Figure 36. Résultat de <i>Staphylococcus aureus</i>	53

Liste des abréviations

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

BCPL : Bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre

CF : Coliforme fécaux

CT : Coliforme totaux

D/C : Double Concentration

E. Coli : *Escherichia Coli*

ISO : Organisation internationale de normalisation

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

NNP : Net National Product

OMS : Organisation mondiale de la santé

S/C : Simple Concentration

ST : Streptocoque

TGEA : Glucose-Tryptone-Extrait de Levure

VF : Viande de foie

Introduction

L'eau est présente partout sur Terre et est indispensable à la vie humaine. Elle joue un rôle essentiel pour les végétaux, les animaux et les activités humaines. Cependant, sa répartition dans le monde est inégale. L'eau douce, vitale pour nos besoins, ne constitue qu'une infime partie des ressources hydriques : elle représente seulement 1 % du total des eaux terrestres, le reste étant composé d'eaux salées provenant des mers et des océans. **(Singa et al., 2019)**

Bien que l'eau douce soit une ressource renouvelable, elle demeure limitée et vulnérable face à une demande croissante et aux diverses formes de pollution. Sur les 70 % de la surface terrestre recouverts d'eau, moins de 3 % sont constitués d'eau douce. De plus, 2,2 % de cette eau est emprisonnée dans les glaciers et les nappes souterraines, ne laissant ainsi qu'une fraction inférieure à 1 % disponible pour répondre aux besoins des êtres humains, ainsi qu'à ceux des espèces animales et végétales. **(Singa et al., 2019)**

La qualité de l'eau est un facteur essentiel pour assurer un approvisionnement adéquat et répondre aux besoins humains et écologiques. Garantir une eau douce de qualité adaptée est donc un élément clé de la gestion intégrée de l'environnement et du développement durable. Pour évaluer et représenter de manière claire cette qualité, divers indices sont utilisés, prenant en compte des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. **(Talhaoui et al., 2020)**.

Ces derniers, en majorité d'origine fécale, sont produits par les matières fécales humaines et animales, notamment par les eaux usées mal gérées d'un point de vue technique et sanitaire. Bien que les traitements des eaux usées permettent de réduire une partie de la charge microbienne, ils ne suffisent pas toujours à éliminer complètement les contaminants. Les boues issues de ces traitements restent souvent très contaminées, à moins qu'elles ne bénéficient d'un traitement spécifique. **(Festy et al., 2003)**

Les principaux agents microbiens responsables de la contamination de l'eau sont les bactéries pathogènes entériques (telles que *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* et *Vibrio cholerae*), les virus (tels que le *poliovirus*, l'*entérovirus* et le *rotavirus*) et les parasites tels qu'*Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum*. Ces agents peuvent provoquer diverses maladies, allant de la gastro-entérite à l'hépatite, en passant par les syndromes neuroméningés, et certains sont particulièrement résistants aux traitements de décontamination. **(Festy et al., 2003)**

En bref, l'eau est une ressource précieuse qu'il faut préserver, car elle est limitée et nécessaire à de nombreux usages. Sa gestion doit être rigoureuse, en tenant compte de plans de travail

coordonnés et d'objectifs de qualité stricts, afin de garantir sa pureté et sa disponibilité.(Festy et *al.*, 2003)

L'importance des méthodes traditionnelles de conservation de l'eau potable est indéniable, en particulier dans les zones dépourvues de systèmes sanitaires modernes, telles que les zones rurales, les banlieues et les oasis comme Biskra. Dans ces contextes, les populations utilisent des méthodes ancestrales telles que le zeer (refroidissement par évaporation), la filtration à travers des morceaux de tissu ou l'ajout de plantes pour conserver leur eau. Cependant, bien que ces pratiques soient profondément ancrées dans les coutumes locales, leur efficacité réelle sur la qualité microbiologique de l'eau est peu documentée, ce qui soulève d'importantes préoccupations sanitaires.

La présente étude a donc un double objectif :

1. Évaluer l'efficacité à long terme des méthodes traditionnelles de conservation de l'eau, en examinant leur capacité à garantir une qualité microbiologique acceptable sur une période prolongée.
2. Quantifier leur impact sur la charge bactérienne et explorer les corrélations potentielles avec l'incidence de pathologies d'origine hydrique.

Les résultats permettent d'éclairer les risques sanitaires associés à ces pratiques et de proposer des solutions adaptées pour améliorer l'accès à une eau potable sûre dans ces régions.

Partie

bibliographique

Chapitre 01

Généralités sur l'eau

1.1. Définition

L'eau (H_2O) est un inorganique presque incolore à polarité à température ambiante. C'est longtemps la substance la plus commune sur Terre et l'une des très rares substances à exister à la surface de la Terre sous forme solide, liquide et gazeuse. En tant que composé chimique relativement simple, il a été décrit comme un « solvant universel » ou « solvant de la vie ». Il s'agit également de la troisième molécule la plus abondante de l'Univers. Les molécules d'eau entrent en liaison hydrogène polaire solide l'une avec l'autre, ce qui définit à son tour ses spécificités physiques et chimiques. Les liaisons hydrogène sont à l'origine de beaucoup d'attributs singuliers comme l'anomalie de l'eau (le fait que sa phase solide, la glace, soit moins dense que sa phase liquide), un point d'ébullition assez élevé ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) et une sensibilité thermique élevée. L'eau est une molécule amphotère, au sens où elle peut avoir les attributs des solutions acides et alcalines, en fonction du contexte chimique. (*Žic et al.*, 2020)

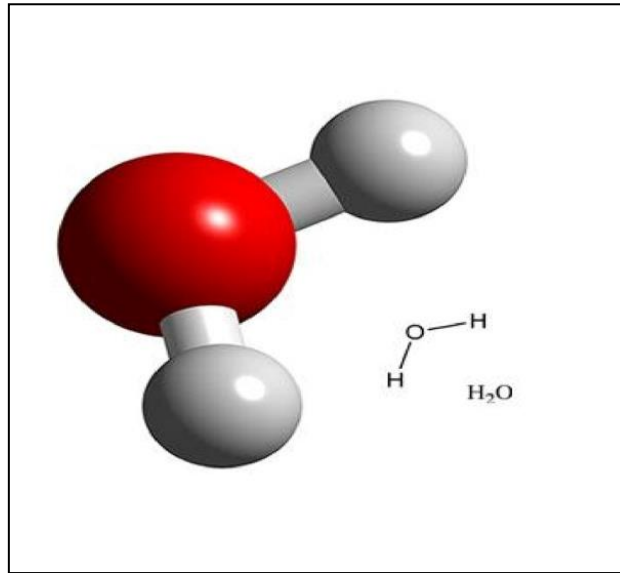


Figure1. Molécule d'eau. (*Baffert et al.*, 2012)

1.2. Cycle de l'eau

Les mouvements de l'eau sur notre planète peuvent être vus comme des flux dans un système en circuit fermé, dans lequel les pertes vers l'espace et l'apport du noyau terrestre sont négligeables à l'échelle de la civilisation humaine. Un modèle simplifié de ce système décrit un transfert d'eau des océans à l'atmosphère, de l'atmosphère aux continents, et finalement des continents aux océans.

Cet appel cyclique justifie le nom général du cycle de l'eau. Les mouvements de l'eau, illustrés à la (figure 2), sont le produit de l'énergie que le rayonnement terrestre et solaire apporte, ainsi que de l'accélération gravitationnelle. De l'eau est essentiellement préservée sur notre planète dans les océans, où l'évaporation est souvent le début du cycle de l'eau. Ce phénomène se produit sous l'effet du réchauffement de la surface océanique par le rayonnement solaire, entraînant la montée de vapeur d'eau vers l'atmosphère. Une fois dans l'air, cette vapeur est transportée par les mouvements des masses d'air, notamment par des processus de convection et d'advection. Quand elle se trouve en conditions favorables, elle se condense en voiles de nuages qui à leur tour produisent des précipitations en forme de pluie ou de neige. (Anctil *et al.*, 2012)

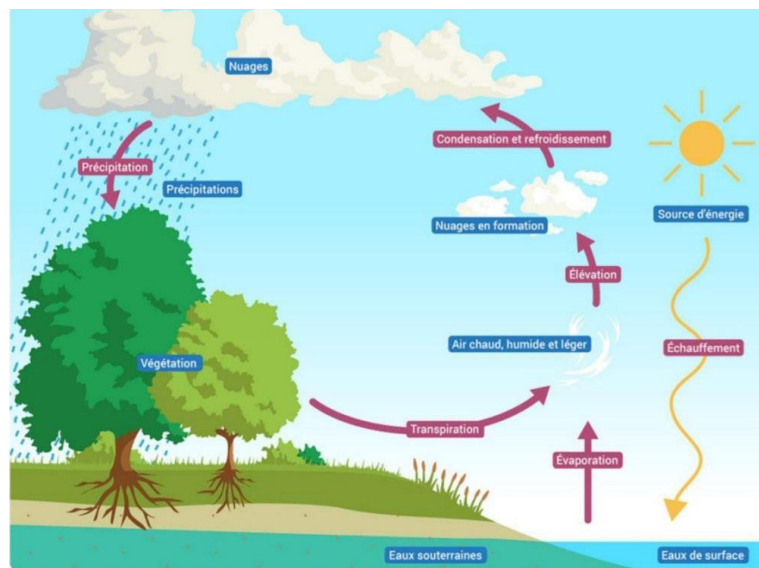


Figure2.Cycle de l'eau. (Rotimbo , 2025)

1.3. Importance de l'eau

Importance de l'eau constitue une ressource essentielle, indispensable à toute forme de vie, qu'elle soit humaine, animale ou végétale. Longtemps perçue comme une richesse abondante et inépuisable, elle était considérée comme un bien gratuit ou presque. Cette vision s'explique par les nombreux symboles qu'elle incarne depuis toujours, qu'ils relèvent de la vie, de la culture ou de la religion. En définitive, l'eau revêt une importance majeure sur les plans biologique, industriel, social et économique.(Uwamungu et Jiang, 2010)

1.4. Resource de l'eau

1.4.1. Eau souterraine

Les eaux souterraines, qui représentent près de 99% des réserves d'eau douce liquide sur Terre, offrent aux sociétés d'importantes opportunités et bénéfices sur les plans social, économique et environnemental. Elles assurent déjà la moitié de l'eau prélevée pour un usage domestique à l'échelle mondiale, notamment l'eau potable pour une grande partie de la population rurale non desservie par des réseaux de distribution publics ou privés. En outre, elles fournissent environ 25 % de l'eau d'irrigation. Malgré tout cela, cette ressource naturelle demeure sous-estimée, la conduisant à être sous-évaluée, à une gestion inefficace et même au gaspillage. **(Bonazzi, 2022)**

1.4.2. Eau de surface

Les eaux de surface, telles que les rivières, les lacs et les barrages, constituent une ressource essentielle pour divers usages en raison de leur capacité à fournir d'importants volumes d'eau. Toutefois, elles sont exposées à la contamination par le ruissellement des eaux de pluie et les rejets d'eaux usées, pouvant ainsi transporter des microorganismes et des polluants chimiques. Par conséquent, un traitement adapté est indispensable avant leur utilisation. **(Festy *et al.*, 2003)**

1.5. Catégories de l'eau

1.5.1. Eau minérale Naturelle

L'eau minérale naturelle est de source exclusivement souterraine, captée soit à la source, soit par forage. Décidée d'origine réglementaire, elle est consacrée à l'embouteillage et/ou à des utilisations thermales. Sa pureté repose sur une protection naturelle géologique, et sa composition minérale stable donne lieu à des propriétés spécifiques. Elle n'est pas soumise comme les autres eaux à aucun traitement chimique ni désinfection avant sa mise en consommation. Ces eaux sont issues d'aquifères profonds, souvent à forte inertie. **(Lachassagne, 2021)**

1.5.2. Eau potable

L'eau potable est une eau propre à la consommation humaine, sans danger pour la santé. Qu'elle soit distribuée par le réseau public ou en bouteille, elle doit respecter un ensemble de directives strictes établies au niveau européen. Ces réglementations fixent des limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de paramètres microbiologiques, physiques et chimiques, garantissant ainsi sa qualité et sa sécurité sanitaire. **(Chocat *et al.*, 2015)**

1.5.3. Eau de source

Ces eaux sont d'origine souterraine et naturellement potable, microbiologiquement et chimiquement, ne nécessitent aucun traitement, à l'exception de la séparation des éléments instables ou des matières en suspension par décantation ou filtration, sans modifier la composition chimique. L'incorporation de gaz carbonique est également autorisée. Les traitements proposés ne doivent en aucun cas viser à modifier les caractéristiques microbiologiques, notamment par désinfection dissimulée. L'autorisation d'embouteillage est délivrée localement par le Préfet du département, et la surveillance est assurée par le laboratoire départemental. **(Canellas, 1995)**

Chapitre 02

Qualité de l'eau

2.1. Qualité de l'eau

2.1.1. Paramètres chimiques et physiques

Tableau1. Paramètres de qualité physico-chimique de l'eau de consommation humaine (JORA,2014):

Paramètres	Unites	Valeurs indicatives
Alcalinité	mg\lCaCo3	65
Calcium	mg\l	200
Chlorure	mg\l	500
Conductivitéà20°C	μS\cm	2800
Dureté(TH)	mg\lenCaCo3	500
Fertotal	mg\l	0.3
Manganèse	μg\l	50
Phosphore	mg\l	5
Potassium	mg\l	12
Sodium	mg\l	200
Sulfates	mg\l	400
Température	°C	25

2.1.2. Paramètres organoleptiques

Tableau2.Paramètres organoleptiques de l'eau de consommation humaine (JORA,2014):

Parameters	Unites	Valeurs indicatives
Couleur	mg\l paltine	15
Turbidité	NTU	5
Odeurà25°C	Taux dilution	4
Saveurà25°C	Taux dilution	4

2.1.3. Paramètres bactériologiques

2.1.3.1. Bactéries indicatrices spécifiques de contamination fécale :

Les éléments recherchés sont les indicateurs de contaminations fécales (coliformes totaux, coliformes fécaux, *E. coli* et les streptocoques fécaux). (Verhille, 2013)

a. Coliformes totaux

Les coliformes totaux, selon l'Organisation internationale de normalisation, sont des bacilles Gram négatifs (BGN) non sporulés, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs. Ils

possèdent la capacité de fermenter le lactose et de produire de fermentatifs de l'acide et du gaz après 24 à 48 heures, dans une température de 36°C à 37°C. Bien qu'ils soient des fécales, ils peuvent également s'y multiplier dans les milieux naturels. (Sangare *et al.*, 2022)

b. Les coliformes thermotolérants (fécaux)

Les coliformes thermotolérants sont des bactéries qui peuvent fermenter le lactose à 44,5°C et qui sont essentiellement associés à *E. coli* et certaines espèces *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. Bien qu'ils signalent en général la contamination fécale, ils peuvent aussi provenir de sources non fécales. L'*E. coli* débite entre environ 80 à 90 % de ces bactéries identifiées. En fonction de cette origine potentielle multiple, le terme "coliformes thermotolérants" est à préférer aux " coliformes fécaux ". Ces bactéries sont utilisées comme marqueurs de contamination pour tester l'étanchéité des réseaux de distribution d'eau, détecter contaminations fécales et déterminer l'efficacité du traitement de l'eau.(Belles-Isles *et al.*, 2004)

c. Streptocoques fécaux (ou entérocoques)

Les streptocoques fécaux constituent des groupes sérologiques D et O de Lancefield, notamment *Streptococcus faecalis* et ses variantes, et *S. faecium*, *S. durans*, *S. bovis*, ainsi que des souches présentant des caractéristiques intermédiaires, telles que *S. equinus* et *S. avium*. Ces bactéries peuvent se développer à une température de 45,1 °C dans un milieu contenant 40 % de bile, et à des conditions. Les concentrations de nitrite de sodium suffisamment élevées pour inhiber les coliformes et la majorité des bactéries Gram-négatives. En général, leur présence est un indicateur de pollution fécale. (OMS, 2000)

2.1.3.2. Bactéries non réellement spécifiques de contamination fécale

a. Les Clostridium sulfito-réducteurs

Les *Clostridium perfringens* est une bactérie Gram positive, immobile, sporulée et anaérobie stricte, qui est répandue dans la nature. On la trouve dans la végétation en décomposition, les sédiments marins et le tractus intestinal des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau est un indicateur de contamination fécale, et l'exposition à ses spores d'origine hydrique peut provoquer des infections chez les animaux. (ISO, 2023)

b. Les bactéries Aérobie revivifiables (germes totaux)

Les bactéries aérobies revivifiables, ou germes totaux, n'ont aucun effet direct sur la santé. Leur faible niveau témoigne de l'efficacité du traitement et de bon état du réseau de distribution. Très sensibles, elles sont utilisées comme alarme précoce avant l'apparition des bactéries sulfite-réductrices et des coliformes. Leur développement en grande quantité alerte d'une dégradation de la qualité de l'eau, soit à la source, soit dans le réseau. Environnemental bactéries originale sont comptabilisées à 22°C et incubés pour 72 heures, et bactéries humaines et animales originale sont étudiées à 36°C après 48 heures d'incubation. (Squinazi, 2012)

