



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté science de la nature et de la vie  
et des sciences de la Terre et de l'Univers  
Département des sciences de la nature  
et de la vie et des sciences de la terre et  
de l'univers.  
Filière : Science biologique

Référence ..... /2025

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité: Microbiologie Appliquée

---

Présenté et soutenu par:

**Boukhalfi Ikram Fella et Boudaouche Belkis Fatima Zohra**

Le: 10 :00 to 2-6-2025

## **Impact de l'utilisation de l'huile de cade sur les paramètres physico-chimiques de l'eau dans la région de Biskra**

---

### **Jury:**

Titre	Merabti Brahim	professeur	Université de Biskra	Président
Dr.	Hamlaoui Bochra	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Titre	Bacha Bahia	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire: 2024/2025

## **Remerciements**

Avant tout, nous remercions Allah tout-puissant pour sa guidance, sa miséricorde et sa force qui nous ont accompagnés tout au long de ce travail. Grâce à Lui, nous avons pu surmonter les moments difficiles et mener ce projet à son terme.

Nous tenons à exprimer notre encadreuse Bochra Hamlaoui pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son accompagnement et sa bienveillance tout au long de ce travail. Son soutien a grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons également nos remerciements les plus sincères aux membres du jurys pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de notre travail, ainsi que pour leurs remarques précieuses que nous considérons avec beaucoup de respect.

Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont soutenus, encouragés et guidés, que ce soit de près ou de loin, tout au long de ce parcours.

Un merci tout particulier à nos familles pour leur amour, leur patience et leur soutien inconditionnel. Leur confiance a été notre source de force.

## Dédicace

"وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ"

الحمد لله عند البدء وعند الختام

من قال أنا لها، نالها

لقد كانت طريقاً طويلة مليئة بالإخفاقات والنجاحات، فخورين بكفاحنا لتحقيق أحلامنا

لحظة لطالما انتظرناها، وحلمت بها في حكاية اكتملت فصولها

إلى من علّمني العطاء بلا انتظار، إلى من أحمل اسمه بكل فخر، إلى من كساني الله بهيبة الوقار، والذي  
العزیز.

إلى حبيبتي، قرة عيني، إلى القلب النابض، إلى من كانت دعواتها الصادقة سرّ نجاحي، أُمّي الغالية

إلى أخواتي كنزة، سندس، ومروة، مصدر الحب والدعم، شكراً لوجودكن الدائم في حياتي

إلى إخوتي الأعزاء وسيم، إسلام، وطلال، السند والقوة، ورفاق الرحلة منذ البداية

إلى صديقتي العزيزات، من تقاسمن معي الدرب والذكريات، إلى كل من زرعن في طريقي لحظة فرح

وإلى صديقة روح بلقيس، روح الوفاء، ورفيقة الدرب، شكراً لك من القلب

وإلى اختي التي لم تنجبها أُمّي شيماء، التي كانت دوماً نوراً في أيامي، وسنداً بالكلمة والدعاء، دمت لي  
أختاً وصديقة

وإلى زهرات العمر وفلذات القلوب، من أنادى فيهم بلقب "عمة" و"خالة"، أنتم البهجة في قلبي، وزينة  
الأيام، إلى جميع أحفادنا، أرواحكم تملأ الدار نوراً وسروراً

إلى كل من ساندني، وشجّعني، وعلّمني، ولم يبخل عليّ بدعمه ومحبتة

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل، ووفقني الله وإياكم إلى كل خير

IKRAM

# Dédicace

أحمد الله تعالى عز وجل حمداً كثيراً أن أنعم عليّ بنعمة العقل والدين، قال تعالى:  
"وفوق كل ذي علمٍ عليم"

لم تكن الرحلة قصيرة، ولم يكن طريقي مفروشا بالورود  
لم يكن حلمي قريباً، ولا دربي آمناً واضحاً وسهلاً، لكنني فعلتها، والحمد لله بنعمته

أهدي هذا التخرج إلى من دعمني بلا حدود، وأعطاني كل التقدير والتشجيع،  
الذي علمني أن الدنيا كفاح، وحنّني على المواظبة والاجتهاد، اللذين هما طريق النجاح... إلى والدي العزيز

وإلى من سهّلت حياتي وشدائدي بدعائها المستمر وكلماتها الحنونة الطيبة،  
التي رأت في البياض، وكانت سر قوتي... إلى والدتي الغالية

إلى أختي التي لا تُقدّر بثمن، غاليّتي وعزيزتي، التي كانت بجانبني دائماً ورافقتني في طريقي

إلى رفيقة دربي إكرام، وصديقتي التي رافقتني مشواري الطويل، وكانت أجمل ذكرياته

إلى كل من شجّعني وآمن بي، ومن كان معي في طريق الخير والحسن

بحمد الله وشكره، هذه آخر خطواتي الجامعية، ولم يتبق سوى القليل

:وصدق الشاعر حين قال

"وإذا كانتِ النفوسُ كباراً، تعبتُ في مرادها الأجسامُ"

لذلك أسأل الله التوفيق فيما تبقى، والسداد فيما هو آت

BELKIS

## Table de matière

Liste des tableaux .....	I
Liste des figures .....	II
Liste de abrégations.....	III
Introduction .....	1

### Partie Bibliographique

#### Chapitre 1 Généralités Sur L'eau

1. Définition.....	3
1.1. Le Cycle de l'eau dans l'environnement .....	3
1.1.1. Propriétés de base de l'eau.....	4
1.2. Les normes de qualité de l'eau potables .....	5

#### Chapitre 2 Traitement de l'eau et caractéristiques de la zone d'étude de Biskra

2.1. Traitement des eaux.....	8
2.1.1. Traitement physique.....	8
2.1.2. Traitement chimique .....	9
2.2. Description de la zone d'étude .....	9
2.3. Les facteurs abiotiques de la région de Biskra .....	10
2.4. Les facteurs hydriques .....	11
2.5. Les facteurs climatiques .....	11

### Partie Expérimentale

#### Chapitre 3 Matériel et méthodes

3.1. Présentation de site d'étude.....	13
3.2. Enquêtes sur les pratiques traditionnelles de conservation de l'eau à Bouchagroun .....	16
3.3. Définition et propriétés du goétre végétal .....	17
3.4. Matériel.....	17
3.4.1. In Situ .....	17
3.4.2. Au Laboratoire .....	17
3.4.3. Échantillonnage.....	19
3.4.3.1. Les types d'échantillons .....	19
3.4.3.2. Transports et conservation au laboratoire .....	20
3.5. Méthode d'analyse physico-chimique.....	21
3.5.1. Les paramètres physico-chimiques .....	21
3.5.1.1. Température (T) .....	21
3.5.1.2. pH.....	21
3.5.1.3. Conductivité: Unité: $\mu\text{S}/\text{Cm}$ à une température de $25^{\circ}\text{C}$ .....	21
3.5.1.4. Salinité.....	22
3.5.1.5. Sels dissous (Tds).....	22
3.5.2. Les éléments majeurs .....	23
3.5.2.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	23
3.5.2.2. Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	24
3.5.2.3. Chlorure.....	25
3.5.2.4. Bicarbonate.....	27
3.5.2.5. Sodium (Na) .....	30
3.5.2.6. Nitrate.....	31
3.5.2.7. Sulfates .....	32

3.6. Analyse physico-chimique de l'eau traitée selon une méthode traditionnelle .....	33
---------------------------------------------------------------------------------------	----

## **Chapitre 4 Résultats et discussion**

<b>4. Modifications des propriétés organoleptiques de l'eau après l'ajout du gotrane et son stockage dans une gourde (Guerba) .....</b>	<b>35</b>
4.1. Les analyses physiques avant l'ajout de gotrane .....	35
4.2. Les analyses physiques après l'ajout de gotrane.....	35
4.3. Analyse comparative des paramètres physico-chimiques de l'eau avant et après l'ajout du gotrane.....	36
4.3.1. Température.....	36
4.3.2. Salinité (Salt).....	36
4.3.3. Conductivité.....	36
4.3.4. Orp (Potentiel D'oxydoréduction).....	36
4.3.5. Tds (Total Dissolved Solids) .....	36
4.3.6. PH .....	37
<b>Conclusion .....</b>	<b>47</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	
<b>Résumé.....</b>	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Paramètres avec valeurs indicatives (Normes Algériennes du ministère des ressources en eau depuis .....	7
<b>Tableau 2:</b> Enquête sur les pratiques traditionnelles de conservation et de traitement de l'eau de boisson à Biskra.....	14
<b>Tableau 3:</b> Analyse comparative de l'eau: mesures <i>insitu</i> et au laboratoire .....	35

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Cycle de l'eau .....	3
<b>Figure 2 :</b> Localisation de l'étude Biskra .....	10
<b>Figure 3:</b> Description de la géologie de Biskra .....	11
<b>Figure 4:</b> Localisation de la source d'eau .....	14
<b>Figure 5:</b> La source de l'eau .....	16
<b>Figure 6:</b> Les échantillons dans la glacière.....	18
<b>Figure 7:</b> Multi paramètres .....	19
<b>Figure 8:</b> Les appareils utilisés: photomètre à la flamme, spectrophotométrie .....	19
<b>Figure 9:</b> Appareil de TDS&EC .....	23
<b>Figure 10:</b> Erlenmeyer, burette et indicateur (NaOH).....	24
<b>Figure 11:</b> Tampon à pH 10 et indicateur NET .....	25
<b>Figure 12:</b> La solution AgNO <sub>3</sub> , solution de chromate de potassium .....	26
<b>Figure 13:</b> Solution de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , indicateur de méthylorange.....	28
<b>Figure 14:</b> Le filtre Gotrane .....	34
<b>Figure 15 :</b> Concentration de Calcium et Magnésium dans l'eau normale et l'eau traitée (Guerba) .....	38
<b>Figure 16:</b> Concentration de Chlorure dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (guerba).....	40
<b>Figure 17:</b> Concentration de Bicarbonate dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (Guerba).....	41
<b>Figure 18 :</b> Concentration de Sodium et Potassium dans l'eau normale et l'eau de gotrane (guerba).....	42
<b>Figure 19 :</b> Concentration de sulfates dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (guerba) .....	44
<b>Figure 20:</b> Concentration de Nitrates dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (guerba) .....	44



## Listed des abréviations

pH: Potentiel Hydrogène

T: Température

EC : Electrical Conductivity (Conductivité Électrique)

TDS: Total Dissolved Solids (Solides Dissous Totaux)

ORP: Oxédo-Réduction Potential (Potentiel d'Oxydo-Réduction)

$\text{Ca}^{2+}$  : Ion Calcium

$\text{Mg}^{2+}$ : Ion Magnésium

$\text{Na}^{+}$  : Ion Sodium

$\text{K}^{+}$ : Ion Potassium

$\text{Cl}^{-}$  : Ion Chlorure

$\text{SO}_4^{2-}$ : Ion Sulfate

$\text{NO}_3^{-}$  : Ion Nitrate

$\text{HCO}_3^{-}$ : Ion Bicarbonate

EDTA: Acide Éthylène diamine tétra acétique

NEDTA : Normalité de la solution d'EDTA

VEDTA : Volume d'EDTA utilisé

TA: Titre Alcalimétrique

TAC: Titre Alcalimétrique Complet

$\text{VH}_2\text{SO}_4$ : Volume de la solution d'acide sulfurique

$\text{NH}_2\text{SO}_4$  : Normalité de l'acide sulfurique

# Introduction

### Introduction

L'eau est une substance essentielle à la vie, composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène ( $H_2O$ ). Elle est indispensable à toutes les formes de vie. La qualité de l'eau est déterminée par des critères microbiologiques, chimiques et physiques qui permettent d'évaluer sa conformité à un usage spécifique. (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2011). L'évaluation de cette qualité repose principalement sur des analyses physico-chimiques permettant d'identifier les paramètres susceptibles d'altérer les usages domestiques, agricoles ou industriels de l'eau. Ces paramètres incluent, entre autres, la température, le pH, la conductivité électrique, ainsi que la concentration en éléments chimiques tels que les nitrates, les chlorures, les métaux lourds et les matières organiques.

Dans cette perspective, le présent travail s'inscrit dans une démarche scientifique visant à étudier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau en deux étapes :

D'abord à l'état initial tel qu'elle est collectée, puis après son stockage dans un récipient traditionnel appelé guerba, fabriqué à partir de la peau de chèvre et traité au gotrane. Cette technique ancestrale, utilisée historiquement dans plusieurs régions du sud algérien, notamment à Biskra, est supposée avoir un effet conservateur sur l'eau. Toutefois, peu d'études scientifiques ont exploré son impact réel sur la qualité physico-chimique de l'eau.

L'objectif principal de cette étude est donc d'analyser, comparer et interpréter les éventuelles modifications induites par ce mode de stockage traditionnel. Il s'agira d'identifier les changements mesurables à travers une série de paramètres standardisés, tout en tenant compte des normes nationales et internationales relatives à la qualité de l'eau potable.

Afin de mener cette étude de manière rigoureuse, le mémoire est structuré en quatre chapitres complémentaires :

Le premier chapitre est consacré à une revue générale sur l'eau, ses propriétés fondamentales, ses sources de pollution et les normes de qualité applicables à l'eau destinée à la consommation humaine.