2.1.3.3. Bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes d'origine gastro-intestinale détectables dans l'eau, décrites comme responsables de maladies, proviennent souvent de matières fécales lors du traitement inapproprié de l'eau potable. (Santé Canada, 2022)

a. *Salmonella* spp

Les Salmonelles sont des entériques Gram négatif, anaérobies facultatives et non sporulées appartenant à la famille *Enterobacteriaceae*. Elles sont elles-mêmes à mobilité généralement fournie par des flagelles péritriches, à l'exception de quelques espèces comme *S. Gallinarum* et *S. Pullorum*. Les Salmonelles peuvent se développer dans un grand éventail de conditions environnementales, avec des températures comprises entre 7 et 48 °C et une plage idéale de pH 6,5-7,5. Ils sont sensibles à la température et peuvent être éliminés en réduisant la température à 60 °C par pasteurisation pendant 15 à 20 minutes. (Abatcha *et al.*, 2020)

b. *Campylobacter* spp

Le genre *Campylobacter* (classe : *Epsilonproteobacteria*) regroupe plus de 30 espèces identifiées, dont seules quelques-unes sont pathogènes pour l'humain. Ces bactéries à Gram négatif sont mobiles et présentent une forme de bâtonnets incurvés ou spiralés. Elles sont exigeantes et microaérophiles, nécessitant de faibles concentrations d'oxygène pour se développer. Leur croissance s'effectue entre 30 et 45 °C, avec une température optimale située entre 40 et 42 °C. (Santé Canada, 2022)

c. *Pseudomonas aeruginosa*

C'est une bactérie mobile avec un flagelle monotriche polaire et de nature mésophile qui se développe entre 4°C et 45°C, avec une croissance optimale entre 30 et 37°C. Strictement aérobie, c'est une bactérie avec un métabolisme oxydatif. Elle peut survivre en milieu très varié, notamment en milieu humide, où l'on peut la retrouver aux dépens des saprophytes, mais également dans le tube digestif et la peau de mammifères, son portage augmentant avec la durée d'hospitalisation. (Chaker, 2012)

d. Les shigelles

Les shigelles sont des entérobactéries de type Gram négatif. La transmission s'effectue principalement par voie féco-orale, soit directement par contact avec des personnes infectées ou des porteurs asymptomatiques principalement via le manuportage, soit indirectement par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés par les selles. (Aubry et Gaüzère, 2023)

2.2. Maladies d'origine hydrique liée aux bactéries

Les maladies hydriques, également appelées maladies d'origine hydrique (water borne diseases), sont des infections causées par l'ingestion d'eau contaminée par des microorganismes pathogènes, souvent issus de matières fécales. Elles peuvent être d'origine bactérienne, comme la fièvre typhoïde, la fièvre paratyphoïde, la shigellose et le choléra ; parasitaire, incluant les helminthiases, l'amibiase, la giardiose, les coccidies, les microsporidies et la cryptosporidiose ; ou virale, avec des pathologies telles que les hépatites A et E, la poliomyélite et certaines formes de méningites. (Brice *et al.*, 2021)

2.2.1. Choléra

La maladie infectieuse cholérique est attribuée à un germe dont l'agent responsable est la bactérie *Vibrio cholerae* se transmet par voie fécale des malades par l'eau ou des aliments contaminés. Les maladies cholériques non traitées, infections intestinales aiguës d'origine bactérienne, entraînent déshydratation qualifiée de sévère comme en ayant la possibilité de devenir mortelle. La prévention passe par le droit à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène au moment de l'alimentation d'une part ; par la vaccination d'autre part. (Rostant, 2022)

2.2.2. Fièvre Typhoïde

La fièvre typhoïde est une infection d'origine bactérienne due à *Salmonella typhi*, surtout par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par des matières fécales. L'homme est le seul réservoir de cette infection. La prévention repose sur la vaccination, l'hygiène personnelle et l'hygiène alimentaire et de l'eau .(Greenaway *et al.*, 2014)

2.2.3. Shigellose

La shigellose est une infection bactérienne entérique causée par *Shigella*, transmise par voie féco-orale. Elle constitue un problème de santé majeur dans les pays en développement en raison de facteurs tels que le manque d'accès à l'eau potable, les mauvaises conditions d'hygiène et la malnutrition.(Benamrouche *et al.*, 2022)

2.3. Préparations traditionnelles pour la conservation et traitement de l'eau

Les techniques traditionnelles de conservation et traitement des eaux, la conservation traditionnelle de l'eau destinée à la consommation humaine recouvre les pratiques anciennes et naturelles visant à conserver et à conserver l'eau tout en limitant les risques de contamination (Rajaonary et Grondin, 2018). Voici quelques-unes des méthodes :

2.3.1 Stockage dans des récipients appropriés

L'eau est généralement entreposée dans des récipients en céramique, en terre cuite ou en métal. Ces matériaux permettent un meilleur maintien de la fraîcheur et de la pureté de l'eau.(Reed, 2015)

2.3.2. Utilisation des plantes purificatrices

Certaines plantes, comme :

- Recours à des plantes purificatrices Certaines plantes telles que le *Moringa oleifera*, par exemple, sont coagulantes. Les graines de Moringa, broyées, peuvent être ajoutées à de l'eau trouble pour éliminer les particules en suspension et faire diminuer la turbidité. Après sédimentation, l'eau devient plus claire et donc moins risquée pour la consommation.(Rajaonary et Grondin, 2018)

2.3.3. Filtration

La filtration permet d'éliminer, grâce à un milieu poreux, les corps solides (ainsi que les microorganismes) qui dépassent des dimensions qui sont celles des pores filtrants d'une filtration (une taille de l'ordre du nano ou du micromètre généralement). Par cette voie, elle améliore la qualité physique et microbiologique de l'eau. **(Rajaonary et Grondin, 2018):**

a. Le tamisage

La filtration permet d'éliminer, grâce à un milieu poreux, les corps solides (ainsi que les microorganismes) qui dépassent des dimensions qui sont celles des pores filtrants d'une filtration (une taille de l'ordre du nano ou du micromètre généralement). Par cette voie, elle améliore la qualité physique et microbiologique de l'eau.**(Rajaonary et Grondin, 2018)**

b. La filtration sur sable

La filtration sur sable est un procédé d'épuration où l'eau circule à travers un lit de sable, retenant les particules et les micro-organismes qui sont présents, dans lequel se forme en surface une couche biologique (biofilm) qui intervient dans les processus d'élimination des contaminants.**(Rajaonary et Grondin, 2018)**

2.3.4. Désinfection

La désinfection vise à éliminer les organismes pathogènes dans l'eau, utilisée comme boisson, afin de la rendre potable et exempte de tout danger en cas de consommation.**(Reed, 2013)**

a. Bouillir l'eau

Faire bouillir l'eau est un moyen efficace de détruire la plupart des pathogènes, une majorité d'entre eux étant détruite à partir de 70 °C. Cette technique, simple et maîtrisable assure une désinfection optimale en seulement quelques minutes d'ébullition. Sa mise en œuvre peut cependant se révéler délicate à cause du prix ou de la rareté des combustibles requis : bois, charbon, gaz.**(Désille, 2012)**

b. Distillation solaire

Purifie l'eau en l'évaporant grâce à l'énergie solaire, puis en la condensant, élimine ainsi pureté et agents pathogènes. Les différents modèles sont les suivants : la boîte solaire et cône solaire, caractérisés par leurs surfaces de condensation. **(Rajaonary et Grondin, 2018)**

Partie

Expérimentale

Chapitre 03

Matériel et méthodes

3.1. Présentation générale sur la région de Biskra

Présentation générale sur la wilaya de Biskra (en bleu clair) : Etendue setback 80 km en 2018 à 25 km pour économie d'EAU, dans une grande zone SUD-EST ALAZ. La wilaya de Biskra est située dans le sud-est algérien au sein d'une région géographique stratégique à savoir dans le sud-est algérien près de la Wilaya de Batna au nord, Khenchela à l'est, M'sila et Ouled Jalal à l'ouest, et El Oued et El Mughayer au sud, elle se trouve entre 4° à 6°E de longitude et 33° à 35° de latitude.

La position géographique de Biskra en a fait à la fois un pôle de transit entre l'Atlas saharien au nord et la mer de dunes au sud. Elle constitue également une tête de pont sur l'axe est-sud-est algérien à l'expression piscicole sous des formes géomorphologiques, qui comptent, sans exception, l'extension de presque toutes les formes géomorphologiques du pays. Selon les climatologues, est connu pour ses « quatre zones naturelles de reliefs » : les montagnes, les plateaux, les plaines et enfin les dépressions géographiques (chotts et de quelques lacs). Les montagnes constituent une partie de l'Atlas saharien qui couvre le nord de Biskra avec la densité de son réseau hydrographique avec ses cours d'eaux alimentant les principales et grandes vallées : Oued Djedi, Oued Biskra et Oued Al Arab et Oued Al Abyudh . . . ect .(Badreddine, 2024)

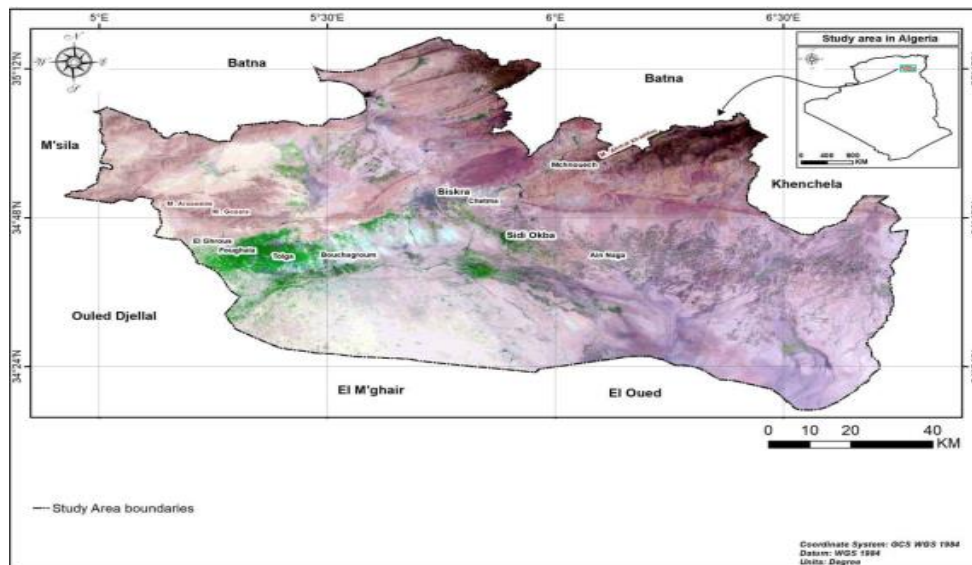


Figure3. Carte de situation géographique de la wilaya de Biskra. (Badreddine, 2024)

3.2. Description et localisation de site d'échantillonnage

La zone d'étude est située au Nord de la ville BISKRA à 50 km et au sud du massif des Aurès à 80 km de Batna. Localisée à la localité d'El-Kantara à la latitude $35^{\circ} 13'$ et $35^{\circ} 00'$; longitude $5^{\circ} 42'$ et $5^{\circ} 37'$ (Nora *et al.*, 2012; Abida et Abdou, 2019) Elle présente un climat steppique avec des tendances sahariennes.... avec une saison sèche allant du mois de Mars au mois de Novembre. Le cumul de pluie moyen annuel ne dépasse guère les 260 mm et le bilan hydrologique remet en cause l'aspect mensuel car il peut être déficitaire mais excédentaire à l'échelle journalier (Abderrahmane et Djawhar, 2013) .L'étude a été menée sur l'eau de puits à côté de l'Oued Bou biada.

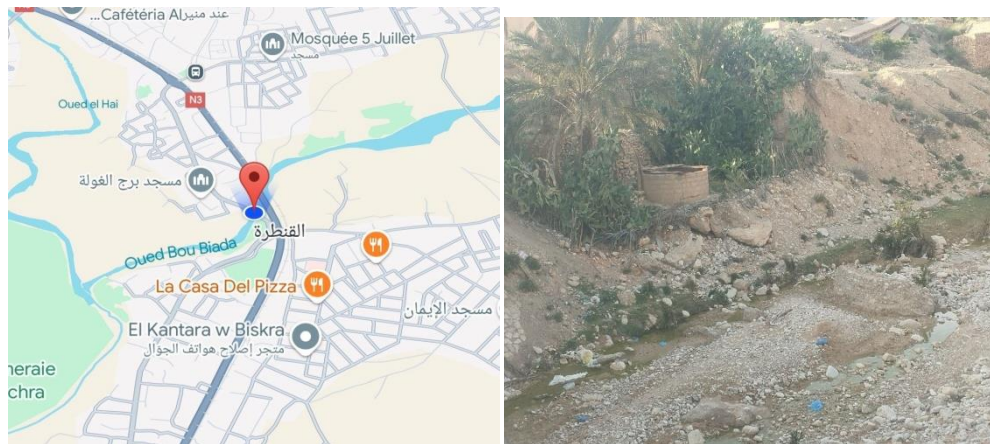


Figure 4. Situation géographique de la zone d'étude.

3.3. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate qui exige une grande attention. Pour cela, il doit répondre aux conditions suivantes :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs
- Les échantillons doivent être prélevés, conservés et transportés dans des flacons stérilisés appropriés si c'est une analyse bactériologique
- La quantité prélevée doit être la même que nécessaire pour permettre une analyse approfondie
- Toutes les informations pertinentes concernant les échantillons doivent être précises, et le flacon doit être correctement étiqueté pour éviter toute erreur. (Rodier *et al.*, 2009)

Nous avons collecté les échantillons d'eau nécessaires à l'examen bactériologique dans des flacons en verre de 250 ml. Le flacon est ouvert et placé dans la source en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Le flacon est retiré une fois plein et le cordon est coupé, après quoi il est fermé dans des conditions d'asepsie strictes. Les échantillons sont conservés dans ces conditions jusqu'au moment de l'analyse, qui doit être réalisée dans un délai de 6 à 12 heures. Les flacons sont lavés délicatement avant utilisation, rincés à l'eau distillée, puis stérilisés. Cette procédure est adoptée selon le protocole développé par **(Larpent, 1997)**

3.4. Transport des échantillons

L'échantillon d'eau présente des caractéristiques microbiologiques, physiques et chimiques qui sont fonction de son stockage. Pour éviter que ces modifications n'altèrent la qualité des analyses, il convient que les échantillons prélevés pour les analyses microbiologiques soient analysés dans les 24 heures suivant leur prélèvement. Lorsque le kit est portable sur le terrain, l'analyse pourra être menée dans l'heure suivant le prélèvement. Mais quand le transport des échantillons jusqu'au laboratoire sera requis, le délai « d'analyse rapide » est souvent hors portée. Leur stockage et transport doit être rigoureux pour conserver les conditions dans lesquelles ils ont été prélevés, pour rester représentatif de la source d'eau analysée idéalement à une température de stockage comprise entre 4°C et 8°C (39°F – 46°F).**(Lu, 2022)**

3.5. Analyses Bactériologiques

Analyses Bactériologiques Il s'agit donc de rechercher et dénombrer principalement les germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium sulfito-réducteurs. Il est à noter que la fiabilité des résultats dépend de la qualité du prélèvement qui doit être réalisé dans un récipient stérile, selon une procédure stricte afin d'éviter toute contamination accidentelle et de transporter dans des conditions appropriées et d'analyser rapidement ou de conserver temporairement dans des conditions optimales. L'identification et le nombre des germes pathogènes dans les eaux usées brutes et traitées ont été effectuées selon une méthode liquide.**(Ounoki et Achour, 2014)**

3.5.1. Préparation des dilutions

On prélève dans un flacon 10 ml de l'eau à analyser que l'on place dans un tube à essai à l'aide d'une pipette stérile. On prélève du tube contenant l'eau à analyser 1ml que l'on place dans un des

tubes contenant les 09 ml de l'eau distillée, on homogénéise la solution, puis on prélève 1 ml de ce tube pour le mettre dans un troisième tube... ect . (Rodier, 2009)

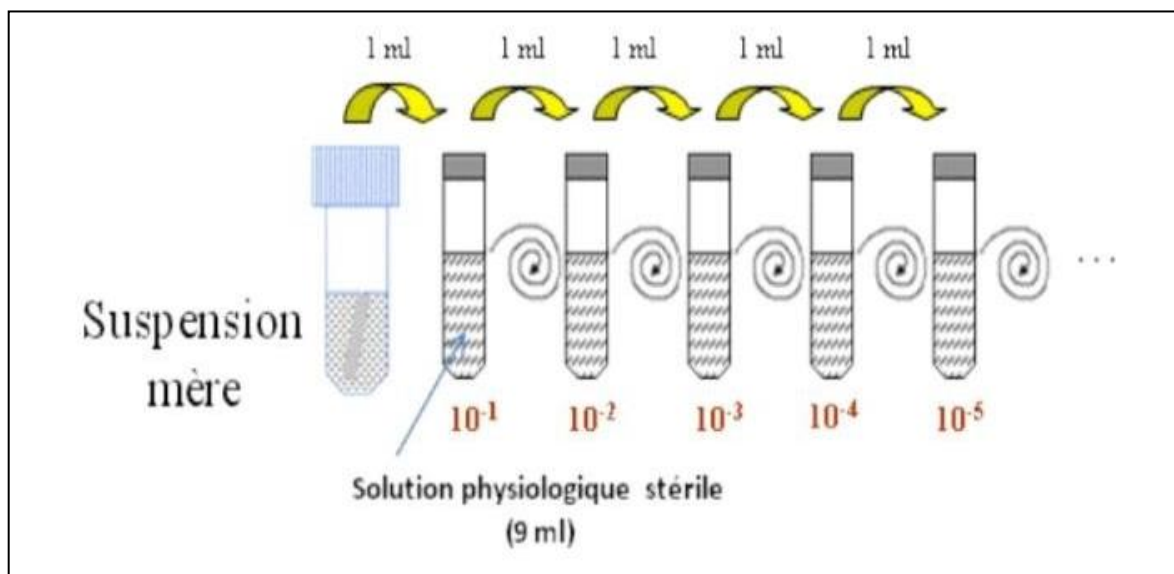


Figure 5. Préparation des dilutions décimales

3.5.2. Recherche et dénombrement des germes totaux (Les germes revivifiâbles)

La recherche et le dénombrement des germes revivifiâbles sont effectués à deux températures différentes afin de cibler spécifiquement les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les micro-organismes mésophiles (37 °C).

Le milieu de culture utilisé est la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA), fondue puis refroidie à 45 ± 2 °C. Prendre 1 ml d'eau analyse sont préparées et ensemencées en double dans des boîtes de Pétri.

Après ensemencement, les boîtes sont réparties en deux séries distinctes :

- La première série est incubée à 22 ± 2 °C pendant 68 ± 4 heures.

- La seconde série est incubée à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

Enfin, le nombre (N) de micro-organismes revivifiâbles est calculé séparément pour chaque température pour chaque température. (Rodier, 2005; Labres et Mouffok, 2008)

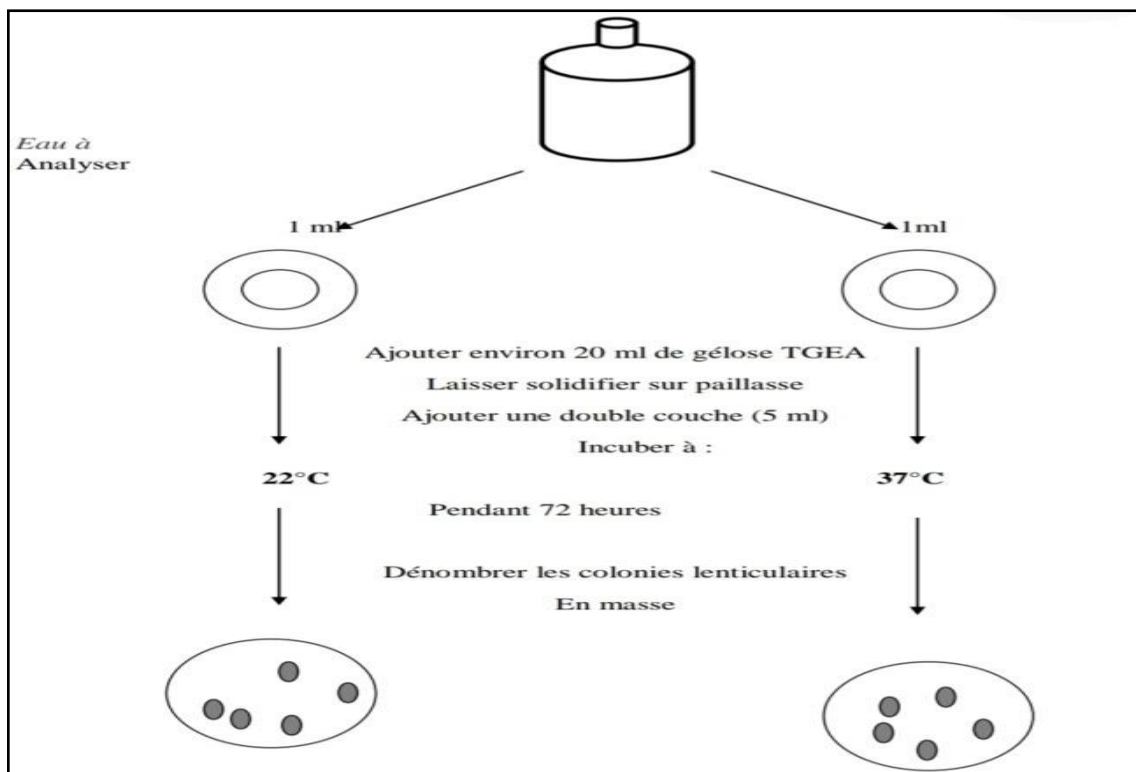


Figure 6. Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes totaux.

3.5.3. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux (themotolérants)

Les coliformes fécaux, qui sont aussi appelés coliformes thermotolérants, partagent les mêmes caractéristiques de morphologie biologique avec le coliforme, à la seule différence que leur fermentation du lactose est assurée à 44 °C. L'espèce la plus étudiée dans ce groupe est *Escherichia coli* qui est la seule espèce qui synthétise de l'indole à partir du tryptophane au cours d'une culture réalisée à 42 °C.

✚ Test de présomption

Pour le test de présomption nous utiliserons du bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL). Chaque tube est fermé à l'aide d'une cloche de Durham pour s'assurer qu'il y ait une éventuelle production de gaz :

- Prendre 3 tubes du milieu BCPL S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-1}
- Prendre 3 tubes du milieu BCPL S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-2}

- Prendre 3 tubes du milieu BCPL S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-3} . (El Hadi, 2015)

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et mélanger bien le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. **(Rejsek, 2002)**

❖ Lecture

Les tubes seront considérés comme positifs (+) si l'une des deux situations suivantes se produisent :

-si fermentation du lactose (coloration jaunâtre) avec production de gaz à 37 °C, cet échantillon comprend au moins un coliforme dans le tube initial.

- si fermentation du lactose avec production de gaz à 44 °C mais pas d'indole, cet échantillon comprend au moins un coliforme thermotolérant dans le tube initial.

- si fermentation du lactose avec production de gaz à 44 °C et production d'indole, cet échantillon comprend au moins *Escherichia coli* dans le tube initial.

✚ Test de confirmation :

Pour chaque tube de BCPL positif procéder ainsi :

- Recherche des coliformes thermotolérants : Ensemencer deux à trois gouttes dans un tube de milieu Schubert et/ou eau peptonnée exempte d'indole, dans une cloche de Durham. Incuber à 44°C ± 0,5°C pendant 24 à 48 heures.

-Mise en évidence de la production d'indole (indicateur possible d'*E. coli* Ajouter du réactif de Kovacs dans le tube de milieu Schubert ou eau peptonnée après incubation. La production d'indole se manifeste par l'apparition d'un anneau rouge à la surface du tube.

❖ Lecture

Seront considérés comme positifs(+) les tubes présentant à la fois :

-Dégagement du gaz (au-dessus du 1/10 de la hauteur de la cloche)

Lecture finale est également effectuée selon la table NPP **(Rejsek, 2002)**

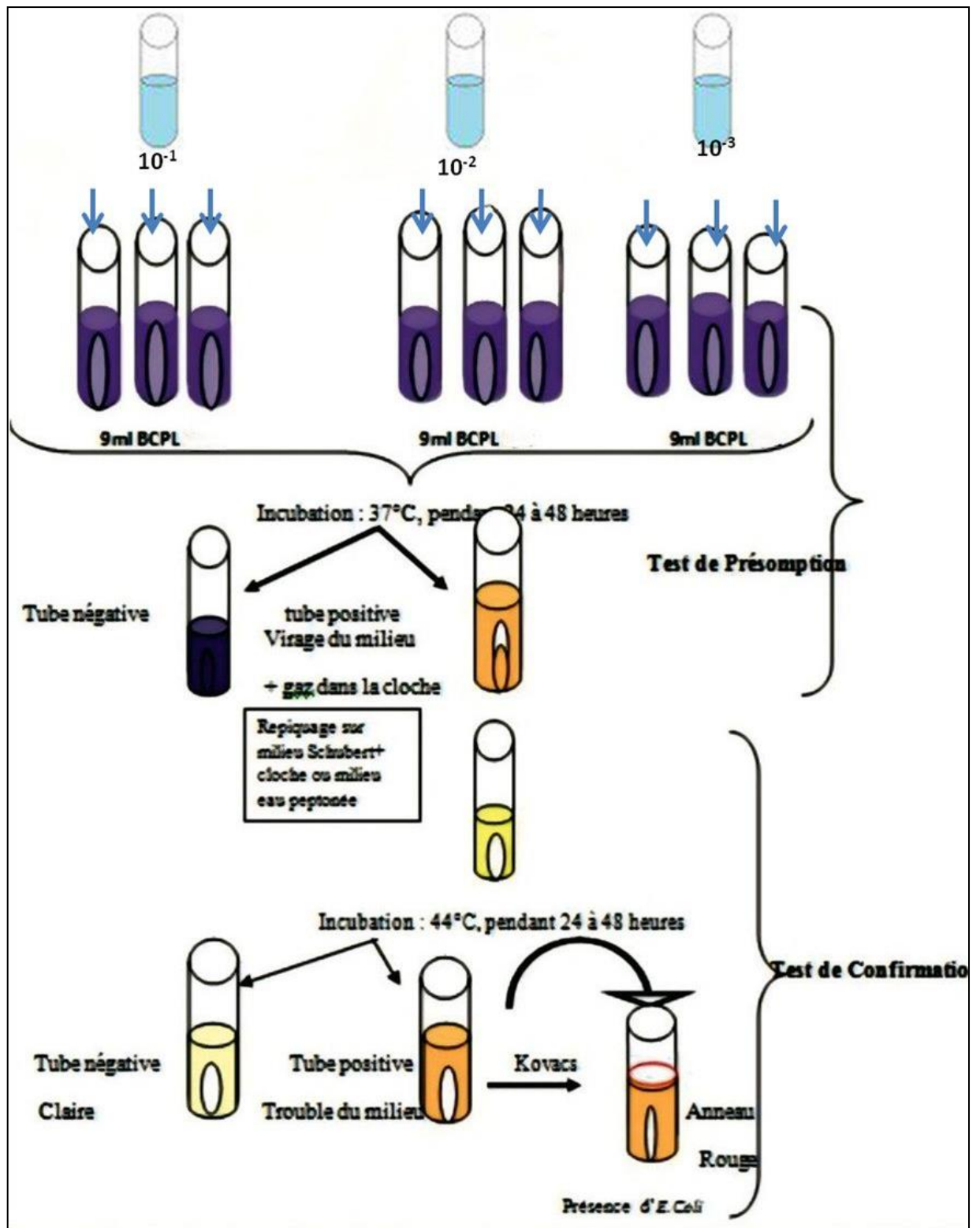


Figure 7. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermotolérantes.

3.5.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D se reconnaissent par leur morphologie (coques en chainettes), leur caractère Gram+, leur catalase négative ainsi que leur antigène de groupe D (polyoside C pariétal). Ils sont considérés comme un témoin de contamination fécale et leur recherche et dénombrement sont réalisés par colimétrie en milieu liquide (Schéma 8) en deux tests consécutifs :

- Test présomptif : réservé à la présomption de recherche de streptocoques.
- Test confirmatif : réservé à la confirmation réelle des streptocoques du groupe D.

Les milieux utilisés sont.

- Le milieu de Rothe (pour le test présomptif) contenant comme agent sélectif l'azide de sodium (inhibiteur de flore secondaire Gram négatif).

- Le milieu d'Eva-Litsky (pour le test confirmatif) contenant en plus de l'azide de sodium une faible concentration de cristal violet freinant le développement des bactéries Gram positif. (Rejsek, 2002)

Test présomptif

- Agiter vigoureusement l'échantillon et réaliser immédiatement des dilutions successives (jusqu'à 10^{-6})

- Prendre 3 tubes du milieu Rothe S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-1}

- Prendre 3 tubes du milieu Rothe S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-2}

- Prendre 3 tubes du milieu Rothe S/C et transférer dans chacun 1 ml de la dilution 10^{-3}

- Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures. (El Hadi, 2015)

❖ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront susceptibles de contenir des streptocoques fécaux, doivent subir un test confirmatif.

Test confirmatif

- Les tubes de Rothe positifs dans le test de présomption subiront un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY.

- Incubation à 44°C, entre 24 h et 48 h.

❖ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés positifs, car ils confirment la présence de streptocoques fécaux ; parfois la culture s'agglutine au fond du tube et fixe le colorant en se transformant en pastille violette (ou blanchâtre). (Rejsek, 2002)

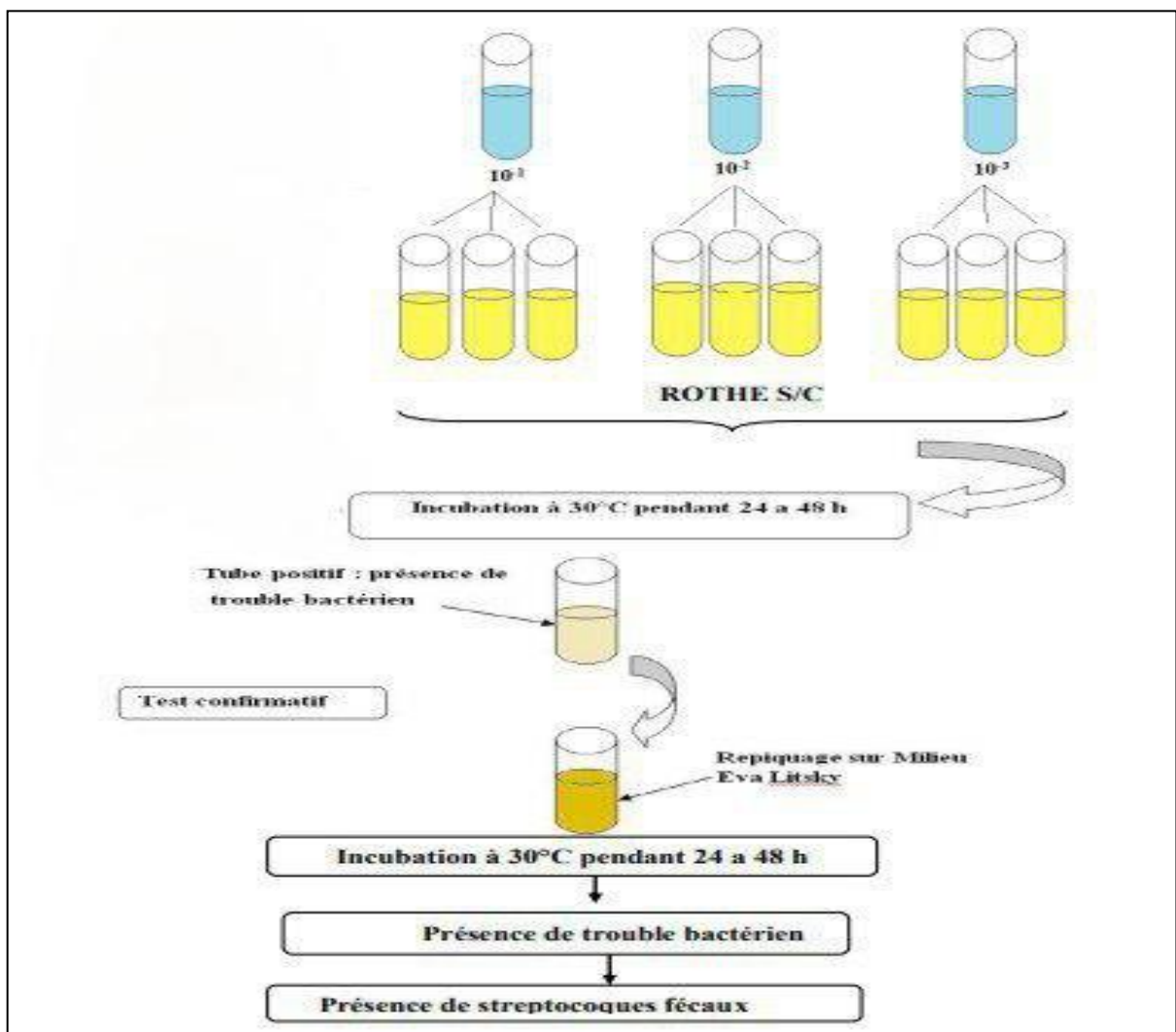


Figure 8. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux.

3.5.5. Recherche et dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs(ASR)

Les bactéries *anaérobies* sulfito-réductrices (ASR) se présentent comme des bactéries à Gram positif qui se développent en 24 à 48 heures sur une Viande-Foie Gelose (VF) produisant des colonies typiques qui réduisent le sulfite de sodium (Na_2SO_3) présent dans le milieu en soufre qui en présence de fer ferreux (Fe^{+2}) donne du FeS (sulfure ferrique) de couleur noire. Les spores ASR se forment généralement révélateur de contamination ancienne.. (Rejsek, 2002)

Mode opératoire (Schéma 9)

En se basant sur l'analyse de l'eau :

- Transférer d'environ 25 ml dans un tube stérile qui sera ensuite soumis à un chauffage de l'ordre à 80°C pendant 10 minutes, dans la perspective de détruire toutes les formes végétatives éventuellement présentes.
- Une fois chauffé, refroidir immédiatement le flacon d'analyse sous l'eau du robinet.
- Transvaser ensuite le contenu de ce flacon dans 5 tubes stériles et distincts, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 15 ml de gélose Viande-Foie, fondue et additionnée de ses additifs spécifiques (alun de fer et sulfite de sodium).
- Mélanger délicatement le milieu et l'inoculum en évitant l'introduction de bulles d'air et d'oxygène.
- Laisser solidifier sur pailasse pendant environ 30 minutes, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

- Regarder comme résultant d'une spore de bactérie *anaérobie* sulfito-réductrice toute colonie ayant un halo noir autour d'elle.
- La première lecture doit être faite à 16 heures car bien souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont invasives et si tel est le cas, on sera confronté à un tube totalement noir,
- La deuxième lecture sera effectuée à 24 heures et la dernière et la troisième à 48 heures.

- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse.
- L'addition des 5 chiffres obtenus, donne le nombre de spores de bactéries sulfito-réductrices contenues dans 25 ml de l'échantillon mère. Le résultat final est exprimé par 100 ml d'eau analysée. (Rejsek, 2002)

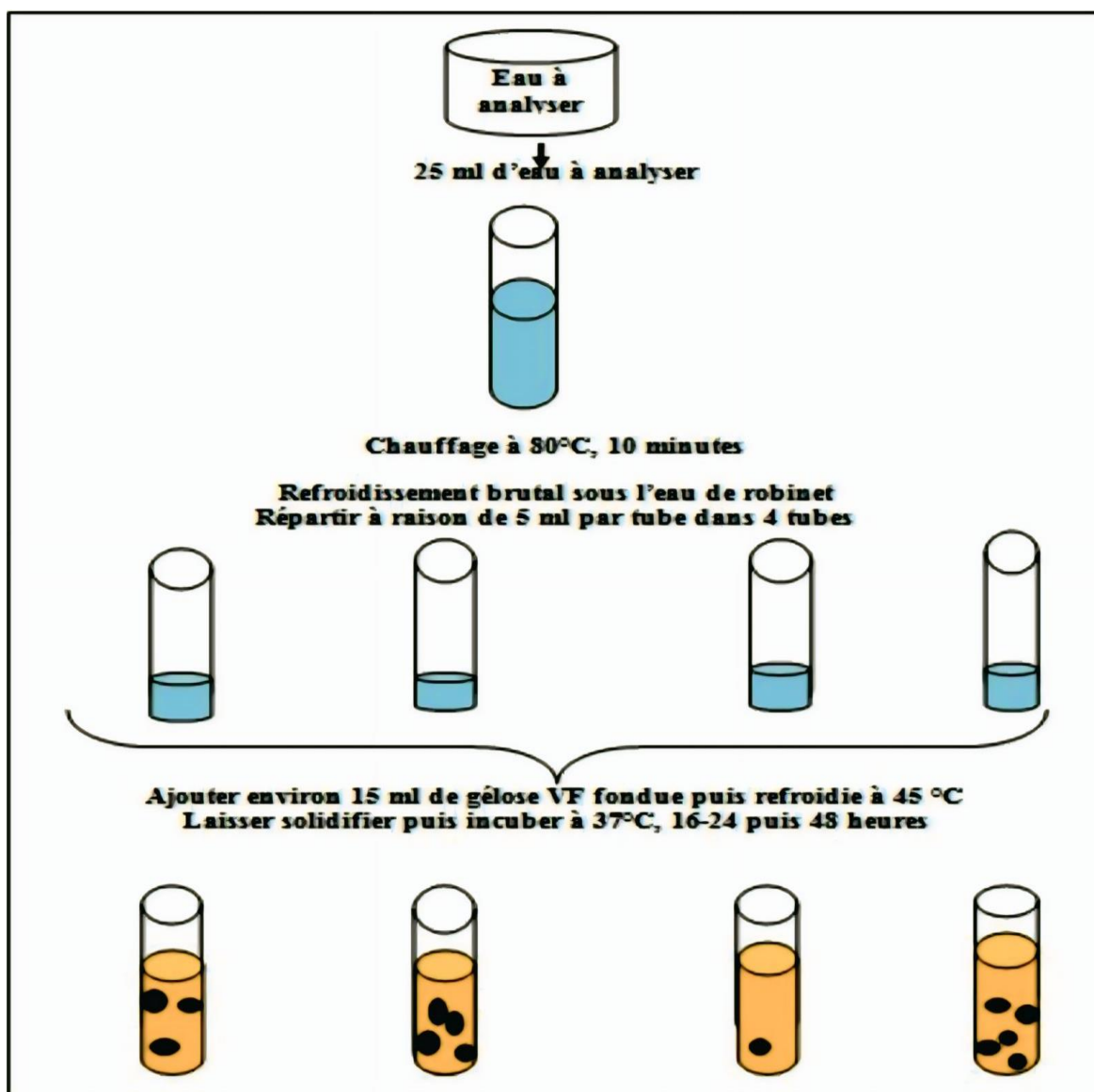


Figure 9. Recherche et de dénombrement des spores des bactéries *anaérobies* sulfite réducteurs.

3.5.6. Isolement et identification des bactéries aquicoles et recherche des germes pathogènes

Selon Rodier *et al.* (2005), la recherche des germes pathogènes n'est pas effectuée à l'étude courante dans les analyses courantes des eaux, elle est un enjeu particulier en cas d'enquêtes épidémiologiques. Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à la recherche de quelques germes pathogènes à l'origine d'infections d'origine hydrique, pour évaluer les degrés de contaminations possibles, et éventuellement à considérer la dangerosité des eaux étudiées pour la santé.

3.5.6.1. Entérobactéries

Isolement (Schéma 10)

- **Pré-Enrichissement**

Cette opération est spécifiquement réalisée pour la recherche de salmonelles et de shigelles. Le pré-enrichissement est réalisé sur un milieu péptoné tamponné D/C, distribué à raison de 100 ml par flacon. Ce dernier sera ensuite ensemencé avec 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures. **(Larpen, 1997)**

- **Enrichissement**

À partir de pré-enrichissement, inoculer un bouillon Sélénite-Cystéine avec une quantité d'échantillon équivalente à 1/10 de celle du bouillon (par exemple, 1 ml d'eau pour 10 ml de bouillon Sélénite). L'incubation est alors réalisée à 37 °C pendant 24 h. **(Larpen, 1997)**

Isolement sélectif

Deux milieux de culture sont utilisés :

- La gélose Mac Conkey : milieu sélectif pour les *Entérobactéries* en général, elle permet l'élimination de la flore secondaire grâce à l'action de deux inhibiteurs : le cristal violet (inhibiteur de la flore Gram positive) et les sels biliaires (sélection des *Entérobactéries*).

- La gélose Hektoen : c'est le milieu de choix pour l'isolement des *Entérobactéries* pathogènes. Ce milieu permet une première orientation quant à l'identification de l'espèce isolée sur la base de l'attaque de trois glucides : lactose, salicine et saccharose. Une différenciation supplémentaire (présence de thiosulfate et de citrate de fer dans le milieu) qui se traduit par des colonies à centre noir dû à la formation de sulfure de fer. **(Larpen, 1997)**

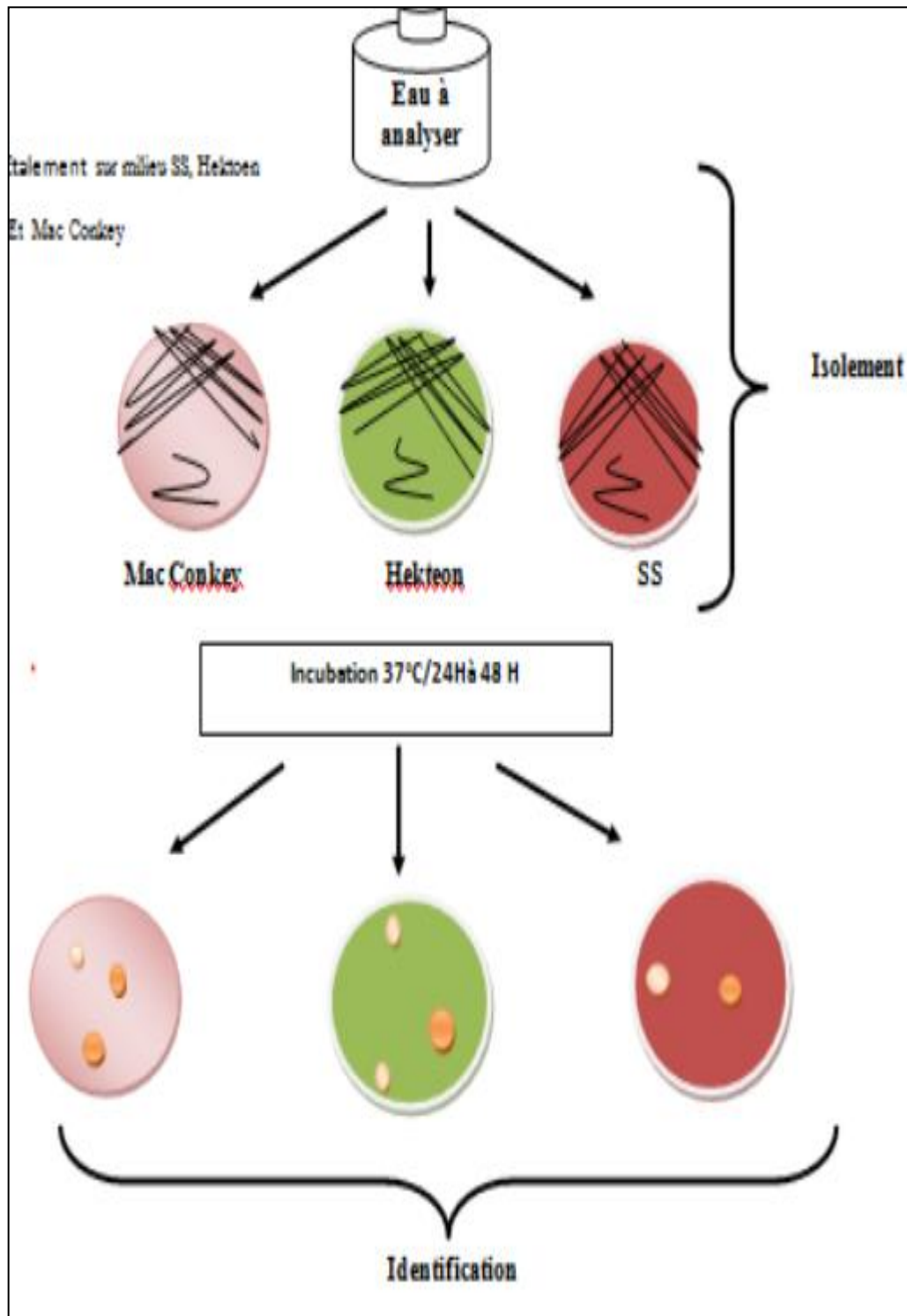


Figure 10. Isolement des entérobactéries pathogènes.

Tableau 3. Milieux utilisés pour l'enrichissement et l'isolement ainsi que les conditions d'incubation des différents germes dans les échantillons d'eau : (Guiraud, 2003; Rodier *et al.*, 2005)

Milieu d'isolement	Conditions d'incubation	Aspects des colonies	Bactéries suspectes
Mac Conkey	18-24h à 37°C	-Grandes, rouges. - Incolores, transparentes. - Grandes, roses, visqueuses .	- <i>Escherichia coli</i> . - <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> et autres. - <i>Enterobacter</i> , <i>Klebsiella</i> .
Hektoen	18-24h à 37°C	- Jaunes Saumons sans centre noir. - jaunes saumon à centre noir. - vertes ou bleuâtres sans centre noir. - vertes bleuâtres à centre noir.	- Coliformes, <i>Serratia</i> , <i>Arizona</i> , <i>Levinea</i> , <i>Yersinia</i> . - <i>Citrobacterfreundii</i> , <i>Proteus vulgaris</i> - <i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i> à H ₂ S (-), <i>Providentia</i> , <i>Proteus morganii</i> , <i>Proteus rettgeri</i> . - <i>Salmonella</i> , <i>Proteus mirabilis</i> .

3.5.6.2. *Staphylococcus aureus*

Ce sont des bactéries à Gram positif, immobiles, généralement regroupées en masses disposées sur un plan irrégulier. *Staphylococcus aureus* est un germe pyogène responsable de la plupart des infections suppurées de la peau et des muqueuses. (Rodier *et al.*, 2005).

- **Isolement (Schéma 11)**

- Le staphylocoque sélectif isolement a été obtenu sur la gélose Chapman en suivant la méthodologie de Rodier *et al.* (2005). La gélose Chapman met en déploiement un inhibiteur, forte

concentration en chlorure de sodium (75 g.L⁻¹), qui autorise un staphylocoque sélectif isolement de *Staphylococcus* tolérant les fortes concentrations en NaCl.

- L'ensemencement ne peut être que massif, en stries serrées, à l'inondation. La fermentation du mannitol se marque par le virage au jaune de l'indicateur coloré, le rouge de phénol, vers les colonies.

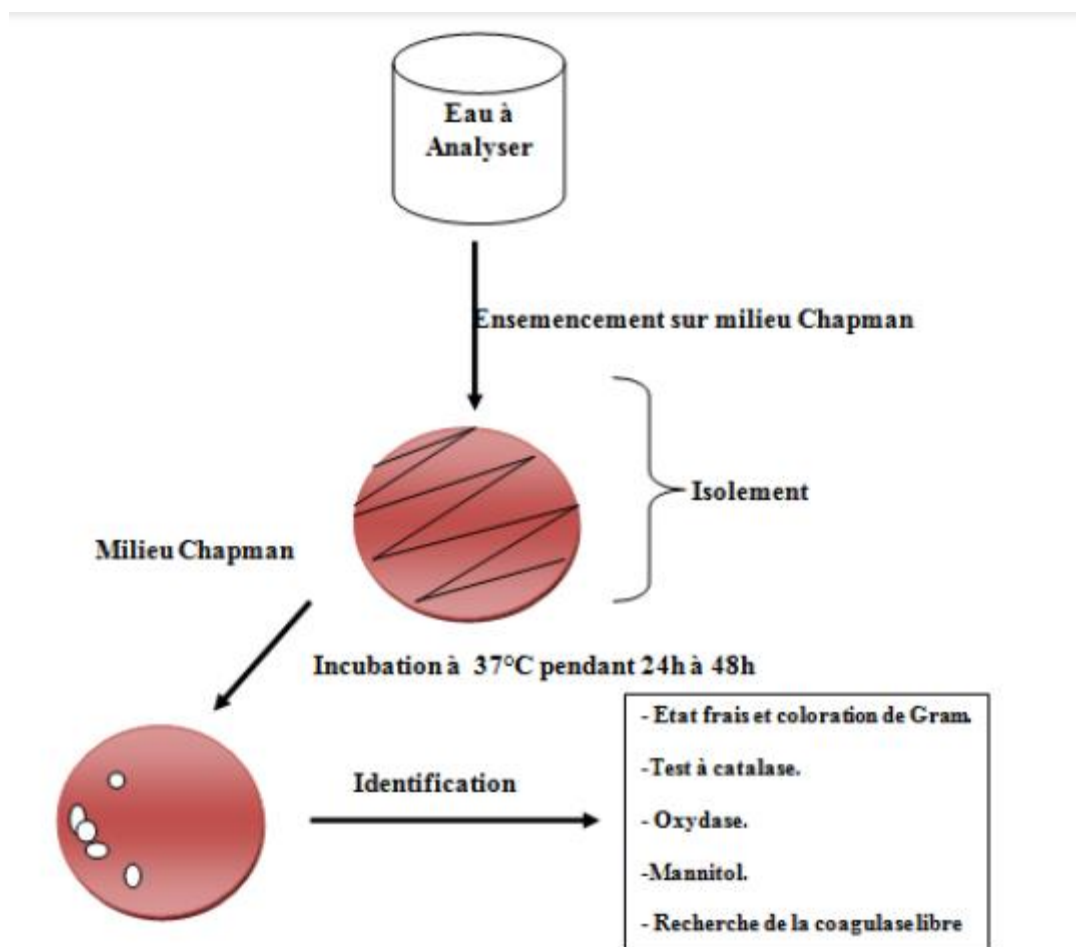


Figure 11. Isolement et identification des staphylocoques pathogènes.

3.5.6.3. Tests d'identifications complémentaires de l'analyse bactériologique

- **Examen macroscopique**

À l'œil nu, on peut distinguer les caractéristiques d'une colonie : la forme du relief, la taille, la couleur, l'aspect (collant, filamenteux...), l'odeur, la transparence, et l'allure des contours (Guiraud J. , 2003). L'aspect des colonies suspectes des Entérobactéries sur chaque milieu de culture utilisé est représenté dans le tableau 3.

- **Examen microscopique**

- **Etat frais**

L'examen microscopique à l'état frais permet d'apprécier à la fois la forme, le mode de regroupement et la mobilité des bactéries isolées. (**Prescott *et al.*, 1999**)

- **Technique**

- Déposer une goutte d'eau physiologique stérile sur une lame.
- Prélever à l'aide d'une anse de platine une fraction de la colonie sur milieu gélosé.
- Effectuer une suspension homogène dans la goutte d'eau physiologique en incorporant l'inoculum.

-Recouvrir d'une lamelle en évitant la formation de bulle d'air. L'observation s'effectue à faible luminosité à l'objectif X10 puis X40. (**Guiraud J. , 2003**)

- **Coloration de Gram**

Cette coloration aide à déterminer deux grands groupes appelés Gram positif et Gram négatif. Elle nous permet aussi de connaître la morphologie et le mode de regroupement des bactéries (**Rejsek, 2002**).

- **Technique**

La coloration de Gram ou coloration différentielle s'effectue de la manière suivante :

- C'est la coloration de référence en bactériologie. Elle est réalisée comme suit et le résultat obtenu à chaque étape est. (**François, 2016**)

1. Fixer le frottis à la chaleur puis à l'alcool.
2. Recouvrir la lame de violet de gentiane pendant 1 minute.
3. Rejeter le violet de gentiane.
4. Recouvrir la lame de lugol pendant 1 minute.
5. Rejeter le lugol.
6. Décolorer à l'alcool en inclinant la lame jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule devienne clair.

7. Stopper la décoloration par un lavage à l'eau.
8. Recouvrir la lame de fuchsine diluée pendant 30 secondes à 1 minute.
9. Laver à l'eau.
10. Sécher entre deux feuilles de papier filtre, puis à la chaleur.
11. Examiner à l'immersion.