Le deuxième chapitre aborde les différentes méthodes de traitement de l'eau, en mettant un accent particulier sur les techniques traditionnelles, et présentes également la zone d'étude, à savoir la wilaya de Biskra.

Le troisième chapitre détaille le matériel et la méthodologie adoptée, incluant les techniques d'échantillonnage, les procédures d'analyse au laboratoire ainsi que les conditions de l'expérimentation sur la guerba goudronnée.

Enfin, le quatrième chapitre présente, analyse et discute les résultats obtenus, en comparant les données avant et après le stockage, tout en les confrontant aux références scientifiques disponibles.

# **Partie Bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur l'eau**

## 1. Définition:

L'eau ( $H_2O$ ), dans sa forme pure, est un composé simple. Elle se présente naturellement dans l'un de trois états de base, soit sous forme solide (glace), liquide ou gazeuse (brouillard, nuages, etc.). L'eau se transforme continuellement, passant d'un état à un autre lorsqu'elle se déplace de l'atmosphère au sol, puis sous le sol, et qu'elle retourne finalement dans l'atmosphère. C'est ce que l'on appelle le cycle hydrologique (Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011)

### 1.1 Le cycle de l'eau dans l'environnement

L'eau émerge apparemment de nulle part, en tombant du ciel sous forme de précipitations (pluie ou neige). Lorsque tombe la pluie, plusieurs choses peuvent se produire. Une fois qu'elle a atteint le sol, l'eau peut se déplacer par ruissellement sur les surfaces imperméables (p. ex., roches, sols durs, chaussées) et aboutir dans les cours d'eau, les lacs et les océans. Une partie de l'eau s'introduit dans le sol (processus que l'on appelle infiltration) et réalimente les ressources en eaux souterraines ou est absorbée par les plantes par leurs racines.

L'eau qui ne s'infiltre pas dans le sol finit par retourner dans l'atmosphère sous l'effet de l'évaporation et de la transpiration végétale (évaporation de l'eau à partir des surfaces exposées des végétaux). La combinaison de ces deux processus est ce que l'on appelle l'évapotranspiration (Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011)



**Figure 1:** Cycle de l'eau.

### 1.1.1. Propriétés de base de l'eau

On ne peut comprendre le cycle de l'eau sans avoir à l'esprit son caractère Unique, ce qu'en laissaient passer les « leçons de choses » qui la définissaient comme un liquide « incolore, inodore et sans saveur » :

- L'eau est un liquide très mobile

L'eau est un corps continu sans rigidité qui coule, s'échappe, file entre les doigts, remplit tout, s'étale dans l'espace. La mécanique des fluides, outil d'ingénieur, s'est d'ailleurs développée avant que le concept de molécule n'existe.

- L'eau est un très bon solvant (Boumaaza , 2020).

L'eau dissout plus de substances et en plus grande quantité que tous les autres liquides : c'est une des causes de la salinité de l'eau de mer; les rivières les sivent le continent et conduisent dans l'océan de grandes quantités de sels dissous, alors que c'est de l'eau douce qui s'évapore à partir de l'océan (Boumaaza , 2020).

- L'eau constitue un milieu favorable à la production primaire grâce à la présence de nutriments et d'éléments traces ; leur excès entraîne des phénomènes d'eutrophisation.
- L'eau possède une chaleur spécifique élevée ( $4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$ ) :



- La chaleur spécifique est la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'une masse unité de 1 oc. L'eau possède la chaleur spécifique
- La plus élevée de tous les solides et liquides, excepté l'ammoniaque: -l'eau régule la répartition des températures et joue un rôle clé dans le transport de chaleur ;
- L'eau est un mauvais conducteur de la chaleur, ce qui explique que « chauffé par le haut », l'Océan, d'une profondeur moyenne de trois mille mètres, est surtout une hydrosphère froide. (Guy.1996)

## 1.2. Les normes de qualité de l'eau potables

Ces normes sont définies par des organismes internationaux tels que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou l'Union Européenne. Ces normes visent à garantir une eau propre à la consommation, c'est-à-dire exempte de matières en suspension, de micro-organismes et de substances toxiques (Boumaaza, 2020).

Bien que les recommandations concernant les concentrations de minéraux puissent varier d'un pays à l'autre, des limites maximales sont généralement établies pour la plupart des minéraux afin d'assurer une eau équilibrée et agréable à boire (Boumaaza, 2020).

La production et la distribution de l'eau potable sont soumises à une réglementation stricte qui impose des normes de qualité très précises. L'objectif principal est de fournir une eau sûre pour la consommation humaine, Protégeant contre les risques sanitaires immédiats et à long terme, qu'ils soient réels, potentiels ou même simplement envisagés (Boumaaza, 2020).

En plus de la sécurité sanitaire, la réglementation vise également à garantir une eau de qualité organoleptique, c'est-à-dire agréable à boire, claire, inodore et équilibrée en sels minéraux (Boumaaza, 2020).

L'eau "propre à la consommation humaine" doit répondre à environ 70 critères de qualité, allant des limites de qualité (concentrations maximales à ne pas dépasser) aux références de qualité (concentrations optimales recommandées). Un critère est considéré comme respecté lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné (Boumaaza, 2020).

Des analyses sont effectuées régulièrement pour vérifier si l'eau, qu'elle provienne du robinet, de forages, de puits ou de sources, répond à ces critères de qualité. Ces analyses portent sur différents types de paramètres :

Sources, répond à ces critères de qualité. Ces analyses portent sur différents types de paramètres :

- Paramètres physico-chimiques : Ils mesurent les propriétés chimiques et physiques de l'eau, telles que la concentration en chlorure, silice, calcium, potassium, magnésium, sodium, le pH, la dureté, les résidus secs, l'oxygène dissous, les sulfates, la conductivité et la température (Boumaaza, 2020).

- Substances indésirables : Il s'agit de substances chimiques qui peuvent être présentes dans l'eau à des concentrations indésirables, telles que l'hydrogène sulfuré, le fer, le manganèse, le phosphore, le cuivre, le fluor, le zinc, le cobalt, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, l'azote, le baryum, l'argent, le carbone organique total (COT), les hydrocarbures dissous, le chlore libre résiduel, le phénol, le bore, les détergents, les organochlorés, les matières en suspension et l'oxydabilité. Il est important de noter que certaines de ces substances peuvent être bénéfiques pour l'organisme à très faible dose (Boumaaza, 2020).

- Paramètres organoleptiques : Ils évaluent les qualités sensorielles de l'eau, telles que la turbidité (clarté), la saveur, l'odeur et la couleur. Ces paramètres sont liés à l'apparence, au goût et à l'odeur de l'eau.

- Substances toxiques : Il s'agit de substances chimiques dangereuses pour la santé, telles que le plomb, le chrome, le cyanure, l'arsenic, le béryllium, les pesticides, le nickel, le mercure et les hydrocarbures (Boumaaza, 2020).

Afin de savoir si l'eau est réellement potable, il convient de savoir que des normes Algérienne existent en matière de qualité de l'eau se trouvant dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 1:** Paramètres avec valeur indicatives (Normes Algériennes du ministère des ressources en eau depuis 22 Mars 2011)

Groupe de Paramétrer	Paramètres	Unité	Valeur indicative
Paramètres physico-chimique en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	UnitéPh	>6.5et<9.5
	Conductivité	uS\Cmà20C	2800
	Température	C	25
	Dureté	Mg\1enCaCo3	200
	Alcalinité	Mg\1enCaCo3	500
	Calcium	Mg\1enCaCo3	200
	Chlorures	Mg\1	500
	Potassium	Mg\1	12
	Résidu sec	Mg\1	1500
	Sodium	Mg\1	200
	Sulfate	Mg\1	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg\1 platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur12C	Tauxdilution	4
	Saveur25C	Tauxdilution	4

# **Chapitre 2**

## **Traitement de l'eau et caractéristiques de la zone d'étude de Biskra**

## 2.1.Traitement des eaux

Le traitement des eaux vise à améliorer la qualité de l'eau en utilisant différentes méthodes physiques et chimiques (vilaginés, 2003)

### 2.1.1.Traitement physique

Les méthodes physiques incluent plusieurs techniques essentielles:

- **Distillation** : Technique ancienne utilisée pour le dessalement des eaux saumâtres et marines.Elle repose sur l'évaporation de l'eau suivie de sa condensation.Il existe plusieurs types de distillation(vilaginés ,2003)
- **Distillation à multiples effets** : Processus où l'eau est chauffée et évaporée à différentes pressions successives, permettant une récupération d'énergie efficace.
- **Procédé par détente successives (flash)** : Chauffage de l'eau suivi d'une vaporisation instantanée sous faible pression. Cette vapeur est ensuite condensée pour obtenir de l'eau douce (vilaginés,2003).
- **Compression de vapeur**: Utilise la recompression de la vapeur pour optimiser l'efficacité énergétique du processus (vilaginés,2003).
- **Coagulation-Floculation**: Processus visant à neutraliser les charges électriques des particules en suspension pour favoriser leur agrégation et leur élimination(vilaginés,2003)
- **Décantation**: Séparation des particules en suspension par gravité. Elle peut être améliorée par centrifugation (vilaginés,2003)
- **Flottation**: Technique inverse de la décantation où les particules sont entraînées vers la surface grâce à des bulles d'air, facilitant leur élimination (vilaginés,2003)
- **Filtration**: Deux types principaux sont distingués:
- **Filtration en profondeur**: Les particules sont retenues à l'intérieur du filtre grâce aux forces de Van der Waal.
- **Filtration de surface**: Utilisation de membranes poreuses où les particules sont bloquées en surface(vilaginés,2003)

### 2.1.2. Traitement chimique

Les traitements chimiques ont pour objectif de transformer certains polluants en composés moins nocifs ou plus faciles à éliminer grâce à des réactions chimiques spécifiques. Quatre procédés principaux sont utilisés :

- a) **Neutralisation:** Ajustement du pH à la neutralité par l'ajout d'acides ou de bases, ou encore par mélange d'effluents acides et alcalins, afin d'éviter toute réaction secondaire indésirable (vilaginés, 2003)
- b) **Précipitation:** Formation de produits insolubles qui peuvent être éliminés par décantation, filtration ou flottation (vilaginés, 2003)
- c) **Oxydo-réduction :** Transformation des polluants en substances non toxiques ou plus facilement séparables sous forme gazeuse ou précipitée. Exemples :
  - ✓ Oxydation des cyanures en cyanates et en  $\text{CO}_2$ .
  - ✓ Pyrolyse à haute température ( $1300\text{--}1600^\circ\text{C}$ ) pour oxyder certains liquides industriels.
- d) **Échange d'ions:** Utilisation de résines synthétiques contenant des radicaux échangeables pour capturer les ions indésirables présents dans l'eau. On distingue:
  - ✓ Échangeurs de cations (exemple: type R-H)
  - ✓ Échangeurs d'anions (exemple: type R-OH)

Ces réactions sont généralement réversibles, permettant une régénération facile des résines (vilaginés, 2003)

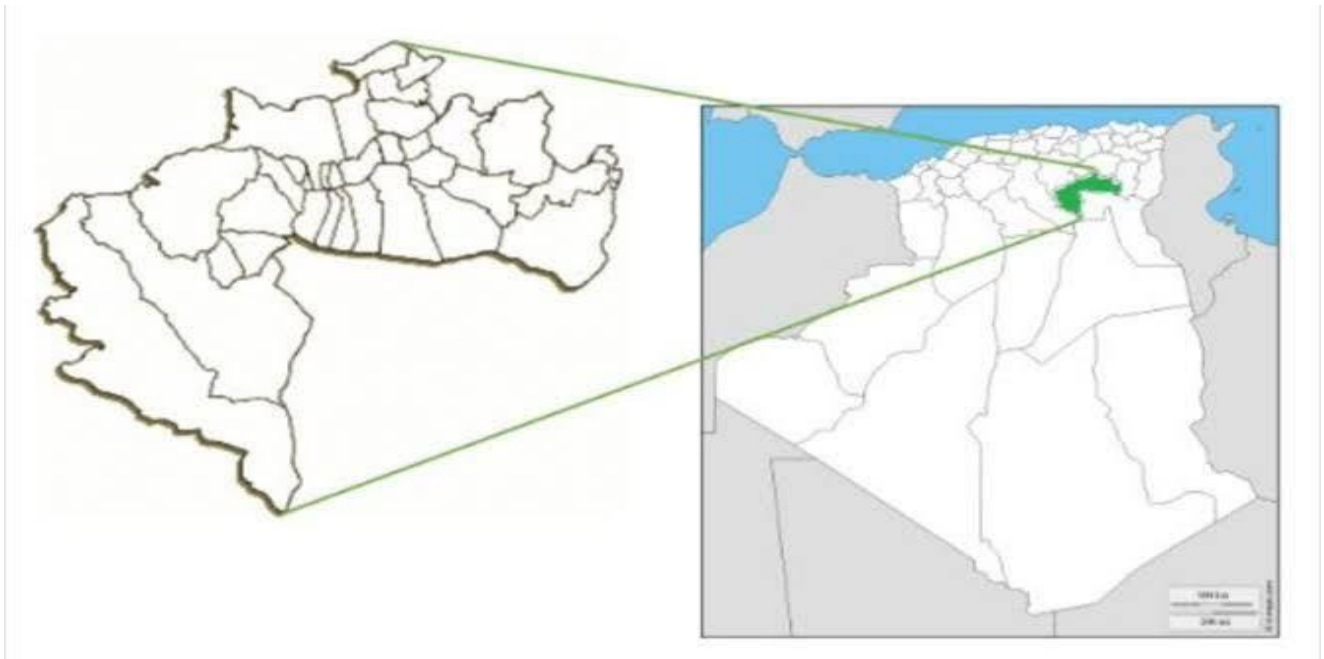
### 2.2. Description de la zone d'étude

La wilaya de Biskra occupe une position géographique stratégique dans le sud-est de l'Algérie, entre les latitudes  $33^\circ$  et  $35^\circ$  Nord et les longitudes  $4^\circ$  et  $6^\circ$  Est. Elle est délimitée au nord par la wilaya de Batna, à l'est par Khenchela, à l'ouest par M'Sila et Ouled Djellal, et au sud par El Oued et El M'Ghair. Située dans une zone de transition entre l'Atlas saharien et les étendues désertiques du sud, Biskra se distingue par une grande diversité géomorphologique. Elle regroupe l'ensemble des structures naturelles représentatives du territoire algérien, à savoir les montagnes, les plateaux, les plaines et les dépressions.