❖ Lecture

Les bactéries Gram positif sont bien colorées en violet alors que les bactéries Gram négatif sont bien colorées en rose. (Prescott *et al.*, 1999)

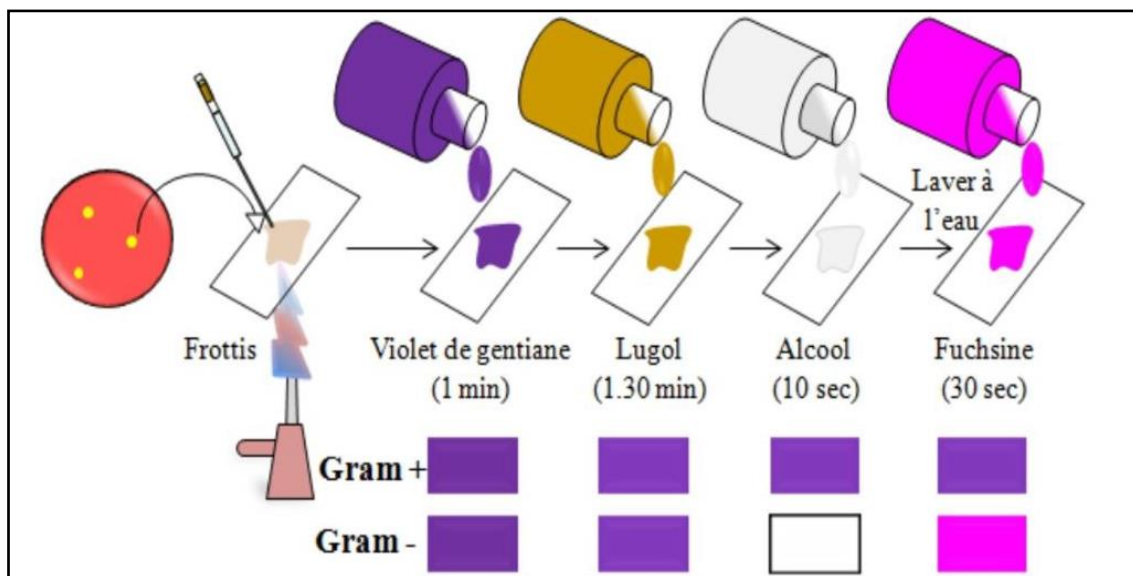


Figure 12. Procédure de la coloration de Gram.

- Tests enzymatiques
 - Recherche de catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. Elle décompose l'eau oxygénée formée, en eau et en oxygène qui se dégage. La réaction catalysée est la suivante :



Cette enzyme est mise en évidence par l'émulsion de la suspension bactérienne dans une goutte d'eau oxygénée à 10 volumes sur une lame. Le dégagement de bulles de gaz indique la présence de la catalase. (Khatoon *et al*, 2022)

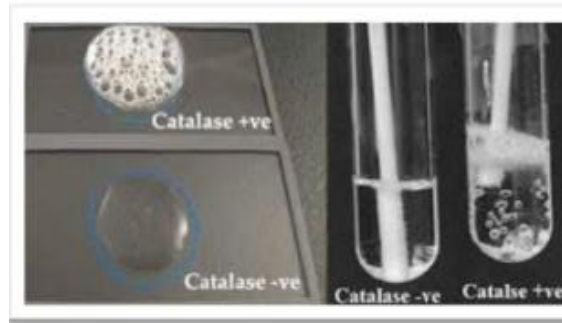


Figure 13.L'enzyme catalase.

- **Test de la coagulase libre**

- **Principe**

Ce test consiste à mettre en évidence que les souches de *S. aureus* sont capables de coaguler le plasma humain ou de lapin. (Singleton, 2005)

- **Technique**

Après incubation, prendre aseptiquement une demi-colonie dans un tube stérile à teneur en hémolyse 0,3 ml de plasma de lapin (ou humain), et incuber de nouveau à 36 ± 2 °C pendant 2 à 6 h. Tester la coagulation du plasma de lapin autrement ré-incuber et tester de nouveau à 20 ± 4 heures.

- ❖ **Lecture**

La réaction est considérée comme positive lors de la formation d'un coagulum qui se traduit par la coagulation du plasma, intervienne avant 24h. (Labres et Mouffok, 2008)

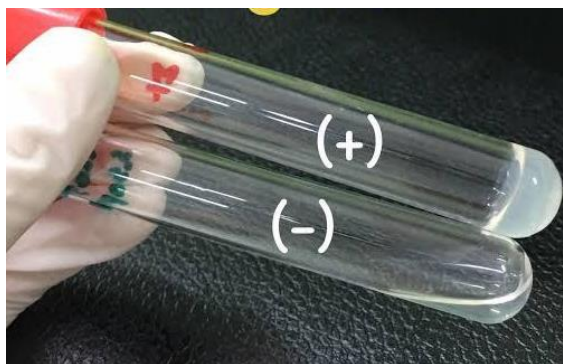


Figure 14.Exemple d'un test coagulase.

3.6. Généralité

La préservation de l'eau potable est indispensable pour la santé publique et l'environnement, notamment pour réduire la propagation des maladies infectieuses et maintenir la qualité de l'eau. L'histoire a mis en place plusieurs méthodes traditionnelles pour préserver l'eau potable (pots en argile, tonneaux en bois, ajout de charbon de bois, de chaux et de goudron, techniques de filtration, distillation, stockage à froid) qui se fondent sur les ressources naturelles et compétences locales, et qui ont montré leur efficacité à améliorer la qualité et le stockage de l'eau, soulevant ainsi l'impératif de conserver ces méthodes traditionnelles pour les introduire dans des technologies modernes de préservation de l'eau potable.

Un questionnaire réalisé auprès de la majorité des habitants du quartier à montrer que (l'huile de Cade) est le produit le plus souvent et traditionnellement utilisé dans le traitement et la séparation de l'eau potable. Le questionnaire, entre autres, nous montre la méthode efficace traditionnellement utilisée pour conserver l'eau potable. (Annexe 1)

3.7. Répartition géographique des genévriers

Le genévrier *oxycèdre* (*Juniperus oxycedrus*) est une espèce typique du bassin méditerranéen, trouvée du Maroc et du Portugal au Liban, en Syrie, et se continuant vers l'est jusqu'au Kurdistan iranien, en Irak et dans les montagnes du Caucase. On reconnaît en général quatre sous-espèces : *Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus*, la plus commune, occupe les régions côtières et intérieures *macrocarpa*, que l'on trouve principalement sur les côtes de la mer Noire et de la Méditerranée *Juniperus oxycedrus subsp. badia*, présente dans les régions intérieures du nord de l'Algérie et dans la péninsule ibérique et *Juniperus oxycedrus subsp. transtagana*, originaire des plaines et de la côte du centre du Portugal et de la limite sud-ouest de l'Espagne. Serti dans les

climats méditerranéens, ce genévrier apparaît également dans les régions continentales balkaniques et ibériques. Son aire d'extension se trouve entre le niveau de la mer et 2200 m d'altitude, sur des sols secs, peu profonds, et diverses roches de substrat (calcaires, siliceux, serpentines), ainsi que les dunes littorales. En montagne, sa présence dans les prairies indique en général une surexploitation. Les sous-espèces de la côte se développent dans les communautés herbacées ou arbustives littorales, les clairières méditerranéennes de pinèdes (pins d'Alep, de Turquie, parasol ou maritime), alors que les sous-espèces continentales envahissent les maquis, garrigues, forêts sclérophylles (chêne vert, lentisque, charme commun) ou les boisements montagnards humides, en association avec des espèces comme le cèdre du Liban, le pin noir ou d'autres genévriers (*Juniperus foetidissima*, *Juniperus excelsa*). Cette variété d'habitats met à l'évidence son adaptation écologique exceptionnelle. (Vilar *et al*,2016)



Figure 15.Aire de répartition des genévriers en région méditerranéenne. (François *et al.*, 2016)

3.8. Description espèce de *Juniperus oxycedrus*

Juniperus oxycedrus est un arbuste méditerranéen dont les huiles essentielles ont une activité antioxydante, antifongique et antimicrobienne. Principalement composées d' α -pinène, de myrcène et de germacrène-D, ces huiles essentielles sont utilisées comme conservateurs alimentaires et possèdent des propriétés thérapeutiques, notamment antiparasitaires et antileucémiques. La composition chimique de ces huiles est très proche, avec quelques variations géographiques. L' α -pinène est généralement le composé prédominant, responsable de l'activité bactériostatique de l'huile essentielle.(Llorens-Molina *et al.*, 2019)

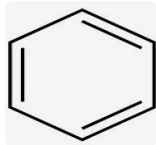


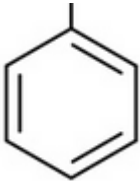
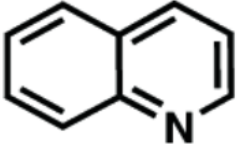
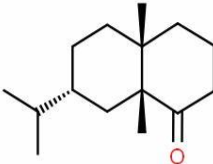
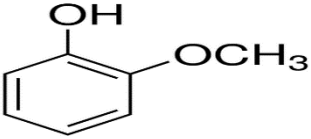
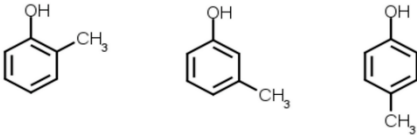
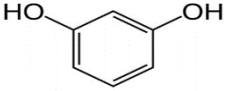
Figure 16. Aspect général d'un arbre de l'espèce *Juniperus oxycedrus* dans la station de Moulay Slisse. (Ouaar *et al.*, 2021)

3.9. Définition de l'huile de cade

L'huile de cade est un liquide homogène et épais, ayant une couleur noire, avec une odeur empyreumatique et puissante. Elle se tire du bois et des branches de (*Juniperus oxycedrus*). Complètement soluble dans de nombreux solvants organiques comme l'éther, l'acide acétique cristallisé, le benzène et le chloroforme, elle contient de 17 à 26 % de phénols, dont environ 12 % de gäïacol. Elle contient également du cadinène, de multiples hydrocarbures et un alcool, le cadinol. Ses antiseptiques et antiparasitaires, largement admis, sont en grande partie dus à sa teneur en phénols. (Achi *et al.*, 2021)

Tableau 4. Structure de quelques composés majoritaires de l'huile de cade. (Hadji, 2023)

Nom	Formule brute	Formule développée
Benzène	C_6H_6	

Toluène	$C_6H_5CH_3$	
Naphtalène	$C_{10}H_8$	
Xylène	$C_6H_4(CH_3)_2$	Mélange de 3 isomères
Cadinol	$C_{15}H_{26}O$	
Guaiacol	$C_7H_8O_2$	
Crésol	C_7H_8O	
Résorcinol	$C_6H_6O_2$	

3.10. Preparation de l'huile de cade

L'huile de cade utilisée dans notre étude a été achetée dans la ville d'El-Kantara et extraite selon la méthode traditionnelle (descensum).

3.10.1. Distillation per descensum

Dans cette méthode, le bois est placé dans une fosse qui devra être portée à une température de fonctionnement d'environ 200 °C à 250°C, permettant de récupérer l'huile s'écoulant du bois sans que cela se produise un phénomène d'évaporation. Le goudron qui s'exsude du bois est ainsi recueilli sous forme liquide à l'extrémité de la fosse dans une cuve. Il s'écoule tout d'abord un liquide aqueux de couleur brun rougeâtre, puis celui-ci devient plus épais et plus foncé. Cette méthode a été utilisée dans les anciens fours. En dernier lieu une décantation d'environ huit jours pouvait permettre de récupérer ou le liquide décanté ou le goudron. (Hadji, 2023)

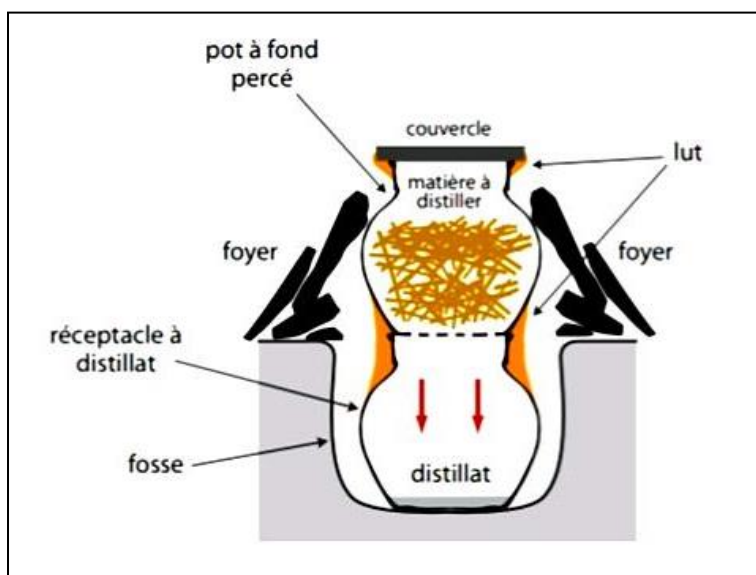


Figure 17. Principe de distillation per descensum. (Thomas et Claude, 2011)

3.11. Propriétés de l'huile de cade

3.11.1. Antioxydants

Les antioxydants sont des molécules qui peuvent retarder ou arrêter l'oxydation des substrats biologiques. Ils améliorent efficacement le rancissement et retardent la peroxydation lipidique, sans dénaturer les qualités sensorielles et nutritionnelles de l'aliment. Leur action permet donc de maintenir la qualité des produits et de les rendre plus durables. par des mécanismes indirects comme la complexation des ions métalliques ou la réduction d'oxygène... etc. (HADJI, 2023)

3.11.2. Antifongiques

Efficace contre les mycotoxines de certains genres de champignons filamenteux comme *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Fusarium*. (Chakroun, 2022)

3.11.3. Anti-biofilms

Contre la formation des biofilms (anti-biofilm), qui est constitué de souches bactériennes *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. (Omari *et al.*, 2018)

3.11.4. Anti-inflammatoires

Ils sont employés pour réduire l'inflammation dans les maladies inflammatoires chroniques comme l'asthme, la polyarthrite rhumatoïde, les maladies inflammatoires de l'intestin et les maladies auto-immunes, toutes caractérisées par une expression accumulée des gènes liés à l'inflammation. (Athamena, 2021)

3.11.5. Anti-bactériennes

Elles sont riches en composés phénoliques tels que l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés présentent une activité antibactérienne intense contre un très grand nombre de bactéries, à savoir *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogene*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus saké*, *Satphylococcus aureus* et *Helicobacter pylori*. (Bounab, 2020)

3.12. Traitement de l'eau de puit par l'huile de Cade et évaluation de son effet

L'eau analysée, issue du puit d'EL-Kantara, a d'abord subi des tests bactériologiques (présomption, dénombrement et confirmation des coliformes fécaux, des dilutions au 10^{-1} et 10^{-2} et 10^{-3} avec de l'eau distillée ont été réalisées, suivies d'une analyse par NPP. Des prélèvements ont été effectués après quelques jours. Parallèlement, un traitement traditionnel a été appliqué : un pot en argile d'un litre a été enduit intérieurement avec 10 ml d'huile de cade (quantité suffisante pour couvrir toute la surface), puis séché au soleil à température ambiante. Une fois préparé, le récipient a été rempli avec 1 litre d'eau contaminée et hermétiquement fermé par un bouchon dans un endroit ombragé. Après 3 jours d'expérience, on vérifie l'efficacité d'huile par méthode de NPP (recherche de germes totaux et fécaux).



Figure 18. Eau de puit traitée par l'huile de Cade.

3.13. Effet antibactérien de l'huile de cade sur *E. coli* et *S. aureus* dans le traitement traditionnel de l'eau

❖ Préparation des échantillons :

- Deux échantillons d'eau traitée sont préparés :
- **Échantillon 1** : Contaminé avec *Escherichia coli* (souche hospitalière).
- **Échantillon 2** : Contaminé avec *Staphylococcus aureus*.

❖ Concentrations d'huile de cade testées :

Le protocole consiste à tester l'effet antibactérien de l'huile de cade aux différentes concentrations (2 mL, 4 mL et 8 mL) dans des récipients en argile. À cet effet, six conteneurs d'argile sont utilisés, répartis en trois groupes par concentration testée (deux conteneurs par bactérie). Tout d'abord, l'intérieur de chaque récipient est enduit de l'huile utilisée, puis laissé à sécher complètement au soleil jusqu'à disparition totale, conformément à la méthode traditionnelle. Une fois les récipients secs, ils sont remplis de 180 ml d'eau contaminée par la bactérie étudiée et scellés hermétiquement à l'aide d'un bouchon. Ensuite, on les laisse reposer pendant trois jours.

3.13.1. Dénombrement et recherche des *Staphylococcus aureus* :

Ensemencement dans un milieu sélectif (Chapman). Incuber ces boites à 35°C ou à 37°C Jusqu'à 24 à 48h. (ISO, 2021)

3.13.2. Dénombrement et recherche des *Escherichia coli* :

Ensemencement dans une gélose nutritive ou milieu sélective (Gélose Hektoen). Incuber ces boites à 37°C Jusqu'à 24 à 48h. (JORA, 2005)



Figure 19. Souches de référence de bactéries dans différentes concentrations d'huile de cade.

Chapitre 04

Résultats et discussion

4.1. Paramètres bactériologiques

L'appréciation de la qualité bactériologique des eaux de sources dans le région de El-Kantara ont été résumé dans le tableau ci-après rapporte les concentrations moyennes des indicateurs de pollution.

Tableau 5. Variation des paramètres bactériologiques de la source d'eau étudiée

Paramètres	Normes d'études	Normes
Germes totaux (UFC/100ml)	124 UFC /100 ml (37°C) 238 UFC /100 ml (22°C)	20 UFC /100 ml
Coliforme totaux (CT) (UFC /100ml)	93 UFC /100 ml	00 UFC /100 ml
Coliforme fécaux (CF) (UFC /100ml)	93 UFC /100 ml	00 UFC /100 ml
Streptocoque fécaux(SF) (UFC /100ml)	0	00 UFC /100 ml
Clostridium S R(UFC /100ml)	2 UFC /100 ml	00 UFC /100 ml

4.1.1. Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux représente un indicateur global permettant d'évaluer la pollution microbienne d'une eau, en quantifiant la charge bactérienne totale. Les analyses réalisées (Tab.5) révèlent la présence systématique de germes totaux dans la source contrôlée (figure 21), avec des concentrations variant entre 124 UFC/mL (incubation à 37°C pendant 24h) et 238 UFC/mL (incubation à 22°C pendant 24h) dans le puits d'El-Kantara pendant la période d'étude. Ces valeurs sont bien supérieures à la limite réglementaire algérienne, fixée à 20 germes/mL après incubation à 37°C pendant 48h pour 100 mL d'eau (**JORA, 2011**). Plusieurs facteurs peuvent être imputés à cette contamination microbienne : le manque de protection de la source, le non-respect des règles élémentaires d'hygiène et la présence de sources périphériques de pollution. Comme cela a été montré (**Figarellal et leyrat,2002**), une augmentation prononcée des germes totaux, notamment suite à de fortes pluies, reflète la vulnérabilité de la ressource aux infiltrations d'eaux

polluées, ce qui témoigne d'un manque de mesures de protection. Les résultats concordent avec les conclusions de **Rodier *et al.*, (2009)**. Où Les bactéries revivifiables ne sont pas forcément d'origine fécale mais ont également une origine environnementale. Elles fournissent quelques informations ; comme la prolifération de la flore dans une eau riche en matière organique. Ces bactéries se développent principalement à des températures basses. (**Rodier *et al.*, 2009**)



Figure 20. Germes totaux dans le milieu TGEA après incubation pour le puit d'El-Kantara.

4.1.2. Coliformes fécaux et totaux

Les totaux fécaux et coliformes sont les indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car elles peuvent être indirectement liées à une pollution d'origine fécale (**Figarellal et leyrat, 2002**). Le fait de présenter des coliformes thermo-tolérants est un signe presque certain d'une contamination fécale de l'eau, comme ont démontré **Rodier *et al.*, (2009)** ainsi qu'**ElHaissoufi *et al.*, (2011)**. Les tests effectués sur le puits d'eau EL-Kantara révèlent la présence de coliformes totaux d'une teneur estimée à 93 UFC/ml. Selon la table de référence utilisée (Mac Grady). D'après **Chevalier (2003)**, ces coliformes totaux d'origine animale et humaine témoignent d'une contamination fécale récente. Des tests de confirmation ont également permis d'identifier des coliformes fécaux de teneur estimée 93UFC/ml confirmant la coexistence de coliformes totaux et de coliformes fécaux (Tableau 5). Ces résultats ne sont pas dans accord avec les normes

algériennes, selon lesquelles l'eau à consommation humaine ne doit pas dépasser 10 CT/ ml, selon les niveaux fixés par l'OMS et la législation locale. (JORA, 2017 ; OMS, 2011).

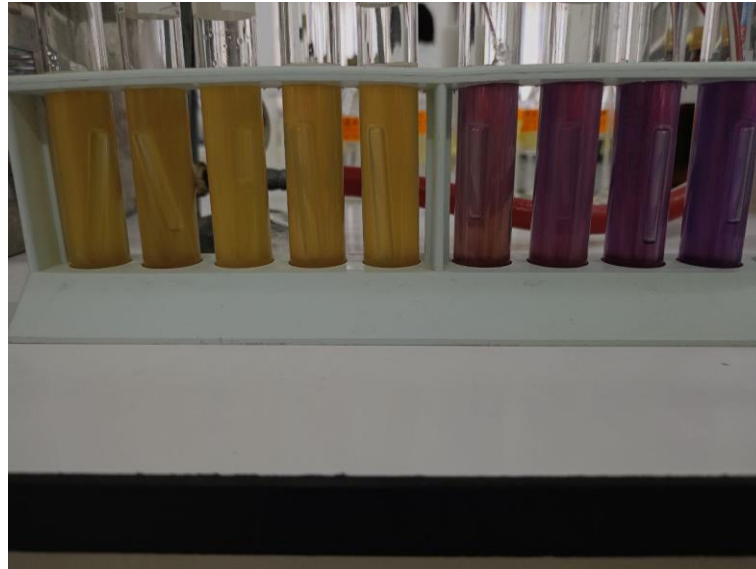


Figure 21. Test présomptif de coliformes fécaux dans milieu BCPL.

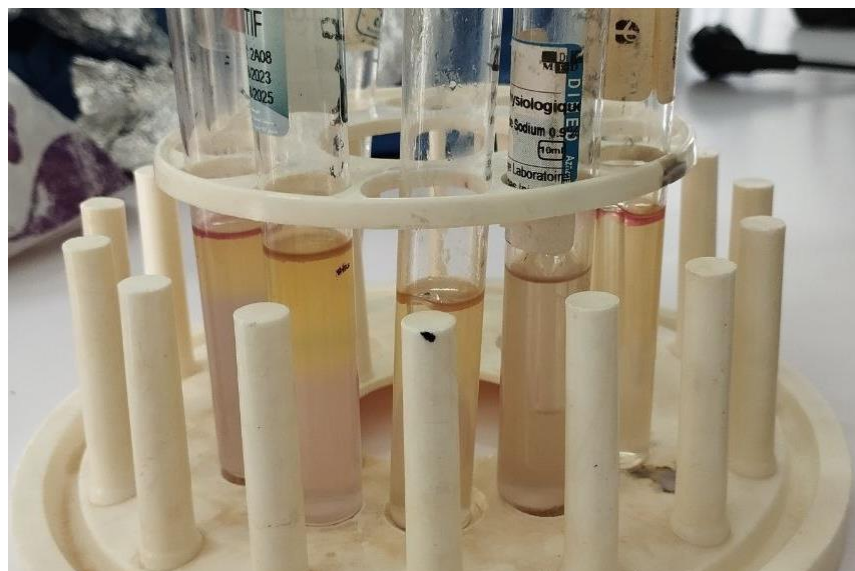


Figure 22. Test Confirmatif de la présence de coliformes fécaux (*E.coli*)

4.1.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux, constituant l'essentiel de la flore intestinale des herbivores domestiques, sont de bons indicateurs d'une contamination récente par des matières fécales animales (**Rodier, 1996**). Si l'OMS met en avant la majorité de ces streptocoques est d'origine humaine, il y a aussi quelques souches qui peuvent être d'origine animale ou même végétale.

Ces bactéries, et reconnues comme marqueurs de pollution fécale, se caractérisent par leur grande résistance. Leur densité dans l'eau est proportionnelle à la quantité de matière fécale en présence, ce qui les rend des indicateurs sûrs d'une pollution récente par des déjections animales. Des streptocoques fécaux, on a observé l'absence totale de streptocoques fécaux (0 UFC/ml) dans la source d'El-kantara, ce résultat n'excède pas les normes d'OMS, de la réglementation algérienne. (**JORA, 2017**)

4.1.4. Clostridium sulfito-réducteurs

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) fécales sont des micro-organismes sporulés à longue durée de vie qui peuvent survivre long temps dans l'eau. S'il en reste, c'est qu'il y a une pollution antérieure (**Rejsek, 2002**). Parce que celles-ci sont résistantes aux désinfections, elles sont un bon indicateur de l'efficacité des traitements de dépistage (**Guiraud et Galzy 1980**). Quant aux eaux de puits, les résultats révèlent des taux élevés de spores d'ASR dans la zone d'El-Kantara, avec le taux le plus élevé de 2 UFC/ml. Ces décomptes vont bien au-delà des normes de l'OMS qui prescrivent une absence totale de spores (0 spore/ml) (**OMS, 2011; JORA, 2017**). Ces résultats confirment l'existence d'une contamination ancienne des ressources en eau.



Figure 23.Résultat de recherche des ASR dans milieu VF.

4.1.5. Résultats de germes Pathogènes

4.1.5.1. Entérobactéries

Les résultats montrent une croissance nulle de bactéries sur les milieux Mac Conkey et Hectoen, ce qui indique une présence nulle des entérobactéries (ainsi que *Shigella*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Enterococcus faecalis* ou *Klebsiella pneumoniae*) dans l'échantillon d'eau étudié. Aucune bactérie pathogène n'a donc été trouvée. Néanmoins, afin de valider la potabilité de l'eau, des tests complémentaires à destination d'autres germes et une surveillance structurée sont nécessaires, dans la mesure où un seul résultat ne garantit pas l'absence définitive de contamination, en particulier après des périodes de pluies ou des fluctuations saisonnières.



Figure 24.Résultat de la recherche des entérobactéries dans le milieu Mac Conkey.

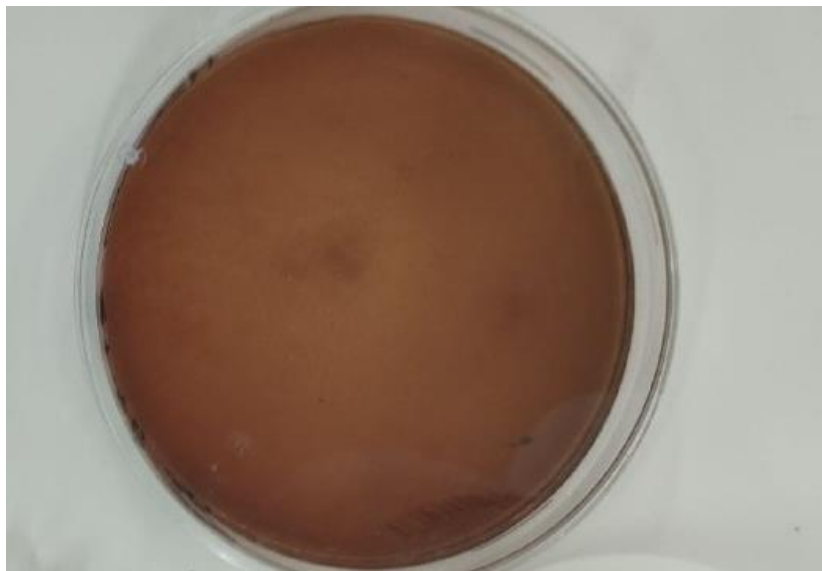


Figure 25.Résultat de la recherche des entérobactéries dans le milieu Hektoen.

4.1.5.2. Staphylocoque

Résultats obtenus, présence de colonies sur milieu de Chapman.

4.1.5.2.1. Caractéristiques macroscopiques

La figure 27 montrent l'aspect des colonies dont :

-La forme est circulaire.

- La taille est moyenne (leur taille est de 0,5 à 2 mm à peu près).
- Le relief est convexe, brillant et opaque.
- Le contour est régulier.
- La surface est lisse.
- La couleur est jaune

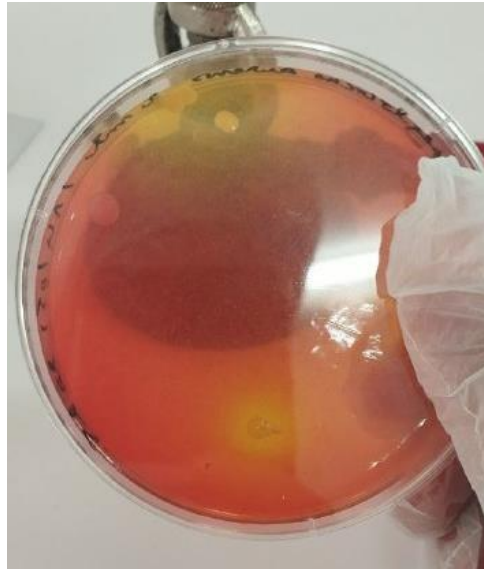


Figure 26. Résultat de la recherche des *Staphylococcus* dans le milieu Chapman.

4.1.5.2.2. Caractéristiques microscopiques

L'examen microscopique révèle que les souches isolées se présentent sous forme de coques à Gram positif (+), de couleur violette, regroupées en petits amas évoquant des grappes de raisin. Certaines apparaissent également isolées par paires ou en très courtes chaînes, comme illustré dans la figure 28 :

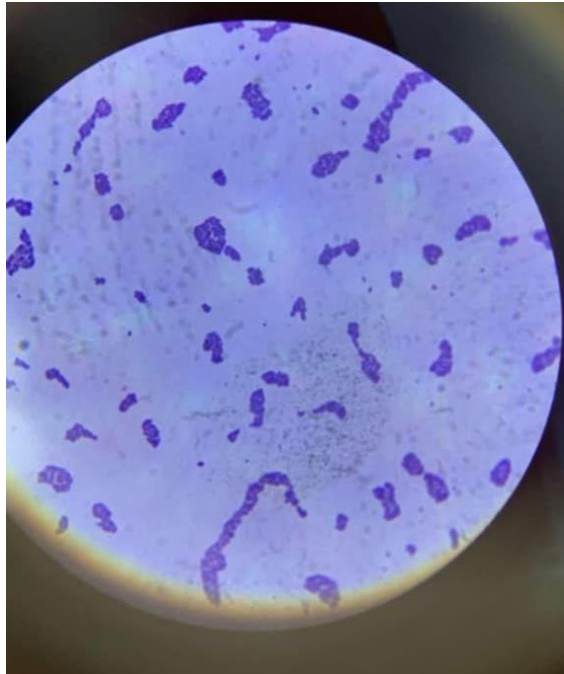


Figure 27. Observation microscopique des Staphylocoques.

4.1.5.2.3. Résultats des tests de confirmation

❖ Test catalase

Le test de catalase s'est révélé positif (+), comme en témoigne le dégagement gazeux observé. La figure 29 confirme que la souche est capable de dégrader le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) grâce à la production de l'enzyme catalase. Cette propriété est caractéristique des staphylocoques, qui décomposent l'eau oxygénée selon la réaction illustrée dans la figure 29. (Liégeois *et al.*, 2003)



Figure 28. Résultat de test catalase.

❖ Test coagulation

D'après les résultats présentés dans la figure 29, un caillot se forme lorsque le tube est incliné à 90° après 2 heures et 24 heures d'incubation. Une agglutination est également visible à l'œil nu, confirmant la positivité du test de la coagulase. Cette enzyme, capable de coaguler le plasma sanguin, joue un rôle clé dans le pouvoir pathogène de la bactérie. En médecine humaine, la détection d'une coagulase libre chez une souche de *Staphylococcus* constitue un critère d'identification de *Staphylococcus aureus*. (Delarras, 2007)



Figure 29. Résultat de Test coagulation.

D'après ces résultats, il a été conclu que la présence de ces germes pathogènes, avec des valeurs (5 UFC) supérieures aux normes algériennes et aux normes OMS (0 UFC/ml), prouve que les stations d'échantillonnage ne sont pas de bonne qualité et ne sont pas potables. La pollution autour de l'Oued Bou biada est une cause majeure de contamination des eaux et des sols, notamment en l'absence de traitement garantissant des niveaux de sécurité sanitaire. Bien que le sol absorbe et filtre de nombreux contaminants, des particules microscopiques comme les micro-organismes peuvent s'infiltrer à travers les fissures des roches ou des sols perméables et se retrouver dans les eaux souterraines.

Ce risque est amplifié lorsque les couches du sol sont minces ou lorsque la nappe est peu profonde, rendant les eaux souterraines plus vulnérables. Ainsi, une surveillance sanitaire périodique s'avère essentielle, évaluant huit facteurs clés : la qualité de la source, l'efficacité du

traitement, l'intégrité du réseau de distribution, les conditions de stockage dans les réservoirs, la sécurité des systèmes de pompage, la rigueur du programme de surveillance, la gestion opérationnelle et le respect des normes réglementaires. Cette approche permet d'identifier rapidement les défaillances et de mettre en place des mesures correctives pour protéger les ressources en eau. [1]

4.2. L'effet du traitement à l'huile de cade

Nos résultats expérimentaux démontrent clairement l'effet du traitement à l'huile de Cade. À une teneur en 10 ml/L, une ingérence constatée de la croissance bactérienne a été constatée, avec des résidus de comptes de 43 UFC/mL pour CT, 32 UFC/mL pour CF, et une disparition totale de *S. aureus* (0 UFC/mL) après traitement, en comparaison avec les valeurs de départ.