Au nord, la région est dominée par des chaînes montagneuses qui constituent un prolongement de l'Atlas saharien, tandis que les plateaux occupent la partie ouest, incluant notamment la région de Tolga.

Les plaines, quant à elles, se caractérisent par des altitudes relativement basses (entre 50 et 220 mètres) et englobent les zones d'Outaya, Tolga, Sidi Okba et Laghrous. Au sud-est s'étendent des dépressions salines appelées « chotts », dont le plus important est le Chott Melghir.

Sur le plan hydrographique, la wilaya est traversée par un réseau important d'oueds, parmi lesquels Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El Arab et Oued El Abiod, qui alimentent les principales vallées de la région. Géologiquement, Biskra présente une superposition de formations sédimentaires datant de différentes ères : le Mésozoïque dans les zones montagneuses au nord, le Cénozoïque dans les plateaux, et le Quaternaire dans les plaines. Ces formations comprennent principalement des grès, des sables argileux, de la dolomie et du calcaire. Cette composition géologique et géographique confère à la région une richesse naturelle et une complexité qui en font un espace d'étude privilégié (Selahdja, 2024).



**Figure 2 :La zone d'étude Biskra**

### **2.3. Les facteurs abiotiques de la région de Biskra**

Ces facteurs sont les facteurs édaphiques, hydrogéologiques et climatiques.

- a) **La géologie de Biskra:** la région compose des formations d'origines sédimentaire à prédominance de sédiments carbonatés.
- b) **La Géomorphologie :** la région de Biskra est constituée de 4 grands ensembles géographiques (ANAT, 2002) :

- ❖ Les montagnes: dans le Nord de la région (El Kantra,Djemorah,Mchounech)
- ❖ Les plateaux : à l'ouest, ils s'étendent du Nord au Sud presque la totalité des daïras d'Ouled Djellal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- ❖ Les plaines: sur l'axe El-Outaya,SidiOkbaetZeribetEl-Ouedetlacommunededaoucen.
- ❖ Les dépressions :dans la partie Sud-est de lawilaya de Biskra(chott Melghigh).

**La pédologie** : c'est l'étude des traits pédologique de sols dans la région tels que lasalinisation,les apports évolués et les remontées capillaires. La répartition de différents types des sols dansla région de Biskra :

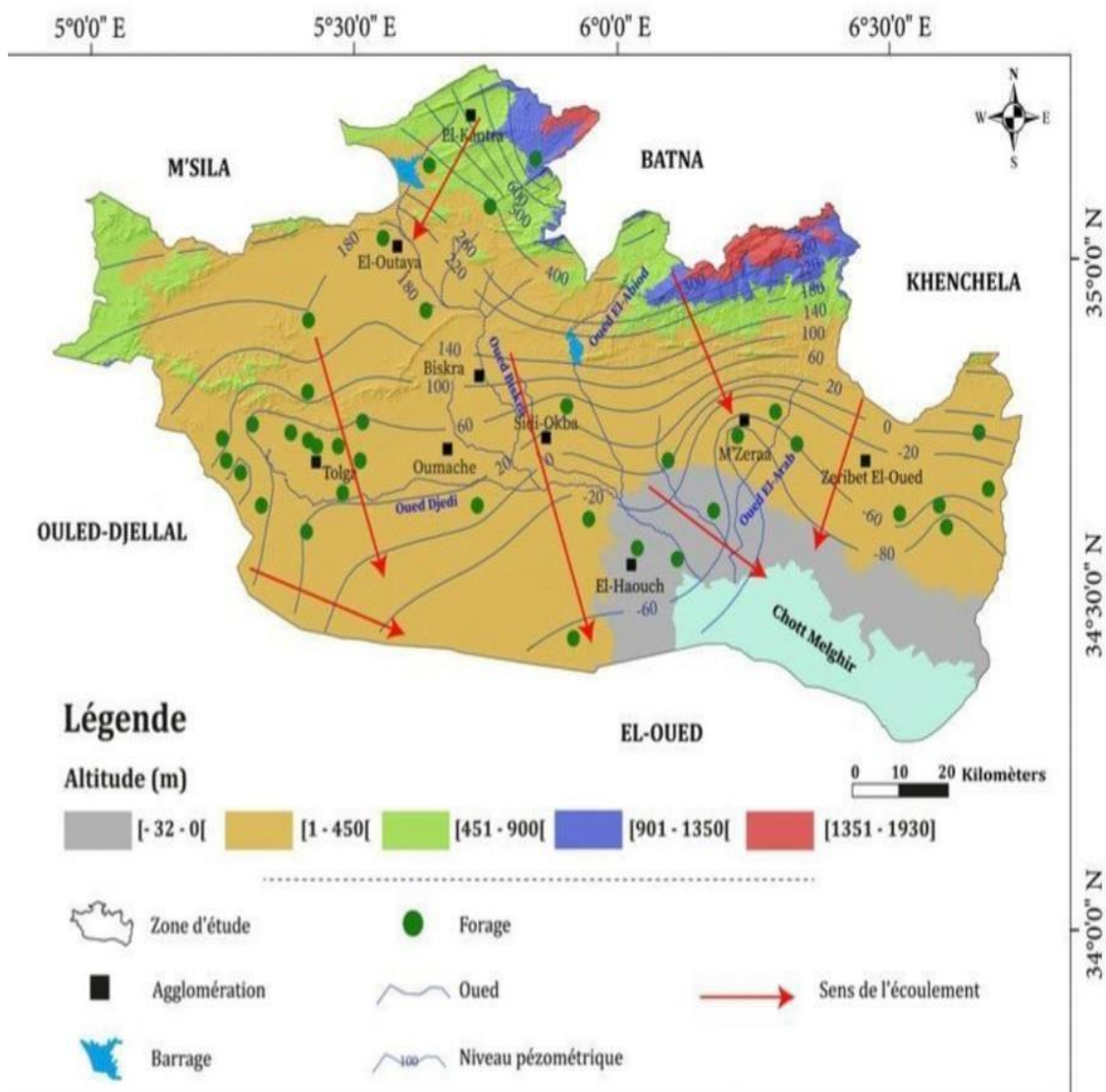
Les régions Sud : sont surtout caractérisée par les accumulations salées, gypseuses, et calcaires(Barakat and all, 2013)

Les régions Est: sont définies par les solsalluvionnaires et les solsargileux fertiles.

Les zones du Nord: sont les sièges de la formation des solspeu-évolues et peu fertiles.

Enfin,la plaine située au Nord Est où les sols argileux sodiques par les eaux minéraliséeconstituentle caractère de la pédogenèse de cette région (Barakat and all, 2013)





**Figure 3:** localisation de site d'étude

#### 2.4. Les facteurs hydriques

La région de Biskra est riche en ressources hydriques superficielles et souterraines.

- **Les ressources en eaux superficielles:** Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El Arab, Oued El Abiod (ANAT, 2003)
- **Les ressources en eaux souterraines:** La région de Biskra se distingue par des ressources en eau souterraines relativement par rapport aux régions du Nord. (ANAT, 2003)

#### 2.5. Les facteurs climatiques

Les principaux paramètres climatiques sont: les précipitations, température, le vent, l'humidité.

Les changements climatiques, marqués par l'augmentation des températures moyennes, la modification des régimes de précipitations, les variations d'humidité et l'intensification des vents, ont un impact direct sur les ressources en eau. Ces phénomènes perturbent le cycle hydrologique naturel : l'évaporation s'accélère, les périodes de sécheresse deviennent plus fréquentes, et les événements extrêmes comme les inondations altèrent la disponibilité et la qualité de l'eau douce. Ces dérèglements, s'ils ne sont pas maîtrisés, menacent durablement la sécurité hydrique des régions sensibles, notamment les zones arides comme le sud de l'Algérie. (Maljean-Dubois & Wemaëre, 2015).

# **Partie Expérimentale**

# **Chapitre 3**

## **Matériel et méthodes**

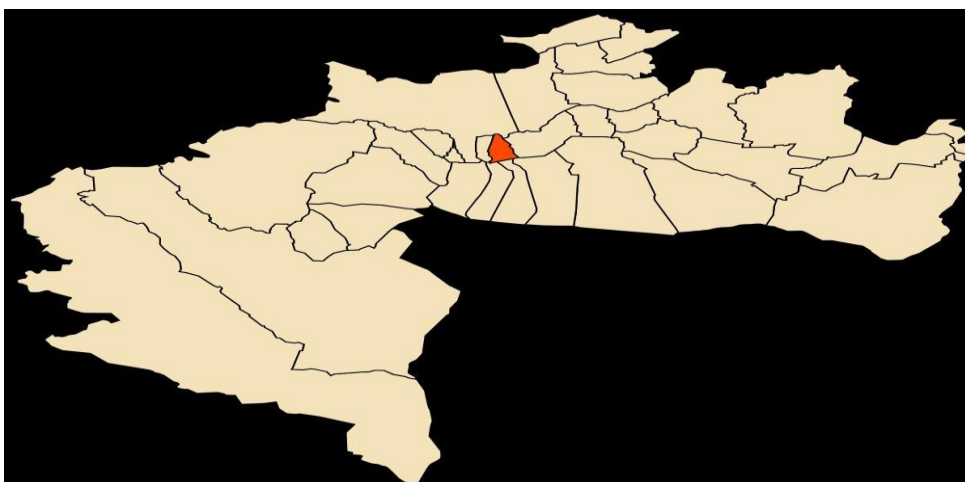
### 3.1. Présentation de site d'étude

Bouchagroun est situé au cœur d'une oasis verdoyante dans la région de l'Émirat de Zab. Elle se distingue par l'oued Bouchagroun, véritable source de vie pour ses habitants, dont les eaux pures jaillissent de deux sources abondantes pour irriguer les vergers et approvisionner la région en eau potable (Meghezi Bekhouche, 2021).

La source de cette eau se trouve dans une zone qui combine à la fois un caractère urbain et un environnement naturel, avec des constructions modernes en façade, tandis qu'une oasis luxuriante s'étend à l'arrière, conférant à la ville un charme unique où modernité et authenticité se retrouvent harmonieusement. Cet oued joue un rôle essentiel dans l'organisation agricole et économique de la localité (Meghezi Bekhouche, 2021).

Les habitants ont mis en place un système de distribution équitable de l'eau, appelé «Dour», basé sur des méthodes traditionnelles précises comme la « Mechkoudah» pour mesurer le temps. De part et d'autre de l'oued, des palmeraies et des vergers ont prospéré, faisant de Bouchagroun une oasis agricole riche, malgré les défis géologiques liés à la dureté du sol, connu sous le nom de « Debdeb», que les habitants ont su surmonter grâce à leur persévérance et leur labeur. Grâce à cet oued, la localité est devenue un centre de stabilité et d'investissement agricole, conservant son statut de l'un des villages les plus importants de la Wilaya de Biskra (Meghezi Bekhouche, 2021).

La zone de la source d'eau est située au centre de Bouchagroun, entourée par des oasis à l'arrière et des habitations à l'avant, ce qui en fait une zone intermédiaire entre une région urbaine et agricole (Meghezi Bekhouche, 2021).



**Figure 4:** Localisation du site d'étude (bouchagroune)

**Tableau 2:** Enquête sur les pratiques traditionnelles de conservation et de traitement de l'eau de boisson à Biskra

	Age	Sexe	Type de récipient	conservation	Stockage	traitement	La quantité de T	Temps pour utilisation N	Efficacité de T
1	74	Femme	Outre	5_8j	A l'intérieur	Gotrane	Des coutes	2j	Très efficace
2	66	Femme	Outre	10j	A l'intérieur à l'ombre	genévrier	220ml	3j	Très efficace
3	75	homme	Outre	6j	A l'intérieur	Gotrane	220ml	1_2j	Très efficace
4	68	homme	Outre	5_8j	A l'intérieur à l'ombre	genévrier	600g	2j	Très efficace
5	70	homme	Outre	5_8j	A l'intérieur	genévrier	500g	1_2j	Très efficace
6	69	Femme	Outre	Une semaine	A l'intérieur	Gotrane	220ml	1_2j	Très efficace

7	71	Femme	Outre	10j	A l'intérieur a l'ombre	Gotrane	220ml	3j	Trèsefficace
8	72	Femme	Outre	5j	A l'intérieur	genévrier	500g	2j	Trèsefficace
9	65	Femme	Outre	4j	A l'intérieur a l'ombre	genévrier	500g	2j	Trèsefficace
10	77	Femme	Outre	5_8j	A l'intérieur	Gotrane	220ml	2j	Trèsefficace
11	80	Femme	Outre	5_8j	A l'intérieur	Gotrane	Des coutes	1_2j	Trèsefficace
12	79	Femme	Outre	5_8j	A l'intérieur a l'ombre	genévrier	500g	1_2j	Trèsefficace
13	78	Femme	Outre	Une semaine	A l'intérieur	Gotrane	Des coutes	3j	Trèsefficace
14	85	homme	Outre	Une semaine	A l'intérieur	Gotrane	220ml	1_3j	Trèsefficace
15	75	homme	Outre	Une semaine	A l'intérieur a l'ombre	Gotrane	220ml	2j	Trèsefficace
16	86	Femme	métalliq ue	1_2j	A l'intérieur a l'ombre	Gotrane	Des coutes	1_3j	Trèsefficace
17	58	homme	Métalliq Ue	3_7j	A l'intérieur	Gotrane	Des coutes	1_3j	Trèsefficace
18	67	homme	Métalliq Ue	1_2j	A l'intérieur	genévrier	500g	2j	Trèsefficace
19	64	Femme	Outre	1_2j	A l'intérieur	Gotrane	220ml	1_2j	Trèsefficace

20	64	homme	métallique	3_7j	A l'intérieur à l'ombre	Gotrane	Des coutes	1_2j	Trèsefficace
21	63	homme	Outre	3_7j	A l'intérieur	Gotrane	Des coutes	1_2j	Trèsefficace
22	72	Femme	métallique	Une semaine	A l'intérieur à l'ombre	Gotrane	220ml	1_2j	Trèsefficace
23	62	Femme	Outre	10j	A l'intérieur	Gotrane	220ml	1_2j	Trèsefficace
24	66	Homme	métallique	Une semaine	A l'intérieur à l'ombre	Gotrane	Des coutes	3j	Trèsefficace

T : traitement de l'eau



**Figure 5:** La source de l'eau (photo prise par ikram)

### 3.2. Enquête sur les pratiques traditionnelles de conservation de l'eau à Bouchagroun:

Une étude préliminaire, reposant sur un questionnaire (Annexe 1), a été menée dans la région de Bouchagroun (wilaya de Biskra) afin d'explorer les pratiques traditionnelles liées à l'approvisionnement et au stockage de l'eau.

Un sondage a été réalisé au près de 24 habitants locaux, révélant une diversité de coutumes et d'usages. Plusieurs participants ont notamment insisté sur l'importance du traitement de l'eau par ébullition, en particulier pour les enfants et les personnes âgées,



en raison de leur vulnérabilité accrue. (Tableau 2)

### 3.3.Définition et propriétés du Gotrane végétal

Le Gotrane végétal, également appelé essence végétale ou « Gotrane », est un liquide de couleur brun-noir, insoluble dans l'eau. Il est obtenu par distillation destructive de certains végétaux tels que le pin d'Alep, l'acacia et le genévrier, dans un procédé de pyrolyse ou de carbonisation, à haute température et en l'absence d'air. Ce liquide possède une composition complexe, contenant des acides, des phénols, ainsi que des hydrocarbures paraffinés et aromatiques (Hadji, 2023).

#### Propriétés physiques et chimiques:

Couleur: Brun-noir.

Solubilité: Insoluble dans l'eau.

Densité: Varie entre 0,95 et 1,03 à 20°C.

Viscosité: Liquide visqueux, avec la consistance d'une huile épaisse.

Inflammabilité : Le goudron est inflammable.

Goût: Aigre, amer et caustique.

#### Effet sur l'eau:

Le goudron végétal est insoluble dans l'eau, ce qui signifie qu'il ne se mélange pas avec l'eau et reste séparé de celle-ci lorsqu'ils entrent en contact. Cette propriété physique empêche toute interaction chimique ou physique significative entre le goudron et l'eau dans des conditions normales (Hadji, 2023).

### 3.4. Matériel

#### 3.4.1. In situ :

- Flacons en verre
- Une glacière
- Un multi-paramètre

#### 3.4.2. Au laboratoire:

- Un multi-paramètre

- Un spectrophotomètre
- Une volumétrie
- Un autoclave
- Une étuve
- Une pompe à filtration
- Des tubes à essai
- Des pipettes
- Des béchers
- Un bec Benzène
- Une pince.



**Figure 6:** Les échantillons dans la glacière (photo prise par Belkis)



**Figure 7:** multiparamètres (photo prise par Belkis)



**Figure 8:** les appareils utilisés: photomètre à la flamme, spectrophotométrie. (photo prise par Ikram)

### 34.3. Echantillonnage:

Dans le cas des analyses physico-chimique, le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière.

L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaude rincés avec de l'eau déionisée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat. On peut utiliser des flacons en verre de 250ml, 500 ml ou 1000ml, de préférence borosilicatés, à bouchage émeri.

#### 3.4.3.1. Les types d'échantillons:

Afin d'assurer la fiabilité des résultats, deux méthodes d'échantillonnage ont été mises en œuvre.

- La première consiste en un prélèvement direct de l'eau à la source, destiné à une analyse physico-chimique classique. La seconde repose sur l'analyse d'échantillons ayant subi un traitement traditionnel par ajout de goudron (huile de cade), suivie d'une période de repos dans une outre durant un maximum de trois jours. Cette démarche comparative vise à évaluer les éventuelles modifications physico-chimiques induites par les pratiques ancestrales, conformément aux données présentées dans le tableau 02.
- Dans le cadre d'une enquête menée auprès de 24 personnes sur les méthodes traditionnelles de conservation de l'eau, il a été observé que les réponses étaient largement partagées et similaires. La plupart des participants ont mentionné la pratique ancestrale consistant à placer l'eau dans une outre, souvent traitée avec du goudron. Cette méthode, qui remonte à des siècles, est encore utilisée dans certaines régions pour ses multiples avantages. Le goudron, en plus d'agir comme un agent de conservation, confère à l'eau un goût unique, qui était particulièrement apprécié dans le passé. Cette technique non seulement permettait de préserver l'eau contre les altérations, mais elle offrait également une expérience gustative différente.
- Selon les résultats de l'enquête, il a été décidé de reproduire cette méthode traditionnelle et d'observer les différences entre l'eau ordinaire et l'eau traitée de cette manière. Cette expérimentation permettrait d'évaluer objectivement les effets de l'utilisation du goudron sur la qualité de l'eau, tant en termes de conservation que de goût. Les observations futures devraient fournir des informations précieuses aux données présentées dans le tableau 02

#### **3.4.3.2. Transport et conservation au laboratoire:**

Les échantillons d'eau ont été prélevés directement à la source et transportés vers le laboratoire dans des glacières isothermes, afin d'assurer la stabilité des conditions pendant tout le processus. La température ambiante à l'intérieur des glacières a été maintenue à un niveau modéré, ce qui permet de préserver les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sans altération. Ce mode de transport a permis de garantir l'intégrité des échantillons jusqu'à leur arrivée au laboratoire, où les analyses ont été réalisées dans les plus brefs délais.

### 3.5. Méthode d'analyse physico-chimique

#### 3.5.1. Les paramètres physico-chimiques:

##### 3.5.1.1. Température(T):

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique.

La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine(Roux,1987).Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels(Rodier, 2005).

##### 3.5.1.2.pH:

Le pH est une mesure qui permet de déterminer à quel point l'eau est acide ou basique. Cela est lié directement à la quantité d'ions hydrogène ( $H^+$ ) dans l'eau en solution. Plus il y a d'ions  $H^+$ , plus l'eau est acide et plus le pH est bas.

Le pH est habituellement donné sur une échelle de 0 à 14, 0 étant extrêmement acide et 14 extrêmement basique. Un pH de 7 correspond à une solution neutre. Chaque niveau de l'échelle de pH représente une variation d'un facteur de 10 par rapport au niveau précédent. Autrement dit, une eau qui présente un pH de 6 contient une concentration 10 fois plus forte d'ions  $H^+$  en solution qu'une eau qui présente un pH de 7.(Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau 2011)

La définition fondamentale du pH en termes d'activité des ions hydrogène(Covington et al.,1983): $pH = -\log_{10} a_{H^+}$  est purement notionnelle, car les activités ioniques ne peuvent pas être mesurées, et une définition pratique ou opérationnelle est donc nécessaire.

##### 3.5.1.3.Conductivité:unité: $\mu S/cm$ à une température de $25^\circ C$ :

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre deux électrodes métalliques. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Elle varie en fonction de la température, de la concentration et de la nature des substances dissoutes.

En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique(CEAEQ, 2015).

#### **3.5.1.4.Salinité:**

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés(Ramade, 2011).

- **Appareil:** multi-paramètres
- **Modeopérateur:**
  - Prendreenviron 100 ml d'eau à analyser.
  - Tremper l'électrode dans le bécher.
  - Laisser stabiliser un moment.
  - Puis noter les paramètres (température, pH, conductivité, salinité)

#### **3.5.1.5. Sels dissous(TDS) :**

Le TDS ou minéralisation totale correspondant à la masse totale des minéraux dissous anions et cations) et non dissous(lasilice),exprimé en mg/l.(Guir au de tall,1980).L'appareil utilisé est TDS & EC.

- **Modeopérateur:**
  - Prendre 100 ml d'eau dans un bicher.
  - Laisser stabiliser et puis placer l'appareil et laisser lequelle que seconde.
  - Noter les numéro saffichés.



**Figure 9:** appareil de TDS&EC (photo prise par Belkis)

### 3.5.2. Les éléments majeurs

#### 3.5.2.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogène carbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorure... (Rodier, 1996).

- **Mode opératoire:**

Pour déterminer la concentration en ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dans un échantillon d'eau par titrage complexométrique à l'EDTA. Les ions calcium présents dans l'eau forment un complexe stable avec l'EDTA (acide éthylène-diamine tétra-acétique). Le titrage est réalisé en présence d'un indicateur coloré, NOAH, qui permet de visualiser le point d'équivalence par un changement de couleur net.

- **Matériel et réactifs utilisés:**

- Burette graduée
- Erlenmeyer de 100 ml
- Pipette graduée (50 ml)
- Échantillon d'eau à analyser
- Solution d'EDTA de concentration connue
- Indicateur coloré NOAH (2 ml)

- Eaudistillée(sinécessaire)

- **Protocole**

Prélever 50 ml de l'échantillon d'eau à l'aide d'une pipette et les verser dans un erlenmeyer propre.

Ajouter 2 ml de la solution indicatrice NOAH. La solution prend une couleur initiale caractéristique.

Remplir la burette avec la solution d'EDTA de concentration connue.

Effectuer le titrage en ajoutant l'EDTA goutte à goutte tout en agitant, jusqu'à l'apparition d'un changement de couleur indiquant la fin de la réaction.

Noter le volume d'EDTA utilisé.

Répéter l'expérience sinécessaire pour améliorer la précision des résultats.



**Figure10:** Erlenmeyer,buretteetindicateur(NAOH) (photo prise par Ikram)

### 3.5.2.2.Magnésium(Mg<sup>2+</sup>):

Le magnésium dans l'analyse de l'eau est un élément essentiel qui contribue à la dureté de l'eau, aux côtés du calcium. Il est généralement présent sous forme de sels minéraux dissous, la dureté de l'eau, qui inclut la contribution du magnésium, est souvent exprimée en degrés français (°f) ou en ppm (mg/L) de carbonate de calcium équivalent.

Le magnésium est important pour la santé humaine et peut être assimilé par l'organisme via l'eau potable (Emilie and al, 2022)

- **Mode opératoire:**



La dureté totale de l'eau correspond à la somme des ions calcium et magnésium. Elle est déterminée par un titrage à l'EDTA en milieu basique (pH 10), en utilisant un indicateur spécifique (NET) qui permet de suivre le changement de couleur.

- **Protocole:**

1. Prélever 50 ml du même échantillon d'eau.
2. Ajouter 4 ml de tampon à pH10.
3. Ajouter quelques gouttes de l'indicateur NET(réactif coloré spécifique).
4. Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'au changement net de couleur.
5. Noter le volume total d'EDTA utilisé.



**Figure 11:** tampon à ph 10 et indicateur NET (photo prise par Ikram)

### 3.5.2.3.Chlorure

- **Mode opératoire:**

Les chlorures sont des composés salins très répandus naturellement (ex: NaCl, KCl) et dont la solubilité varie avec la température. Leur présence dans l'eau peut être d'origine naturelle (eaux souterraines, intrusion marine) ou humaine (eaux usées, rejets industriels). La concentration des chlorures est un indicateur clé de la minéralisation et de la potabilité de l'eau (Rezak, (s.d)).

- **Matériel et réactifs :**

- Burette graduée
- Erlenmeyer de 100 ml

- Pipette graduée (50ml)
- Échantillon d'eau à analyser
- Solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) de concentration connue
- Solution de chromate de potassium (indicateur, 1ml)
- Eau distillée (si nécessaire)

• **Protocole:**

1. Prélever 50 ml de l'échantillon d'eau et les introduire dans unerlenmeyer propre.
2. Ajouter 1 ml de solution de chromate de potassium. La solution devient légèrement jaune.
3. Remplir la burette avec la solution d' $\text{AgNO}_3$ .
4. Titrre goutte à goutte tout en agitant, jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique persistante indiquant le point d'équivalence.
5. Noter le volume d' $\text{AgNO}_3$  utilisé.
6. Répéter l'expérience pour obtenir une valeur moyenne.



**Figure 12:** la solution  $\text{AgNO}_3$ , solution de chromate de potassium (photo prise par Ikram)

**3.5.2.4. Bicarbonate:**

Les teneurs en bicarbonates dans nos échantillons d'eau ont été déterminées et varient entre 14,3 mg/L et 242,8 mg/L. Ces ions peuvent provenir de la dissolution de formations carbonatées selon l'Équation(2):  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$  (Bakouan et al., 2017)

- **Matériel nécessaire:**

- Échantillon d'eau (50ml)
- Solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,02N)
- Indicateur coloré : Méthylorange
- Burette
- Erlenmeyer
- Pipette
- Flacon compte-gouttes
- Agitateur magnétique

- **Réactifs:**

- Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), concentration : 0,02N

Indicateur de méthylorange (solution aqueuse).

Détermination du T.A :

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml

Ajouter 1 à 2 gouttes de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors apparaître ; dans le contraire le T.A est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le  $\text{pH} < 8,3$ .

Verser ensuite doucement l'acide à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution ( $\text{pH} = 8,3$ ).

Soit V le nombre de millilitres d'acide versés  $V = 0 \text{ ml}$ .  $\text{pH} < 8,3$ , le titre alcalimétrique TA est nul.

Détermination du T.A.C:

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas de coloration. Ajouter 2 gouttes de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé ( $\text{pH} = 4,3$ ).

Soit  $V'$  le nombre de millilitres d'acide versés depuis le début du dosage.



**Figure 13:** solution de  $H_2SO_4$ , indicateur de méthylorange (photo prise par Ikram)

#### 3.5.2.5. Potassium(k):

Le potassium (symbole chimique : K) est un élément métallique alcalin léger, occupant la dix-neuvième position dans le tableau périodique des éléments. Son isolement a été réalisé pour la première fois en 1807 par Humphry Davy, grâce à l'électrolyse de la potasse caustique (KOH).

En tant que métal, le potassium se caractérise par sa légèreté, sa malléabilité et sa couleur argentée, ce qui permet de le couper aisément. Il présente une réactivité chimique élevée, notamment une réaction vigoureuse et exothermique avec l'eau, produisant de l'hydroxyde de potassium (KOH) et du dihydrogène gazeux ( $H_2$ ). Cette forte réactivité explique qu'il n'existe pas à l'état pur dans la nature, mais plutôt sous forme de composés, et nécessite un stockage sous des substances telles que l'huile pour le protéger de l'oxygène et de l'humidité. Le potassium est un élément essentiel à la vie, jouant un rôle fondamental dans de nombreux processus biologiques vitaux au sein des organismes vivants (Lamdert et al., 2021)

- **Matériel nécessaire:**

- Photomètre à la flamme (Flamme Photomètre)
- Échantillon d'eau à analyser
- Solutions standards de potassium préparées par pesée directe de  $K^+$

- Burettes et pipettes pour la préparation des solutions
- Cuvettes appropriées pour le photomètre
- Verres propres pour la préparation des solutions
- Balance de précision pour peser le potassium
- Réactifs
- Eaudistillée (pour la préparation des solutions)
- Méthode

### 1. Préparation de la gamme d'étalonnage:

Préparez une série de solutions standards de potassium en pesant directement une quantité mesurée de  $K^+$  (ou toute source de potassium pur, comme le  $K_2CO_3$  si nécessaire) et en la dissolvant dans de l'eau distillée pour obtenir les concentrations suivantes :

- Solution 1: 20 mg/l
- Solution 2: 40 mg/l
- Solution 3: 60 mg/l
- Solution 4: 80 mg/l
- Solution 5: 100 mg/l

Dissolvez soigneusement chaque quantité pesée dans des volume sappropriés d'eau distillée pour obtenir les concentrations spécifiques.

### 2. Réglage du photomètre à la flamme:

Allumez le photomètre à la flamme et réglez-le pour analyser la lumière émise par le potassium ( $K^+$ ).

Ajustez l'appareil selon les instructions du fabricant pour s'assurer qu'il est calibré et prêt pour la mesure.

### 3. Mesure des solutions standards:

Placez chaque solution standard dans une cuvette propre et insérez-la dans le photomètre à la flamme.

Enregistrez l'intensité de la lumière (mesure de l'émission) pour chaque solution standard à sa propre concentration.

Répétez la mesure plusieurs fois pour chaque solution standard afin d'obtenir des résultats fiables.

### **1. Étalonnage:**

Utilisez les valeurs d'intensité de lumière obtenues pour chaque solution standard et tracez une courbe d'étalonnage :

Intensité lumineuse (mesurée) vs Concentration de  $K^+$  (mg/L). La courbe d'étalonnage doit être linéaire.

### **2. Mesure de l'échantillon:**

Préparez l'échantillon d'eau à analyser. Si nécessaire, diluez l'échantillon avec de l'eau distillée pour obtenir une concentration de potassium qui tombe dans la gamme de la courbe d'étalonnage.

Placez l'échantillon dans la cuvette propre et insérez-le dans le photomètre à la flamme.

Enregistrez l'intensité de la lumière émise par l'échantillon.

### **3. Calcul de la concentration en potassium:**

À l'aide de la courbe d'étalonnage tracée précédemment, comparez l'intensité mesurée de l'échantillon avec la courbe pour déterminer la concentration en potassium dans l'échantillon d'eau.

### **4. Analyse des résultats:**

Calculez la concentration exacte de potassium dans l'échantillon, en tenant compte des éventuelles dilutions effectuées.

#### **3.5.2.6. Sodium (Na) :**

Le sodium dans l'analyse de l'eau est un paramètre essentiel qui reflète la qualité et la composition chimique de l'eau. Il est généralement présent sous forme d'ions ( $Na^+$ ), souvent associés au chlorure de sodium ( $NaCl$ ). Le Taux d'Adsorption du Sodium (SAR) est utilisé pour évaluer la qualité de l'eau en termes de sodium, en comparant sa concentration avec celles du calcium et du magnésium.

Les méthodes de dosage incluent des techniques chimiques ou spectroscopiques précises pour évaluer la concentration dans l'eau. (Isabelle, 2003)

- **Matériel et réactifs :**

- Photomètre à flamme
- Éprouvettes graduées
- Pipettes
- Eau distillée
- Solution mère de  $\text{Na}^+$  (concentration connue)
- Échantillon d'eau à analyser
- Préparation de la gamme étalon

Préparer cinq solutions étalons de sodium à partir d'une solution mère par dilution dans de l'eau distillée. Les concentrations finales seront : (20 mg/l - 40 mg/l - 60 mg/l - 80 mg/l - 100 mg/l). Chaque solution est bien homogénéisée.

- **Mesure:**

1. Allumer le photomètre à flamme et calibrer l'appareil avec l'eau distillée (zéro) et la solution la plus concentrée (100 mg/L).
2. Introduire successivement les solutions étalons dans l'appareil et noter les intensités lumineuses correspondantes.
3. Tracer la courbe d'étalonnage: intensité vs concentration.
4. Mesurer ensuite l'intensité de l'échantillon inconnu.
5. Reporter la valeur mesurée sur la courbe pour déterminer la concentration en sodium de l'échantillon.

### 3.5.2.7. Nitrate:

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Pour connaître la méthode de détermination des Anions, Les composés carbonés: il existe différents indicateurs de pollution organique. Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles. (Les analyses physiques et chimiques, (s.d))

**Mode opératoire:** Dosage des nitrates par spectrophotométrie UV-VIS

**Réactifs:**

Solution étalon de nitrates à 100 mgN-NO<sub>3</sub>. L<sup>-1</sup>

- Dissoudre 0.7218 g de nitrate de potassium, préalablement séché à 105°C pendant 24h, dans 1000mL d'eau distillée.

Solution étalon de nitrates à 10 mgN-NO<sub>3</sub>. L<sup>-1</sup>

- Diluer la solution précédente à 1/10.

Gamma d'étalonnage

- À partir d'une solution étalon à 10 mg de N-NO<sub>3</sub>, préparer une gamme étalon: Un

tableau :

Réalisation de la gamme d'étalonnage pour des nitrates par spectrophotométrie UV-VIS

- Lire l'absorbance à 220 nm en utilisant de l'eau distillée pour régler le zéro d'absorbance et en utilisant des cuves spéciales pour UV.

Dosage de l'eau à analyser

- Prélever une prise d'essai de 50ml d'échantillon.
- Ajouter 1ml d'acide chlorhydrique à 1mol.L<sup>-1</sup> et mélanger fortement.
- Lire l'absorbance dans les mêmes conditions que pour la gamme étalon.

**3.5.2.8.Sulfate:**

Dans le contexte des analyses physiques et chimiques de l'eau, les sulfates sont des composés chimiques qui se forment à partir de l'anion sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) et de cations tels que le sodium (Na<sup>+</sup>), le calcium (Ca<sup>2+</sup>), ou le magnésium (Mg<sup>2+</sup>). Ces composés sont très solubles dans l'eau et se dissocient facilement en ions, persistant sous forme ionique dans l'eau. En termes de qualité de l'eau, les sulfates sont mesurés en mg/L d'ion sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) et peuvent provenir de sources naturelles ou anthropiques (Ineris, 2019).

**Dosage des sulfates par spectrophotométrie UV-VIS****Réactifs :**

- Solution NaCl.HCl



Dans une fiole jaugée de 2000mL, ajouter 40 mL d'acide chlorhydrique concentré(36%,  $d=1,18$ ) à 480 g de chlorure de sodium p.a.(NaCl).Ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

- Gomme d'acacia 0,25%

Dans une fiole jaugée de 100 mL, dissoudre dans de l'eau déminéralisée 0,25g de gomme d'acacia. Ajuster au volume. Homogénéiser

Chlorure de baryum( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) en poudre

- Solution mère de sulfate de sodium( $Na_2SO_4$ )200 mé.L-1

Dans une fiole jaugée de 500mL contenant environ 400mL d'eau déminéralisée, dissoudre 7,1025g de sulfate de sodium anhydre ( $Na_2SO_4$ )Ajuster au volume.Homogenizer.

#### **Modeopératoire:**

- Solutions filles de sulfate de sodium( $Na_2SO_4$ )%
1. Dans des fioles jaugées de 1 000 mL, prélever respectivement 5, 10, 15, 20 et 25 mL de la solution mère. Compléter avec de l'eau déminéralisée (réf. 4.3.1) jusqu'au trait de jauge. Ces solutions contiennent respectivement 1, 2, 3, 4 et 5  $mmol \cdot L^{-1}$ . Homogénéiser soigneusement.
  2. Transférer 25 mL de l'extrait dilué (au 1/10 ou au 1/100) dans une fiole jaugée de 100 mL. Ajouter successivement :10 mL de la solution de NaCl-HCl, 2 mL de gomme d'acacia, 1 g de poudre de chlorure de baryum. Agiter manuellement, compléter au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée, puis homogénéiser.
  3. Agiter à la main,ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.
  4. Préparer un témoin et les solutions filles selon le même protocole.
  5. Enprenant le témoin comme référence, ajusté à 0,00 l'absorbance du spectrophotomètre réglé à 600nm.
  6. Mesurer l'absorbance au spectrophotomètre a 600nm pour les solutions filleset les échantillons.

### **3.6.Analysephysico-chimiquedel'eau traitéeselonuneméthode traditionnelle**

Dans le cadre de cette étude, une évaluation de l'efficacité d'une méthode traditionnelle de traitement de l'eau a été réalisée. Cette méthode repose sur l'utilisation du goudron appliqué à l'intérieur d'une outre. Traditionnellement, l'outre est fabriquée à partir de peau de chèvre matériau naturel connu pour sa résistance et sa capacité à conserver l'eau.

L'objectif principal est de déterminer l'impact potentiel de cette pratique sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

#### 1. Préparation de l'échantillon d'eau traitée :

Dans un premier temps, une fine quantité de goudron a été déposée à l'intérieur de la gourde, puis laissée à sécher complètement. Une fois le goudron sec, la gourde a été remplie avec de l'eau potable et conservée à température ambiante pendant une durée de trois jours, conformément à la méthode traditionnelle observée dans certaines régions.

#### 1. Réalisation des analyses physico-chimiques :

Des analyses physico-chimiques ont été effectuées avant et après le séjour de l'eau dans la gourde traitée. Les paramètres mesurés incluent le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la concentration en matières en suspension, ainsi que la présence d'ions (chlorures, sulfates, nitrates...) et de composés organiques éventuels. Ces analyses visent à évaluer l'effet du goudron sur la qualité de l'eau.

Les résultats obtenus ont été regroupés dans le tableau (Tableau 2), permettant ainsi une comparaison directe avec les normes de potabilité en vigueur. Cette démarche s'inscrit dans une approche scientifique visant à valider ou nuancer les observations empiriques liées à l'usage traditionnel du goudron comme agent de traitement de l'eau.



**Figure 14:** matériel traditionnel outre le Gotrane(photo prise par Ikram)

# **Chapitre 4**

## **Résultats et discussion**

## **Modifications des propriétés organoleptiques de l'eau a près l'ajout du Gotrane et son stockage dans une gourde (Guerba)**

L'ajout du Gotrane végétal, suivi du stockage de l'eau dans une gourde traditionnelle, a induit des altérations notables au niveau des propriétés organoleptiques de l'échantillon.

D'un point de vue sensoriel, une odeur caractéristique, boisée et fumée, typique du Gotrane, a été perçue, marquant une modification significative du profil olfactif. Visuellement, l'eau a présenté un changement de teinte, virant au jaune pâle, accompagné de fines particules noires en suspension ou en dépôt au fond du récipient, témoignant de la présence résiduelle de composés goudronneux.

Au niveau gustatif, l'eau a révélé une augmentation de l'acidité ainsi qu'une amertume prononcée, conférant un goût plus corsé et distinctif. Ces transformations traduisent une interaction complexe entre les composés volatils du Gotrane et les caractéristiques physiques de l'eau, influençant à la fois sa perception sensorielle et sa qualité organoleptique globale.

### **4.1. Les analyses physiques**

#### **4.1.1. Les analyses physiques avant l'ajout de Gotrane**

**Tableau 3 :** Analyse comparative de l'eau : mesures insitu et en laboratoire

Les paramètres	<i>In situ</i>	Au laboratoire
PH	(6,65-7,46)	(7,30 -6,62)
Salt	71 ,3	97,8
Conductivité	(144-143)	(190 -191)
ORP	(45-46)	(50 -58)
TDS	(94-95)	(126,3)
Température	21.9	21.6

#### 4.1.2. Les analyses physiques après l'ajout de Gotrane:

D'après les mesures *in situ*, la température de l'eau a été enregistrée à 28,1 °C, tandis que la teneur en matières dissoutes totales (TDS) a atteint environ 40,9 mg/L.

En ce qui concerne les analyses en laboratoire, le pH mesuré était de 6,53, indiquant une légère acidité de l'eau. Les résultats ont également montré que la conductivité électrique de l'eau était de 0,456 mS/cm, ce qui reflète la concentration des sels dissous. Il convient de noter que certains paramètres, tels que la salinité (Salt) et le potentiel d'oxydoréduction (ORP), n'ont pas été mesurés, ni *in situ*, ni en laboratoire. Laboratoire.

#### 4.2. Analyse comparative des paramètres physico-chimiques de l'eau avant et après l'ajout du Gotrane

##### 4.2.1. Température :

Les températures mesurées *in situ* variaient entre 21,6 et 21,9 °C avant l'ajout, pour atteindre 28,1 °C par la suite. Cette augmentation pourrait s'expliquer soit par une modification des conditions environnementales, soit par les propriétés thermiques du récipient employé.

##### 4.2.2. Salinité (Salt) :

Avant l'ajout, la salinité en laboratoire. Après l'ajout, aucune valeur n'est fournie en laboratoire, mais *in situ*, elle diminue à 40,9, ce qui pourrait être lié à une dilution ou une précipitation des sels sous l'effet des interactions avec les composés goudronneux.

##### 4.2.3. Conductivité :

Les mesures de conductivité avant ajout indiquaient des valeurs comprises entre 143 et 144 µS/cm *insitu*, contre des valeurs plus élevées en laboratoire, allant de 190 à 191 µS/cm, ce qui reflète une concentration importante en ions dissous. Après traitement, une diminution notable a été enregistrée en laboratoire, avec une conductivité réduite à 0,456 mS/cm. Cette chute marquée pourrait être attribuée à la rétention des ions par adsorption sur les particules organiques présentes dans le Gotrane.

##### 4.2.4. ORP (Potentiel d'oxydoréduction) :

Les valeurs d'ORP mesurées *in situ* se situaient entre 45 et 46 mV, tandis qu'en laboratoire, elles variaient de 50 à 58 mV. En l'absence de données post-traitement, il est néanmoins envisageable que ces valeurs évoluent selon le comportement réducteur ou oxydant du Gotrane.

#### 4.2.5.TDS (Total Dissolved Solides):

La concentration en solides dissous totaux a été mesurée à 94,95 mg/L sur site et à 126,3 mg/L en laboratoire avant l'ajout, traduisant une présence significative de substances dissoutes. Après traitement, la valeur relevée sur site diminue à 40,9 mg/L, indiquant une réduction notable de cette concentration, probablement liée à des phénomènes tels que la précipitation ou l'absorption par les constituants Gotrane.

#### 4.2.6.PH :

Les valeurs de pH variaient qu'en laboratoire, elles étaient comprises qui indique une eau neutre à légèrement acide. Par la suite, une diminution plus marquée du pH a été observée, atteignant 6,53 lors des analyses en laboratoire, ce qui serait probablement dû à la libération de composés organiques acides provenant du Gotrane.

### 4.3. Les analyses chimiques

#### 4.3.1. Ca et Mg

Les calculs :

Première mention fait les calculs pour le TH

$TH = (VEDTA * NEDTA * 1000) / \text{volume de la prise d'essai en ml} / \text{litre}.$

$Ca^{++} = (VEDTA * NEDTA * 1000) / \text{volume de la prise d'essai en ml} / \text{litre}.$

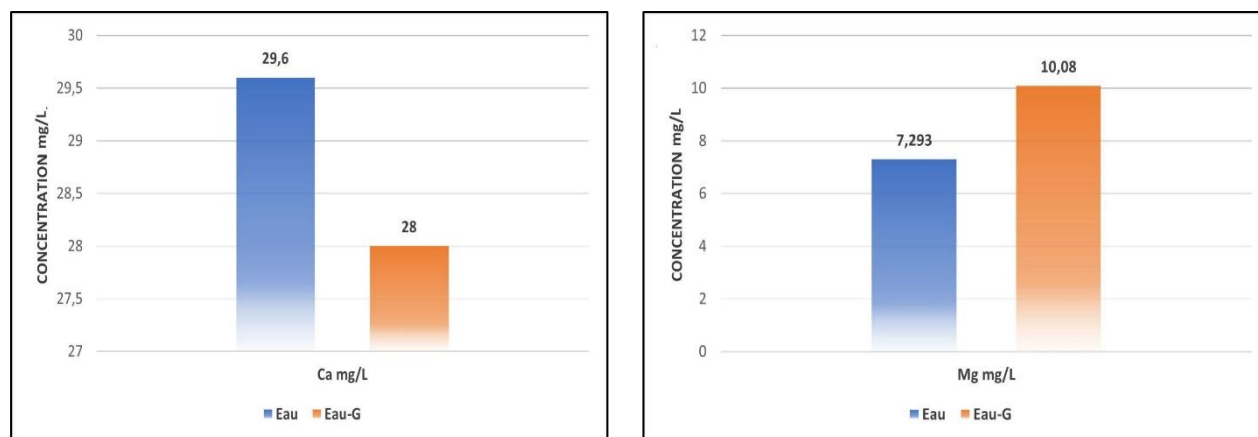
$Mg^{++} = TH - Ca^{++}.$

Donc les résultats avant l'ajout de gotrane sont :  $Ca = 29.6 \text{ mg/l}$

$Mg = 7.293 \text{ mg/l}$

Les résultats après l'ajout de Gotrane sont :  $Ca = 28 \text{ mg/l}$

$Mg = 10.08 \text{ mg/l}$



**Figure 15 :** Concentration de calcium et magnésium dans l'eau normale et l'eau traitée (Guerba)

L'analyse comparative des teneurs en calcium avant et après l'ajout de Gotrane dans la gourde montre une légère diminution, passant de 29,6 mg/L à 28 mg/L, soit une différence de 1,6 mg/L.

Cette variation peut être liée à une interaction douce entre certains composants du Gotrane et les ions calcium présents dans l'eau. Il est possible que ces composés forment des liaisons temporaires ou modifient légèrement la disponibilité du calcium sans pour autant altérer la qualité globale de l'eau.

Cette légère réduction peut également être interprétée comme un ajustement naturel de l'équilibre minéral de l'eau en présence de substances organiques aromatiques, ce qui pourrait contribuer à une stabilité minérale différente, sans effet négatif apparent.

Donc, la variation soit modérée, elle suggère une influence du Gotrane sur la distribution des minéraux dans l'eau, ce qui mérite une attention particulière dans le cadre d'analyses complémentaires ou d'usages spécifiques.

Les analyses expérimentales ont révélé une élévation notable de la concentration en magnésium dans l'eau traitée au Gotrane (Eau-G), atteignant 10,08 mg/L, contre 7,293 mg/L dans l'eau ordinaire (Eau), soit un écart de 2,787 mg/L. Cette différence, chimiquement significative, met en évidence l'influence potentielle du Gotrane en tant qu'agent naturel intervenant dans les pratiques traditionnelles de traitement et de conservation de l'eau.

Plusieurs hypothèses d'ordre physico-chimique peuvent être avancées pour expliquer cette augmentation. Premièrement, le Gotrane résulte de la pyrolyse de bois riches en composés

Organiques et en éléments minéraux, tels que le genévrier ou le pin. Ce procédé thermique peut laisser subsister certains oligo-éléments, dont le magnésium, dans le produit final. Lors de l'application du Gotrane sur les parois internes des récipients (notamment les gourdes traditionnelles), ces éléments peuvent migrer vers l'eau par solubilisation ou par des interactions physico-chimiques avec la surface du matériau.

Deuxièmement, une interaction entre le Gotrane et les constituants minéraux des parois des contenants peut engendrer une mobilisation de certains éléments piégés, notamment dans des conditions favorables telles que la température ambiante et la durée de stockage, contribuant ainsi à l'enrichissement en magnésium.

Troisièmement, le Gotrane pourrait induire une modification des paramètres physico-chimiques de l'eau, notamment le pH, ce qui favoriserait la solubilité de certains ions métalliques, y compris le magnésium. Par ailleurs, certains composés organiques présents dans le Gotrane peuvent comporter des groupements fonctionnels susceptibles de participer à des échanges ioniques, facilitant ainsi la libération du magnésium présent dans l'eau ou lié à d'autres complexes.

#### **4.3.2. ChlorureCl:**

##### **Calcule :**

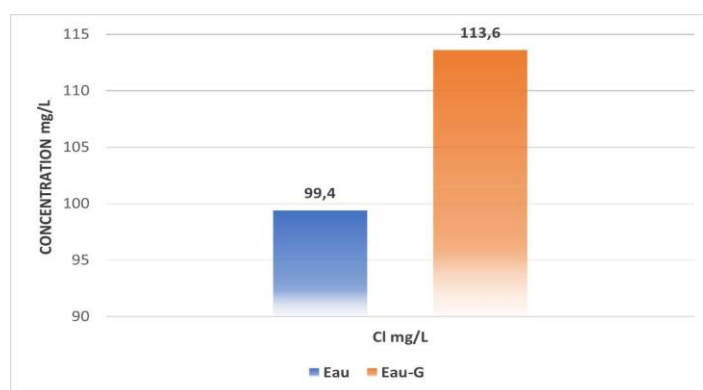
Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés. Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$  donne la teneur en chlorures, exprimée en milli grammes de Cl-par litre d'eau. Les résultats avant l'ajout de gotrane:

$$\text{Cl} = 99.4 \text{ mg/l}$$

Les résultats après l'ajout de gotrane :  $\text{Cl} = 113.6 \text{ mg/l}$





**Figure 16 :** Concentration de chlorure dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane(guerba)

Les données présentées dans le graphique indiquent une différence significative dans la concentration de chlore (Cl) entre l'eau ordinaire (Eau) et l'eau traitée avec du gotrane (Eau-G), où la concentration dans l'eau ordinaire était de 99,4, tandis qu'elle s'est élevée à 113,6 dans l'eautraitée. Cette augmentation d'environ 14,2 unités témoigne d'un effet réactif notable dû à la présence du Gotrane dans le milieu aqueux.

Il est bien établi que le gotrane contient des composés organiques complexes, incluant des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des composés fonctionnels réactifs susceptibles d'interagir avec les constituants de l'eau, notamment le chlore.

La présence du gotrane pourrait favoriser la libération du chlore à partir de ses formes liée souprécipitées, ou contribuer à la formation de composés organochlorés, augmentant ainsi la concentration totale de chlore mesurable. De plus, certains composants du gotrane peuvent accroître la réactivité chimique de l'eau en modifiant le pH ou en agissant comme catalyseurs dans des réactions d'oxydoréduction, entraînant ainsi des changements dans l'équilibre chimique global et une hausse de la concentration en chlore.

#### 4.3.3. Bicarbonate $\text{HCO}_3$

Calcule:

$\text{TA} = (\text{VH}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NH}_2\text{SO}_4 \cdot 1000) / \text{volume de la prise d'essai en méq/litre.}$

$\text{TAC} = \text{V}'\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NH}_2\text{SO}_4 / \text{volume de la prise d'essai en méq / litre. } [\text{HCO}_3] = \text{TAC} - \text{TA}$

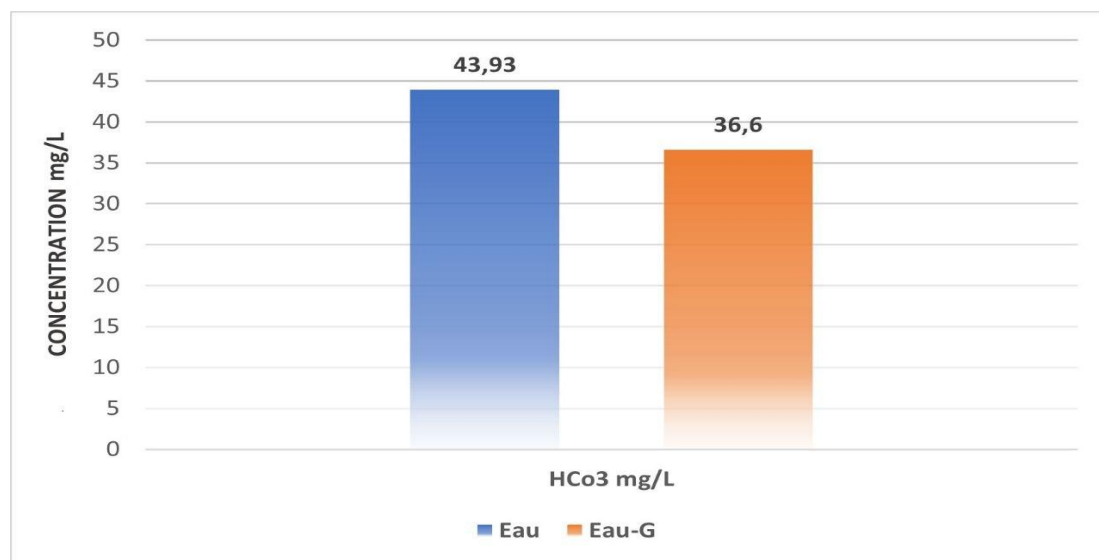
$\text{TA} = 0$

Donc :  $\text{HCO}_3 = \text{TAC}$

Les résultats avant l'ajout de gotrane:

$\text{HCO}_3 = 43.93 \text{ mg/l}$

Les résultats après l'ajout de gotrane  $\text{HCO}_3 = 36.6 \text{ mg/l}$



**Figure 17 :** Concentration de Bicarbonate dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (Guerba)

Le graphique montre une diminution notable de la concentration des ions bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) lorsqu'on compare l'eau ordinaire à l'eau traitée avec du gotrane. En effet, la concentration dans l'eau ordinaire est de 43,93, tandis qu'elle chute à 36,6 dans l'eau traitée, ce qui constitue une différence significative d'un point de vue chimique. Ce changement indique un effet direct du traitement de l'eau par le gotrane sur sa composition chimique, en particulier en ce qui concerne l'équilibre entre les carbonates et les bicarbonates.

Cette diminution peut être attribuée aux réactions chimiques potentielles entre les composés organiques présents dans le gotrane et les ions bicarbonate. Il est bien établi que le gotrane contient divers composés organiques, dont certains présentent une nature acide, tels que les phénols et les hydrocarbures oxydés, capables de modifier l'équilibre ionique dans le milieu aqueux. Ces composés peuvent entraîner une légère baisse du pH de l'eau, facilitant ainsi la transformation des ions bicarbonate en d'autres formes instables ou leur disparition du milieu, suite à diverses réactions chimiques.

Par ailleurs, certains composés organiques du Gotrane peuvent former des complexes avec des ions basiques ou catalyser des processus de dégradation indirects, réduisant ainsi la stabilité des bicarbonates et contribuant à la baisse de leur concentration. Cet effet chimique du Gotrane constitue un indicateur de sa capacité à modifier les propriétés fondamentales de l'eau par interaction avec ses constituants, ce qui souligne l'importance de bien comprendre la nature de ces réactions dans le cadre de l'étude ou de l'utilisation du gotrane pour le traitement des eaux ou dans des applications chimiques associées.

#### 4.3.4. K et Na

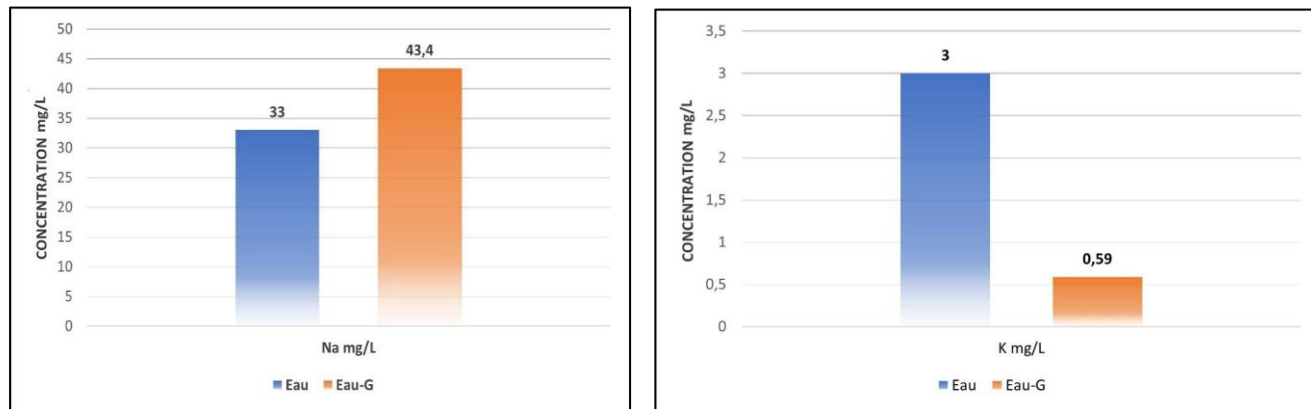
Les concentrations en potassium et en calcium ont été déterminées à l'aide d'un photomètre à flamme. Les résultats obtenus ont été soigneusement observés, analysés et enregistrés dans le but d'évaluer la composition ionique des échantillons étudiés

Les résultats avant l'ajout de gotrane :

Na=33mg/l K = 3 mg/l

Les résultats après l'ajout de gotrane:

Na=43.40mg/l K = 0.59 mg/l



**Figure 18 :** Concentration de Sodium et potassium dans l'eau normale et l'eau de gotrane (guerba)

Les analyses chimiques des échantillons d'eau ont montré une augmentation significative de la concentration en sodium, passant de 33 mg/L avant l'ajout du gotrane végétal à 43,40 mg/L après son incorporation. Cette élévation peut s'expliquer par la libération de certains sels minéraux, notamment des ions sodium, issus des composés solubles contenus dans le gotrane. En effet, le gotrane végétal, obtenu par carbonisation de matières organiques ligneuses, renferme divers

résidus minéraux susceptibles de migrer dans l'eau en cas de contact prolongé. Ce transfert ionique modifie la composition minérale de l'eau et peut influencer ses propriétés physico-chimiques, telles que la conductivité électrique et la perception saline. Malgré cette augmentation, les valeurs observées demeurent dans une plage acceptable et conforme aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé, ce qui souligne la possibilité d'utiliser le gotrane végétal dans l'eau sans risque notable.

Par ailleurs, les résultats analytiques indiquent une diminution notable de la concentration en potassium après l'introduction du gotrane dans la gourde, avec une valeur passant de 3,00 mg/L à 0,59 mg/L. Cette baisse constitue une variation quantitative significative qui mérite une attention particulière du point de vue physico-chimique. Il est plausible que certains constituants organiques ou aromatiques du gotrane présentent une affinité spécifique pour les ions potassium, favorisant leur immobilisation partielle ou leur transformation en formes moins détectables par les méthodes analytiques standards. Ce phénomène pourrait résulter d'une adsorption sur des surfaces colloïdales, ou d'une interaction complexe conduisant à une redistribution des équilibres ioniques dans la solution.

Malgré cette diminution marquée, aucune perturbation apparente de la qualité globale de l'eau n'a été observée, ce qui suggère que le gotrane n'induit pas de déséquilibre majeur, mais plutôt une modification sélective et localisée du profil minéral

#### 4.3.5. Sulfate

Les calculs :

Après la lecture au spectrophotomètre, tracer la droite d'étalonnage et déterminer à l'aide de cette droite les concentrations en sulfates (mg/L) des échantillons de la façon suivante :

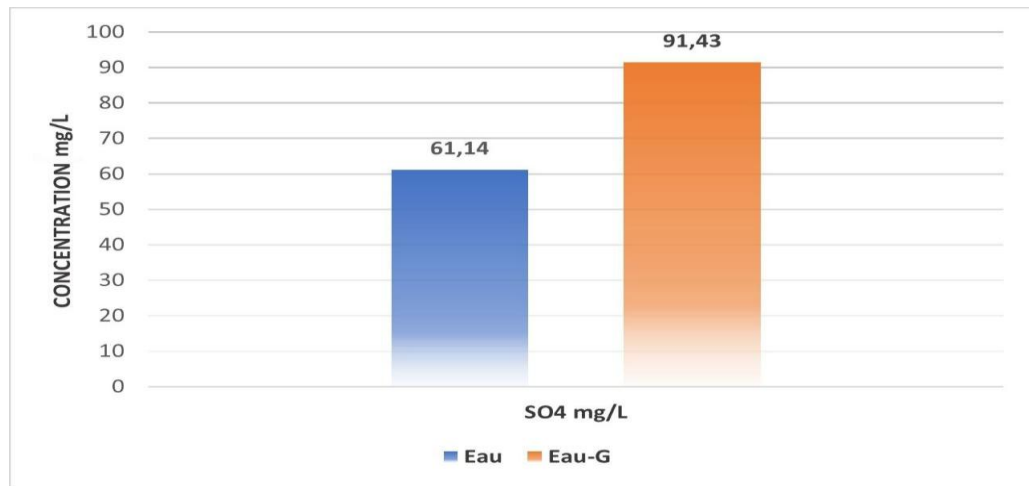
$$A_{SO4} \text{ (mg/L)} = C * D$$

C : Concentration calculée à partir de la droite d'étalonnage

D : Niveau de dilution Les résultats avant l'ajout de :  $SO_4 = 91.43 \text{ mg/l}$

Les résultats après l'ajout de gotrane:

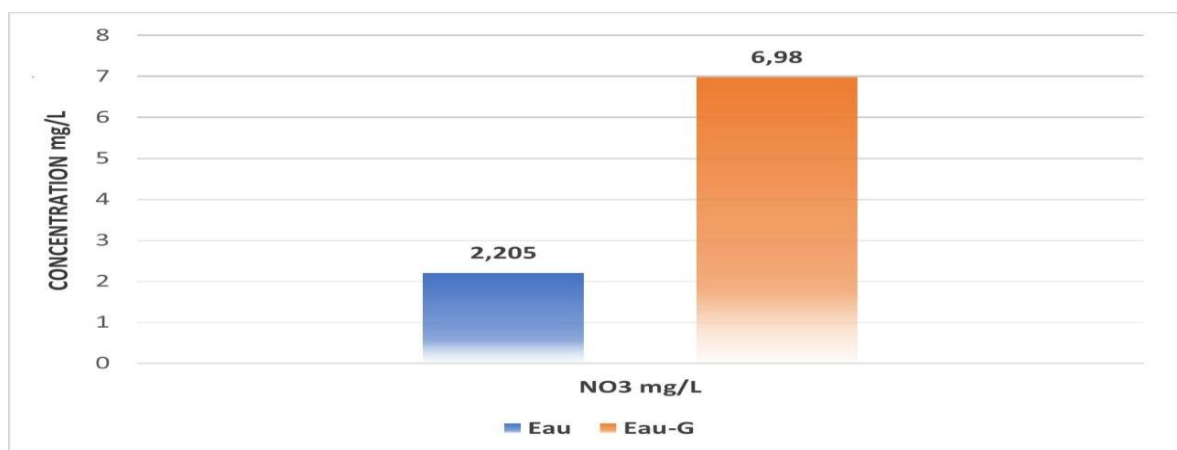
$$SO_4 = 61.14 \text{ mg/l}$$



**Figure 19 :** concentration de sulfates dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (guerba)

Les résultats de l'analyse ont montré que la concentration de sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dans l'eau traitée avec du Gotrane (91,43 mg/L) est nettement plus élevée que celle dans l'eau ordinaire (61,14 mg/L). Cette augmentation suggère que l'utilisation du goudron pour le traitement de l'eau ne réduit pas la concentration des sulfates, mais au contraire, contribue à leur élévation. Cela peut être expliqué par plusieurs raisons, notamment le fait que le gotrane pourrait contenir des composés soufrés qui se décomposent dans l'eau et se transforment en ions sulfates, ou encore que la réaction de certains de ses composants avec l'eau entraîne la libération de sulfates.

#### 4.3.6. Nitrates



**Figure 20:** concentration de Nitrates dans l'eau normale et l'eau traitée au gotrane (guerba)

### **Analyse comparative de la teneur en nitrates dans deux échantillons d'eau**

Dans le cadre de cette étude, deux échantillons d'eau ont été analysés afin de comparer leur concentration en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). Le premier échantillon, désigné comme « eau ordinaire », présente une concentration en nitrates de 2,205 mg/L, tandis que le second, appelé « eau de gourde », affiche une valeur de 6,98 mg/L.

Les nitrates sont des composés naturellement présents dans l'environnement, souvent issus de la décomposition de matières organiques ou influencés par la géologie locale. Selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la limite maximale admissible de nitrates dans l'eau potable est de 50 mg/L. Ainsi, les deux échantillons se situent largement en dessous de cette limite, ce qui les rend potables et sans danger pour la santé humaine.

La teneur plus élevée observée dans l'eau de gourde pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs environnementaux, notamment une interaction géochimique entre l'eau et le matériau de la gourde. En effet, certaines gourdes artisanales ou traditionnelles peuvent contenir des traces de gothane, une substance issue de la carbonisation de matières organiques, pouvant légèrement modifier les propriétés chimiques de l'eau, y compris sa teneur en nitrates. Toutefois, cette influence reste faible et ne présente pas de risque sanitaire dans le cadre d'une consommation normale.

### **Conclusion**

Cette analyse met en évidence l'importance du contrôle régulier de la qualité de l'eau. Les deux échantillons sont conformes aux normes de potabilité, et les différences observées sont attribuables à des facteurs naturels ou matériels, sans incidence sur la sécurité de consommation.

Une étude complémentaire pourrait inclure d'autres paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, turbidité, etc.) afin d'obtenir une évaluation plus globale de la qualité de l'eau dans le contexte local.

# **Conclusion**

À la fin de notre étude, nous avons analysé et comparé les caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans deux conditions différentes : son état initial tel qu'il a été collecté, puis après son stockage dans une « guerba », un récipient traditionnel fabriqué à partir de peau de chèvre, dans lequel on ajoute du goudron, une méthode ancienne utilisée pour conserver l'eau. Les analyses ont inclus plusieurs paramètres essentiels tels que le pH, la conductivité électrique, la turbidité, ainsi que la concentration en ions principaux comme le potassium ( $^+K$ ), le magnésium ( $^{2+}Mg$ ), le Calcium ( $^{2+}Ca$ ) et le sodium ( $^+Na$ ).

Les résultats ont révélé des différences notables entre les deux échantillons, ce qui reflète l'impact du contact prolongé de l'eau avec les composants de la guerba. Bien que ces différences aient parfois été minimales, elles indiquent que cette méthode traditionnelle n'est pas neutre et peut entraîner des modifications de certaines caractéristiques de l'eau, notamment en ce qui concerne la concentration en minéraux et la conductivité.

Il convient de souligner que, bien que les résultats de nos analyses montrent des écarts par rapport aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'eau potable, ces différences sont faibles et se situent dans une plage acceptable. Cela signifie que l'eau stockée dans une guerba enduite de goudron reste conforme aux critères de qualité pour la consommation.

Cette étude va au-delà des simples observations analytiques et s'inscrit dans une perspective plus large, visant à valoriser les savoirs et les pratiques traditionnelles. Alors que l'accès à une eau potable, sûre et durable, devient un défi mondial, il est important de réévaluer certaines méthodes anciennes à la lumière des données scientifiques. La méthode de conservation de l'eau dans la guerba avec goudron pourrait ainsi constituer une solution complémentaire dans certaines régions rurales ou arides, à condition de contrôler son impact sur la qualité de l'eau.

Ainsi, cette étude contribue non seulement à comprendre les effets d'une méthode traditionnelle sur les caractéristiques de l'eau, mais ouvre également la voie à des recherches futures visant à améliorer ces pratiques et à garantir leur sécurité, dans un cadre de développement durable respectueux du patrimoine local.



# **Références Bibliographiques**

# Références Bibliographiques

Références (APA, ordre alphabétique)

- ANAT. (2003). Carte d'aménagement de la wilaya de Biskra [Map]. Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire.
- Bakouan, C., Guel, B., & Hantson, A.-L. (2017). Caractérisation physico-chimique des eaux des forages des villages de Tanlili et Lilgomdé dans la région Nord du Burkina Faso – Corrélation entre les paramètres physico-chimiques. *Afrique Science*, 13(6), 330p.
- Barakat, A., Khellouk, R., & Touhami, F. (2013). Multivariate statistical analysis for spatial evaluation of physicochemical properties of agricultural soils from Beni Amir irrigated perimeter (Tadla plain, Morocco).
- Boumaaza, M. (2020). Traitement et épuration des eaux (Thèse de doctorat, Université 8 Mai 1945 Guelma), pp. 5–6.
- Conseil Général de la Lozère, Laboratoire départemental d'analyse. (n.d.). Analyses physico-chimiques des eaux (p. 2).
- Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau. (2011). Qualité de l'eau 101 (pp. 2, 9, 35).
- Hadji Warda, S. (2023). Procédé des désinfection des eaux : étude comparative entre l'huile de cade et l'hypochlorite de sodium (Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla), p. 64.
- Helte, E., Säve Söderbergh, M., Michaëlsson, K., Wolk, A., & Byberg, L. (2022). Calcium and magnesium in drinking water and risk of myocardial infarction and stroke—a population-based cohort study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 115(4), 1049–1056.
- INERIS. (2019, décembre). Valeur guide environnementale – Eaux douces de surface (Eau douce) (Version 1). Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.
- Jacques, G. (1996). Le cycle de l'eau (Cycle 1). Hachette Éducation.
- Lambert, T., Herault, V., & Corne, L. (2021). Le potassium. *Journal de physique et de chimie des étudiants*, (4), 50–58.
- Maljean-Dubois, S., & Wemaëre, M. (2015). COP21 : La diplomatie climatique de Rio 1992 à Paris 2015. Paris : Éditions A. Pedone.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2011). Directives de qualité pour l'eau de boisson (4e éd.). Genève : Organisation mondiale de la Santé.

- Rezak Hadda, D. (s.d.). Analyse physique-chimique des eaux destinées à la consommation humaine : Analyse des éléments fondamentaux liés à la potabilité.
- Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer (8e éd.). Dunod.
- Rodier, J., Geofray, Ch., Kovacsik, G., Laporte, J., Plissier, M., Scheidhauer, J., Verneaux, J., & Vial, J. (1978). L'Analyse de l'Eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (6e éd.).
- Vilaginès, R. (2003). Eau, environnement et santé publique: Introduction à l'hydrologie (2e éd.). Éditions Tec & Doc / Éditions médicales internationales.
- Khan, S., Ali, N., & Ahmed, R. (2017). Traditional water treatment methods and their applications. *Journal of Environmental Management*, 204, 624–632.
- Al-Suwaidi, A. (2019). Traditional water conservation techniques in arid regions: The role of organic substances. *Desert Studies Journal*, 12(1), 45–58.
- Selahdja, B. (2024). Geographical distribution of prehistoric sites in the region of Biskra. University of Constantine 2.
- مغزي بخوش، م. (2021). المعلوم عن مجتمع "بوشقرون". دار علي بن زيد لطباعة ونشر. ص15، 14-

# Résumés

## ملخص

الماء هو مورد طبيعي أساسي لحياة الإنسان والبيئة. تعتبر جودة المياه عاملاً حاسماً في الصحة العامة، وتعد عملية تقييمها ضرورية لضمان صلاحيتها للاستهلاك. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، من خلال مقارنة عينتين: الماء في حالته الطبيعية والماء المخزن في القربة وهو وعاء تقليدي مصنوع من جلد الماعز، يتم إضافة القطران إليه كطريقة قديمة لحفظ الماء. تم جمع عينات من الماء في حالته الخام، ثم تم تخزينها في القربة، وتم تحليلها بناءً على معايير مثل الرقم الهيدروجيني (PH)، التوصيلية الكهربائية، وتركيز العناصر الكيميائية مثل البوتاسيوم ( $K^+$ )، المغنيسيوم ( $Mg^{2+}$ )، الكالسيوم ( $Ca^{2+}$ )، والصوديوم ( $Na^+$ ). تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة تأثيرات تخزين الماء في القربة على خصائصه الفيزيائية والكيميائية وتقييم ما إذا كانت هذه الطريقة التقليدية تؤثر على جودة الماء. أظهرت النتائج اختلافات بسيطة بين العينتين. تم ملاحظة تغييرات في تركيز الأيونات وبعض الخصائص الأخرى للماء بعد تخزينه في القربة. ومع ذلك، بقيت هذه التغييرات ضمن الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير منظمة الصحة العالمية للمياه الصالحة للشرب، مما يشير إلى أن القربة حافظت على الماء بطريقة معتدلة دون التأثير الكبير على جودته. تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية طرق حفظ الماء التقليدية وإمكانية استخدامها كحلول مستدامة في المناطق التي تواجه مشاكل ندرة المياه. كما تؤكد على أهمية الحفاظ على الممارسات الثقافية مع تكييفها مع التحديات المعاصرة. يفتح هذا العمل آفاقاً للبحث المستقبلي بهدف تحسين هذه التقنيات التقليدية مع ضمان توافقها مع معايير جودة المياه.

الكلمات المفتاحية:

جودة المياه، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، القربة، الحفظ التقليدي، معايير منظمة الصحة العالمية، القطران

## Résumé

L'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie humaine et à l'environnement. La qualité de l'eau est un facteur crucial pour la santé publique, et son évaluation est indispensable pour en garantir la potabilité. L'objectif principal de cette étude est d'analyser les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, en comparant deux Échantillons : l'eau dans son état naturel et l'eau stockée dans une « guerba », un Récipient traditionnel en peau de chèvre, dans lequel du Gotrane est ajouté, une Méthode ancienne de conservation de l'eau. Des échantillons d'eau ont été collectés dans leur état brut, puis stockés dans la Guerba et analysés en fonction de critères tels que le pH, la conductivité électrique, Ainsi que la concentration en éléments chimiques comme le potassium ( $K^+$ ), le Magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le calcium ( $Ca^{2+}$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). Cette étude a pour Objectif de comparer les effets du stockage de l'eau dans la guerba sur ses Propriétés physico-chimiques et d'évaluer si cette méthode traditionnelle altère la Qualité de l'eau. Les résultats ont montré des différences mineures entre les deux échantillons. Des Changements ont été observés dans la concentration des ions et d'autres propriétés de l'eau après son stockage dans la guerba. Cependant, ces différences sont restées dans les limites des critères de l'Organisation mondiale de la santé pour l'eau potable, ce qui indique que la guerba a conservé l'eau de manière modérée, sans affecter de manière significative sa qualité. Cette étude vise à mettre en lumière l'importance des méthodes traditionnelles de conservation de l'eau et leur potentiel pour offrir des solutions durables dans les régions confrontées à des problèmes de pénurie d'eau. Elle souligne également l'importance de préserver les pratiques culturelles tout en les adaptant aux défis contemporains. Ce travail ouvre des perspectives pour des recherches futures visant à améliorer ces techniques traditionnelles tout en garantissant leur conformité avec les normes de qualité de l'eau.

Les mots clé:

Qualité de l'eau, Caractéristiques physicochimiques, Guerba, Conservation traditionnelle, Normes de l'OMS, Gotrane

## Abstract:

Water is a vital natural resource essential for human life and the environment. Water quality is a crucial factor for public health, and its assessment is essential to ensure its potability. The primary goal of this study is to analyze the physicochemical characteristics of water, comparing two samples : water in its natural state and water stored in a « guerba, » a traditional goat skin container, into which tar is added, an ancient method of water preservation. Water samples were collected in their raw state and then stored in the guerba, followed by analysis based on parameters such as pH, electrical conductivity, turbidity, and the concentration of chemical elements such as potassium ( $K^+$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), calcium ( $Ca^{2+}$ ), and sodium ( $Na^+$ ). This study aims to compare the effects of storing water in the guerba on its physicochemical properties and assess whether this traditional method alters water quality. The results showed minor differences between the two samples. Changes were observed in the concentration of ions and other properties of the water after storage in the guerba. However, these differences remained within the limits of the World Health Organization's drinking water standards, indicating that the guerba preserved the water in a moderate manner, without significantly affecting its quality. This study highlights the importance of traditional water preservation methods and their potential to offer sustainable solutions in regions facing water scarcity issues. It also emphasizes the need to preserve cultural practices while adapting them to contemporary challenges. This work opens up avenue ensuring their compliance with Water quality standards.

Keywords:

• Water quality, Physicochemical characteristics, Guerba, Traditional preservation, WHO standards, gotrane







## Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: 123456789 / 2025	PV de soutenance N°: ..... / 2025
-------------------------------------------	-----------------------------------

Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) : Boukhalfi Ikram Fella	L'élève et le directeur de la thèse : Boukhalfi Ikram Fella
--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

La mention T. Bien	Note(./20) العلامة 16.83	L'intitulé de mémoire Impact de l'utilisation de l'huile de cade sur les paramètres physico-chimiques de l'eau dans la région de Biskra.
-----------------------	-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Impact de l'utilisation de l'huile de cade sur les paramètres physico-chimiques de l'eau dans la région de Biskra.

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

**Déclaration :**  
Je soussigné(e), Hamaoui Bacha.....  
(grade) M.C.B...... à l'université  
de Mohamed Khider, avoir examiné intégralement ce  
mémoire après les modifications apportées par l'étudiant.  
**J'atteste que :**  
le document a été corrigé et il est conforme au model de  
forme du département SNV  
toutes les corrections ont été faites strictement aux  
commandations du jury.  
d'autres anomalies ont été corrigées

**تصريح :**  
أنا الممضي (ة) أسفله حمادوي باشا.....  
(الرتبة) M.C.B...... بجامعة  
محمد خيذر بسكرة.....  
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 صحت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة  
\* تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة

**Décision :**  
Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité  
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

excellent	très bien	bien	ordinaire	acceptable
متماز	جيد جدا	حسن	عادي	مقبول
A+	B	C	D	E

مسؤول المكتبة



إدارة القسم



الأستاذ المشرف

*(Signature)*

التاريخ

2025 / 06 / 30

B : 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