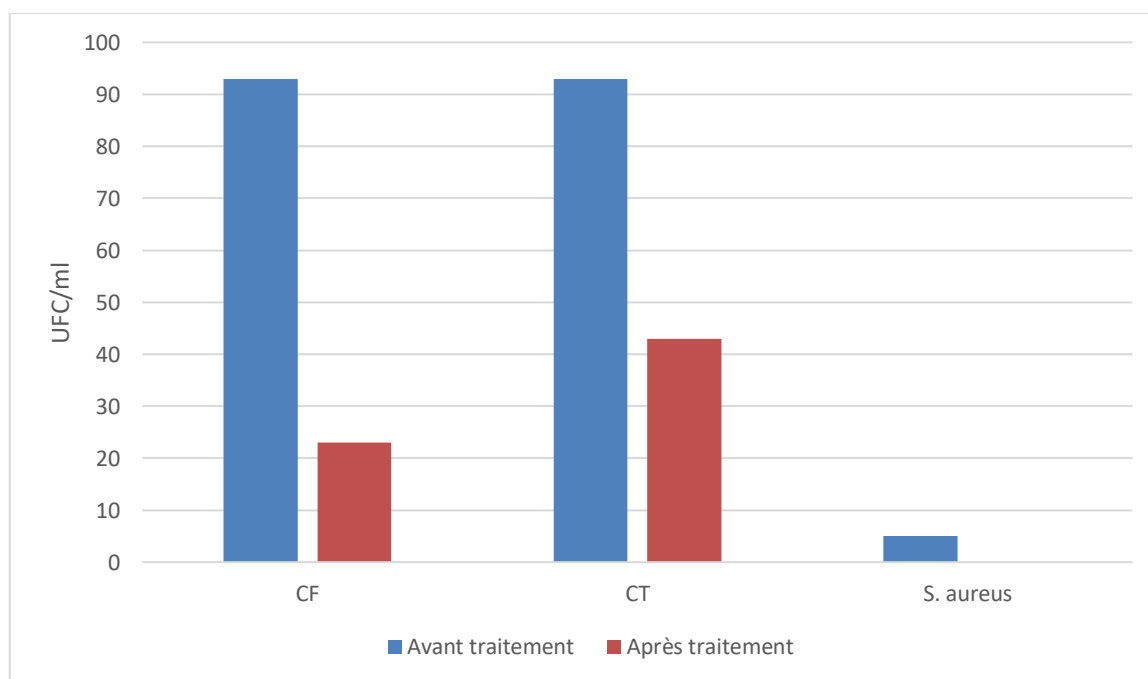


Figure 30. Effet de l'huile de Cade sur la charge bactérienne (CT, CF, *S. aureus*) avant et après traitement.

Cette activité antibactérienne peut être justifiée par la composition chimique particulière de cette huile essentielle. En fait, les analyses indiquent que l'huile de *Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus* est principalement composée de sesquiterpènes, tels que le d-cadinène et le cis-thujopsène, qui sont ses principaux composants. Ces terpénoïdes, présents dans la plupart des huiles essentielles, sont connus pour avoir des propriétés antimicrobiennes. L'activité antibactérienne et

le mode d'action de ces huiles dépendent de la nature et de la proportion de leurs différents composants, les principaux composants étant généralement responsables de l'effet antibactérien décrit. Ces résultats confirment la validité des données rapportées dans la littérature scientifique sur l'activité antimicrobienne des huiles essentielles riches en sesquiterpènes solen (OUAAR, MEGHERBI, LOTTE, GERARD, & TOUMI - BENALI, 2018) (**Ouaar et al., 2018**). Selon **Cowan (1999)** et **Friedman et al. (2003)**, les polyphénols à haute teneur en hydroxy ont un potentiel antibactérien remarquable. Bien que son activité antimicrobienne soit bien connue, son mécanisme d'action spécifique reste incertain, même si diverses hypothèses ont été avancées pour l'expliquer (**Boskou, 2009**). Leur toxicité peut provenir soit d'une privation d'ions minéraux vitaux (fer et magnésium), soit d'interactions non spécifiques, comme la création de ponts hydrophobes avec des protéines de la paroi cellulaire (adhésines), qui peuvent empêcher l'adhésion microbienne. Ils peuvent également inactiver certaines enzymes (protéases, carboxylases), interférer avec les transporteurs membranaires, ou encore découpler des réactions gourmandes en énergie. En fin de compte, ces modifications peuvent déstabiliser la membrane cytoplasmique, entraînant une fuite de composants cellulaires et la mort des micro-organismes (**Cowan, 1999 ; Zaidi et al., 2008**). Son mécanisme d'action implique l'adsorption sur la surface bactérienne, la saturation des sites membranaires et la pénétration dans le cytoplasme, conduisant à une déstabilisation métabolique et à la mort bactérienne, offrant ainsi une alternative prometteuse à la résistance aux antibiotiques. (**Bruneton, 1999**)



Figure 31. Recherche des CT après traitement par l'huile de cade.

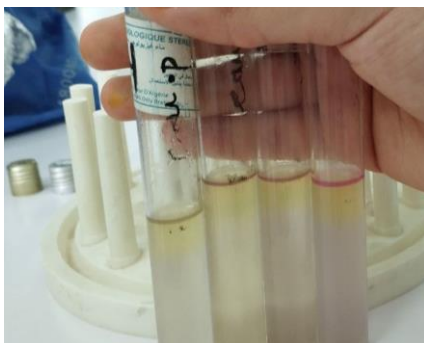


Figure 32. Recherche des CF après traitement par l'huile de cade.

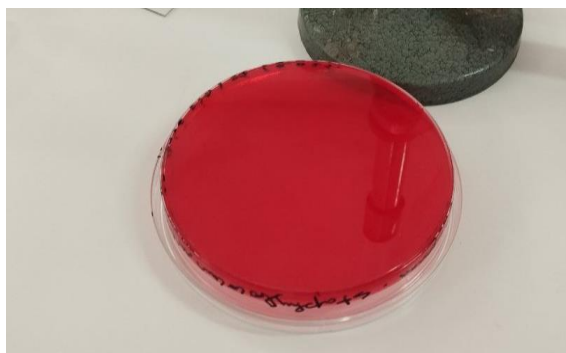


Figure 33. Recherche des *S. aureus* après traitement par l'huile de cade.

4.3. Effet antibactérien d'huile de cade sur des souches références

Tableau 6. Résultats de l'effet de différentes concentrations d'huile de cade sur la croissance de *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

Concentrations Souches			
	2ml	4ml	8ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Présence	Absence	Absence
<i>Escherichia coli</i>	Présence	Présence	Absence

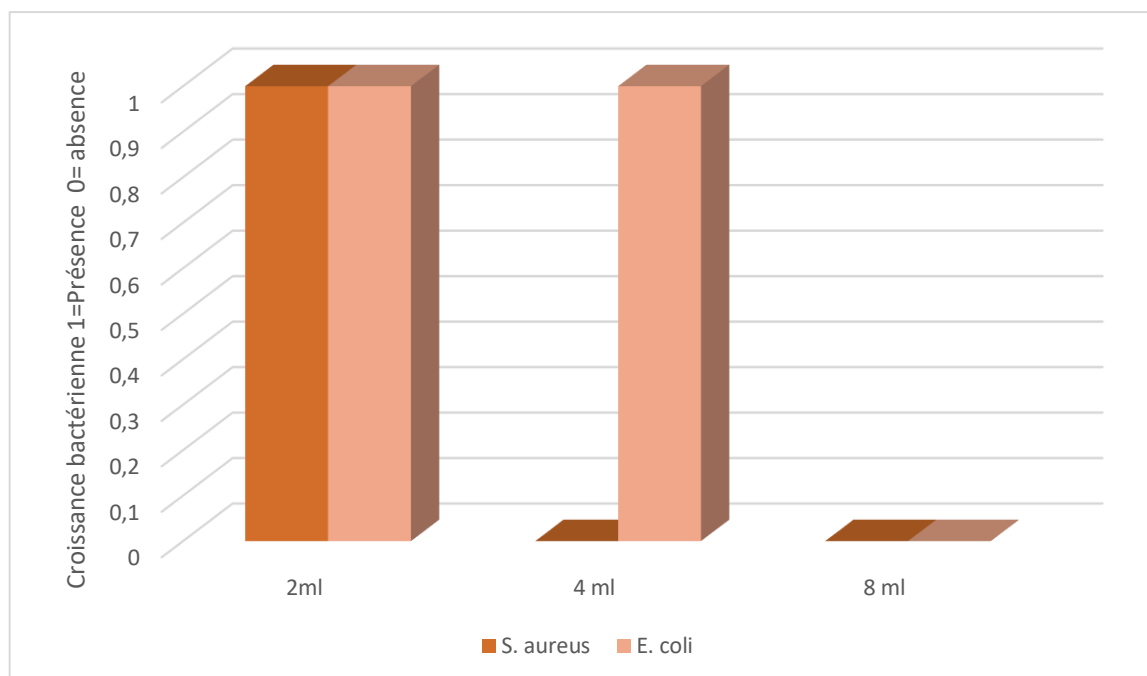


Figure 34. Présentation de l'efficacité d'huile de cade sur la croissance de *S. aureus* et *E. coli*.

D'après ces résultats, *Escherichia coli* a présenté une sensibilité réduite, voire une résistance marquée, aux extraits de la plante testée. A une concentration de 8 mL, les extraits n'ont induit qu'une inhibition limitée d'*E. coli*, tandis qu'une concentration deux fois moindre (4 ml) suffisait à inhiber totalement *Staphylococcus aureus*.

Ces résultats incluent que les bactéries Gram positif (comme *S. aureus*) sont beaucoup plus sensibles à l'effet d'extraits végétaux que sont les bactéries Gram négatif (comme *E. coli*). Ces résultats mettent en évidence que les *staphylococcus aureus* (Gram+) sont plus sensibles aux détections de l'huile de cade que *E.coli* (Gram-). Enfin Cette variation de sensibilité pourrait être due à la variation de la composition de leurs parois cellulaires. La paroi des bactéries Gram+, sans cette couche (membrane externe), est rapidement détruite par les huiles. La destruction de la membrane offre la libération de l'oxydant se produisant à l'intérieur de la cellule. la matière active pénètre alors dans la cellule et attaque les constituants cellulaires. C'est ce qui conduit à la mort cellulaire. C'est donc la présence de la couche de lipopolysaccharides qui rend les bactéries Gram- plus résistances à l'attaque des oxydants que les bactéries Gram+. Malgré sa résistance, la membrane cellulaire de la bactérie Gram- est toujours finalement détruite par cette matière active. Cela entraîne une mort inéluctable de la cellule bactérienne. Les résultats indiqués par ce présent travail sont conformes à ceux cités par plusieurs auteurs. En

effet, dans le cours d'étude de l'activité désinfectante du colorant curcumine à l'égard des bactéries Gram- et Gram+, ont observé que les bactéries (Gram positif) étaient moins résistantes par comparaison aux bactéries Gram négatif. Dans l'étude de la force oxydante contre les bactéries Gram- et Gram+. ont découvert que les bactéries Gram- sont plus résistantes que les bactéries Gram+ (Hadji, 2023). Dans l'étude de détection de l'eau Rincón et Pulgarín (2004) et Sunda (2009), ont observés que les *staphylococcus aureus* sont moins résistants que les *E.coli* ainsi l'ordre de sensibilité des bactéries à la désinfection de l'eau par le Gatrane, est comme suit : *E. coli* > *staphylococcus aureus*.

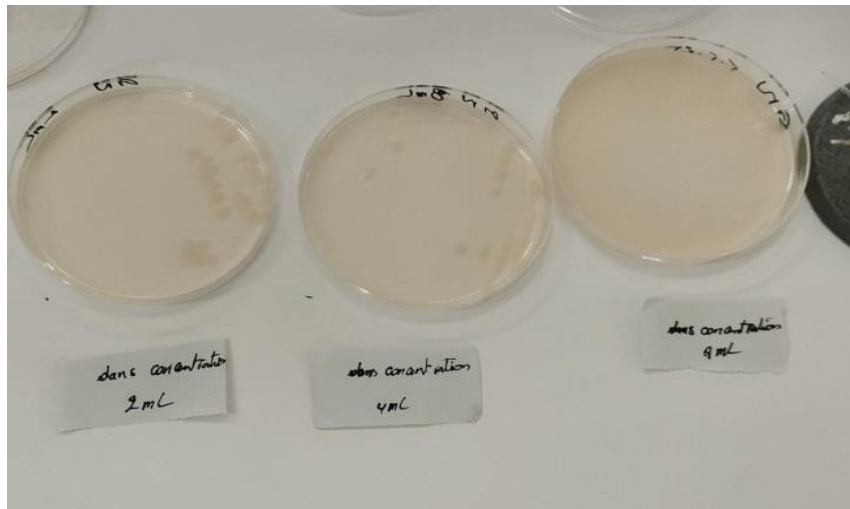


Figure 35. Résultat d'*E. Coli* .



Figure 36. Résultat de *Staphylococcus aureus*.

Conclusion

Conclusion

La bactériologie de l'eau est cruciale dans la mesure des qualités de l'eau, signalant la présence potentielle de micro-organismes pathogènes comme *E. coli*, *Enterococcus* ou *Pseudomonas aeruginosa*, indicateurs de contamination fécale ou de contamination environnementale. Une infection microbiologique de l'eau de mauvaise qualité peut entraîner des risques sanitaires importants sous la forme d'infections gastro-intestinales, de maladies de peau ou de maladies graves chez les groupes vulnérables. Face à de tels soucis, la protection de l'eau et les soins classiques ou modernes sont de la première sécurité. Parmi lesquels le recours à l'huile de Cade, principe végétal du genévrier (*Juniperus oxycedrus*), se distingue grâce à ses qualités antibactériennes et antifongiques, fruit d'une longue tradition de pratique en médecine naturelle.

Les composés biologiques actifs de cette huile, comme l'ont montré les phénols, sesquiterpènes et diterpènes, lui confèrent un effet inhibiteur sur la plupart des micro-organismes, la rendant un dévastateur naturel de l'eau. Des études expérimentales et scientifiques ont prouvé que l'huile de cade a la capacité de, d'une manière appréciable, diminuer la charge en bactéries dans l'eau, entre autres, en agissant sur les bactéries Gram-positives et Gram-négatives, bien que sa efficacité varie en fonction de facteurs comme la concentration employée, le temps de contact et les facteurs physiques et chimiques de son environnement (pH, température et matière organique).

Cependant, malgré sa promesse, l'utilisation de l'huile de cade comme agent de rétention d'eau traditionnel est considérée comme une alternative écologique aux produits chimiques, en plus de sa stabilité dans le temps et de sa capacité à éviter la formation de sous-produits potentiels indésirables. En outre, son efficacité devrait être comparée à celle des désinfectants traditionnels (chlore, UV et ozone) pour déterminer sa rentabilité dans les environnements aux ressources limitées.

En résumé, bien que l'huile de cade constitue une alternative naturelle prometteuse pour améliorer la qualité bactériologique de l'eau, notamment dans les zones où les techniques de traitement de l'eau existantes sont difficilement accessibles, son utilisation à plus grande échelle devrait être suivie d'études complémentaires afin d'optimiser son utilisation, de garantir sa sécurité et d'évaluer ses performances en conditions réelles. Une approche intégrée, combinant méthodes conventionnelles et technologies scientifiques, peut offrir des solutions durables pour garantir l'accès à une eau propre, tout en préservant les savoirs traditionnels.

Références bibliographiques

Références

A

Abatcha, M. G., Goni, M. D., Abbas, M. A., Jalo, I. M., & Mohammed, G. (2020). A review of *Listeria* and *Salmonella*: An update on description, characteristics, incidence, and antibiotic susceptibility. *Adv. Anim. Vet. Sci*, 8(11), 1232–1249.

Abderrahmane, B., & Djawhar, K. (2013). Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux souterraines. Cas de la région d'El Kantara sud-est algérien.

Abida, H., & Abdou, S. (2019). Etude topologique et diachronique de l'habitat rural, cas d'El-Kantara, Biskra.

Achi, M., Haddari, F., Belmkeddem, S., Elbardai, A., & Harrandou Service, M. (2021). Intoxication à l'huile de cade à propos d'un cas. *IOSR-JNHS*, 9–11.

Anctil, F., Rousselle, J., & Lauzon, N. (2012). *Hydrologie : Cheminements de l'eau*. Presses inter Polytechnique.

Athamena, S. (2021). Etude de l'activité biologique de *Juniperus thurifera* et *Fraxinus xanthoxyloides* [PhD Thesis, Université de Batna 2].

Aubry, P., & Gaüzère, D. B.-A. (2023). Les maladies liées à l'eau, *Actualités 2023*. *C René La busquière, Paris*, pp2, 8.

B

Baffert, P., El Hamaoui, S., Frances, M., & Verluise, C. (2012). Masaru Emoto – Le message de l'eau. 19.

Badreddine, S. (2024). The Geographical distribution of prehistoric sites in the region of Biskra. 13.

Belles-Isles, J.-C., Chaussé, K., Chevalier, P., Dion, R., Jacques, L., Levallois, P., Lévesque, B., Payment, P., Phaneuf, D., & Savard, M. (2004). Groupe scientifique sur l'eau.

Benamrouche, N., Mechouet, F., Boutabba, D., Slimani, R., Zouagui, S., Zemam, S., Bennour, A., Baba, I., Sadat, S., & Benzaid, M. (2022). Distribution des sérogroupes et sensibilité aux antibiotiques de *Shigella* spp. en Algérie : Étude descriptive de 12 ans (2011–2022). *Journal algérien de médecine*, 30(4), 86–92.

Bonazzi, D. (2022). Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2022 : Eaux souterraines : rendre visible l'invisible. *l'UNESCO*, 270 .

Boskou, D. (2009). Phenolic Compounds in Olives and Olive Oil in Olive oil: minor constituents and Health. CRC Press , pp. 11–44.

Bounab, S. (2020). Biodiversité végétale de la région du Hodna (M'sila) : Étude phytochimique et activité biologique de quelques espèces médicinales [PhD Thesis]

Brice, D. N. F., Maurice, T., & Julius, T. N. (2021). Épidémiologie descriptive des maladies hydriques et vulnérabilité sanitaire des populations dans la ville de Mbouda (Ouest-Cameroun). 13.

Bruneton J. (1999). Flavonoïdes, Pharmacognosie, Phytochimie. Plantes médicinales. 3eme Edition : TEC et DOC. Paris. p 310-340.

C

Canellas, J. (1995). Au sujet de la définition et de la réglementation des eaux minérales naturelles. La Houille Blanche, 23, 32–36.

Chaker, H. (2012). Régulation de l'adaptation de la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* à son hôte : Implication des métabolites du tryptophane [PhD Thesis, Université de Grenoble].

Chakroun, Y. (2022). Activité antifongique et antimycotoxines d'huiles essentielles tunisiennes sur des souches de *Fusarium* productrices d'enniatines et évaluation de leur potentialisation par nanoencapsulation [PhD Thesis, Université de Bordeaux; Université de Carthage (Tunisie)].

Chocat, B., Levi, Y., & Brelot, E. (2015). L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille. Document de l'Université Paris Sud-LGCIE–INSA Lyon.

Chevalier, P. (2003). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé. Québec, 4.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582.

D

Delarras, C. (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire.

Désille, D. (2012). Conservation et traitement de l'eau à domicile. Programme Solidarité Eau, 37.

E

El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali Lalami A. (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, 5(1), 37–68.

El Hadi, K. S. (2015). Qualité bactériologique des eaux du littoral Nord Est Algérien.

F

Festy, B., Hartemann, P., Ledrans, M., Levallois, P., Payment, P., & Tricard, D. (2003). Qualité de l'eau. Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, 333–368.

Figarella, J., & Leyral, G. (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Paris.

François, D., Marie-Cécile, P., Christian, M., & Vincent, C. (2016). Bactériologie médicale Techniques usuelles.

Friedman M., Henika P.R. and Mandrell R.E. 2003. Antibacterial activities of phenolic benzaldehydes and benzoic acids against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enteric*. *Journal of Food Protection*, 66(10): 1811 -1821.

G

Greenaway, C., Schofield, S., Henteleff, A., Plourde, P., Geduld, J., Abdel-Motagally, M., Bryson, M., Neumann, I., Carrasco-Labra, A., & Guyatt, G. (2014). À lire dans le présent numéro : Typhoïde. *CCDR*, 40, 4.

Guiraud, J. (2003). Microbiologie alimentaire. Dunod.

Guiraud, J.-P. (2003). Microbiologie alimentaire. Édition RIA Dunod.

Guiraud, J. et Galzy, P. (1980). L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires, p533.

H

Hadji, W. (2023). Procédés de désinfection des eaux : Étude comparative entre l'huile de cade et l'hypochlorite de sodium [PhD Thesis, Université Kasdi Merbah Ouargla].

I

ISO. (2023). Microbiologie de la chaîne alimentaire—Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement de *Clostridium* spp. ISO 15213-2, 14.

ISO. (2021). Microbiologie de la chaîne alimentaire—Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). ISO 6888-1, 122.

J

JORA. (2005). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire N° 42.

JORA. (2011). Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

JORA. (2014). Décret exécutif n° 14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

JORA. (2017). Journal Officiel de la République Algérienne N°39.

K

Khatoon, H., Dharmappa, D. C., Anokhe, A., & Kalia, V. (2022). Catalase Test: A Biochemical Protocol for Bacterial Identification. 53–55.

L

Lachassagne, P. (2021). Les eaux minérales naturelles. 10.

Larpent, J.-P. (1997). Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Technique et documentation-Lavoisier.

Lebres E. et Mouffok F., (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p.

Liégeois, J. P., Latouche, L., Boughrarab, M., & Guiraudb, M. (2003). The LATEA metacraton (Central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): Behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. Journal of African Earth Sciences, 161–190.

Llorens-Molina, J. A., Ygueravide, B., & Vacas, S. (2019). Essential oil composition of berries of *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *oxycedrus* according to their ripening stage. Journal of Essential Oil Research, 31(4), 276–285.

Lu, M. (2022). Guide d'échantillonnage environnemental pour les communautés (ELAW). Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW), Eugene OR 97401, 53.

N

Nora, S., K., C., Farhi, Y., & Belhamra, M. (2012). Inventaire floristique dans la région des Ziban. Journal algérien des régions arides, N° 09/10/11, 316.

O

OMS. (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson : Volume 2: Critères d'hygiène et documentation à l'appui

Omari, H., Boutaleb, N., Maria, M., Lazar, S., & Antri, E.(2018). CANALISATIONS D'EAU POTABLE Canalisations d'eau potable : Une nouvelle formulation de tubes PVC anti-biofilm. Eau, l'Industrie, les Nuisance, 407.

Ouaar, D., Benali, A. M., Benali, F. T., Thévenon, M.-F., Candelier, K., Pignolet, L., & Gérard, J. (2021). Durabilité naturelle et composition en extractibles du bois de *Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus du Nord-Ouest de l'Algérie. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 350, 57–69.

Ouaar, D., Megherbi, B. A., Lotte, S., Gerard, J., & Toumi-Benali, F. (2018). Activité antibactérienne de l'huile essentielle extraite de la sciure de bois de *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*.

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

Patricia, S., & Laura, C. (2010). Protocol, Oxidase Test. American Society for Microbiology, 1–9.

Prescott, M. L., Harley, P. J., & Klein, A. D. (1999). Microbiologie. De Boeck.

R

Rajaonary, L., & Grondin, P.-M. (2018). Conservation et traitement de l'eau à domicile. *pS-Eau*, 72.

Reed, B. (2013). *Fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence*. 64.

Reed, B. (2015). Récipients d'eau à usage domestique: Guide de l'ingénieur. WEDC, Loughborough University.

Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. CRDP.

Rincón, G. L., & Pulgarín, C. (2004). Bactericidal action of illuminated TiO₂ on pure *E. coli* and natural consortia: post-irradiation events in the dark and assessment of effective disinfection time. *Applied Catalysis B: Environmental*.

Rodier, J. (1996). L'Analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer* (8ème éd.). Dunod.

Rodier, J., Hervé-Bazin, C., Jean-Pierre, B., Chambon, P., Champsaur, F., & Rodi, N. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod.

Rodier, J., Nicole, M., & Legube, B. (2009). L'analyse de l'eau (9ème éd.). Dunod.

Rostant, M. M. (2022). Risques hydro-sanitaires liés à la multiplication des sources d'approvisionnement en eau dans les ménages à Bertoua (Est-Cameroun). *Espace Géographique et Société Marocaine*, 1(56).

Rotimbo, M. D. R. (2025). Proposition d'une méthodologie de surveillance et de diagnostic de l'eau douce (plans et cours d'eau) via une bouée intelligente.

S

Sangare, M., Sangaré, L., Keita, N., & Camara, M. (2022). Effets désinfectants de la graine de *Moringa oleifera* sur les coliformes fécaux et totaux des eaux de puits de Nakoyapkala, N'Zérékoré, Guinée. 16.

Santé Canada.(2022). Conseils sur les agents pathogènes d'origine hydrique dans l'eau potable. Santé Canada.

Singa, N. I., Mendo, F. W., Kasongo, E., Tshinkobo, K., Baswengola, M., & Malumba, Z. K. (2019). Analyse physico-chimique et microbiologique des eaux de la rivière lindi et son impact sur la vie des êtres vivants dans la ville de kisangani. *Ijrdo-Journal of Applied Science*, 5(2),

Singleton, P. (2005). Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies.

Squinazi, F. (2012). Règles expérimentales d'application pour l'évaluation de la qualité sanitaire de l'eau d'un bâtiment neuf à réception. Alliance HQE-GBC.

Sunda, M., Rosillon, F., Taba, K. M., & Lami, N. (2009). Désinfection de l'eau par photosensibilisation avec les huiles essentielles de *Citrus bergamia*, *Citrus reticulata* et *Citrus limonum*. 8ième congrès International du Gruttee, Nancy, Actes p. 86–89.

T

Talhaoui, A., El Hmaidi, A., Jaddi, H., Ousmana, H., & Manssouri, I. (2020). Calcul de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (NE, Maroc). *European Scientific Journal ESJ*, 16(2).

Thomas, N., & Claude, C. (2011). Les vases à fond percé : Pratique de la distillation per descensum au bas Moyen Âge en Île-de-France. *Revue archéologique d'Île-de-France*, 4, 267–288.

U

Uwamungu, J. Y., & Jiang, Y. (2010). Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la rivière Rwasave : Cas des sites utilisés comme eau potable

V

Verhille, S. (2013). Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : Interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 13.

Vilar, L., Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Juniperus oxycedrus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. European Atlas of Forest Tree Species.

Z

Zaidi-Yahiaoui, R., Zaidi, F., & Ait Bessai, A. (2008). Influence of gallic and tannic acids on enzymatic activity and growth of *Pectobacterium chrysanthemi* (*Dickeya chrysanthemi* bv *chrysanthemi*). African Journal of Biotechnology, 7, 482–486.

Žic, E., Gobin, I., & Batičić, L. (2020). Strukturalna analiza molekule vode i njena fizikalna svojstva. Zbornik radova, 23(1), 99–117.

[1] DWF Safe Drinking Water Foundation. (n.d.). Retrieved from <https://www.safewater.org/french-factsheets/2017/2/10/shigella>. (Consulaté le 20\05\2025)

Annexes

Annexe 1

Une enquête visant à identifier les méthodes traditionnelles de conservation de l'eau potable et à déterminer la méthode efficace.

A) Information générale

- Sexe: 1- Masculin ☐ 2- Féminin ☐
- Age: 1- Entre 70-80ans ☐ 2- 80ans et plus ☐
- Depuis combien d'années vivez-vous dans la région ?
- Quelle source d'eau utilisée-vous principalement ?

B) Conservation d'eau

- Dans quel type de récipient conserviez-vous l'eau?
1- Jarre en terre cuite ☐ 2- récipient métallique ☐ 3- Autres ☐
- Combien de temps pouviez-vous conserver l'eau?
1- 2jour ☐ 2- 7jour ☐ 3- Plus d'un semaine ☐
- Où stockiez-vous les récipients d'eau?
1- À l'extérieur, à l'ombre ☐ 2- À l'extérieur, au soleil ☐ 3- Autres ☐

c) Traitement de l'eau

- Utilisez-vous des produits pour traiter l'eau?
1- Oui ☐ 2 -Non ☐
- Si oui, les quels :
1- plantes ☐ 2- Minéraux ☐ 3- Autres produits naturels ☐
- Combien de temps fallait-il attendre après traitement
1- Un jour ☐ 2- Utilisation immédiate ☐ 3- Quelques heures ☐

D) Qualité de l'eau

- Comment avez-vous décidé que l'eau était potable?

1- Aspect visuel ☐ 2- Odeur ☐ 3- Gout ☐ 4- Autre critères ☐

- Avez-vous observé des changements dans l'eau après traitement

1- Couleur ☐ 2- Odeur ☐ 3- Gout ☐ 4- Autres ☐

C) Efficacité perçue

- Selon vous ce traitement était-il efficace

1- Très efficace ☐ 2- Moyennement efficace ☐ 3- peu efficace ☐

- Ces méthodes sont-elles encore utilisées aujourd'hui ?

1- Oui ☐

2- Non ☐

3- Parfois ☐

Annexe 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Q1	80	86	75	79	88	82	77	72	90	88	76	74	70	85	79	88	71	83	85	76
Q2	Femme	Homme	Homme	Femme	Femme	Femme	Femme	Femme	Femme	Homme	Femme	Homme	Homme	Femme	Femme	Homme	Femme	Femme	Homme	Homme
Q3	40 ans	86 ans	75ans	79ans	88ans	50ans	60ans	72ans	40ans	88ans	55ans	74ans	70ans	85ans	79ans	71 ans	62 ans	83 ans	85 ans	76 ans
Q4	L'eau source	Un puits	Un puits	L'eau	L'eau	L'eau source	L'eau	L'eau source	L'eau	L'eau source	Un puits	L'eau	Un puits	Un puits	L'eau source	L'eau source	L'eau source	Un puits	Un puits	Un puits
Q5	Récipient argile	Récipient argile	Récipient araille	Récipient	Récipient	Récipient araille	Récipient	Récipient araille	gerba	Récipient araille	Récipient argile	Récipient	Récipient araille	gerbai	Récipient araille	Récipient araille	Guerba	guerba	guerba	Récipient argile
Q6	semaine	5 jours	5 jours	3 jours	plus d'une semaine	plus d'une semaine	3 jours	plus d'une semaine	3 jours	5 jours	semaine	semaine	5 jours	2 jours	3 jours	semaine	2 jours	2 jours	2 jours	semaine

L'intérieur	Oui	Qatrán	Utilisation immédiate	Aspect visuel	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Aspect	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Gout	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Gout	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lque heure	Gout	Aucun changement	Moyennement efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heurs	Aspect visuel	Aucun changement	Moyennement efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Odeur	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Gout	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	NO	Qatrán	Que lques heures	Odeur	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Utilisation	Gout	Aucun	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heures	Aspect visuel	Aucun changement	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques	Odeur	Aucun	Très efficace	Oui
L'intérieur	No	Qatrán	Que lques heurs	Odeur	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	NO	Qatrán	Utilisation immédiate	Gout	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques	Aspect	Gout	Très efficace	Parfois
L'intérieur	Oui	Qatrán	Utilisation immédiate	Gout	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heurs	Gout	Gout	Très efficace	Oui
L'intérieur	Oui	Qatrán	Que lques heurs	Aspect visuel	Aucun changement	efficace	Oui
Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14

Annexe 3

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة البكتريولوجية لمياه الآبار في القنطرة وفعالية زيت الكاد كطريقة معالجة تقليدية. وتكشف النتائج عن وجود تلوث ميكروبي مثير للقلق، مما يثير تساؤلات حول مدى صلاحية هذه المياه للشرب. ومع ذلك، أظهر استخدام زيت الكاد فعالية كبيرة في تقليل إجمالي البكتيريا القولونية (TC)، والبكتيريا القولونية البرازية (FC) والمكورات العنقودية الذهبية، مما يشير إلى إمكاناته كبديل طبيعي للمطهرات الكيميائية. ورغم أن هذه الطريقة التقليدية واعدة، فإنها تتطلب المزيد من الدراسات لتحسين جرعتها وتقييم سلامتها على المدى الطويل. ولذلك فإننا نوصي بتعزيز هذه الممارسات التقليدية مع توفير الإشراف العلمي لها، وخاصة في المناطق الريفية حيث الموارد الحديثة محدودة، من أجل تحسين جودة المياه بشكل مستدام مع الحفاظ على المعرفة المحلية.

الكلمات المفتاحية: الجودة البكتريولوجية، مياه الآبار، القنطرة، زيت الكاد، المعالجة التقليدية، التلوث الميكروبي، (TC)، (FC)، *S.aureus*، صلاحية المياه للشرب.

Résumés

Cette étude évalue la qualité bactériologique des eaux de puits à Qantara et l'efficacité de l'huile de cade comme méthode traditionnelle de traitement. Les résultats révèlent une contamination microbienne préoccupante, mettant en cause la potabilité de ces eaux. Cependant, l'application d'huile de cade a montré une efficacité significative dans la réduction des coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et *Staphylococcus aureus*, suggérant son potentiel comme alternative naturelle aux désinfectants chimiques. Bien que prometteuse, cette méthode traditionnelle nécessite des études complémentaires pour optimiser son dosage et évaluer son innocuité à long terme. Nous recommandons donc de valoriser ces pratiques ancestrales tout en les encadrant scientifiquement, particulièrement dans les zones rurales où les ressources modernes sont limitées, afin d'améliorer durablement la qualité de l'eau tout en préservant les savoir-faire locaux.

Mots clés : Qualité bactériologique, eau de puits, EL-Kantara, huile de cade, traitement traditionnel, contamination microbienne, (TC), (FC), *S.aureus*, aptitude à l'eau potable.

Abstract

This study evaluates the bacteriological quality of well water in Qantara and the effectiveness of cade oil as a traditional treatment method. The results reveal a worrying microbial contamination, calling into question the potability of these waters. However, the application of cade oil showed significant effectiveness in reducing *total coliforms* (TC), *fecal coliforms* (FC) and *Staphylococcus aureus*, suggesting its potential as a natural alternative to chemical disinfectants. Although promising, this traditional method requires further studies to optimize its dosage and evaluate its long-term safety. We therefore recommend promoting these ancestral practices while providing them with scientific supervision, particularly in rural areas where modern resources are limited, in order to sustainably improve water quality while preserving local know-how.

Key Words: Bacteriological quality, well water, EL- Kantara, cad oil, traditional treatment, microbial contamination, (TC), (FC), *S.aureus*, potable water suitability.



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025
---------------------------------------	-----------------------------------

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	لقب و اسم الطالب(ة) :
HELLAH SATHA	الحاج سراج

La mention التقدير	Note(./20) العلامة	L'intitulé de mémoire عنوان المذكرة
.....		Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau conservée selon des pratiques traditionnelles: Cas de l'huile de cade à Biskra.

تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur :

Déclaration : Je soussigné (e), <u>Hamtou Bachra</u>, (grade) <u>MCB</u> à l'université de <u>Biskra</u>, avoir examiné intégralement ce memoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées	تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله <u>حمطو بشار</u> (الرتبة) <u>MCB</u> جامعة <u>بسكرة</u> أصريح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة
--	--

Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie				قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة :		
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز	
E	D	C	B	A	A+	



الأستاذ المشرف

التاريخ
2025 / 06 / 18

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025
---------------------------------------	-----------------------------------

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) :	Lقب و اسم الطالب (ة) :
M. HAMEL SIRINE	

La mention التقدير	Note(./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكورة عنوان
.....		Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau courante selon des pratiques traditionnelles, cas de l'huile de carde à Biskra

تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur :

Déclaration : Je soussigné (e), <u>Hantouche Bachra</u>, (grade) <u>M.C.B.</u> à l'université de <u>Biskra</u>, avoir examiné intégralement ce memoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées	تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله <u>هنتوكة باخرا</u> (الرتبة) <u>M.C.B.</u> بجامعة أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة
--	---

Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie			قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة		
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

التاريخ
2025 / 06 / 18

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire