

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Ahmed DRAÏA - Adrar**

Code:



**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Sciences de la Nature et de la Vie**

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :**

**Filière : Sciences Biologique**

**Spécialité : Biochimie Appliquée**

**Thème :**

**Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de  
foggara dans la région d'Adrar**

**Préparé par :**

**Mlle. REGGANI Lalla Sarra**

**Mlle. FEKHAR Meriem**

**Mlle. ABBAMANI Zahra**

**Membres de jury d'évaluation :**

<b>M<sup>r</sup>. KADRI Yasser</b>	<b>Président</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M<sup>r</sup>. BOUSLAH Yahia</b>	<b>Encadreur</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M<sup>r</sup>. Baali Abdelkader</b>	<b>Examineur</b>	<b>MAA</b>	<b>Univ. Adrar</b>

**Année Universitaire : 2022/2023**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic Republic of Algeria

Ministry of Higher Education and  
Scientific Research  
University Ahmed Draia of Adrar  
The central library

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة أحمد دراية- أدرار  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم علوم الطبيعة والحياة

## شهادة الترخيص بالطبع والإيداع

انا الأستاذ(ة): بوصلاح براهيم  
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Évaluation de la Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de foggaras dans la Région d'Adrar

من إنجاز الطالب(ة): فخار مرجم ، ابانبي زهران ، رثاني لالة سارة .

كلية: العلوم والتكنولوجيا

القسم: العلوم الطبيعية والحياة

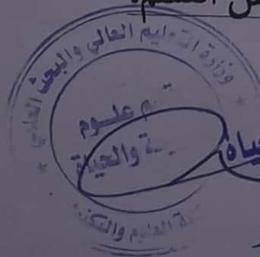
التخصص: بيوكيمياء التربة

تاريخ تقييم / مناقشة: 2023 / 06 / 19

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين  
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
ويامكانهم إيداع النسخة الورقية (01) والايكترونية (word - PDF).

- امضاء المشرف:

مساعد رئيس القسم:



رئيس قسم علوم الطبيعة والحياة  
أ.د. أنجني عبدلقادر

# *Remerciement*

*Tous d'abord Nous remercions dieu qui nous a donnée la volonté et le courage pour la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos profondes gratitudes et respectueuses reconnaissances à notre encadrant Monsieur **Bouslah Yahia** pour son encadrement, conseils et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire d'afin d'étude.*

*Nos remerciements vont aux membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de jurer notre travail.*

*Nous exprimons notre gratitude à tout le personnel de laboratoire ADE (Unité Eau Algérienne) d'Adrar de nous avoir fournis l'accès à la documentation nécessaire à l'accomplissement de ce travail , surtout **Mme Damia** pour ses conseils et ses efforts .*

*Nous exprimons également nos gratitude à tous les professeurs et enseignants pour leur effort qu'ils ont fournis depuis la première année d'étude jusqu'à la fin de cycle universitaire .*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# *Dédicace*

*Dieu merci de m'avoir donné assez de courage  
et de patience pour compléter ce travail.*

*Je dédie ma graduation :*

*À mon premier soutien et mon espoir dans la vie,  
qui m'a appris que le succès ne peut venir que de  
patience et de persévérance mon cher père.*

*À la plus belle personne, le secret de mon succès ma  
chère maman.*

*À la bonheur de ma vie , mes sœurs et mes frères .*

*À tous ceux qui m'ont soutenu avec l'amour mes  
chers amis.*

*À mes sœurs et mes compagnons sur le chemin du  
succès Meriem et Zahra.*

*Je leurs souhaite tout le bonheur du monde.*

***Lalla Sarra***

# *Dédicace*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que nous dédions ce modest travail de fin d'étude à ma chère mère NADJET et mon père BOUDJEMAA, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'étude langue.*

*Ce projet fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité. Qu'ils en soient remerciés par cette trop modest dédicace.*

*C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre A mon chère frère AMINE, et ma belle sœur RIHANA, et mes sœurs qui ne sont pas nées de ma mère SARRA et ZAHRA. Et à toute promotion 2023 de Biochimie appliqué, à qui je souhaite une bonne réussite.*

**Meriem**

## *Dédicace*

*Dieu soit loué, mon parcours universitaire s'achève après épuisement et épreuves... Je dédie le fruit de mes efforts :*

*A celui que je préfère à moi-même, celui dont je porte le nom avec fierté, et celui qui n'a pas été avare de moi tout au long de sa vie, j'espère que Dieu prolongera sa vie au plus grand père qui soit .*

*A celle qui m'a aidée par son amour et ses conseils et qui a éclairé mon chemin par son soutien, "ma chère maman".*

*A ceux qui ont partagé la vie avec moi, mes frères " Zinaba, Fatima, Yamina, iman, Mohammed, Saddiq" et mes sœurs qui ne sont pas nées de ma mère Sarra et Meriem .*

*À toute ma famille et ma chérie "Oum elkheir "à tous mes amis du primaire à l'université.*

*à tous ceux qui ont contribué à mon éducation . Tout ce qui a aidé de loin ou de près à réaliser ce mémoire.*

## *Zahra*

## Table de matière :

Remerciements  
Dédicaces  
Table de matière  
Liste des figures  
Liste des tableaux  
Liste des abréviations  
Résumé  
Abstracts  
الملخص

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie I: Partie bibliographique.....</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre 1: Généralité sur L'eau .....</b>	<b>3</b>
1.1. Introduction .....	5
1.2. Définition de Léau .....	5
1.3. Le cycle de l'eau.....	6
1.4.Ressources hydrique naturelle.....	7
1.4.1. Ressources en eau de l'Algérie .....	8
1.5. Qualité de l'eau .....	9
1.5.1. Les caractéristiques de l'eau.....	9
1.6. Pollution de l'eau.....	17
1.6.1. Origine de pollution .....	17
1.6.2. Les types de pollution .....	18
1.6.3. Principale conséquences de la pollution de l'eau .....	18
<b>Chapitre 2: Système de la foggara .....</b>	<b>20</b>
2.1 .Introduction .....	20
2.2. Historique de foggara .....	21
2.3. Différent types de foggara .....	21
2.3.2 La foggara de l'Erg.....	21
2.3.3 La foggara de jardin.....	22
2.3.4 La foggara de source ou foggara d' Al Ain.....	22

2.3.5 La foggara de la montagne (nappe phréatique) .....	23
2.3.6 La foggara des oueds .....	23
2.3.7 La foggara des crues .....	24
2.4. Composition de foggara.....	24
2.5. Etapes et processus de fabrication de la foggara.....	30
2. 6. Situation des foggaras au Sahara algérien.....	30
2.7. Région d'étude .....	31
<b>Partie II: Partie pratique.....</b>	<b>20</b>
<b>Chapitre 3: Matériel et méthodes .....</b>	<b>20</b>
3.1 Laboratoire d'analyse .....	35
3.2. Echantillonnage .....	35
3.4 . La région d'étude.....	35
3.5. Méthodes d'analyse .....	36
3.5.1. Partie physico-chimique.....	36
3.5.3. Partie de pollution.....	47
3.5.4. Paramètres indésirables.....	50
3.5.5. Partie bactériologique .....	51
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussion .....</b>	<b>57</b>
4.1. Paramètre physico-chimique .....	57
4.1.3. Résultats du dosage de Température .....	60
4.1.4. Résultats du dosage de Turbidité.....	61
4.2. Minéralisation globale .....	62
4.2.1. Résultats du dosage de Calcium .....	62
4.2.2. Résultat du Magnésium ( $Mg^{2+}$ ).....	63
4.2.3. Résultat de dureté totale (TH) .....	64
4.2.4 Résultats du dosage du Sodium ( $Na^+$ ) .....	65

4.2.5. Résultats du dosage du Potassium ( $K^+$ ) .....	66
4.2.8 Résultats du dosage de Nitrates( $NO_3^-$ ).....	69
4.2.10 Résultat du TAC (Titre Alcalimétrique complet).....	70
4.3. Paramètres indésirables.....	71
4.4. Paramètres de pollution.....	72
4.4.1. Résultat du ammonium ( $NH_4^+$ ) .....	72
4.4.2 Résultat du dosage des phosphates ( $PO_4$ ): .....	73
4.4.3. Résultat du Nitrites ( $NO_2^-$ ) .....	73
4.5. Paramètres bactériologiques.....	74
Conclusion générale .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Références bibliographiques .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Annexes .....	<u>87</u>

# Liste des figures

<b>Figure 1</b> :Etats de l'eau ( <b>Kettab, et., al 2008</b> ).....	6
<b>Figure 2</b> : Schéma sur le cycle de l'eau (Marillys Macé ) .....	7
<b>Figure 3</b> :Carte des aquifères au nord de l'Algérie ( <b>Demmak , 2012</b> ).....	9
<b>Figure 4</b> : Coliformes totaux ( <b>Cheval, 1982</b> ) .....	15
<b>Figure 5</b> : Coliformes fécaux ( <b>Cheval, 1982</b> ).....	15
<b>Figure 6</b> : les streptocoques fécaux ( <b>Rodier, 1996</b> ).....	16
<b>Figure 7</b> : Escherichia coli ( <b>Ben chehba et Ben hannour,2017</b> ).....	16
<b>Figure 8</b> : Schéma synoptique d'une foggara ( <b>Remini, 2014</b> ) .....	25
<b>Figure 9</b> :Un réseau de distribution du foggara ( <b>Remini, 2014</b> ) .....	25
<b>Figure 10</b> : Réseau ramifié des foggaras autour de la ville d'Adrar sur imageSatellite ( <b>Benhamza , 2013</b> ).....	26
<b>Figure 11</b> : Vue d'ensemble des éléments de la foggara. ( <b>Benhamza , 2013</b> ).....	28
<b>Figure 12</b> : Schéma de fonctionnement la foggara ( <b>Oliel, 2012</b> ).....	29
<b>Figure 13</b> : Diagramme de foggara AlgerianSahara ( <b>Remini et Kechad, 2012</b> ) .....	30
<b>Figure 14</b> : Situation géographique des foggara. ( <b>Remini et Kechad , 2012</b> ).....	31
<b>Figure 15</b> : Carte de l'Algérie montrant la province d'Adrar. ( <b>Golbe,2004</b> ) .....	32
<b>Figure 16</b> : Carte de la province d'Adrar. ( <b>Guermah et Tadjadit ,2017</b> ).....	35
<b>Figure 17</b> : Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau brute ( <b>Hamed ,et al 2012</b> ).....	53
<b>Figure 18</b> : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau brute .....	55
<b>Figure 19</b> :Diagramme de résultat d'analyse de PH .....	57
<b>Figure 20</b> :Diagramme de résultat d'analyse de conductivité .....	59
<b>Figure 21</b> :Diagramme de résultat d'analyse de la température .....	60
<b>Figure 22</b> :Diagramme de résultat d'analyse de TDS. ....	62
<b>Figure 23</b> :Diagramme de résultat d'analyse de Calcium. ....	63
<b>Figure 24</b> : Diagramme de résultat d'analyse de résultat du magnésium ( $Mg^{++}$ ) .....	64
<b>Figure 25</b> : Diagramme de résultat d'analyse de dureté totale (TH).....	65
<b>Figure 26</b> : Diagramme de résultat d'analyse du sodium .....	66
<b>Figure 27</b> : Diagramme de résultat d'analyse des Chlorures .....	67

<b>Figure 28 :</b> Diagramme de résultat d'analyse des sulfates. ....	68
<b>Figure 29:</b> Diagramme de résultat d'analyse des nitrates. ....	69
<b>Figure 30:</b> Diagramme de résultat d'analyse des bicarbonates.....	70
<b>Figure 31:</b> Diagramme de résultat d'analyse de TAC (Titre Alcalimétrique complet). ....	71
<b>Figure 32:</b> Diagramme de résultat d'analyse de résultat du l'ammonium .....	72
<b>Figure 33:</b> Diagramme de résultat d'analyse des phosphates .....	73
<b>Figure 34:</b> Diagramme de résultat d'analyse de résultat des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	74

## Liste des photos

<b>Photo1 :</b> Kasria Dans la région d'Aoulef ( <b>Reggani 2023</b> ) .....	28
<b>Photo 2:</b> Le pH mètre utilisé. ( <b>photo original</b> ).....	37
<b>Photo 3:</b> conductimètre utilisé. ( <b>photo original</b> ) .....	38
<b>Photo 4:</b> Turbidimètre. ( <b>photo original</b> ) .....	39
<b>Photo 5:</b> Réactifs de du calcium (Ca <sup>2+</sup> ) et du magnésium(Mg <sup>2+</sup> )( <b>photo original</b> ).....	41
<b>Photo 6:</b> Photométrie de la flamme. ( <b>photo original</b> ).....	42
<b>Photo 7:</b> Réactifs de chlorure (Cl) ( <b>photo original</b> ). .....	44
<b>Photo 8:</b> Réactifs de Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) et les échantillons( <b>photo original</b> )......	45
<b>Photo 9:</b> Réactif de bicarbonet (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )( <b>photo original</b> ). .....	47
<b>Photo 10:</b> Préparation des solutions de (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )( <b>photo original</b> ). .....	48
<b>Photo 11:</b> Spectrophotomètre. ( <b>photo original</b> ) .....	49
<b>Photo 12:</b> Réactifs de Fer. ( <b>photo original</b> ) .....	51
<b>Photo 13:</b> Test de présomption des entérocoques .....	76
<b>Photo 14:</b> Test de confirmation des entérocoques.....	76
<b>Photo 15:</b> Test de présomption des coliformes fécaux .....	77
<b>Photo 16:</b> Test de confirmation des coliformes fécaux .....	77

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Résultats de PH.....	57
<b>Tableau 2:</b> Résultats de Conductivité.....	59
<b>Tableau 3:</b> Résultats de turbidité.....	61
<b>Tableau 4:</b> Résultats de Calcium.....	63
<b>Tableau 5:</b> Résultat du magnésium .....	64
<b>Tableau 6:</b> Résultat du TH.....	65
<b>Tableau 7:</b> Résultats des sodium.....	66
<b>Tableau 8:</b> Résultats de potassium.....	66
<b>Tableau 9:</b> Résultats de sulfates.....	68
<b>Tableau 10:</b> Résultats des nitrates.....	69
<b>Tableau 11:</b> Résultats des bicarbonates.....	70
<b>Tableau 12:</b> Résultat du TAC .....	71
<b>Tableau 13:</b> Résultat du ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	72
<b>Tableau 14:</b> Résultats des phosphates .....	73
<b>Tableau 15:</b> Résultat du nitrite .....	73
<b>Tableau 16:</b> Résultats d'analyse bactériologique (E.coli). .....	74
<b>Tableau 17:</b> Les résultats d'analyse bactériologique (Les entérocoques).....	75

## Liste des abréviations

**%:** Pourcentage.

**°F:** Le degré français.

**ADE :** Algérienne des eaux.

**BCPL :** Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.

**°C:** Degré Celsius.

**Cond :** Conductivité.

**D/C:** Double concentrations.

**E. coli:** Escherichia coli.

**EDTA :** Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.

**g/ml :** Germes par 1 millilitre.

**mg/l :** Milligramme par litre.

**ml:** Millilitre.

**NPP :** Nombre plus probable.

**NTU :** Unité de turbidité néphélogométrique.

**OMS :** Organisation mondiale de la santé.

**P.E :** Prise d'essai.

**PH:** Potentiel d'hydrogène.

**RS :** Résidu sec.

**S/C :** Simple concentrations.

**TA :** Titre alcalimétrique.

**TAC :** Titre alcalimétrique complète.

**TCA:** Dureté calcique.

**TH :** Dureté totale.

**Véq :** Volume équivalent.

**µs/cm:** Micro-siémens par centimètre

**.Ω.cm-1:** L'Ohm par centimètre.

**Méq :** Millimètre équivalent.

**h:** heurs.

**(+)** : positive.

**(-)** : négatif.

**A:** Aoulef .

**Z.K:** Zaouiet Kounta .

**B:** Bouda .

**T:** Tamentit .

## **Résumé :**

La foggara est un système d'irrigation traditionnel, considéré comme la principale source d'eau dans la vie des résidents oasis dans la région d'Adrar.

Notre zone étude a été menée dans la Wilaya d'Adrar, la commune de Bouda , Tamnatit , Zaouiet kounta, Aoulef, et le but principal de cette étude était de déterminer la potabilité de l'eau de foggara dans ces régions. Il a été réalisé au laboratoire d'analyse de la Société Algérienne des Eaux(ADE). Nous avons fait des analyses physico-chimiques (température, PH, calcium, etc.) et bactériologiques (microbes indésirables, bactéries totales, bactéries fécaux, etc.) des Foggara dans les régions sélectionnées pour déterminer les facteurs de risque de pollution de l'eau .

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré ce qui suit :

Les résultats des échantillons prélevés correspondent aux les normes algériens sauf pour l'eau de foggara Achafia ,ont montré que les résultats sont très élevées dans les paramètres physico-chimiques sur hors normes Algérienne .

Pour les résultats des analyses bactériologiques:

La présence de bactéries coli fécales dans l'échantillon d'eau de foggara Tanfea , et leur absence dans le reste des échantillons .L'analyse d'échantillons d'eau de tous les foggaras a révélé l'absence de streptocoques fécaux Ceci indique l'existence de micro-organisme entéropathogène ,sauf pour foggara de Ben Draou que les résultats ont montré qu'il contenait des micro-organismes entéropathogènes non potable .

**Mots-clés :**Adrar, foggaras, qualité de l'eau, pollution, potabilité, analyse physico-chimique, analyse microbiologique..

## **Abstract :**

The foggara is a traditional irrigation system, considered the main source of water in the life of oasis residents in the Adrar region.

Our study area was conducted in the Wilaya of Adrar, the commune of Bouda , Tamnatit, Zaouiet kounta, Aoulef, and the main purpose of this study was to determine the potability of the water of foggara in these regions. It was carried out at the analytical laboratory of analysis of the Algerian Society of Water (ADE) . We conducted physico-chemical (temperature, PH, calcium, etc.) and bacteriological (undesirable microbes, total bacteria, faecal bacteria, etc.) analyses of Foggara in selected regions to determine risk factors for water pollution .

The results of the physico-chemical analyses showed that:

The results of the samples taken correspond to the Algerian standards except for the Achafia foggara water , showed that the results are very high in the in the physico-chemical parameters on Algerian standards.

For the results of bacteriological analyses:

The presence of fecal coli bacteria in the Tanfea foggara water sample and their absence in the rest of the samples .Analysis of water samples from all foggaras revealed the absence of fecal streptococci This indicates the existence of enteropathogenic microorganisms, except for Ben Draou's foggara that the results showed that it contained non-potable enteropathogenic microorganisms.

**Keywords :** Adrar, foggara, water quality, pollution, vertebrate water, barmaid, Algerian drinking water standard, physical chemical analysis, microbiological analysis.

## الملخص :

النفارة هي نظام ري تقليدي، يُعتبر المصدر الرئيسي للمياه في حياة سكان الواحات في منطقة أدرار. تم إجراء دراساتنا في والفة أدرار، بلدية بودة، مُنظيطة، زاوية كورننه، أولف، وكان الغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد صلاحية المياه للشرب في هذه المناطق. وقد تم ذلك في المخبر التحليلي لجمعية الجزايرة للمياه. أجرينا تحاليلات نيزبائية كيميائية (درجة الحرارة، PH، الكالسيوم، إلخ) وبكتريولوجية (ميكروبات غير مرغوب فيها، بكتيريا إجملية، بكتيريا برازبة، إلخ). النفارة هي مناطق مخنارة لتحديد عوامل الخطر للتلوث المياه.

وأظهرت نتائج التحاليلات النيزبائية - الكيميائية ما يلي:

تطابق نتائج العينات المأخوذة مع المعايير الجزايرة باسثناء مياه نفارة الشفة، حيث تبين أن النتائج مرندعة جدا في المعايير النيزبائية والكيميائية ونحوها للمعايير الجزايرة. نوما يتعلق بنتاج التحاليلت البكتريولوجية:

وجود بكتيريا القولونية البرازبة في عينة مياه نفارة نرفع وغواها في بؤفة العيونات. كما كشف تحليل عينات المياه في جميع

النفارات عن غياب المكورات العنقوية البرازبة وهذا يشير إلى وجود كائنات دؤبؤة ممرضة معوؤة، باسثناء نفارة بن دراعو التي أظهرت النتائج أنها تحوي على كائنات دؤبؤة ممرضة معوؤة غير صالحة للشرب.

**الكلمات المنناحية:** أدرار، نفارة، جودة المياه، التلوث، صالحة الشرب، التحليل النيزبائي، الكيميائية، التحليل الميكروبيولوجي.

# **Introduction**

## **générale**

## Introduction générale

---

L'eau est un élément essentiel de la vie humaine et une ressource naturelle indispensable. C'est une richesse nécessaire pour toutes les activités humaines . C'est pour quoi il doit être protégé, traité et préservé.

En Algérie, et plus particulièrement dans la région d'Adrar, où le climat est sec et les pluies rares , la communauté saharienne dépend fortement des eaux souterraines, en particulier dans l'agriculture.

La technique utilisée pour extraire ciseaux souterraines est une technique traditionnelle appelée foggara, la plus ancienne source d'irrigation, considérée comme une source essentielle de consommation pour la population de la région.

Foggara est un réseau de tunnels reliés les uns aux autres par des puits et ces puits sont séquencés des zones élevées vers les zones inférieures jusqu'à ce qu'ils atteignent la surface de la Terre. Mais avec l'urbanisation et l'utilisation d'engrais agricoles en grande partie et la marginalisation des fonctionnaires, cette richesse est devenue vulnérable à la pollution et à l'extinction.

L'objectif de ce travail est d'étudier et d'évaluer la qualité physique, chimique et microbiologique de l'eau des foggaras par des échantillons d'eau prélevés dans différentes régions au niveau de la wilaya d'Adrar.

Le travail comprend deux parties :

Ce travail de projet de fin d'études est constitué deux parties avec une introduction générale, et une conclusion générale :

une première partie théorique est divisé en deux chapitres: le premier chapitre rassemble des information générales sur l'eau, ses caractéristiques et sa pollution . quant au deuxième chapitre contient des information et des détails sur le système de foggara .

Une deuxième partie pratique est divisé en deux chapitres : Le premier chapitre présente la zone d'étude , matériel et des méthodes utilisée dans ce travail .Et le deuxième chapitre porte sur les résultats obtenus ainsi que leur interprétation et leur discussion .

**Partie I:**

**Partie bibliographique**

# **Chapitre 1:**

## **Généralités sur L'eau**

### 1.1. Introduction :

L'eau est l'un de ces éléments qui a contribué à l'émergence de la vie sur la Terre et qui est essentiel à sa pérennité. Ses caractéristiques peuvent être appréciées à la lumière de la diversité de ses valeurs, telles que reconnues: socioculturelle, spirituelle, sanitaire, environnementale ou écologique et à usage des diverses activités humaines.

L'eau présente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant. L'eau est donc une ressource précieuse, d'autant plus qu'elle n'est pas uniformément répartie.

### 1.2. Définition de L'eau :

L'eau est le liquide qui se trouve derrière le pilier de vie de la Terre, et est issu de l'union de l'oxygène et de l'hydrogène de la taille du premier et du deuxième volume, et dans sa pureté transparente, insipide et inodore, chaque organe du corps humain dépend de l'eau.

L'eau est un produit chimique composé de molécules de  $H_2O$ . Ce composé très réactif et très stable, est un excellent solvant à l'état liquide. Le terme "eau" est souvent utilisé pour désigner une solution d'eau diluée (eau douce, eau potable, eau de mer, etc.).

L'eau se trouve partout sur Terre et dans l'atmosphère, sous ses trois formes, solide (glace), liquide et gazeuse (vapeur d'eau). L'eau extraterrestre est abondante, sous forme de vapeur d'eau dans l'espace et sous une forme intense (solide ou liquide) sur ou près de la surface. **(figure.1) (Kettab, et al., 2008).**

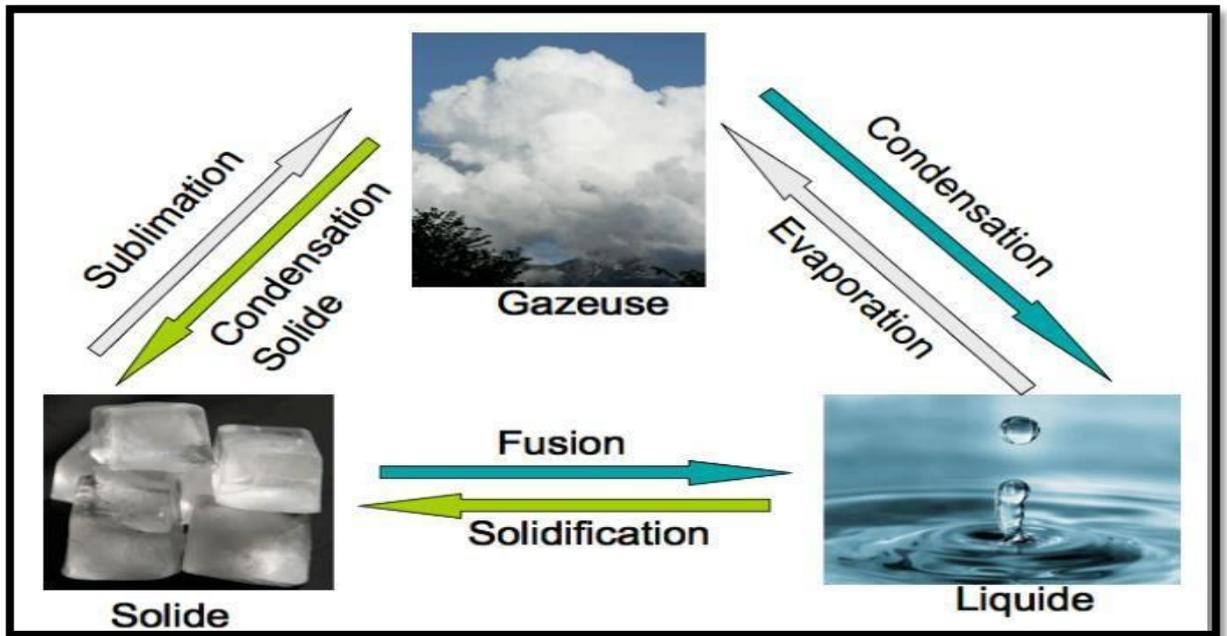


Figure 1 :Etats de l'eau , (Kettab, et al., 2008) .

### 1.3. Le cycle de l'eau :

De nombreuses formes d'eau circulent sur terre, y compris les nuages, la pluie, les rivières et les océans.

Suivant un cycle qui se répète indéfiniment, elle passera de l'océan à l'atmosphère, de l'atmosphère à la terre, et enfin de la terre à l'océan. Tous les milieux aquatiques (lacs, rivières, mer, plages de sable ...) d'un même bassin sont interdépendants tout au long de ce cycle.

Le cycle de l'eau se décompose en plusieurs étapes :

#### A. L'évaporation :

Grâce à l'énergie solaire, les mers et les océans s'évaporent dans l'atmosphère en éliminant leur sel et leurs impuretés.

C'est un phénomène qui se transforme en vapeur d'eau de rivière, de lacs, de sol et... surtout de végétation.

#### B. La condensation:

La vapeur d'eau se refroidit lorsqu'elle entre en contact avec l'atmosphère et se transforme en gouttelettes qui vont créer les nuages, la brume ou le brouillard.

### C. Les précipitations:

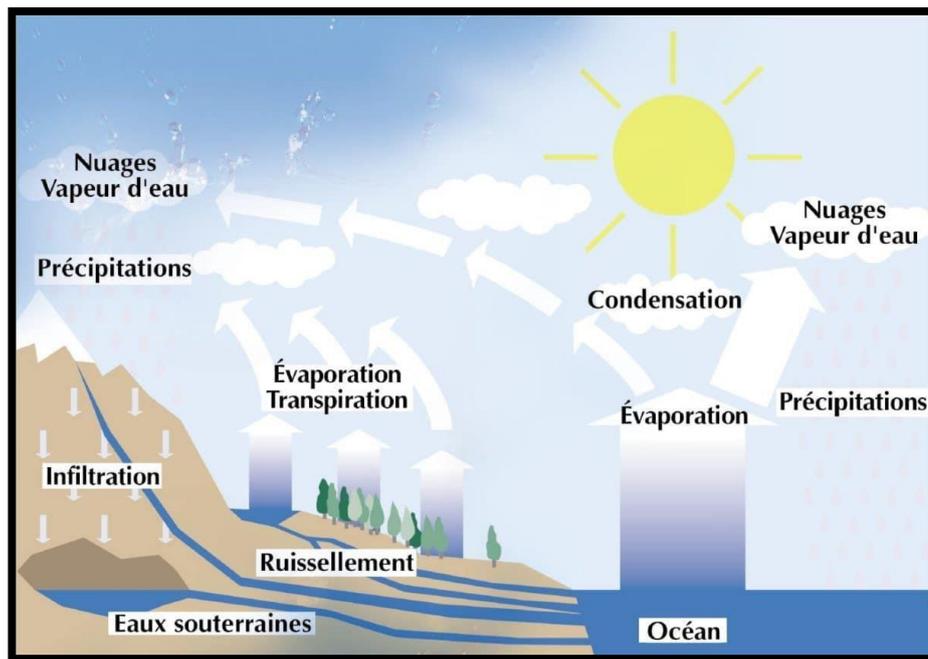
Sous l'impulsion des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Lors d'un changement climatique et par effet de gravité, les nuages s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme d'eaux pluviales, de grêle ou de neige.

79% des précipitations tombent sur les océans, les 21 % restants tombent sur la terre puis viennent alimenter les nappes phréatiques, soit par infiltration, soit par ruissellement.

Toutes les eaux issues du ruissellement (ruisseaux, rivières, fleuves, lacs) sont appelées cours d'eau de drainage.( **Cycle de l'eau et réservoirs...**)

### ✓ D. La stagnation de l'eau dans les réservoirs naturels:

- ✓ Durant son cycle, l'eau va passer dans différents réservoirs naturels pour y rester plus ou moins longtemps avant de reprendre son voyage vers les mers et les océans
- ✓ ce temps de stagnation s'appelle le temps de résidence de l'eau. elle varie suivant les types de réservoirs. (**Abba, et al.,2022**) .



**Figure 2:**Schéma sur le cycle de l'eau (**Abba, et al.,2022**) .

### 1.4. Ressources hydrique naturelle :

La notion de « ressource en eau » (ou « ressource en eau renouvelable », ou « ressource en eau disponible ») désigne les eaux liquides en écoulement, participant dans le cycle annuel, accessibles aux utilisations humains. On parle alors « d'eau bleue ». elle néglige l'eau de pluie utilisée directement standard l'agriculture non irriguée, qui fait partie de ce qu'on

appelle « l'eau verte », utilisée standard l'ensemble des écosystèmes naturels **(Daubrée.1887)**.

L'eau est une ressource finie essentielle à la vie humaine et aux activités telles que l'agriculture, l'industrie, les activités domestiques (alimentation en eau potable) et le fonctionnement des écologies terrestres .elle est inégalement répartie entre les différents cours d'eau et pays .Alors que sa gestion appelle une coopération régionale , elle a le potentiel de provoquer des tensions entre pays voisins dans de nombreuses régions du monde.

La ressource en eau renouvelable ne permettant pas de garantir les besoins de la population mondiale, à cause de l'inégale répartition dans le temps et dans l'espace, il faut envisager des arrangements pour l'avenir, de deux types : gestion standard l'offre, avec création d'eau non conventionnelle, ou gestion standard la demande **(Morel. 2007)** .

### **1.4.1. Ressources en eau de l'Algérie :**

Les ressources en eau de l'Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties .La disponibilité en eau par habitant est estimée à environ 500 m<sup>3</sup>/ hab. / an, Se situaient deçà du seuil critique fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup>/ hab. / an **(Demmak. 2012)**.

#### **A. Les Potentialités d' eau en Algérie :**

##### ✓ **Les ressources en eau conventionnelles :**

- 72 Barrages (Capacité totale 7,4 Milliards m<sup>3</sup>).
- 718 retenues collinaires (Capacité 89,7 hm<sup>3</sup>).
- Nappes souterraines (Capacité exploitée 7 Milliards m<sup>3</sup>).

##### ✓ **Les ressources en eau non conventionnelle :**

- 25 Stations de dessalement d'eau de Mer (Capacité 913 hm<sup>3</sup>/an).
- 138 Stations d'épurations (STEP) (Capacité 700 hm<sup>3</sup>/an & REUT de 150 hm<sup>3</sup>/an) **(Djaffar et Kettab, 2015)**.

#### **B. L' Algérie du nord :**

Les différentes études et prospections est : prospection géophysique , études hydrogéologiques ,études cartographiques , forages de reconnaissance et Modélisation.

Il existe deux grandes catégories d'aquifères inclus sur la carte :

- ✓ Aquifères karstiques : formations calcaires étendues .
- ✓ Aquifères alluviaux: grandes plaines d'effondrement, comblées par un remplissage alluvial , **(Demmak , 2012)** .

### C. Au sud (grand Sahara) :

Deux grandes nappes dans le Sahara: immenses réserves, mais non renouvelables :

Les ressources en eau du Sahara se trouvent dans deux grands complexes géologiques, à savoir, le continental intercalaire(CI) et le complexe terminal(CT).

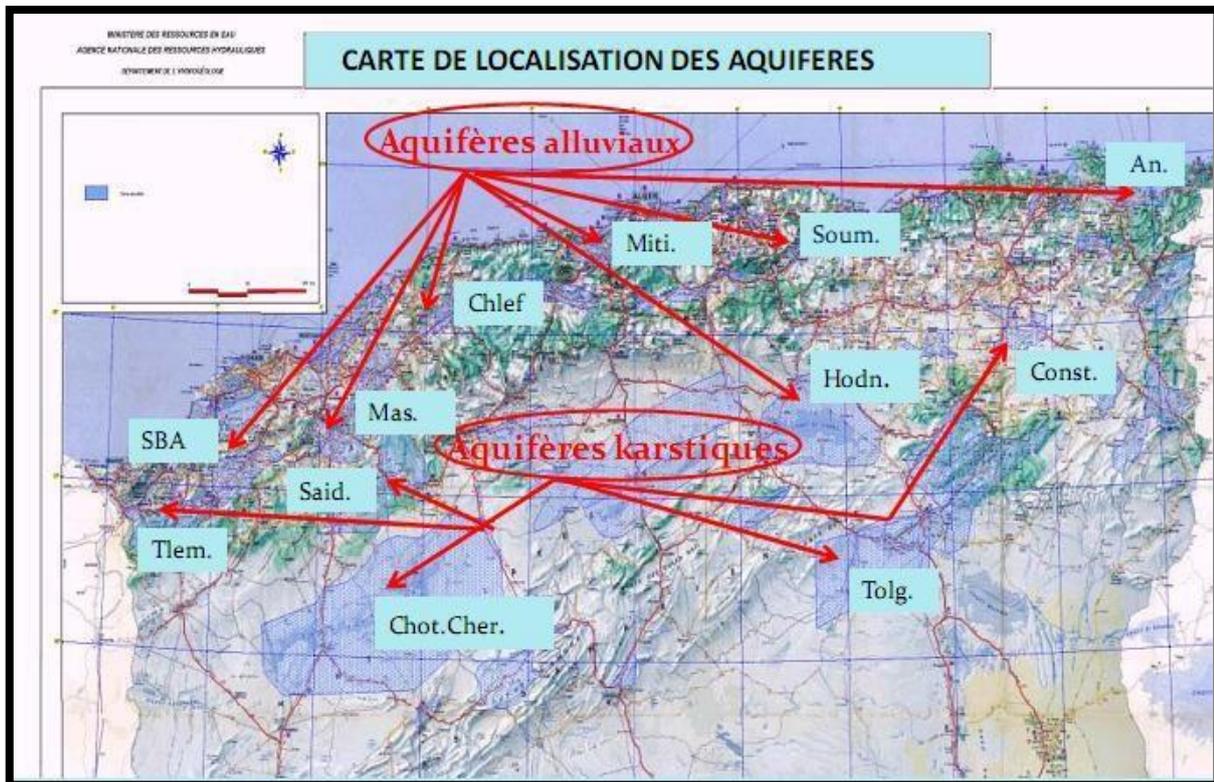


Figure 3:Carte des aquifères au nord de l'Algérie(Demmak, 2012) .

### 1.5. Qualité de l'eau:

La qualité de l'eau est concentrée sur une gamme de propriétés chimiques, physiques et biologiques, et l'un des concepts importants que nous tirons de ces propriétés est le concept de minéralisation, tous les sels minéraux dans la solution aqueuse.

#### 1.5.1. Les caractéristiques de l'eau:

##### A. les paramètres organoleptiques:

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Genoudet, 2001).

### a) Couleur :

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie (**Degrement, 1952**).

### b) Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition l'odeur peut être définie comme:

L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (**Rodier, 2005**).

### c) Goût et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier, 2005**).

## B. Les caractéristiques physico-chimiques :

### a. Le potentiel d'hydrogène (PH):

Le ph (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ion  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 10. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteur multiple, dont l'origine de l'eau Le ph doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un ph -mètre ou par coloration (**Haslay et Leclerc, 1993**).

### b. La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métallique de  $1\text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm elle est l'inverse de la résistivité électrique l'unité de conductivité est le micro siemens sur centimètre ( $\mu\text{s/cm}$ ) (**Rodier, 1996**).

### c. La température ( $T^\circ$ ) :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du PH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de

densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde.

Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit :hypothermies, hyperthermies (**Hamed et al., 2012**).

### **d. Turbidité:**

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU. (**Hamed et al., 2012**).

### **e. Taux de salinité :**

La salinité de mer provient de l'action des eaux de ruissellement et des eaux souterraines sur la croûte continentale. Les ions (Na, Cl, ...) apportés par les rivières se concentrent dans l'eau de mer car ces éléments sont peu réactifs avec les particules et les minéraux marins. La salinité de l'océan ne varie presque plus avec le temps car les apports (ruissellement) et les départs (sédimentation et altération) de sels s'équilibrent.

Il y'a une autre source de salinité des eaux souterraines qui représente un problème actuel, c'est l'intrusion marine, c'est-à-dire le retour des eaux de mer vers les nappes qui se trouvent sur la littoral après l'abaissement de niveaux de ces nappes causé par la sur exploitation (**Apfelbaum ,1995**).

## **C. Minéralisation globale :**

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium (**Degremont, 1990**).

### **a. Calcium (Ca<sup>2+</sup>):**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (**Khelili et Lazali, 2015**).

### **b. Magnésium ( $Mg^{+}$ ):**

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau **(Kemmer, 1984)**.

### **c. Dureté:**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations ( $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ ) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. **(Guilbert, 2000)**.

### **d. Sodium ( $Na^{+}$ ):**

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il faut qu'il ne dépasse pas 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable. **(Tardat Henry, 1992)**.

### **e. Potassium ( $K^{+}$ ):**

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium. **(Rodier, 1996)**.

### **f. Chlorures ( $Cl^{-}$ ):**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium ( $NaCl$ ) et de potassium ( $KCl$ ). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. **(Makhoukh, 2011)**.

### **g. Sulfates :**

Elles sont rencontrées sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en

particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable. (Tradat henry, 1992).

Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). (Paul, 1998).

### **h. Nitrates:**

Les nitrates  $\text{NO}_3^-$  - présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote. (Schuddeboom, 1993).

La dose journalière de nitrates admissible pour un homme de 70 kg est de l'ordre de 350 mg de nitrate de sodium par jour.

Les valeurs limitent des nitrates dans l'eau, varient de 25 mg/l (CEE) à 50 mg/l (OMS) et (NA). (Bouziani, 2000).

### **i. Carbonates et Bicarbonates:**

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes, sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du  $\text{CO}_2$  à partir des minéraux contenant des carbonates (Rodier, 2005).

### **j. Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC):**

Elle correspond à la teneur en ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  pour des pH inférieurs à 8.3, la teneur en ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{2-}$  est négligeable ( $\text{TA} = 0$ ) dans ce cas la mesure de TAC correspond au dosage des bicarbonates seuls (Desiardins Raymond, 1990).

Le TAC s'exprime en degré française ( $^\circ\text{F}$ ), ou en milliéquivalent par litre, on déduit que 1 méq/l = 5  $^\circ\text{F}$ .

Le niveau guide dans les eaux de consommation humaine est 50  $^\circ\text{F}$  (Lagreb et Semanes, 2006).

## **D. Minéralisation global:**

### **a. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ):**

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (Guermah et Tadjadit, 2017).

### **b. Nitrites :**

Les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l d'eau).

Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS.(Remini, 2009).

### **c. Le phosphore:**

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation. L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant. (Degrémont , 2005).

## **E. Paramètre indésirable:**

### **Fer (Fe+2):**

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. (Rodier et al., 2009).

## **F. Paramètres Bactériologique:**

### **a. Les germes totaux:**

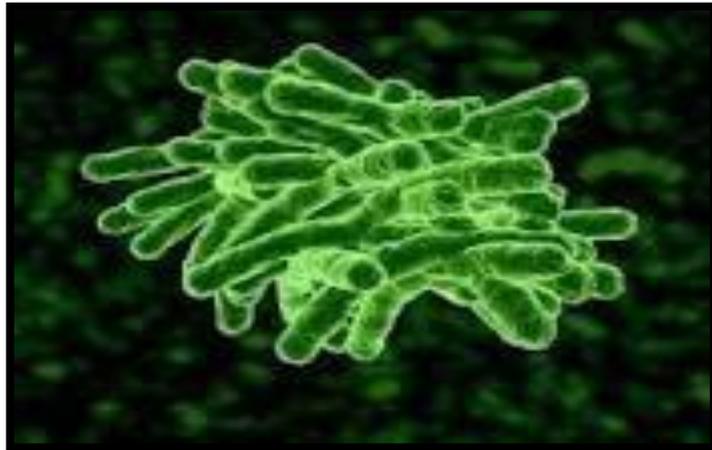
Ils se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine .Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines.(Rodier, 2005).

### **b. Les coliformes:**

Le terme coliforme regroupe un nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des enterobactériaceae, dont la caractéristique classique est la fermentation du lactose avec production de gaz. On distingue deux types :

### - Coliformes totaux:

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



**Figure 4:** Coliformes totaux (Cheval, 1982)

### - Coliformes fécaux:

Ce sont des bâtonnets, aérobies et facultativement anaérobies, gram (-), non sporulant, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à des températures se situant entre 36°C et 44°C en moins de 24 heures.



**Figure 5:** Coliformes fécaux (Cheval, 1982).

### c. Les streptocoques fécaux:

Les Streptocoques fécaux sont généralement pris globalement en compte des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs et immobiles. (Bourgeois et *al.*, 1991).

### d. Les Clostridium sulfito-réducteurs (CSR):

Ces bactéries sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale; la forme spore beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait de déceler une pollution ancienne ou intermittente. Le Clostridium sulfito-réducteur est pratiquement toujours présent dans les rivières et le sol, dans une nappe sous-jacente. Parmi les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique de l'eau, les Clostridiums sulfito-réducteurs sont pris en compte dans la réglementation de l'OMS. La recherche des C.S.R est utilisée pour contrôler l'efficacité d'une filtration naturelle ou artificiel. (Rodier, 1996).



Figure 6: les streptocoques fécaux (Rodier, 1996).

### e. Escherichia coli :

Est une bactérie qui appartient au groupe des coliformes thermo tolérants, aussi appelés coliformes fécaux, trouve spécialement dans les matières fécales des êtres humains et des animaux. Leur présence dans l'eau indique la présence de matières fécales, capables de fermenter le lactose à 44°C, peuvent être détectés lors d'une incubation à 44-45°C. (Ben chehba et Ben hannour,2017)



Figure 7: Escherichia coli (Ben chehba et Ben hannour,2017)

### 1.6. Pollution de l'eau :

La pollution de l'eau est chimique, physique, biologique ou bactériologique en raison de ses caractéristiques naturelles causées par l'homme à travers ses activités. Elle perturbe les conditions de vie des animaux et des végétaux aquatiques. Et aussi la détérioration des ressources en eau, sous l'influence du rejet d'eau polluée, qui peut non seulement causer de graves dommages à l'environnement mais aussi entraîner un risque de pénurie d'eau potable.

#### 1.6.1. Origine de pollution :

##### A. L'industrie :

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de ressources qui vont polluer nos nappes et nos rivières, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme

Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration. (Aouissi et Merabti, 2019)

##### B. L'agriculture :

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub> et Cl) vers la nappe phréatique.( Touati, 2021)

##### C. Pollution domestique et urbaine :

Elle englobe les rejets liquides (eaux usées domestiques et urbaines), et les rejets solides des décharges publiques, qui sont en majorité sauvages et non contrôlées. En effet, les décharges contiennent des matières organiques biodégradables, qui en présence des eaux météoriques, subissent un lessivage vers les eaux superficielles, où elles s'infiltrent vers les nappes phréatiques. Pour les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, elles sont directement évacuées dans les oueds sans aucun traitement préalable.( Touati, 2021)

##### D. Pollution d'origine naturelle:

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau . Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau .

L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes. (Aouissi et Merabti 2019)

### **E. Pollution par les eaux pluviales:**

En arrivant au sol, l'eau de pluie va d'une part lessiver les surfaces sur lesquels elle s'écoule et d'autre part éroder les matériaux de surface. Les contaminants peuvent soit être dissous, soit être fixés sur les particules entraînées par l'eau. ( **Touati, 2021**)

Ou par l'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles).  
(**Aouissi et Merabti 2019**)

#### **1.6.2. Les types de pollution :**

##### **A. Polluants physiques :**

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension. Elles sont de trois ordres:

- ✓ les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles,
- ✓ les rejets de calories,
- ✓ enfin les rejets pouvant entraîner une nuisance radio-activique (**Chartier,1974**)

##### **B. Polluants chimiques :**

La pollution chimique des eaux résulte du rejet de certaines substances minéraux toxiques dans les cours d'eau .On distingue selon la nature de la pollution chimique:

- ✓ Les éléments chimiques minéraux.
- ✓ Les éléments chimiques organiques.

##### **C. Polluants microbiologiques :**

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Il sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (**Lounnas,2008**).

#### **1.6.3. Principale conséquences de la pollution de l'eau :**

**Elle provoque des maladies :** la consommation d'eau contaminée peut entraîner de graves problèmes de santé. De la diarrhée, du choléra, de l'hépatite A, de la typhoïde, à la mort. On estime qu'environ 5 millions de personnes meurent chaque année en buvant cette eau.

**Malnutrition :** une alimentation insuffisante, ainsi que des maladies infectieuses et un manque d'hygiène avec de l'eau propre, entraînent des maladies, y compris la malnutrition. Une chose va de pair avec l'autre. C'est pourquoi une bonne hygiène corporelle est importante, mais aussi un bon nettoyage des aliments avant leur consommation.

**Elle affecte les écosystèmes :** l'eau douce contaminée altère l'habitat naturel des écosystèmes. En conséquence, la biodiversité aquatique est perdue, des algues nuisibles apparaissent et d'autres problèmes surgissent.

# **Chapitre 2:**

## **Systeme de la foggara**

### 2.1 .Introduction

Dans ce chapitre, nous avons abordé la description du système Foggara, et cette description présente l'établissement de ce système historiquement et sa propagation à Touat, pour déterminer l'importance de ce système.

La wilaya d'Adrar a connu ces dernières années une croissance démographique rapide qui s'est accompagnée d'une importante activité humaine qui touche la quasi- totalité des secteurs agricoles, industriels et liés au tourisme . dans le même temps, les besoins en eau ont augmenté, nécessitant l'utilisation de nouvelles techniques pour capter et utiliser les ressources en eaux profondes , ainsi que la migration des agriculteurs vers des terres de plus grande valeur . (**Arrus , 1985**).

Grâce à leur expérience de 1000 ans, la population de la région a développé des règles de gestion de l'eau plus strictes et plus précises parce qu'elles sont rares et précieuses. Les moyens techniques utilisés pour pomper, distribuer et transporter l'eau font référence à la centralité de l'eau et constituent une ressource vitale dans ces communautés luttant contre la sécheresse climatique. Cette règle est appelée le système "foggara" au Maghreb.

#### **Terme Foggara:**

La Foggara signifie en arabe, Fakara (creuser). Certains auteurs croient que cette expression provient du terme arabe El Fokr (la pauvreté). Celui qui creuse une Foggara se trouverait en effet dans l'obligation d'y investir tellement, qu'il finirait par tomber dans le besoin avant d'en bénéficier. Par contre, d'autres auteurs croient que le mot Foggara est relatif à Fakra, la vertèbre en arabe . (**Ghoule et Oughouzlafi , 2019** ).

La Foggara est une technique liée à un système social de travail collectif, mené par un comité de sages, appelé Djemaa, dont le rôle est de diriger et de surveiller l'entretien de la Foggara et la répartition de son eau .

Ce système de captage est composé d'une succession de puits pour l'évacuation et l'entretien et d'une galerie souterraine qui draine l'eau de la nappe pour l'amener à la surface du sol.

L'eau sortie à la surface par gravité sera distribuée équitablement entre les copropriétaires de la foggara par un partiteur appelé « Kasria », l'eau ainsi partagée sera acheminée par des rigoles appelées « Seguias » vers le jardin de chaque copropriétaire ou repartagée une deuxième fois par une autre Kasria plus petite, arrivée au jardin, l'eau sera accumulée dans un bassin appelé « Majen » pour irriguer ensuite les palmiers dattiers et les différentes parcelles de cultures « Guemoun » du jardin (**Benhamza , 2013**).

### 2.2. Historique de foggara :

Les écrivains et les historiens sont en désaccord sur l'origine du Foggara et sur la manière dont il a atteint la région de Touat.

Le Foggara est considérée comme une méthode d'irrigation civilise connue de l'homme du désert depuis long temps. Il y a ceux qui se voient extraits par la communauté juive.

Et d'autres pensent que c'était par les Coptes, et une autre équipe pense qu'il est entré dans la région après l'islam, en liant cela aux systèmes de règles et modèles de distribution d'eau qui étaient principalement liés au système d'héritage et à ses règles, et il y a un équipe qui croit que les Arabes cananéens dans les années 200 et 300 avant JC ont été trouvés par les anciens Babyloniens et les méthodes d'encre chinoises Wells, ils ont développé la forme horizontale, il sont donc creusé ce que les Saoudiens appellent des portiques (**Mkadem , 2016**). Ainsi, les eaux du Tigre et de l'Euphrate ont été détournées vers les terres inférieures à eux, ainsi que les Syriens, les Perses et les Romains. Ceux qui ont transféré l'idée en Égypte, où l'eau du Nil a été amenée dans le désert occidental en Égypte. Ainsi, en se déplaçant et en voyageant, l'idée s'est répandue dans la péninsule arabique.

Le Foggara était appelé dans le Hijaz par “ Shraj”, en Afghanistan par “les kairas”, au Yémen par “ Sahrij” et en Iran par “Qanat”.

Le système d'abreuvement d'Foggara a été introduit dans la région de Touat à la fin du premier siècle de l'Hégire aux mains des conquérants arabes, et le premier Foggara a été achevé au palais de Tamantit sous le règne d'Al-Mansur Bin Youssef Al- Tajanif Al-Quraishi (**Lahachami, 2005**).

### 2.3. Différent types de foggara:

#### 2.3.1 La foggara de l'Albien :

La foggara de l'Albien, appelée « foggara classique », est la plus connue . Ce type de foggara se localise dans le sud-ouest du Grand Erg Occidental, dans les régions du Touat, de Gourara et de Tidikelt, où le plateau de Tadmait constitue un véritable château d'eau . Pour ce type de foggara, l'écoulement est continu toute l'année. Il y a interruption de l'écoulement dans le cas d'un effondrement d'une partie de la galerie ou d'un rabattement rapide, provoqué par l'installation d'un forage près de la foggara. (**Remini et al. , 2010**)

#### 2.3.2 La foggara de l'Erg :

La foggara de l'Erg capte les eaux de la nappe qui se forment au-dessous du Grand Erg Occidental, grâce à l'eau qui s'écoule lentement sous l'Erg, dans les anciens cours d'eau en provenance de l'Atlas saharien. Contrairement à la foggara de l'Albien, le débit de la foggara de

l'Erg demeure stationnaire durant toute l'année; son eau est moins salée et de bonne qualité. Ce type de foggara se localise dans les oasis de Ouled Said (Timimoun). Il est très difficile de connaître la longueur exacte de ce type de foggara. Même les vieux oasisiens n'arrivent pas à localiser le puits mère et même une partie de la galerie. (**Remini et al., 2010.**)

La foggara de l'Erg a ses caractéristiques propres, à savoir :

- Son eau est de bonne qualité.
- La longueur ainsi que le nombre de puits sont difficiles à identifier.
- Il est difficile de trouver le puits mère de la foggara, vue l'impossibilité d'accéder à l'Erg.
- Ce type est fortement menacé par le phénomène d'ensablement

### **2.3.3 La foggara de jardin :**

Ce type de foggara, qui n'avait pas encore été cité par la bibliographie technique, est une particularité du Sahara algérien. On a recensé ce type dans la région de Timimoun, dont la longueur ne dépasse pas 1 km et les puits n'excèdent pas le nombre de 20. C'est une petite foggara dont la longueur de la galerie ne dépasse pas les 1,5 km. Elle appartient à une seule famille localisée en aval d'une ou de plusieurs grandes foggaras albiennes (ou classiques) pour capter les eaux de drainage, d'infiltration et d'irrigation en provenance des eaux d'irrigation de la palmeraie et des jardins. Même les eaux d'infiltration en provenance des seguias et des Madjens de la foggara classique sont récupérées par cette foggara. Ceci montre qu'il n'y a pas de pertes d'eau, toute la ressource est utilisée. Quant à la distribution et au partage de l'eau issue de ce type de foggara, il est simple et ne demande aucune mesure ou calcul. La foggara n'est même pas équipée d'une Kasria (peigne), l'eau en provenance de la galerie passant directement dans le réservoir (le Madjen). Une telle foggara est équipée d'une petite Kasria, un orifice qui se bouche avec un caillou recouvert d'un tissu et d'argile pour minimiser les fuites (une sorte de vanne). Pour réussir une bonne opération d'irrigation, on obture l'orifice par le caillou jusqu'au remplissage des Madjens dans un délai acceptable. (**Remini et al. , 2010 )**

### **2.3.4 La foggara de source ou foggara d' Al Ain :**

À la différence de la foggara classique, la foggara d'El Ain capte les eaux de source naturelle appelées les Aayounes (pluriel de « Ain »), qui sont réparties entre les oasis de Moghrar (Naama), Beni Abbes (Bechar), Adrar, Beni Ounif (Bechar) et Boussemgoune.

La découverte de la grande source d'eau naturelle dans l'oasis de Beni Abbes a été un événement pour les oasisiens, qui l'ont reliée à leurs jardins par une galerie. Malheureusement, cette foggara, qui a participé au développement des palmeraies de Beni Abbes, se trouve

aujourd'hui abandonnée. Aujourd'hui, pour ce type de foggara, il existe un seul Madjen collectif, contrairement aux foggaras classiques de type albien où chaque propriétaire possède son petit Madjen . Ce type de foggara ressemble à celui du faljAini du sultanat d'Oman qui draine lui aussi les eaux de source; c'est pour cette raison qu'il porte le nom Aini (source). L'oasis de Beni Ounif possède deux foggaras de sources qui sont fonctionnelles. Dans l'oasis de Moghrar, qui est constituée d'une source d'eau (Ain) représentant le puits de captage et une galerie souterraine d'une centaine de mètres, légèrement inclinée. Elle déverse en permanence dans le Madjen collectif situé dans la palmeraie, avant d'atteindre le réseau des seguias qui distribue l'eau dans les jardins. **(Remini et al. , 2010)**

Les oasis d'Adrar sont connues par leurs foggaras de type albien, à l'exception de la foggara de Hennou, qui est une foggara de source qui n'est pas alimentée par la nappe du Continental Intercalaire comme les autres foggaras de l'oasis d'Adrar, mais par une source d'eau naturelle et pérenne **(Oleil , 1994)**.

### **2.3.5 La foggara de la montagne (nappe phréatique) :**

Ce type de foggara n'est plus en service dans le Sahara algérien. Les quelques foggaras qu'on a recensées se localisent dans la région de Bechar. La foggara de Djebel capte son eau à partir d'une nappe phréatique qui se recharge à partir des eaux de ruissellement en provenance des montagnes périphériques . Ce type de foggara se localise au pied de Djebel Marhoma à Beni Abbes. Elle est caractérisée par une longueur de la galerie qui ne dépasse pas les 1 000 m.**(Remini et al., 2010)**

Suite aux différentes périodes de sécheresses depuis plusieurs années et faute d'entretien. Elle est caractérisée par une longueur de la galerie qui ne dépasse pas les 1 000 m. Elle est large par rapport aux foggaras de l'Albien ,**(Souddi et Bahaida , 2019)** .

### **2.3.6 La foggara des oueds :**

Ce type de foggara capte les eaux des oueds . La longueur de cette foggara, creusée dans les sables grossiers des alluvions de l'oued, peut atteindre 1 500 m. C'est une foggara temporaire qui fonctionne en période humide en captant les eaux de la nappe d'inféoflux.

Pour ce type de foggaras, le puits mère ainsi que les puits d'aération se trouvent dans le lit de l'oued, où les types de sols rencontrés sont généralement argilo-limoneux et parfois caillouteux . Elles sont vulnérables aux crues et à l'ensablement, les puits d'aération étant recouverts par les alluvions de l'oued lors des crues.

Aucune foggara de ce type ne fonctionne actuellement, elles sont abandonnées suite à leur effondrement et à l'assèchement des oueds. Ce type de foggara se localise dans les régions de Becher et Tamanrasset, dans les oasis de Lahmar . **(Remini et al., 2010 )**

### **2.3.7 La foggara des crues :**

C'est une foggara particulière, unique en Algérie et localisée dans la vallée de Mzab dans l'oasis de Ghardaïa. Cette foggara est destinée à récupérer les eaux de crues; une fois collectée au niveau de la retenue appelée Bouchene, l'eau est canalisée par quatre galeries d'une longueur d'environ 200 m, qui sont équipées d'une dizaine de puits d'aération . L'eau se dirige directement dans les seguias qui alimentent les jardins, puis le surplus de la crue est récupéré en aval dans une retenue appelée Ahbass pour réalimenter la nappe. . **(Remini et al., 2010 )**

### **2.4. Composition de foggara :**

Un foggara est une galerie souterraine pour fourniture d'eau, qui a son point de départ au-dessous de la nappe, la nappe phréatique et qui se dirige vers la surface du sol avec une pente plus faible que celles de la nappe et de la surface du sol. Une foggara est une galerie filtrante . Il est parfois considéré comme la partie émergée d'un Qanat.

Ce procédé utilise un système de galeries en pente douce d'une longueur pouvant atteindre les 20 km, équipées d'une série de puits d'aération espacés de 5 à 22m, dont la profondeur peut atteindre 20 m. La distance minimale entre les foggaras est de 80m . **(Cheylan , 1990).**

La foggara est composée de plusieurs éléments, on trouve de l'amont vers l'aval :

#### **A- Le captage .**

le captage de l'eau souterraine est assuré par une galerie de plusieurs kilomètres , de faible pente qui draine l'eau de la nappe verticaux qui servent à l'entretien et à l'aération de la foggara .

**(Souddi et Bahaida ,2019 )**

- **Le Puits « Hassi »**

les puits « Fouaha » sont la partie notable de la foggara, à l'intérieur des villes textuel style un objet esthétique, ils servent à l'accès et au curage de la foggara (évacuation des déblais et remblais) et à l'aération de la foggara, ils ne jouent aucun rôle hydraulique dans le fonctionnement de la foggara, la distance qui sépare les puits entre eux n'est pas constante, elle varie d'une région à l'autre (Gourrara, Touat et Tidikelt) et selon le type de territoire traversé, elle varie entre 07 et 40 m de longueur. La profondeur des puits varie selon le niveau statique de la nappée et la topographie de la région, peu profonds à Adrar que dans d'autres villes. **(Benhamza , 2013)**

Les puits sont alignés parallèlement au sens d'écoulement de la nappe avec une direction NE-SW, pour augmenter le débit de la foggara, des puits sont ajoutés à gauche et à droite de l'alignement principal, des puits pour la deuxième galerie .(Hidaoui et Louannas ,2015)

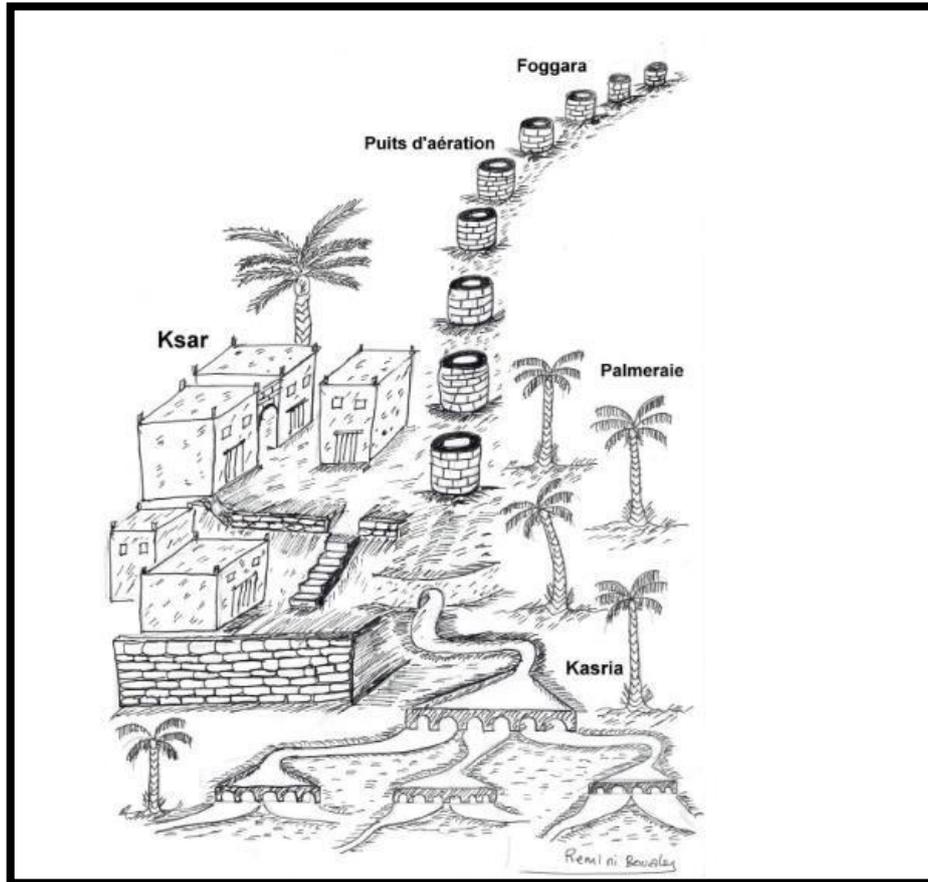


Figure 8:Schéma synoptique d'une foggara (Remini, 2014)

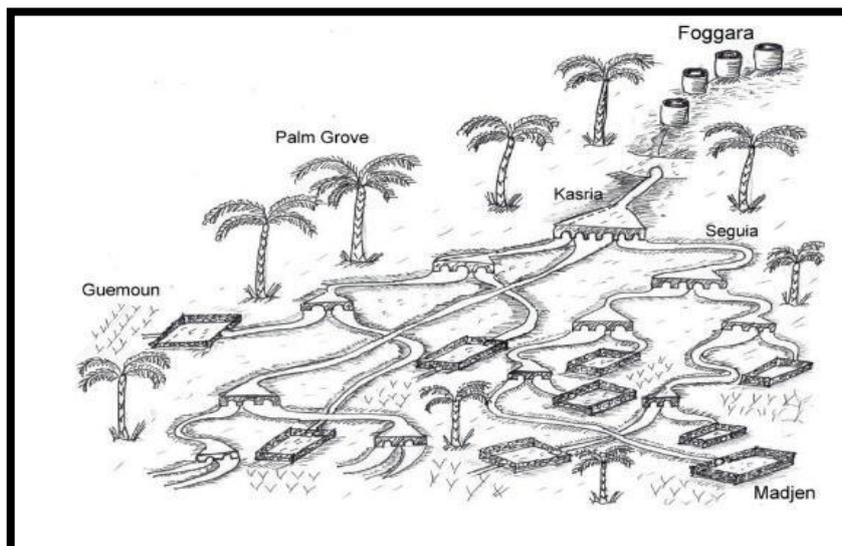


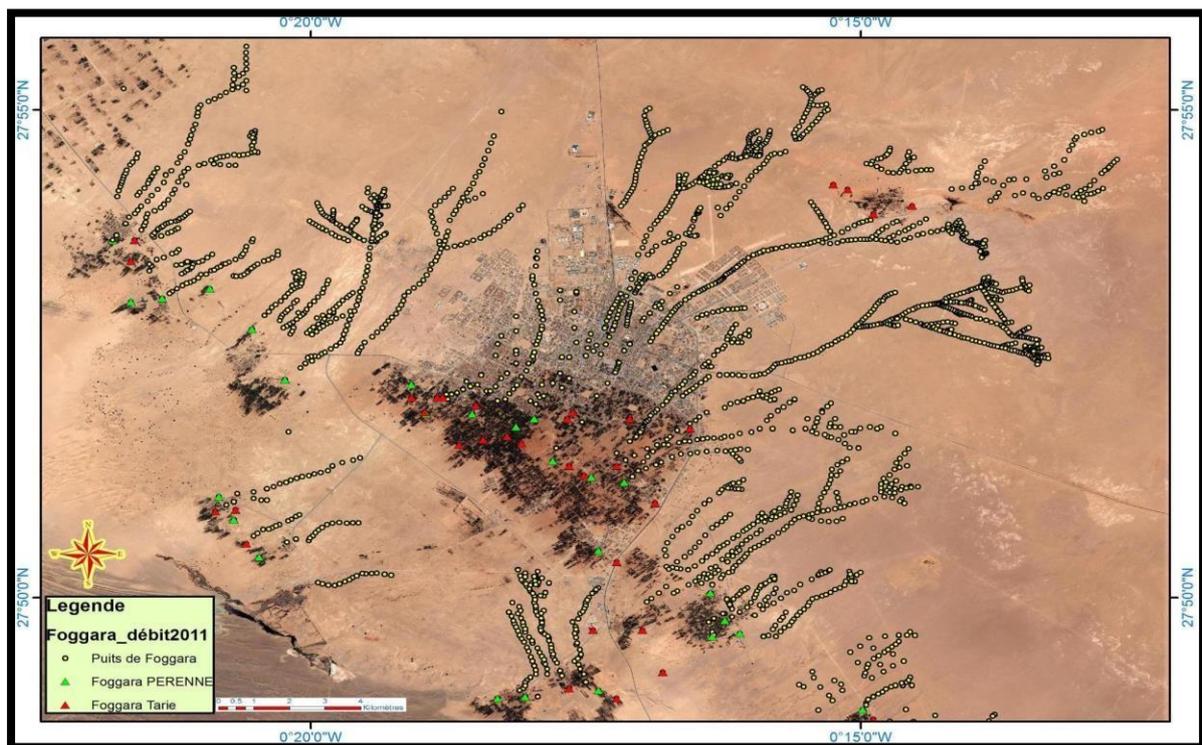
Figure 9:Un réseau de distribution du foggara (Remini, 2014)

- **La Galerie « N'fad »:**

La galerie, également connue sous le nom de "Nfad", est l'élément principal de la foggara. Il s'agit d'un conduit souterrain de plusieurs kilomètres de long hydro géologiquement divisé en deux parties : la portion drainante , qui est la partie la plus intéressante du conduit car elle pénètre dans l'aquifère et draine l'eau vers la deuxième partie, et la partie non drainante , qui transporte l'eau vers le canal principal . La longueur totale du réseau de galeries ramifiées varie de 0,07 à 15 kilomètres de galerie souterraine .(Benhamza , 2013)

L'ouvrage se compose d'une galerie de section variable, de largeur variant de 50cm à 80cm et de hauteur allant de 90cm à 150cm. La longueur de la galerie peut varier de 1Km à 15km, tandis que la gamme du débit est de 1l/s à 50l/s (Remini , 2001).

L'analyse de l'alignement des foggaras montre que les galeries de la majorité des foggaras sont ramifiées, la partie amont de la foggara prennent à la fin la forme de signe «Y». (Benhamza , 2013)



**Figure 10:** Réseau ramifié des foggaras autour de la ville d'Adrar sur imageSatellite ,(Benhamza , 2013).

- **L'Aghisrou (grande seguia):**

c'est différent de la seguia Oûil reçoit l'eau provenant du tunnel souterrain Être dirigé vers la kasria via Aghisrou, Par le kasrai, l'eau est distribuée aux vergers. (Mohammed , 2016)

- **Canal Principal " Majra ":**

C'est un canal de forme rectangulaire qui sert à conduire l'eau vers le peigne répartiteur « Ksaria », sa longueur est de quelques mètres à quelques kilomètres, il est construit par des argiles, actuellement ces canaux sont en ciment et même en PVC, pour minimiser les pertes par infiltration. (Hidaoui et Louannas , 2015)

### **B-La distribution :**

La distribution de l'eau s'effectue juste à la sortie de la galerie et repose sur quatre éléments majeurs qui sont : Kasria (répartiteur); Seguia (canal), Madjen (bassin de récupération) et Gamoun (Jardin). Une fois l'eau arrivée à la sortie de la galerie, elle est répartie entre les propriétaires par la Kasria. Le cheminement de l'eau jusqu'au Madjen s'effectue par l'intermédiaire des Seguias.

#### **a) La Kasria:**

A la sortie de la Foggara, l'eau est répartie par un peigne appelé "Kasria", conçu en pierre plate. La kasria présente un bassin triangulaire pour stocker l'eau avant d'être répartie entre les copropriétaires. Le bassin est muni d'un tranquillisateur qui amortit et calme l'écoulement. Le peigne est doté de plusieurs ouvertures de dimensions variables. Plusieurs types de Kasria peuvent être observés dans la palmeraie : La Kasria Lakbira ou peigne principal, le peigne secondaire et le peigne multiple de petite taille. (Souddi et Bahaida 2019) .

La Kasria Lakbira est un bassin de forme triangulaire qui a été coupé à la base par un dispositif d'apaisement de l'eau . Il permet à la fois d' amortir le montant de la dette et de l'apaiser avant de la diviser . La Kasria Lakbira reçoit l' intégralité du débit du Foggara, qui est ensuite divisé en 3, 4 ou 5 rigoles. (Seguias). Les Seguias partent en tous sens de ce bassin triangulaire et se dirigent vers les parcelles à irriguer. (Souddi et Bahaida 2019) .

Au bout de ces Seguias, d'autres kasrias secondaires repartissent à leur tour l'eau, puis d'autres Seguias prennent leur relais et s'achèvent par des Seguia tertiaires aboutissant au Madjen. Il est utilisé pour le partage familial de chaque tribu ou du groupe de personnes ayant participé à la réalisation de la Foggara. (Souddi et Bahaida , 2019)



Photo 1: Kasria Dans la région d'Aoulef (Reggani 2023) .

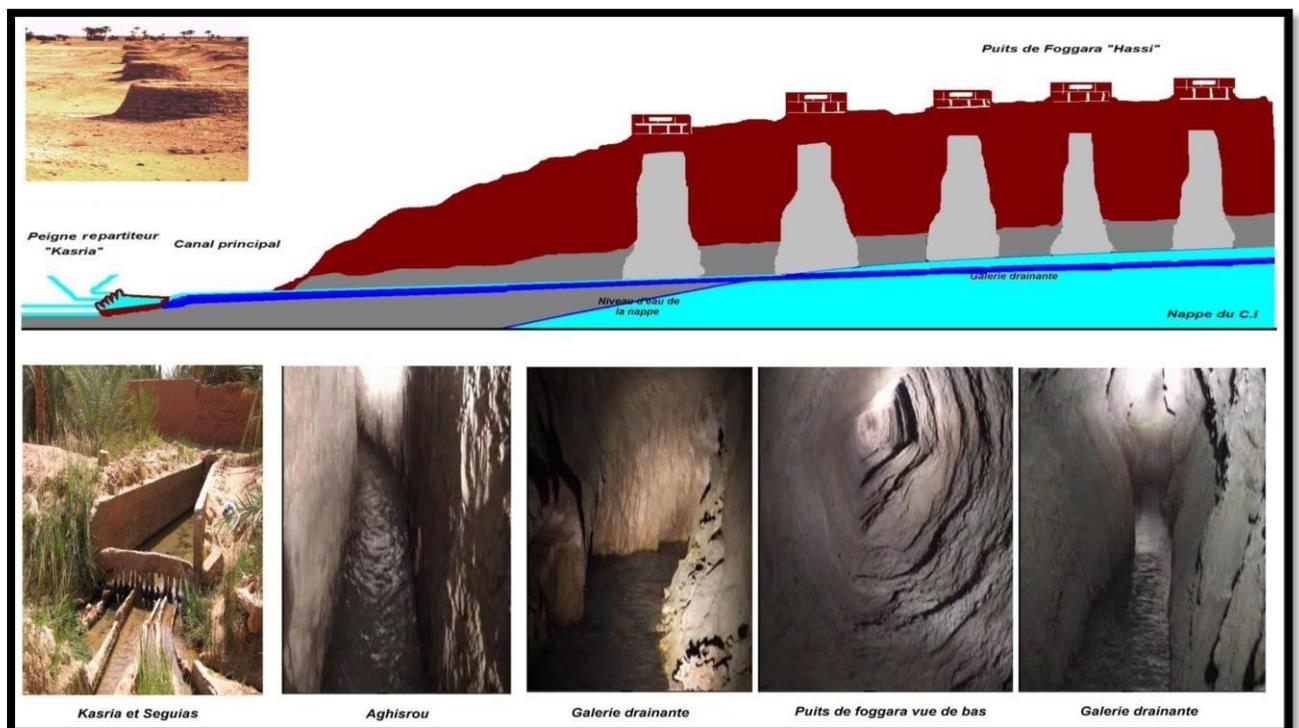


Figure 11: Vue d'ensemble des éléments de la foggara. ( Benhamza , 2013)

**a) Rigole « Seguia » :**

La part d'eau de chaque copropriétaire est canalisée vers son jardin par une rigole à ciel ouvert appelée « Seguia » construite en terre ou actuellement en ciment et même en PVC pour réduire les infiltrations, de forme circulaire ou rectangulaire, les seguias se ramifient dans tous les sens dans la palmeraie (Voir fig 12).(Benhamza , 2013)

La Seguia C'est un passage d'eau fait d'argile ou de ciment qui relie l'eau d'une force à l'autre et à l'allumage .(Mohammed , 2016)

**b) Bassin « Majen » :**

C'est est un bassin de récupération et une repriserégularisation qui reçoit l'eau de nombreux kasriates différents . et bassin de régularisation qui reçoit l'eau de nombreux kasriates différents . Il remplit la fonction d' un château de glacechâteau de malgrémalgré sa faible profondeur .ayant une profondeur assez faible .

voir Madjen plus ancien et plus Madjen primitif, avec son sol recouvert d' une couche d'argile pour empêcher les invasions.(Berramdane , 2014)

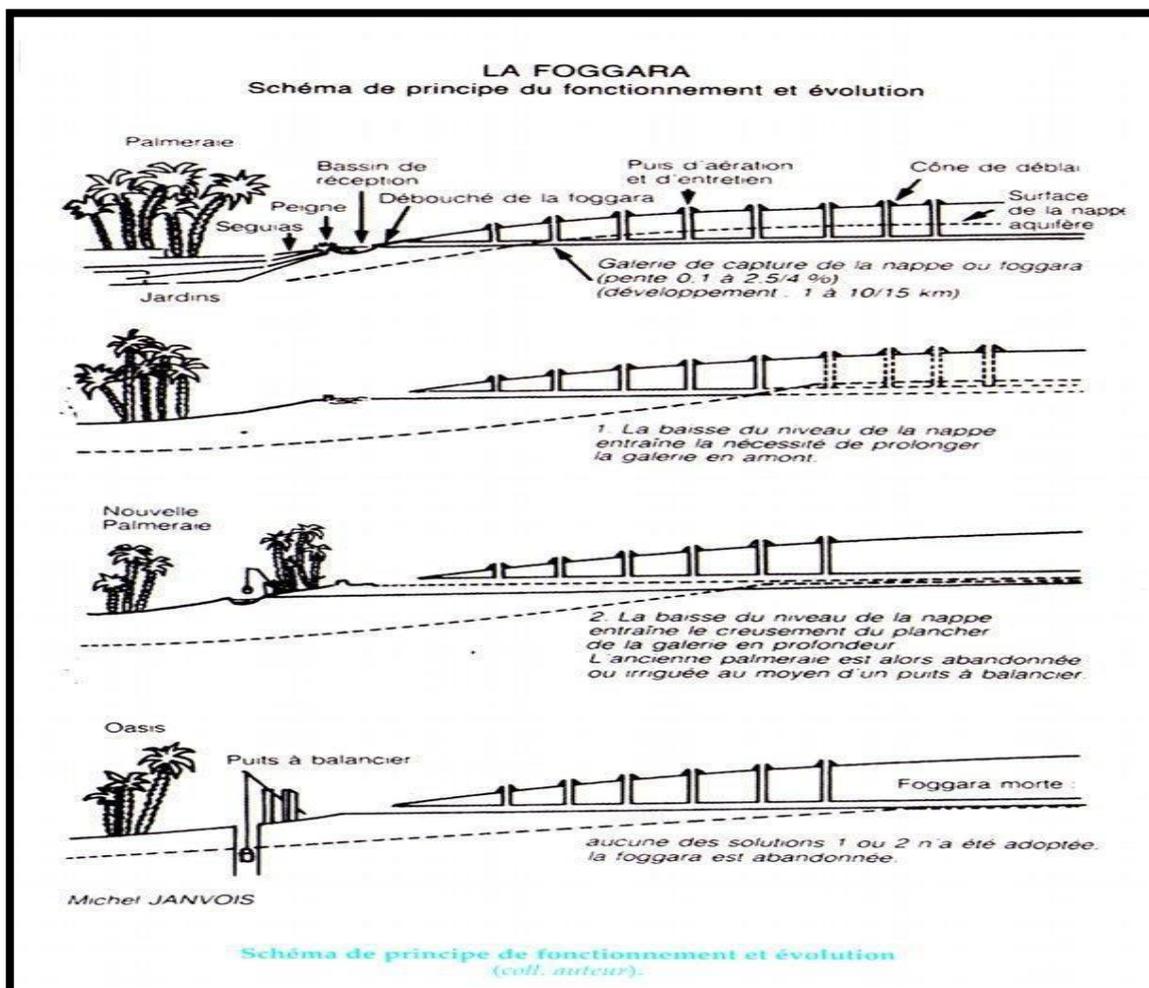


Figure 12: Schéma de fonctionnement la foggara (Oliel, 2012)

### 2.5. Etapes et processus de fabrication de la foggara :

Ensuite, le forage est fait dans la direction du bas jusqu'à ce que la tranchée de sol atteigne la surface du sol à un degré élevé de 0,3%, ce qui rend l'eau dans cette NFAD à la surface du sol. Ensuite, des puits pourraient être ajoutés dans la direction opposée du bas, pour augmenter le rapport eau de la Foggara. Ceci est fait seulement après que l'eau sort sur terre. Après la sortie de l'eau, il a des canaux sur la surface du sol de la boue et des pierres parce que la boue est adhésif et faible perméabilité, surtout après la fermentation.

Mettre ensuite un bassin dit "Kasria" pour distribuer l'eau. entre le propriétaire du vertébré est alors établie sur la base de sa part et de son paiement pour le travail du vertébré ou de la quantité d'eau qu'il a achetée en fonction de la valeur estimée de chaque vertébré par lieu et par heure.

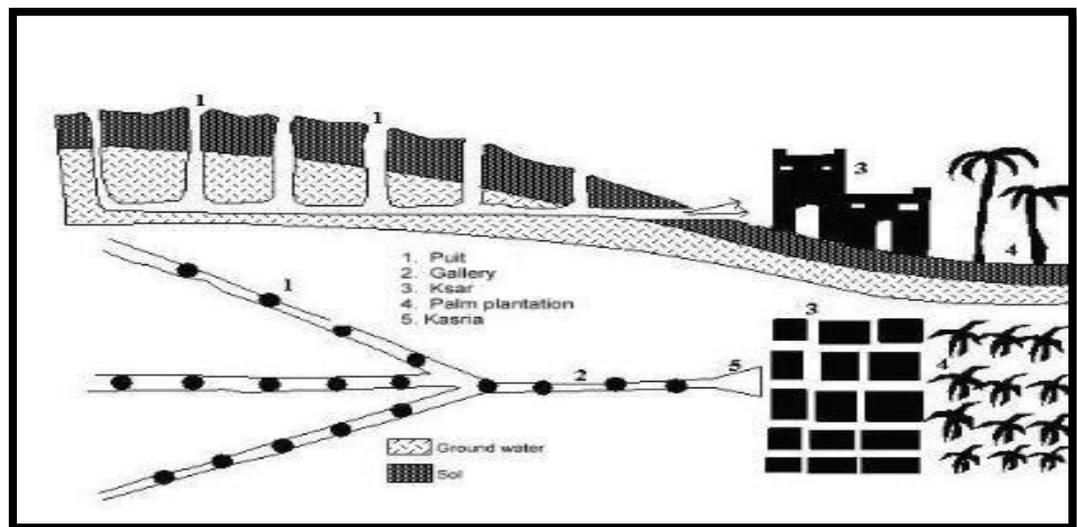


Figure 13: Diagramme de foggara Algérien Sahara (Remini et Kechad, 2012)

### 2. 6.Situation des foggaras au Sahara algérien :

Au Sahara, dans le sud du Grand Erg Occidental, et plus particulièrement dans les régions de Timimoune, d'Adrar et de Tidikelt, la Foggara a participé depuis plusieurs siècles au développement des oasis. (fig No14) (Remini et Kechad, 2012)

Au Touat, la plupart des foggaras sont orientées dans le sent est-ouest : issues du plateau de Tademaït, ce véritable « château d'eau », elle suivant une ligne perpendiculaire, vers les palmeraies (Oliel, 2012)

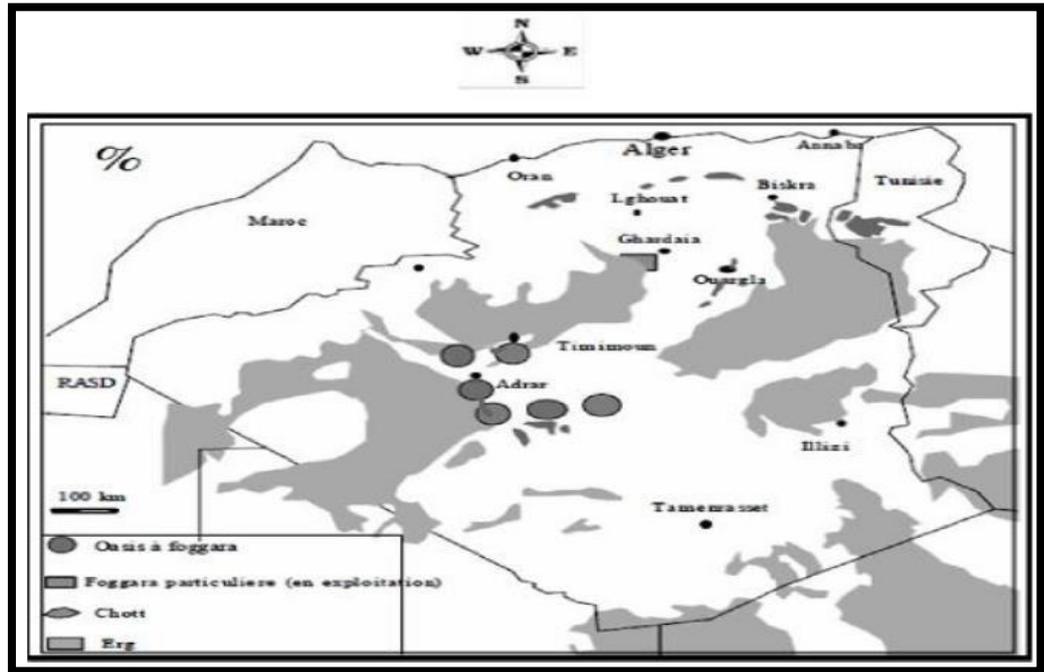


Figure 14: Situation géographique des foggara. (Remini et Kechad , 2012)

## 2.7. Région d'étude :

La wilaya d'Adrar est située dans la partie centrale du Sahara algérien, elle s'étend sur une superficie de 427968 Km<sup>2</sup>, Elle est limitée :

Au Nord – ouest par la wilaya de Bechar. A l'Est par la wilaya de Ghardaia et Tamanrasset . A l'Ouest par la wilaya de Tindouf. Au Sud – ouest par la Mauritanie. Au Sud par le Mali.

Cette wilaya est composée de trois grandes régions :

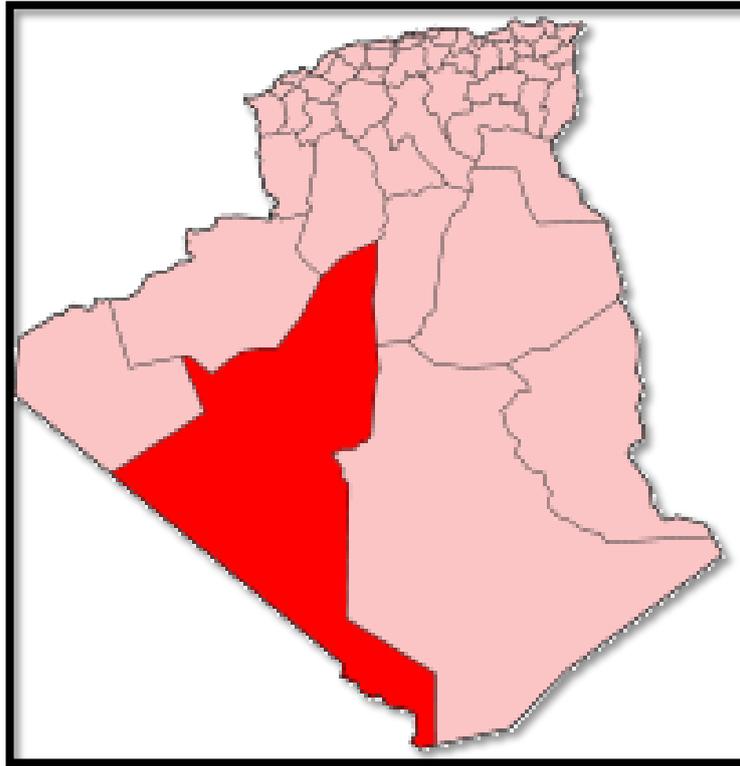
- ✓ Gourara
- ✓ Taouat
- ✓ Tidikelt .

Dans ce modeste travail, des échantillons ont été prélevés sur des foggaras dans les régions de Touat et Tidikelt.

Le Toaut (ou Tawat) est une région de l'Ouest du Sahara algérien, située au Sud-ouest du Grand Erg Occidental, dans la région d'Adrar. Touat signifie en langue berbère « localité habitée » (Souddi et Bahaida , 2019).

Comprend la zone de Tsabit à Reggan ( Tsabit , Bouda , Tamnatit , Zaouiet kounta ....)

Tidikelt, est située à la frontière de Reggan (Ayn al-Shabi), à l'ouest d'Aïn al-Zawi, à l'est d'Aïn Saleh, où certains auteurs précédents ont nommé cette collection d'oasis du sud-ouest au désert central de l'Algérie. il comprend Aoulef, Aïn Saleh .



**Figure 15:** Carte de l'Algérie montrant la province d'Adrar. (Golbe,2004)

Partie II:

Partie pratique

# **Chapitre 3:**

## **Matériel et méthodes**

### 3.1 Laboratoire d'analyse:

Afin d'analyser la qualité de l'eau que nous avons analysée au niveau du laboratoire de la société de l'eau ADE (Unité Eau Algérienne), et cela pour une durée de 15 jours.

### 3.2. Echantillonnage:

L'étude expérimentale se compose des analyses physico-chimique et microbiologique de l'eau de foggara dans plusieurs régions différentes.

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivant (**Rodier, 1996**).

- ✓ La sélection convenable de points d'échantillonnage.
- ✓ Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- ✓ La conservation adéquate de l'échantillon.

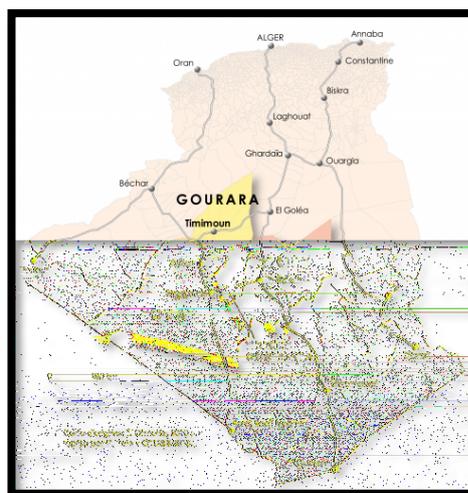
### 3.3. Prélèvement de l'eau à analyser :

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous (**Rodier et al., 2009**):

- ✓ Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs.
- ✓ Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique.
- ✓ Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise.
- ✓ Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs.

### 3.4 . La région d'étude:

Notre zone d'étude est la région, situé au sud-ouest du pays, dans le désert du Sahara



**Figure 1** : Carte de la province d'Adrar. (**Guermah et Tadjadit ,2017**).

Nous avons échantillonné des foggaras pour plusieurs régions différentes de wilaya d'Adrar, qui est::

- ✓ Zaouit kenta: foggara de Tefna
- ✓ Aoulef: foggara de Ighjer, foggara de Janet assignhar , foggara de Ben Draou , foggara de Tanfea
- ✓ Tamentit: foggara d'Awled sidi ali
- ✓ Bouda: foggara d'Achafia

### **3.5. Méthodes d'analyse:**

#### **3.5.1. Partie physico-chimique:**

L'eau potable est contrôlée en déterminant les paramètres physico-chimiques et les concentrations maximales d'une gamme d'éléments liés à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions comme le Chlorure ordinaire, sulfates, nitrates, etc.

C'est pourquoi nous avons effectué des analyses pour déterminer la qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau des foggaras et la comparer aux normes.

#### **A. Mesure du pH:**

##### **Principe:**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[H^+]$  présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$ .

##### **Appareillage:**

- ✓ PH Mètre(SL 1000).

##### **Mode opératoire:**

- ✓ Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- ✓ Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- ✓ Tremper l'électrode dans le bêcher.
- ✓ Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ✓ Puis noter le pH.

##### **Expression de résultat**

- ✓ La valeur du pH s'affiche sur l'écran de l'appareil.



**Photo 1:** Le pH mètre utilisé. ( **photo original** )

### **B. Mesure de la conductivité électrique:**

#### **Principe:**

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, elle détermine la teneur globale des minéraux présent dans une solution, une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (**Brémaude et al., 2006**).

#### **Appareillage:**

Conductimètre(**EC 7**).

#### **Mode opératoire:**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

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

#### **Expression des résultats:**

Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Photo 2:** conductimètre utilisé. ( photo original )

### **C. La température:**

#### **Principe :**

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par PH-mètre en (°C) (Gregorio et Pierre-marie ,2007).

### **D. Mesure de la turbidité:**

#### **Principe :**

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu.

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

#### **Appareillage :**

- Turbidimètre (**HACH 2100N**).
- Cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre.

### Mode opératoire:

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

### Expression des résultats:

La mesure est obtenue directement en NTU.



**Photo 3:** Turbidimètre. ( photo original )

### 3.5.2.Partie de Minéralisation Globale:

#### A. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ):

##### Principe :

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

##### Mode opératoire:

- (V1)  $\text{Ca}^{2+}$  :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
  - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
  - Ajouter du Murexide.
  - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).
- (V2)  $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$ :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
  - Ajouter 2 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  ( 10,1).

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

---

-Ajouter noir eriochrome.

-Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

### Expression des résultats :

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante:

d'où:

$$\text{mg/lCa}^{2+} = \frac{V_1 * C_{EDTA} * F * M_{Ca^{2+}}}{P.E} * 1000$$

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M<sub>Ca<sup>2+</sup></sub>: Masse molaire du calcium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

F : Facteur

Donc :

$$\text{mg/lCa}^{2+} = \frac{V_1 * 0.01 * F * 40.08}{50} * 1000$$

$$\text{mg/l Ca}^{2+} = V_1 \times 2 \times 8.016$$

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$\text{mg/lMg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * C_{EDTA} * F * M_{Mg^{2+}}}{P.E} * 1000$$

d'où:

V2: Volume total d'E.D.T.A

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M<sub>Mg<sup>2+</sup></sub>:: Masse molaire du Magnésium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur

Donc

$$\text{mg/lMg}^{2+} = \frac{(V_2 - V_1) * 0.01 * F * 24.3}{50} * 1000$$

$$\text{mg/l Mg}^{2+} = (V_2 - V_1) \times 2 \times 4.86$$



**Photo 5:** Réactifs de du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium( $\text{Mg}^{2+}$ )( **photo original** )

### **B. Détermination Dureté totale (TH):**

#### **Principe:**

Le titrage par complexe ométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH = 10, lors du titrage, EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur, ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur.

#### **Réactifs et appareillage:**

- Prélever 10 ml d'eau à analyser.
- Solution tampon pH=10.
- Le noir d'ériochrome T (indicateur coloré).
- Solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA.
- Agitateur magnétique avec plaque chauffante.

#### **Mode opératoire:(Rodier et Bernard, 2009) .**

- Prélever 10 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de solution tampon et 1 goutte de solution de noir ériochrome T, cela nous donne une couleur violet clair ;
- Chauffer un peu la solution avec un réchauffeur ;
- Titrer la solution de l'EDTA rapidement en début puis goutte à goutte jusqu'à virage bleu
- Noter  $V_{\text{éq}}$  de solution l'EDTA.

### Expression des résultats

- La mesure de TH est obtenue directement en °F.

### C. Détermination de sodium et de potassium:

#### Partie théorique:

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

Les éléments à analyser ( sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

#### Partie pratique:

#### Mode opératoire:

Appareil Dr LANGE (JENWAY).



**Photo 6:** Photométrie de la flamme. ( photo original )

#### Préparation des étalons:

Solution fille de sodium (Na<sup>+</sup>) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.

(2,54 mg de Na Cl 1000cc d'H<sub>2</sub>O distillée : solution mère de Na<sup>+</sup> à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K<sup>+</sup>) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de KCl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.

(1,91 g de KCl 1000 cc d'H<sub>2</sub>O distillée : solution mère de K<sup>+</sup> à 1 g/l).

#### Expression des résultats:

Le résultat est donné directement en mg/l.

#### Remarque:

Avant de doser le sodium ( Na<sup>+</sup>) il faut toujours vérifier les valeurs de la " conductivité " car cette dernière a un rapport proportionnel à la dilution, c'est à dire plus que la conductivité est

## Chapitre 3 : Matériel et méthodes

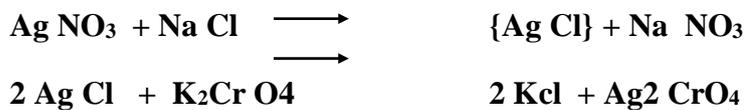
---

grande plus que la dilution du Na<sup>+</sup> est grande et vice versa. Alors pour le cas de K<sup>+</sup> on ne fait pas la dilution sauf que la conductivité est grande.

### D. Détermination de chlorures (Cl<sup>-</sup>):

#### Principe :

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.



#### Mode opératoire :

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (coloration jaunâtre).
- Titrer avec Ag NO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

#### Expression des résultats :

$$F.G: \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}}}{PE} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times 0,01 \times 35,5 \times F \times 1000}{5}$$

$$F.S : \text{mg/l Cl}^- = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F.$$

V<sub>AgNO<sub>3</sub></sub> : Volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N<sub>AgNO<sub>3</sub></sub> : Normalité d'AgNO<sub>3</sub>

M<sub>Cl</sub>: masse des chlorures.

F : facteur de correction du titre d'Ag NO<sub>3</sub>.

PE : prise d'essai.

Pour le F : - Prendre 5 ml de la solution mère à 71 mg/l.

- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.

- Doser par AgNO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'au virage.(couleur brun rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

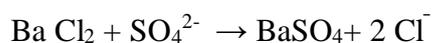


**Photo 7:** Réactifs de chlorure (Cl) ( photo original ).

### E. Détermination des Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$ :

#### Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum En présence de Ba  $\text{Cl}_2$ .



#### Appareil :

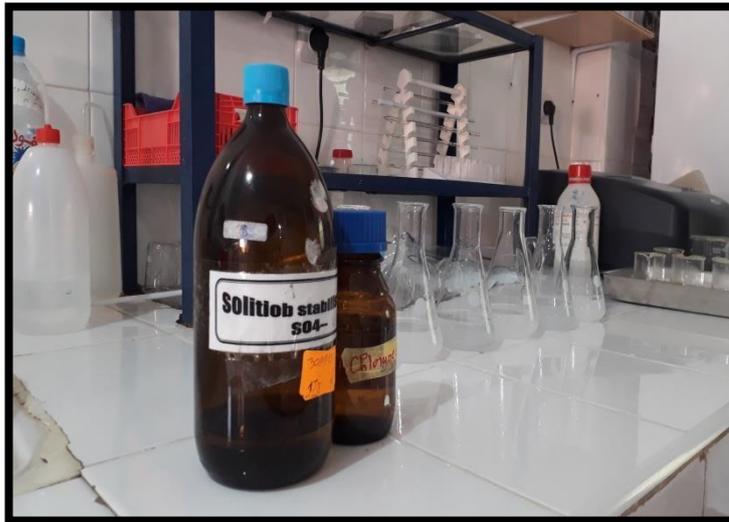
- Spectrophotomètre UV Visible

#### Mode opératoire :

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

#### Expression des résultats :

$\text{mg/l SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution.}$



**Photo 8:** Réactifs de Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les échantillons( **photo original** ).

### F. DOSAGE DES NITRATES ( $\text{NO}_3^-$ ) :

#### Principe:

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

#### Appareillage:

- Etuve.
- Spectrophotomètre U.V visible.

#### Mode opératoire:

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.  
(ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

#### Expression des résultats:

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

### G. Détermination de l'alcalinité ou bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ):

#### Avant propos:

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

#### Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

#### Réactifs :

- Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :
- Solution d'HCl à 0,1 N :
- \$ d'HCl à 1 N..... 100 ml.
- - H<sub>2</sub>O distillée ..... q.s.p 1000ml.

**Électrode:** Électrode de pH

#### Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,
- Noter son pH puis titrer avec (HCl) à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

#### Expression des résultats :

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

**F.S :**  $V_{A1} \times 61 = \text{mg/l HCO}_3^-$

$V_A$  : Volume d'acide versé.

$N_A$  : normalité d'acide versé.

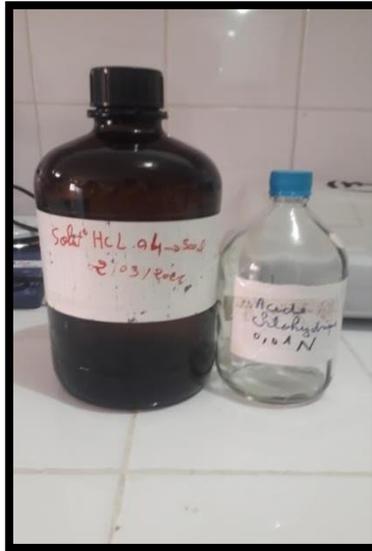
$\text{MHCO}_3^-$  : masse des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

P.E : prise d'essai.

#### • Remarque :

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au  $\text{CO}_3^{2-}$ ) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume  $V_{A2}$ .

**mg/l  $\text{CO}_3^{2-} = V_{A2} \times 60$ .**



**Photo 9:** Réactif de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) ( photo original ).

### H. TAC (Titre Alcalimétrique complet):

#### Principe:

Le but est de déterminer la teneur en hydrogencarbonates dans l'eau

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

#### Réactifs

- 100 ml d'eau potable conservée dans la poterie;
- Solution de méthyle orange à 0,5%
- Solution acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de 0.02 normalité.

#### Mode opératoire(Rodier et Bernard, 2009):

- Prélever 100 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 0.5%;
- Titrer avec de solution sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) jusqu'au virage de jaune orange(Rodier et Bernar, 2009).

#### Expression des résultats:

Le virage du méthyle d'orange produit dès que le  $\text{pH} < 4.4$ , c'est-à-dire dès qu'il apparaît un excès d'acide fort dans le milieu. La mesure de TAC est obtenue directement en °F.

### 3.5.3.Partie de pollution :

#### A. Détermination de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ):

##### Principe:

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

### Appareillage:

- Spectrophotomètre UV-Visible

### Mode opératoire:

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif dichloroisocyanurique.
- Ajouter 4 ml du réactif coloré ( $\text{NH}_4^+$ ).
- et ajuster à 50 ml avec  $\text{H}_2\text{O}$  distillée et attendre 1h. 00
  - L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de :  $\text{NH}_4^+$
  - Effectuer la lecture à 655 nm.

### Expression des résultats:

- Le résultat est donné directement en mg/l.



**Photo 10:** Préparation des solutions de ( $\text{NH}_4^+$ )( photo original ).

### B. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ):

#### Principe:

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

#### Appareillage:

- Spectrophotomètre UV-Visible

#### Mode opératoire:

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

- Attendre 10mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ .
- Effectuer la lecture à 543 nm.

### Expression des résultats:

Le résultat est donné directement en mg/l.



**Photo 11:** Spectrophotomètre. ( photo original )

### C. Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):

#### Principe:

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

#### Appareillage:

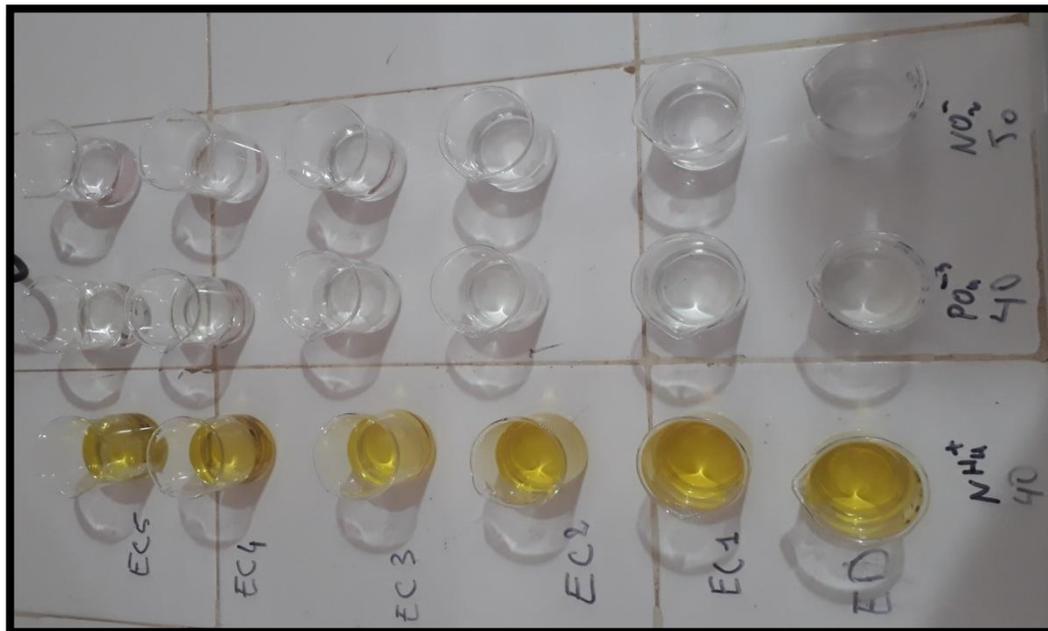
- Spectrophotomètre UV. visible

#### Mode opératoire:

- 40ml d'eau à analyser.
- 1ml acide ascorbique
- 2ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

#### Expression des résultats:

Le résultat est donné directement en mg/l.



**Photo 12:** Dosage du  $(\text{NH}_4^+)$ ,  $(\text{PO}_4^{3-})$  et  $(\text{NO}_2^-)$ , ( photo original )

### 3.5.4. Paramètres indésirables :

#### Détermination du fer méthode à l'orthophénanthroline:

##### Principe:

Addition d'une solution de phénanthroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .

##### Mode opératoire:

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml, ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine. Mélanger soigneusement. Ajouter 2ml de tampon acétate. Ajouter 2 ml de la solution 1. 10 de phénanthroline et conserver à l'obscurité pendant 15min. Enfin passer au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.

##### Expression des résultats:

Le résultat est donné en mg/l.



**Photo 13:** Réactifs de Fer. ( photo original )

### **3.5.5.Partie bactériologique:**

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative.

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

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

- ✓ Recherche et dénombrement des germes totaux.
- ✓ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- ✓ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.
- ✓ Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.

**(Leyral et al., 2002).**

### **Techniques de prélèvement Bactériologique**

NB : Tous les prélèvements ont été effectués entre 08 h et 11 h.

Pour tous les prélèvements, nous avons utilisé des flacons en verre de 250 ml propres stériles. Les flacons contenant les échantillons d'eau prélevée ont été marqués et étiquetés. Une fiche d'identification de l'échantillon est aussi remplie par les renseignements nécessaires pour chaque point de collecte **(Larpent, 1997).**

### A. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP):

#### Test de présomption:

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement:

- 07 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 01 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 0,1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu,

l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

#### Lecture:

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

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

#### Test de confirmation:

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*.

Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche.

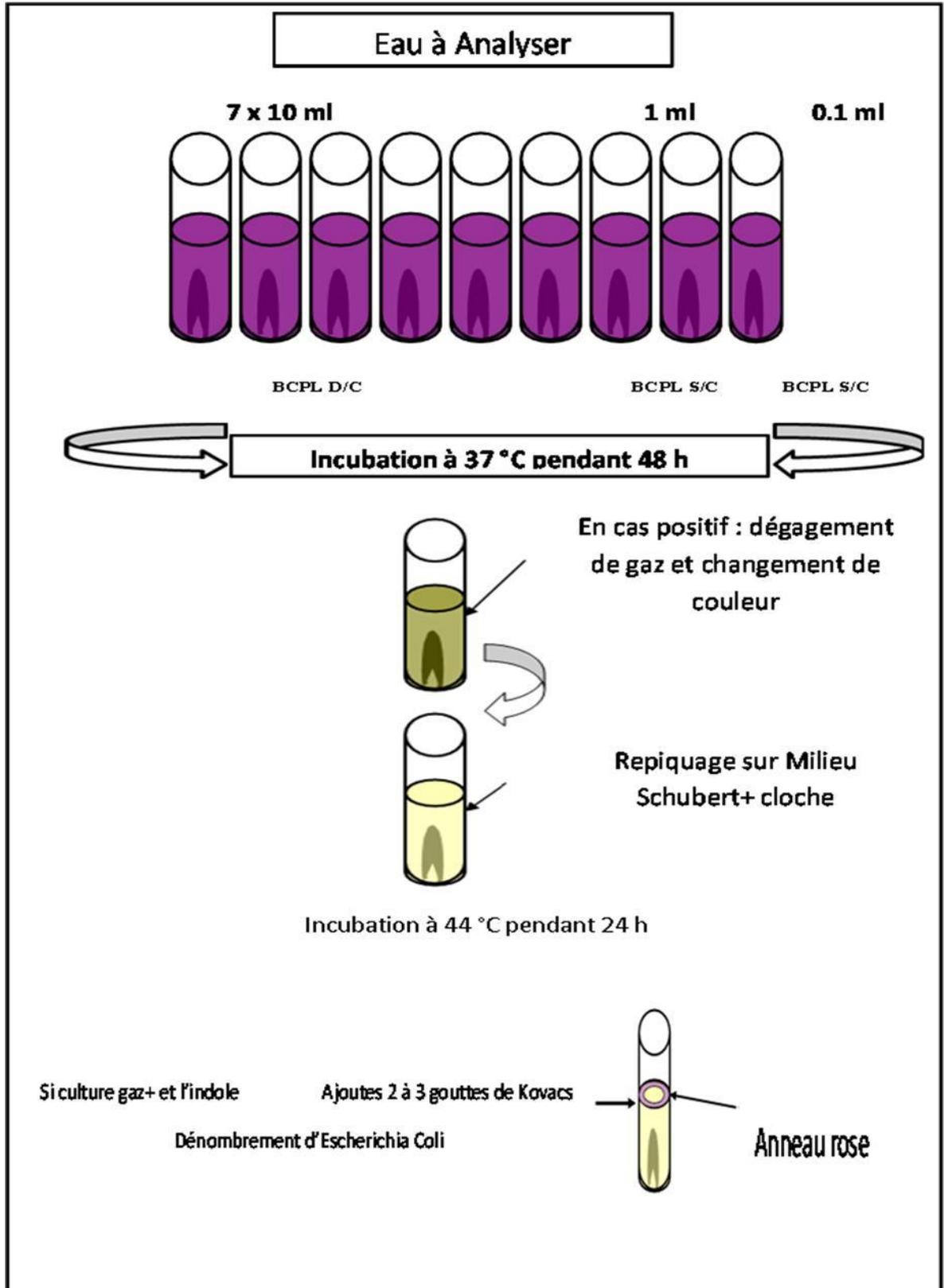
Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu.

L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

#### Lecture:

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

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.
- en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'*E. Coli*) (**Rodier, 1997**).



**Figure 16:** Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau brute (Hamed et al., 2012).

### **B . Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide:**

#### **Test de présomption:**

A partir de l'eau a analysée, porter aseptiquement:

- 7 fois 10 ml dans 7 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- 0.1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
  - Bien mélanger le milieu et l'inoculum
  - L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

#### **Lecture:**

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois:

- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- ✓ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

#### **Test de confirmation:**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

#### **Lecture:**

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois:

- ✓ Un trouble microbien.
- ✓ Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- ✓ La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analyser.



# **Chapitre 4 :**

## **Résultats et discussion**

### 4.1. Paramètre physico-chimique:

#### 4.1.1. Résultats du dosage des Concentration en ion hydrogène (PH):

Il est considéré comme un facteur de d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à l'interface air-eau, ainsi que de la dissolution du calcaire (Aminot et Kérouel, 2004).

Les valeurs de pH de l'eau examinée sont montrées dans la figure suivant:

Tableau 1: Résultats de PH.

Dosage	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
PH	7,46	7,63	7,36	7,82	7,71	7,98	7,85

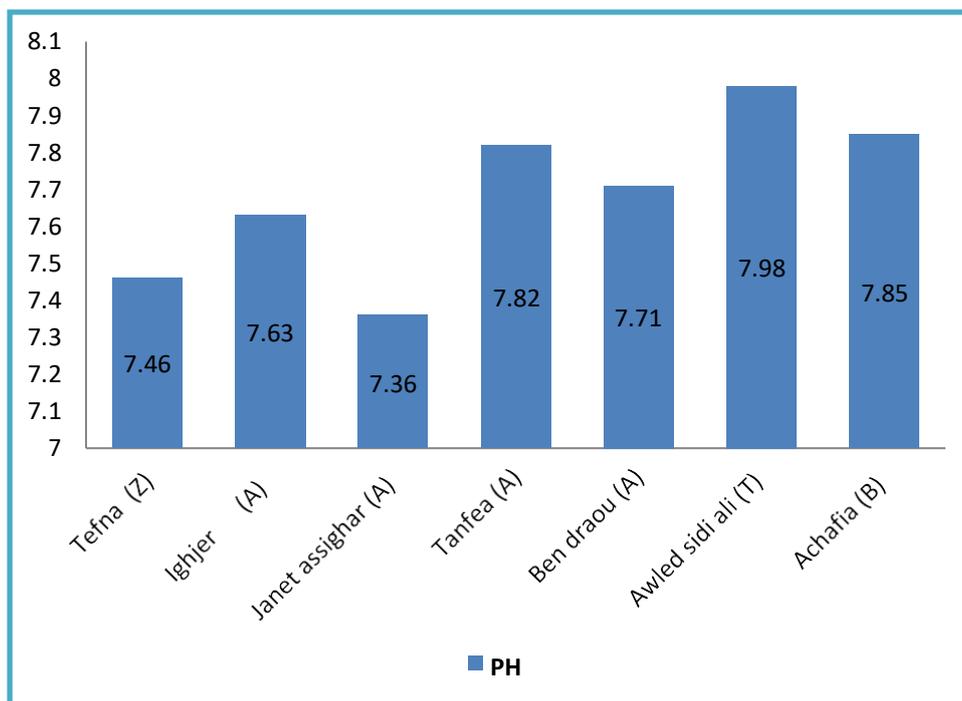


Figure 18: Diagramme de résultat d'analyse de PH

**NB :** (A: Aoulef ,Z.K: Zaouiet Kounta ,B: Bouda ,T: Tamentit)

## Chapitre 4: Résultats et discussion

Les résultats obtenus durant la période d'étude, montre que les valeurs de ph variant entre 7,98 qui a été enregistré dans une foggara de Awled sidi ali, et la valeur de 7,36 qui a été enregistré dans une foggara de Janet assignhar.

Il est à noter que l'eau des foggaras était conforme aux normes algériennes, qui déterminaient des valeurs de pH entre 6,5 et 9. Les résultats de cette norme ont montré que la qualité de l'eau dans la zone d'étude est excellente.

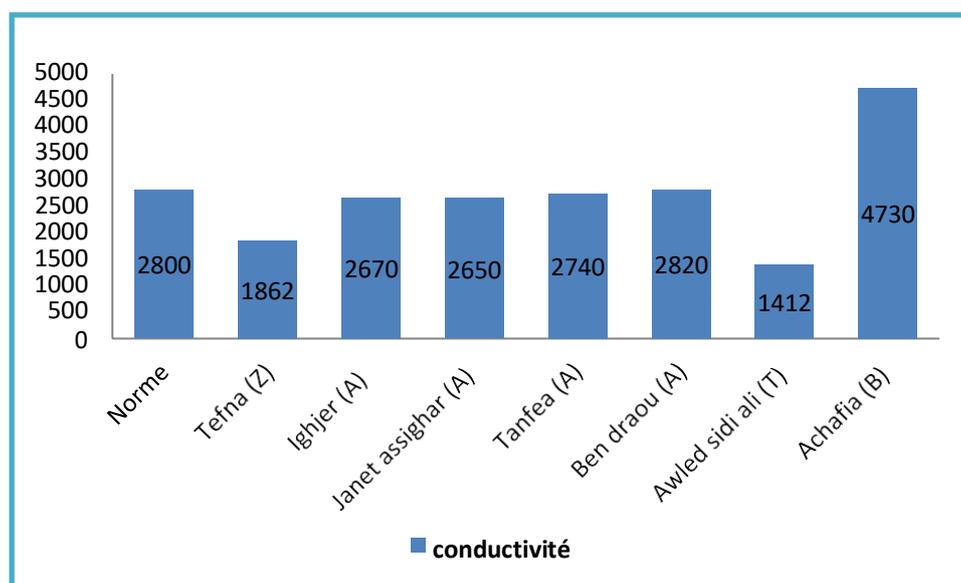
### 4.1.2. Résultats du dosage de Conductivité:

La conductivité se traduit pour la minéralisation totale de l'eau.

Les valeurs de conductivité de l'eau examinée sont données dans le Tableau 02 et la figure suivant:

**Tableau 2:** Résultats de Conductivité

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assignhar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Conductivité	2800	1862	2670	2650	2740	2820	1412	4730



**Figure 19:** Diagramme de résultat d'analyse de conductivité

Les résultats obtenus montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans les sites est généralement dans la norme. Elles varient entre 1412  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 4730  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces résultats sont conformes aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme algérienne (moins de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dont tous les foggaras à l'exception de Achafia et Ben draou.

## Chapitre 4: Résultats et discussion

Dans le cas d'Achafia on observé que minéralisation totale de foggara d'Achafia est élevée (4730 $\mu$ s/cm), par rapport sa précédente étude (3930  $\mu$ s/cm) (Abba, et al, 2022).

Cette augmentation peut s'expliquer par une salinité élevée par rapport aux contaminants minéraux de sorte que les sels minéraux ionisés participent à la conductivité électrique.

### 4.1.3. Résultats du dosage de Température:

Selon les résultats de température que nous avons étudiés, nous constatons que la température minimale était d'environ 16,7°C qui a été enregistré dans une foggara de Tefnea. Alors que la température maximale était de 19,9°C dans une foggara d'Achafia.

Les valeurs de température de l'eau examinée sont données la figure ci-dessous:

Tableau 3 : Résultats de température .

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Température °C	25	16,7	17,3	17,3	17,4	17,1	17,6	19,9

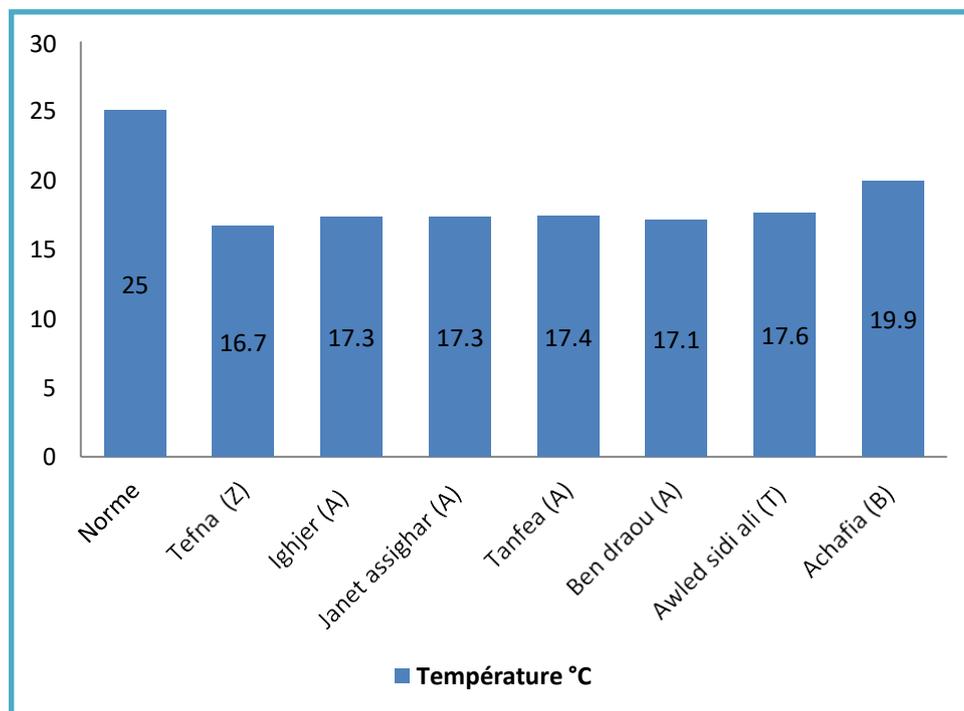


Figure 20: Diagramme de résultat d'analyse de la température.

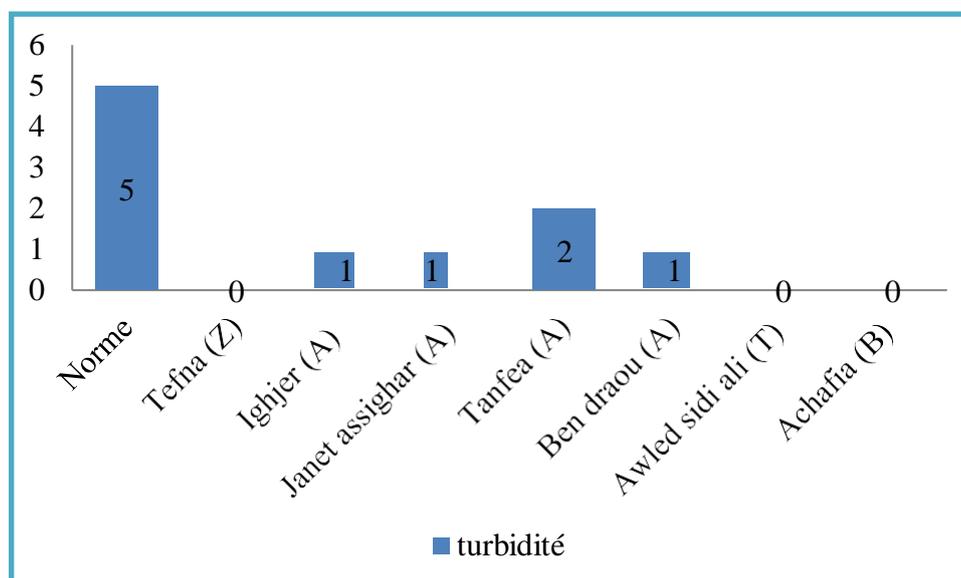
Dans le cas des sites d'études les valeurs obtenues restent dans la norme.

### 4.1.4. Résultats du dosage de Turbidité:

L'eau est habituellement expédiée en quantités de particules visibles et invisibles qui perturbent l'eau, comme les matières d'amidon minéral comme l'argile. Les valeurs de la turbidité des eaux données dans le tableau 04

**Tableau 4:** Résultats de turbidité

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Turbidité	5	0	1	1	2	1	0	0



**Figure 22:** Diagramme de résultat d'analyse de turbidité.

Les résultats ont montré que la valeur de la turbidité variait de 0 à 2 où la valeur la plus faible a été enregistrée à Ben draou et Janet assighar et Ighjer , et la valeur la plus élevée a été enregistrée en Tenfea.

Ces variations des valeurs de turbidité peuvent être attribuées à la quantité de matériaux fermés dans l'argile, ce qui est dû à la nature différente de l'argile dans les régions .mais ces valeurs ne dépasse pas la norme de potabilité.

### 4.1.5. Taux de salinité (TDS):

Le taux de salinité mesure la concentration de l'eau dans les sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, etc.) par la conductivité électrique de cette eau.

Les résultats de chlorure qui sont obtenues sont représentés dans le Tableau 05 et la Fig22.

Tableau 5 : Résultats de TDS

Dosage	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
TDS	958	1392	1396	1427	1480	717	2,52

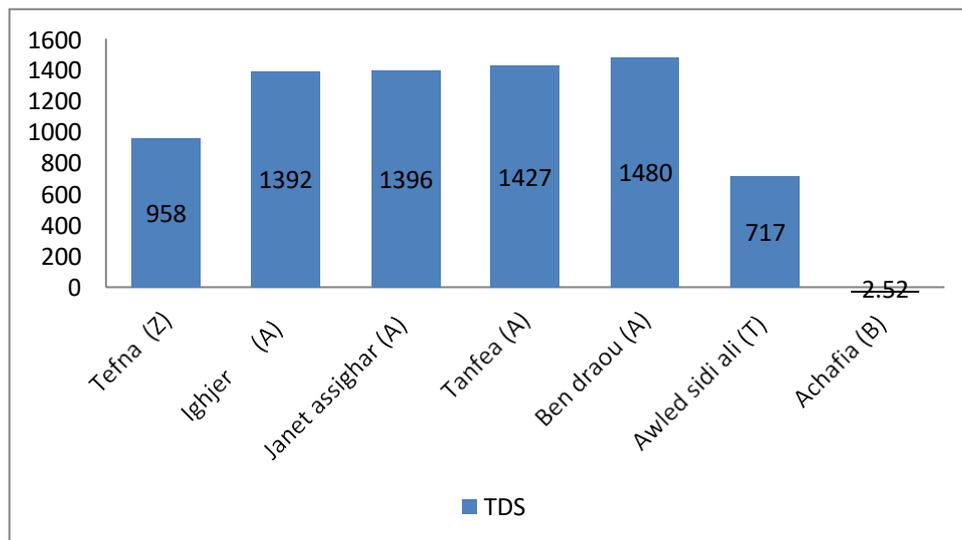


Figure 21: Diagramme de résultat d'analyse de TDS.

Nous avons noté que les valeurs de salinité sont élevées en foggara de Ben draou à 1480 mg/l, et faibles en foggara d'Achafia à 2,52 mg/l.

La salinité élevée de l'eau potable affecte le goût, pas la santé, et affecte également les cultures agricoles si elles sont dirigées vers l'irrigation.

## 4.2. Minéralisation globale:

### 4.2.1. Résultats du dosage de Calcium:

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009).

L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium (Rodier, 2005).

Les résultats de calcium qui sont obtenues sont représentés dans le tableau 06 et la figure

Tableau 3: Résultats de Calcium.

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assignhar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Calcium (mg/l)	200	100,02	121,04	162,72	141,88	152,3	69,73	209,22

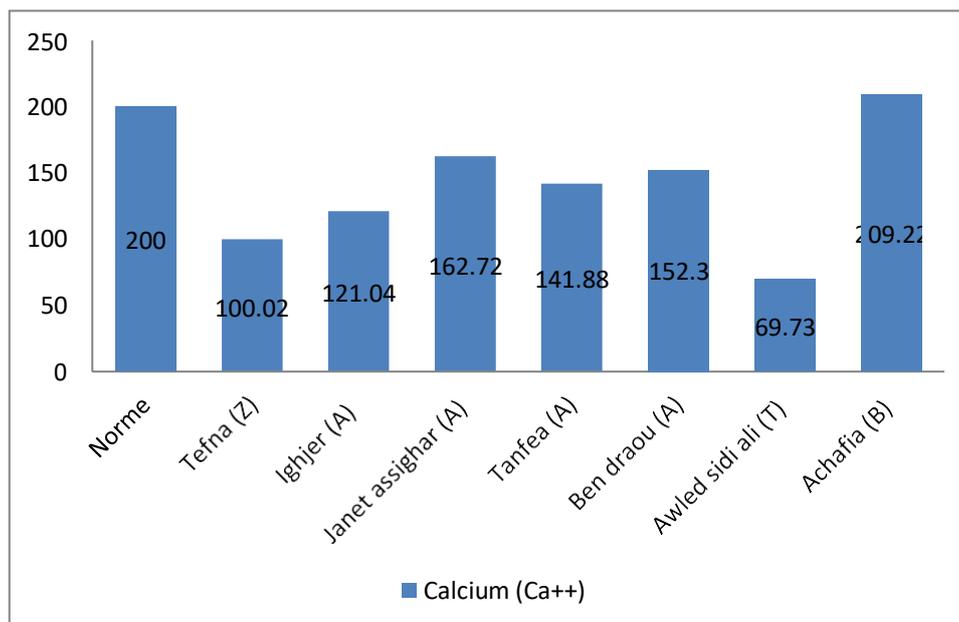


Figure 22: Diagramme de résultat d'analyse de Calcium.

Nous avons obtenus de résultats de  $Ca^{2+}$  conformément aux normes de potabilité algériennes qui estiment 200 mg/l la valeur maximale, A l'exception de la foggara de Achafia, ont montré une légère augmentation de la dureté calcique.

D'autres recherches montrent la valeur de  $Ca^{2+}$  dans foggara Achafia est 224,45mg/l (**Abba, et al.,2022**)et dans foggara Awled sidi Ouali est 68.1 mg/l (**Barako et al.,2022**).

Cette augmentation dans Achafia peut s'expliquer par l'évaporation de l'eau sous l'influence des températures.

#### 4.2.2. Résultat du Magnésium ( $Mg^{2+}$ ):

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau. (**Kemmer , 1984**)

Tableau 4: Résultat du magnésium.

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Magnésium (mg/l)	150	36,45	63,18	57,83	64,63	60,26	34,02	61,72

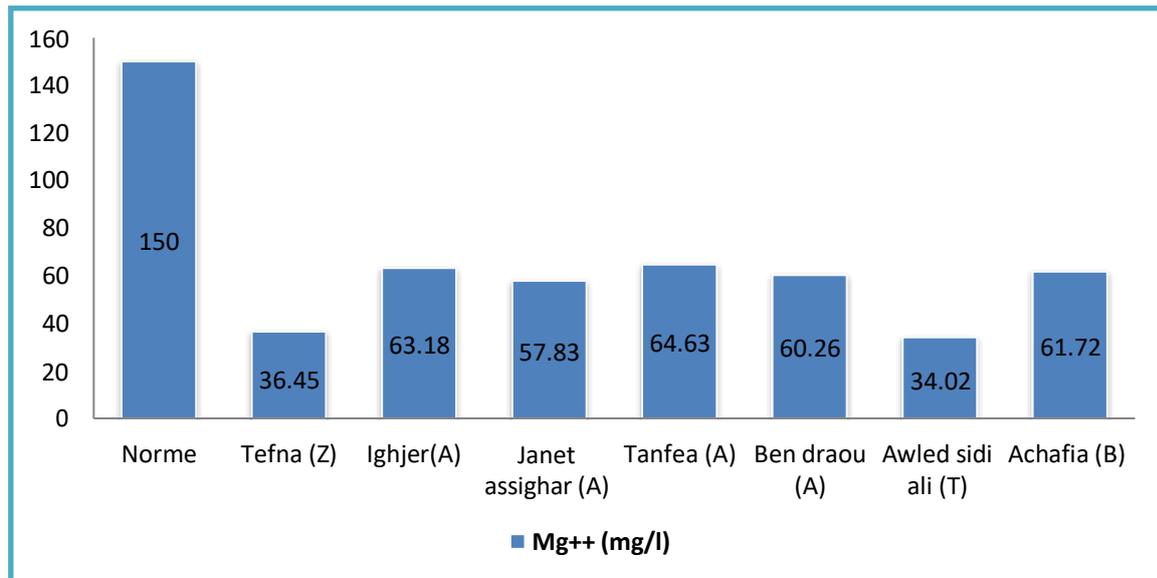


Figure 23: Diagramme de résultat d'analyse de résultat du magnésium (Mg<sup>++</sup>)

Les résultats montrent des teneurs en Mg<sup>2+</sup> varient entre un minimum de 34,02 mg/l et un maximum de 64,63 mg/l. nous concluons que les valeurs de magnésium sont faibles, et c'est dans la plupart des échantillons en raison du manque de chaux et de calcaire dans l'eau.

D'après une précédente étude la valeur de Mg<sup>2+</sup> dans foggara Awlad sidi Ouali est 40.9mg/l(Barako et al.,2022).

#### 4.2.3. Résultat de dureté totale (TH) :

La dureté de l'eau consiste en la mesure des teneurs en calcaire et magnésium. Les teneurs dépendent de la nature des couches chairs géologiques avec lesquelles l'eau s'est trouvée en contact durant son acheminement dans le sol. En général, l'eau qui présente une fixation de carbonate de calcium inférieure à 75 mg/l est considérée comme de l'eau douce; entre 75 et 150 mg/l, on parle d'eau à dureté moyenne; entre 150 et 300 mg/l, d'eau dure; et à in addition to de 300 mg/l, d'eau à dureté élevée (Bensalah et Benzitoune , 2020).

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Sari, 2014) .

Tableau 5: Résultat du TH.

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assignhar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
TH(mg/l)	500	400	562	644	620	628	314	776

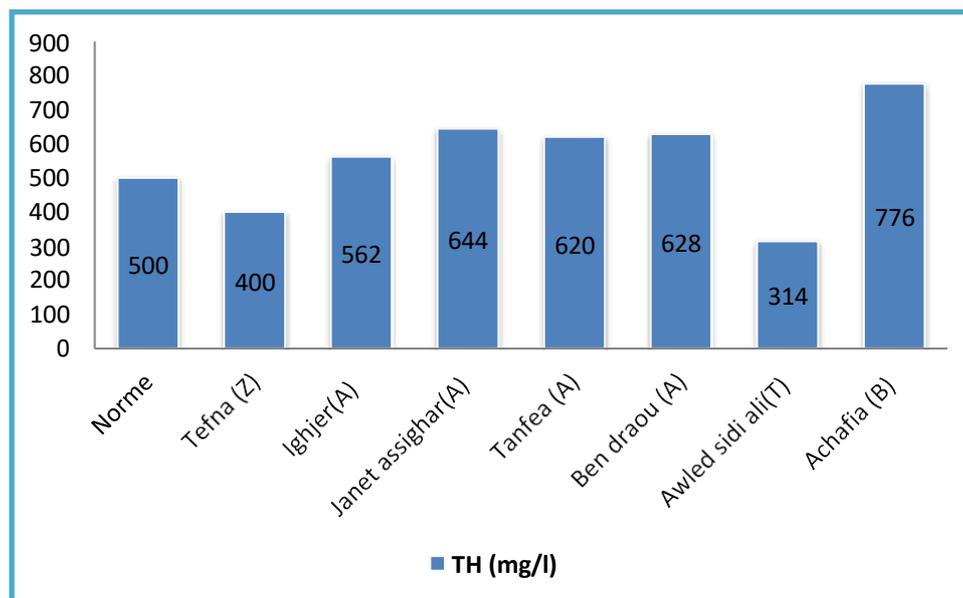


Figure 24: Diagramme de résultat d'analyse de dureté totale (TH).

Nous voyons que l'eau " Tefna et Awled Sidi Ali " répondent aux critères, tandis que l'eau " Ighjer et Janet assignhar et Tanfea et ben Draou et Achafia " dépassent les normes de solidité , recommandé par l'organisation algérienne pour une valeur comprise entre 100 et 500 mg/L. Dans un précédente étude la valeur de Th dans foggara Achafia est aussi très élevé (932 mg/l) (Abba, et al.,2022) par rapport la valeur de norme algérienne .

La présence du magnésium dans ces eaux, en raison de la structure géologique des couches de la terre, à travers lesquelles cette eau se déplace à travers des couches rocheuses et argileuses riche en ion de magnésium. (Belghiti et al., 2013) .

#### 4.2.4 Résultats du dosage du Sodium (Na<sup>+</sup>):

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères, des nombreux usages industriels etc....(Belghiti et al., 2013)

Tableau 6: Résultats des sodium

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Sodium(mg/l)	200	156	197	203	195	206	131	275

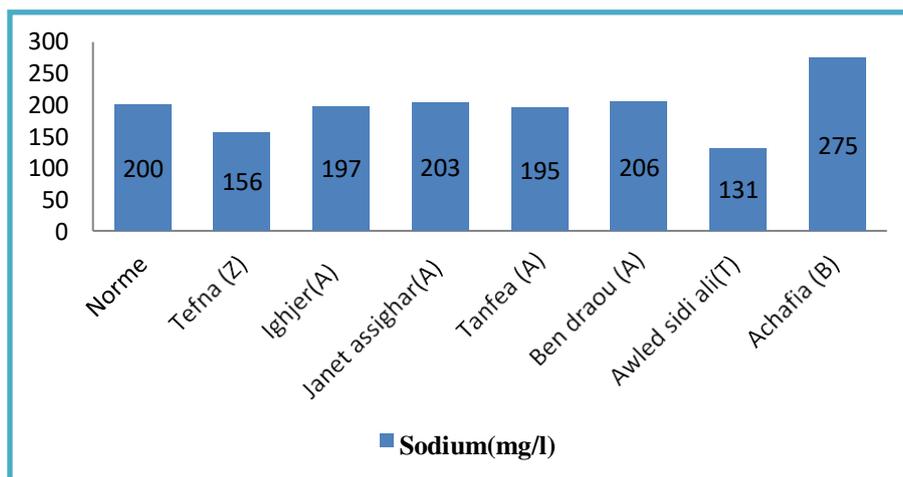


Figure 25: Diagramme de résultat d'analyse du sodium

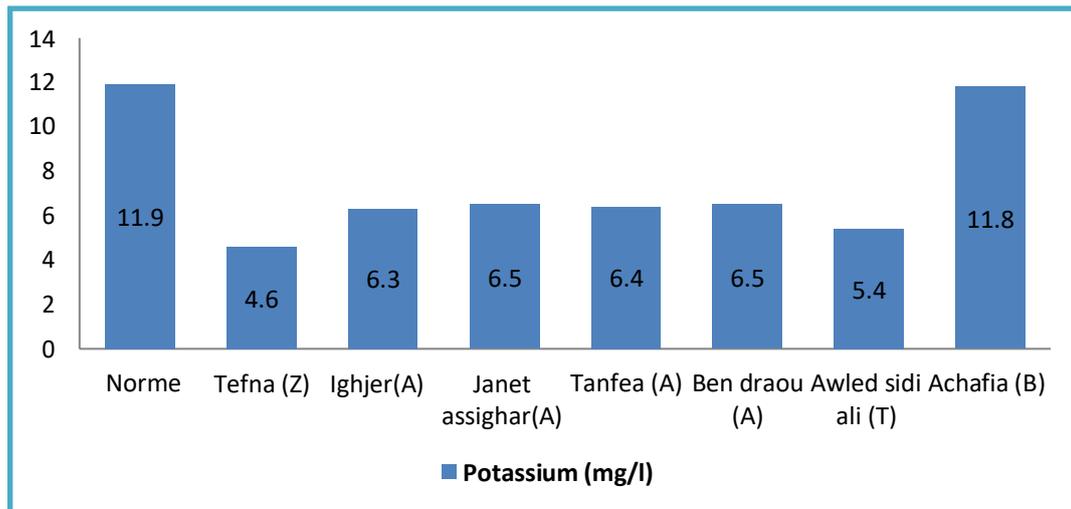
D'après les résultats obtenus, on constate clairement que les teneurs en sodium sont modérée dans tous les échantillons sauf pour foggara Achafia, elle est supérieur aux valeurs de la norme recommandée par la réglementation algérienne, ça peut être due aux travaux d'entretien et de construction.

#### 4.2.5. Résultats du dosage du Potassium (K<sup>+</sup>):

Le potassium pourrait résulter de la dissolution des engrais chimique (NPK) qui sont utilisés massivement par les agriculteurs. La présence de cet élément pourrait être également liée au déversement des eaux usées domestiques (origines anthropiques). (Aouali et Redouane ,2012)

Tableau 7: Résultats de potassium

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Potassium (mg/l)	11.9	4.6	6.3	6.5	6.4	6.5	5.4	11.8



**Figure 28:** Diagramme de résultat d'analyse des potassium

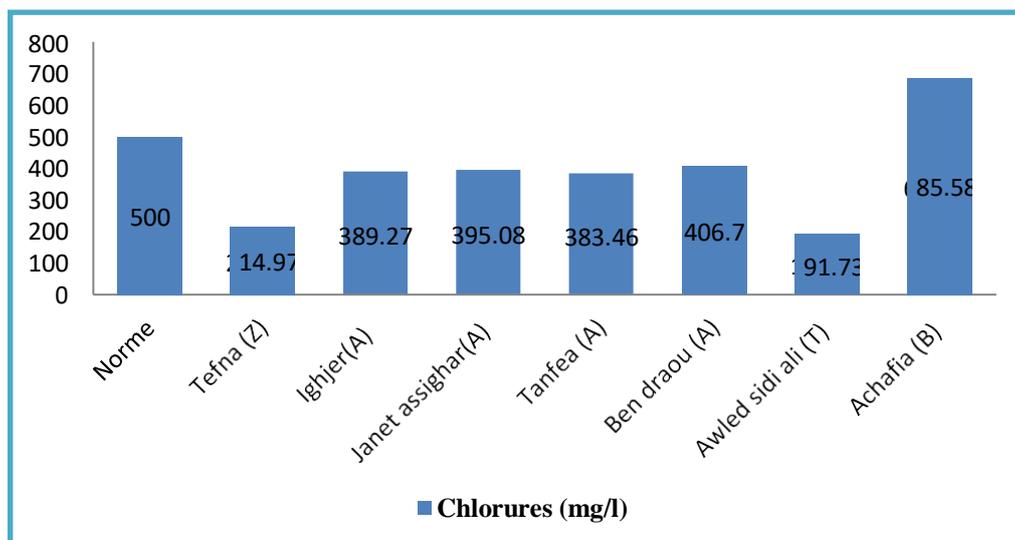
On remarque que les teneurs en Potassium sont modérée dans les échantillons, et proche de la valeur de la norme (qui estimée à 12 mg/l) dans foggara "Achafia".

#### 4.2.6. Résultats du dosage du Chlorures (Cl):

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives, La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé (Belghiti et al., 2013).

**Tableau 11 :** Résultats de chlorures

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Chlorures (mg/l)	500	214.97	389.27	395.08	383.46	406.7	191.73	685.58



**Figure 26:** Diagramme de résultat d'analyse des Chlorures

## Chapitre 4: Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus, on remarque que les teneurs en chlorures sont modérée dans tous les échantillons sauf pour foggara Achafia , elle est très élevée aux valeurs de la norme recommandée par la réglementation algérienne.

précédentes études ont montré que la valeur de  $Cl^-$  est (592,99mg/l) (Abba et al.,2022).

Cette résultat peut être du a la présence de chlorure dans ces eaux, due à la composition des riches couches rocheuses d'ion chlorure, à travers lesquelles cette eau se déplace .

### 4.2.7. Résultats du dosage des sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) :

Tableau 8: Résultats de sulfates

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assignhar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Sulfates (mg/l)	399	280	282.67	327.06	354.48	333.97	148.57	85.36

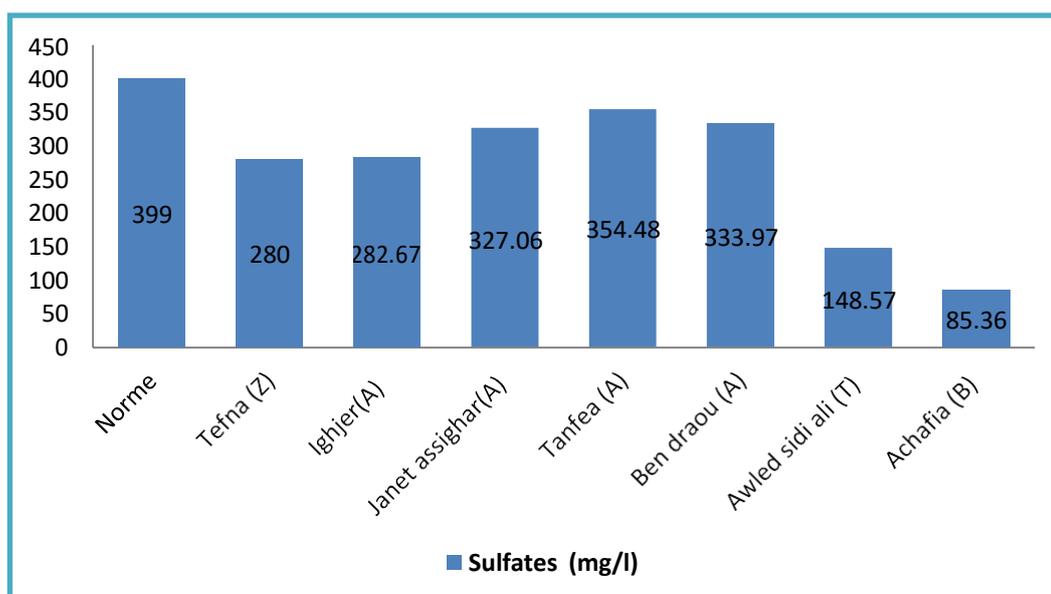


Figure 27: Diagramme de résultat d'analyse des sulfates.

Selon les résultats obtenus, les concentrations en sulfates dans l'eau des foggaras est différentes mais ne dépasse pas la norme algérienne fixée à 400 mg/L.

Les sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse .Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothio-bactéries, rhodothio -bactéries, ...etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) toxique en sulfate (Belghiti et al., 2013) .

### 4.2.8 Résultats du dosage de Nitrates( $\text{NO}_3^-$ ) :

Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme  $\text{NO}_3^-$ . Dans certaines régions ce sont les rejets azotés d'origine animale excessifs qui sont en cause, les variations saisonnières des teneurs en nitrates sont importantes et liées au développement du phytoplancton. (Mokdadi et Messai, 2015)

Tableau 9: Résultats des nitrates

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Nitrates (mg/l)	50	46.54	15.86	19.98	14.17	14.16	14.02	70.64

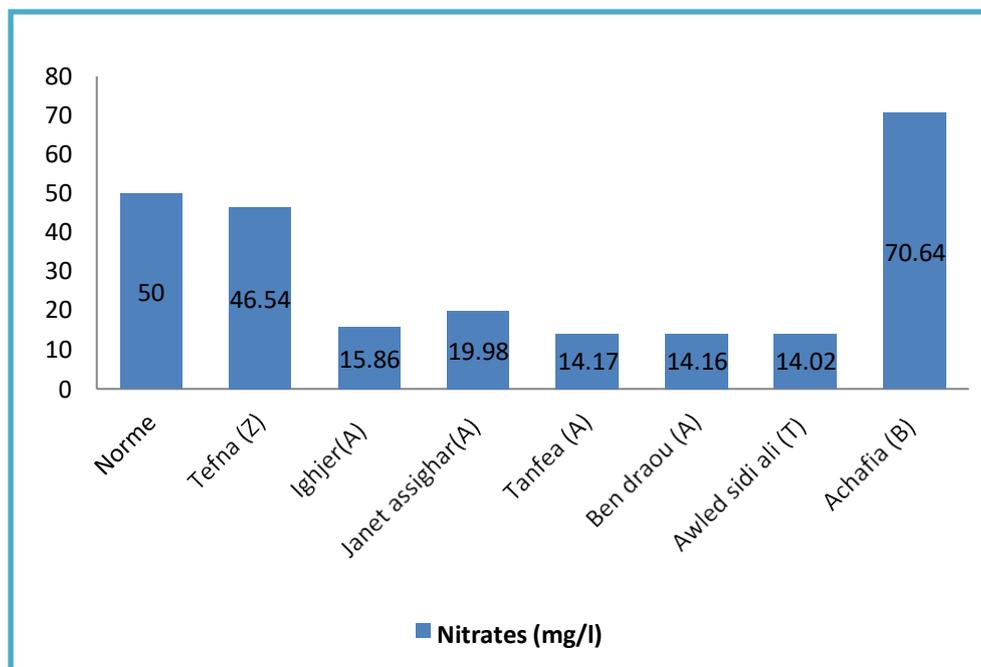


Figure 28: Diagramme de résultat d'analyse des nitrates.

D'après les résultats obtenus, les concentrations en nitrates dans l'eau des foggaras étudiées sauf la foggara de Bouda "Achafia" sont inférieures à la teneur suggérée par les normes algériennes (50 mg/L), ce qui indique que ils ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates. Pour foggara "Achafia" on constate que la valeur en nitrate est élevée même dans une étude précédente, c'était 69.2mg/l (Abba et al., 2022), par rapport à la valeur potentielle et ça peut être due aux produits résultant d'une fuite des eaux usées ou à certains engrais agricoles qui sont les siviés dans le sol et donc dans les eaux souterraines.

### 4.2.9. Résultats du dosage des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée (Khalili et Yahiaoui, 2021).

Tableau 10: Résultats des bicarbonates .

Dosage	Tefna (Z)	Ighjer (A)	Janet assighar (A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali (T)	Achafia (B)
Bicarbonates(mg/l)	223.87	150.06	167.75	174.46	181.17	145.18	175.07

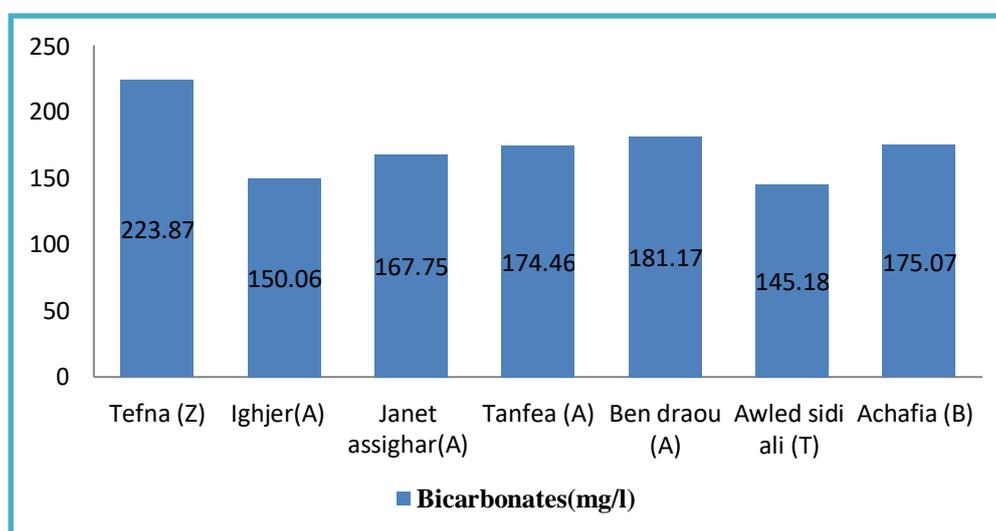


Figure 29: Diagramme de résultat d'analyse des bicarbonates .

D'après les résultats obtenus, les teneurs en bicarbonates sont entre 145 et 223 mg/l.

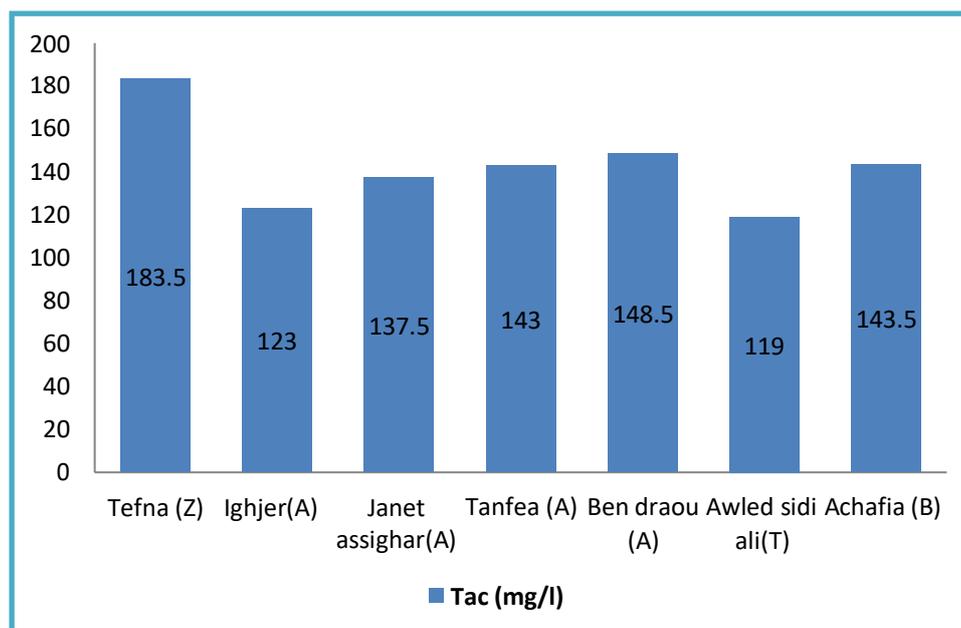
### 4.2.10 Résultat du TAC (Titre Alcalimétrique complet) :

Les valeurs de Cet paramètre permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau, d'autre façon l'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes. (Illal et Cherfaoui, 2018)

montre que le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes "oh-" et une valence de carbonates. Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et hydrogénocarbonates. Le titre alcalimétrique représente l'alcalinité du milieu. Cette alcalinité est la capacité à neutraliser les acides en solution. (Berne et Cordonnier, 1991).

**Tableau 11:** Résultat du TAC.

Dosage	Tefna (Z)	Ighjer(A)	Janet assighar(A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali(T)	Achafia (B)
TAC (mg/l)	183,5	123	137,5	143	148,5	119	143,5



**Figure 30:** Diagramme de résultat d'analyse de TAC (Titre Alcalimétrique complet).

L'analyse de TAC montre des valeurs variant entre 119 et 183.5 mg/l, qui restent trop loin de la norme algérienne et d'OMS de TAC limité par 500 mg/l.

Cette diminution est traduite par la diminution des ions hydro acides « OH<sup>-</sup> » dans le milieu.

( Dadaou et Djabaili , 2021)

### 4.3. Paramètres indésirables :

#### Résultat du fer :

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la quantité de fer est inexistante dans les sept échantillons.

Par conséquent, les résultats de l'analyse présentée dans ce travail peuvent être considérés comme acceptables et n'ont aucune incidence sur la qualité de l'eau.

### 4.4. Paramètres de pollution :

#### 4.4.1. Résultat du ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :

Cet élément constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans toutefois négliger les apports d'origine domestique, agricole et industrielle . (Abboudi et al., 2014). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 12: Résultat du ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer(A)	Janet assignhar(A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sidi ali(T)	Achafia (B)
Ammonium (mg/l)	0,5	0,001	0,013	0,008	0,011	0,019	0	0,013

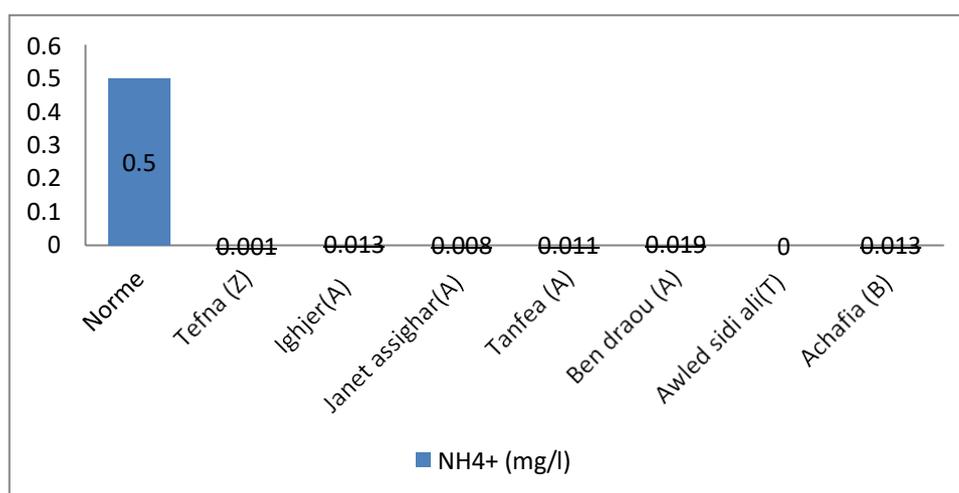


Figure 31: Diagramme de résultat d'analyse de résultat du l'ammonium.

l'Ammonium est la forme d'azote la plus toxique, Mesurage spectrométrique du composé bleu former par réaction de L'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

D'après les résultats , les valeurs de l'Ammonium sont inférieure a la celle des normes , alors notre eau contient des faibles traces d'ammonium  $\text{NH}_4^+$ .

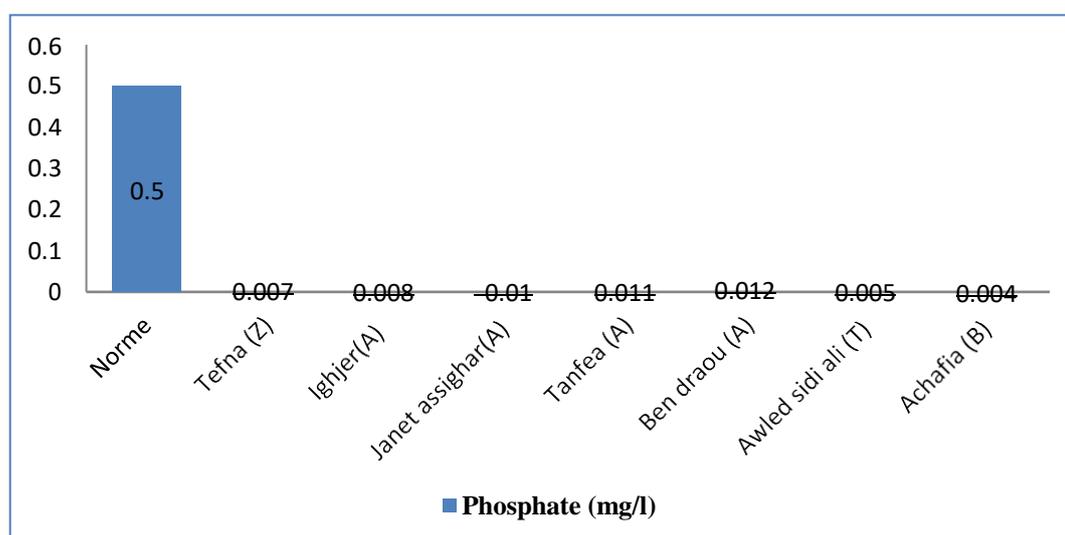
sa présence dans l'eau est liée à une contamination urbaine ou industrielle.

### 4.4.2 Résultats du dosage des phosphates (PO<sub>4</sub>):

Le phosphate est un constituant essentiel de la matière organique et est un nutriment indispensable pour les organismes vivants. Cependant il doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à de fortes concentrations dans l'environnement. Des teneurs dans l'eau supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Kadri et Boudersa,2018)

**Tableau 13:** Résultats des phosphates

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer(A)	Janet assighar(A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sisi ali (T)	Achafia (B)
Phosphate (mg/l)	0.5	0.007	0.008	0.01	0.011	0.012	0.005	0.004



**Figure 32:** Diagramme de résultat d'analyse des phosphates.

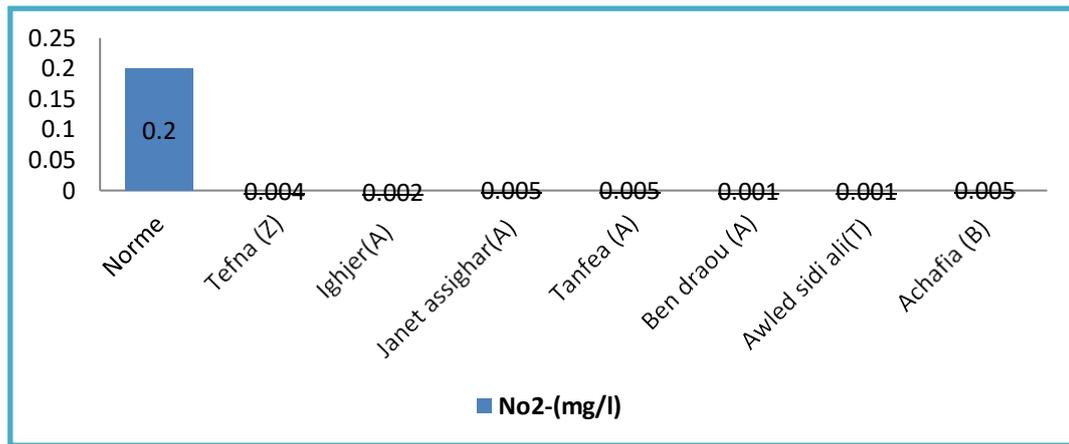
On remarque que ces résultats présentent des taux de phosphates inférieure à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes (5 mg/l).

### 4.4.3. Résultat du Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):

Une eau contenant des nitrites est suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. Dans l'eau de distribution une quantité de nitrites supérieure à la norme algérienne fixée à 0.2 mg/l peut être nocive pour la santé .(Khalili et Yahiaoui ,2021)

**Tableau 14:** Résultat du nitrite.

Dosage	Norme	Tefna (Z)	Ighjer(A)	Janet assighar(A)	Tanfea (A)	Ben draou (A)	Awled sisi ali(T)	Achafia (B)
Nitrites (mg/l)	0,2	0,004	0,002	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005



**Figure 33:** Diagramme de résultat d'analyse de résultat des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Selon les résultats obtenus, la concentration de nitrite se situait entre 0,004 mg/L et 0,005 mg/L, ce qui répond aux critères.

Sa présence en grande quantité détériore la qualité de l'eau. La toxicité des nitrites est très élevée en raison de sa capacité d'oxydation.

### 4.5. Paramètre bactériologique:

#### Coliforme fécaux:

La présence des coliformes fécaux thermo-tolérants, démontre l'existence d'une contamination fécale d'une eau. La présence d'*Escherichia coli*, indiquant ainsi une pollution fécale récente (OMS, 2004), Tout en sachant qu'*Escherichia coli*, est une espèce des Entérobactéries thermotolérantes capable de dégrader le tryptophane en indole. Elle est considérée comme germe dominant de la flore intestinale des animaux sangs chauds et en particulier les humains, et représente 1 % de la biomasse microbienne (Ayed, 2016).

Les résultats d'analyse bactériologique (E.coli) qui sont obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 15:** Résultats d'analyse bactériologique (E.coli).

Zones Milieu	Tefna (z)	Ighjer (A)	Janet assigha r (A)	Tanfe a (A)	Ben draou (A)	Awleds idiali (T)	Achafi a (B)	Norme Algérienne
Schubert + Cloche	-	-	-	+	-	-	-	-

Résultats : la présence d'E. coli dans la foggara de Tanfea.

## Chapitre 4: Résultats et discussion

---

La présence des coliformes (E.coli) est un signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (**Dadou et Djabaili , 2021**).

### Entérocoque:

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entérocoques (**Simmons ,et al., 2001**).

Les résultats d'analyse bactériologique (Les entérocoques) qui sont obtenus sont regroupés dans le tableau suivant:

**Tableau 16:** Les résultats d'analyse bactériologique (Les entérocoques).

Zones Milieu	Tefna (z)	Ighjer (A)	Janet assigha r (A)	Tanfea (A)	Ben Draou (A)	Awled sidiali (T)	Achafi a (B)	Norme Algérienn e
Rothe Broth	-	-	-	-	+	-	-	-

L'analyse d'échantillons d'eau de tous les foggaras a révélé l'absence de streptocoques fécaux Ceci indique l'existence de micro-organisme entérocoque, sauf pour foggara de Ben Draou que les résultats ont montré qu'il contenait des micro-organismes entérocoques.



Photo 4: Test de présomption des entérocoques .

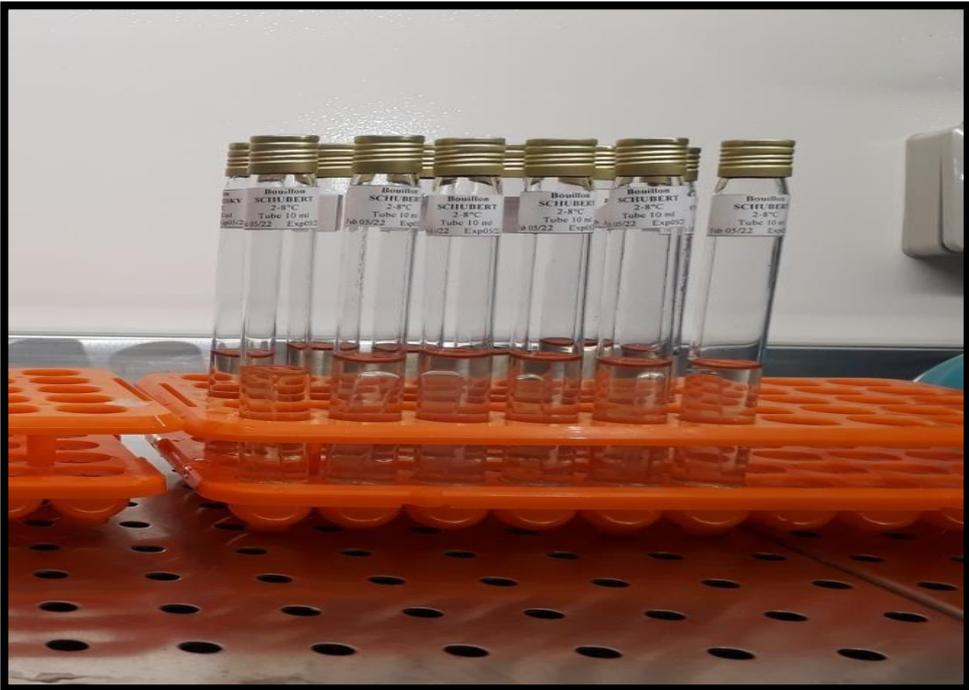
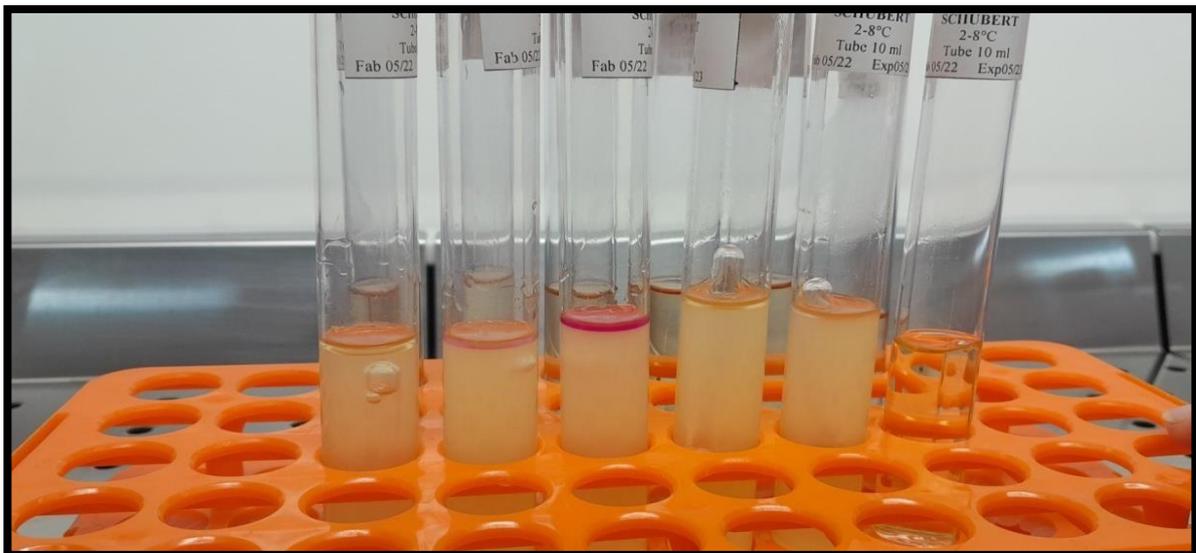


Photo 5: Test de confirmation des entérocoques .



**Photo 6:** Test de présomption des coliformes fécaux



**Photo 7:** Test de confirmation des coliformes fécaux

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale:

La qualité physique, chimique et microbiologique de l'eau est toujours surveillée avant toute consommation afin d'éviter les produits chimiques ou pathogènes nocifs pour la santé des individus.

Cette étude a permis d'évaluer la qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau de foggara dans la wilaya d'Adrar, de sorte que nous avons suivi plusieurs étapes et analyses physiques, chimiques et bactériologiques. Ces analyses révèlent que les propriétés de l'eau sont généralement bonnes pour tous les paramètres de toutes les grenouilles, sauf la foggara de "Achafia", Nous avons enregistré de nombreux paramètres hors normes de potabilité tels que la conductivité, la résidu sec, le nitrate, le calcium, le sodium, les chlorures et la dureté totale.

On peut conclure que l'eau de foggara d'Achafia n'est pas conforme à la qualité physique et chimique, bien que les habitants de la région de Bouda consomment l'eau de ce foggara, il pose un risque pour leur santé à long terme.

Il est donc nécessaire de lancer une campagne de sensibilisation pour cette région (Bouda) qu'ils consomment de l'eau malsaine qui ne respecte pas les normes algériennes. Les analyses microbiologiques ont révélé une présence des entérocoque dans la foggara de Ben Draou et les coliforme fécaux dans foggara de Tanfea, Et c'est la preuve de l'existence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale.

Nous concluons donc que Tanfea et Ben Draoua sont riches en danger bactériologique et cela pose un risque pour les habitants de la région qui consomment son eau et un risque pour les cultures agricoles si elles sont destinées à l'irrigation.

A la fin de notre étude, nous espérons que ce travail sera complété afin de confirmer ces résultats et de trouver des solutions qui profitent aux habitants de la région de Bouda.

La pollution à Tanfea et Ben Draou doit être contrôlée et bénéfique pour éviter les risques potentiels pour la santé lors de la consommation.

Comme dernière recommandation, cette richesse nationale devrait être préservée et des études techniques devraient être développées qui seront utiles dans la remise en état et l'entretien de ces foggaras, en utilisant l'équipement moderne dans le forage et la protection de N'fad contre les chutes par l'utilisation de ciment.

# **Références bibliographiques**

## A

**Abba K et Abdallah H et Mellouki Z , (2022) .** Etude de potabilité microbiologique et physico-chimique de l'eau de foggara dans la wilaya d'Adrar , Mémoire master de l'Université Ahmed Draïa. adrar .

**Abboudi, A, Tabyaoui, H., El Hamichi, F, (2014)** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc European Scientific Journal August 2014 édition vol.10, No,23.

**Aminot, A et Kérouel, R (2004)** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses, Éditions Ifremer, France.

**Aouali, A , Redouane, A (2012)** Caractérisation physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Agrioun de la région de Bejaia, Mémoire de master de l'Université Abderrahmane Mira de Bejaia .

**Aouissi,L et Merabti,W, (2019)** Eau: Étude Physico-Chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif) Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 Guelma .

**Apfelbaum, 1995 ,**Diététique et nutrition 3eme. Edition. Masson.

**Arrus, R (1985)** « L'eau en Algérie, de l'impérialisme au développement (1830-1962) », Office des publications universitaires Alger, Presses Universitaires de Grenoble .

**Ayed, W (2016)** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche Thèse de doctorat en Sciences, Université 20 Août, Skikda.

## B

**Banaceur , O,(2015) ,** Etude hydrogéologique et hydro chimique de foggara dans la région Touat (Adrar) 2015,2016 ,Mémoire Master de l'Université Kasdi Merbah – Ouargla .

**Barako F, Maatallah S, Lahbib S ,(2022)**Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de foggara de la région de Tamentit-Adrar ,mémoire de master ,Université Ahmed Draïa Adrar.

**Belghiti, M, L Chahlaoui,L A, Bengoumi, D, et El Moustaine, R, (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc).

**Ben Chehba, H et Ben Hannour ,N,(2017)** évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources dans les localités de Miliana (Ain Defla )et Ain Deheb (Tiaret) ,thèse de master en agronomie , université Abdelhamid ben badis-Mostaganem .

**Benhamza M , (2013),** Aperçu hydrogéologique et hydro-chimique sur le système de captage traditionnel des eaux souterraines «Foggara » dans la région d'Adrar. Mémoire de Magister de l'Université Badji Mokhtar-Annaba.

**Bensalah Y , Benzitoune R (2020)** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines brutes dans la wilaya de Constantine, Mémoire Master de l'Université des Frères Mentouri Constantine 1 .

**Berne, Fet Cordonnier, J (1991)**Traitement des eaux : épuration des eaux résiduaires de raffinage, conditionnement des eaux de réfrigération ,Editions Technip, Paris.

**Bourgeois R, C-M, Mescle J-F et Zucca J ( 1991)**Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments, Tome1, Edition Lavoisier, Tec et Doc.

**Bouziani ,M,(2000)**L'eau De La Pénurie A La Maladie. Edition Ebeanthaldoun.

**Brémaude, C, Claisse, J-R, Leulier, F, Thibault, J et Ulrich, E (2006)** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Éditions Educagri Dijon, France, cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa .

## C

**Centre national de la recherche scientifique** «Cycle de l'eau et réservoirs – une répartition inégale» CNRS -, [En ligne]

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/cycle/repartiEau.html>

**Chartier Marcel M,(1974),**Les types de pollutions de l'eau In: Norois, n°82, Avril-Juin 1974.

**Cheval. A ,(1982)** La désinfection des eaux de consommation étude technique de synthèse, technique de documentation, Paris.

**Cheyran, J,P, (1990)**Les oasis sahariennes à foggara : mutations sociales sous fortes contraintes écologiques, Mappemonde.

## D

**Dadaou,F et Djabaili,A (2021)**Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau conservée dans la poterie «Guella » mémoire Master de l'Université Ahmed Draïa Adrar .

**Dadou, F et Djabaili, A, (2021)** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau conservée dans la poterie « Guella »,Mémoire de Master 2 en Génie Chimique ,Université Ahmed Draïa, Adrar.

**DAUBRÉE,A(1887)** « les eaux souterraines a l'époque actuelle leur régime, leur l'écorce terrestre » PARIS Vve CH, DUNOD ÉDITEUR.

**Degrement, (1952)** Mémento technique de l'eau, 1ère Editions.

**Degrement, (2005)**Mémento technique de l'eau, 2ère Editions toml.

**Degremont, G, (1990)**Mémento technique de l'eau, Tome 1,2ème Editions: Copyright dégrement.

**Demmak , (2012)** « la gouvernance des eaux souterraines : l'exemple de l'Algerie » regional consultation on the ground water resources governance in the arab states .

des foggaras la région d'Adrar .

**Djaffar,S et Kettab,A(2015)** Simulation stratégique ,politique des ressources en eau en Algérie a l'horizon 2030 .

## G

**Genoudet, (2001)** l'eau de robinet de la source au verre, extrait de dossier de problems of microbial drinking water assessment, E&FN Spoon, London.

**Ghoule, M., Oughouzlafi, A., (2019)**étude de qualité physico chimique des eaux de foggara dans la régionBouda-Adrar , mémoire de Master En Agroécologie UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR .

**Gregorio,C et Pierre-Marie,B (2007)** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ,Franche-Comté.

**Guermah, D et Tadjadit, K,(2017)** évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brute et traitées du barrage Taksebt (cas de la station monobloc),mémoire de master 2 en microbiologie appliquée ,Université Mouloud Mammeri, Tizi-ouzou.

**Guilbert ,L,(2000)**Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire.

## H

**Hamed, M, Guettache, A, Bouamer, L, (2012)** , Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar, Mémoire d'Ingénieur d'état en biologie. Université de Bechar.

**Haslay,C et Leclerc,H , (1993)** , Microbiologie des eaux d'alimentations.

**Hidaoui A et Louannas A,(2015)**Etude du système traditionnel d'irrigation au Sahara, exemple des Foggaras de la région d'Adrar(Touat) , mémoire Master en Géologie.

## I

**Illal, A et Cherfaoui,S(2018)** Contribution a l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira ,mémoire Master de l'Université Akli Mohand Oulhadj Bouira .

**ISO (6058/1984)**Qualité de l'eau, Dosage du calcium, Méthode titrimétrique à l'EDTA

## K

**Kadri,D et Boudersa ,K (2018)** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux dans établissement de santé (hopital d'Ali Mendjeli),mémoire Master deUniversité des Frères Mentouri Constantine .

**Kemmer, F (1984)** Manuelle de l'eau , Editions Lavoisier technique et documentation.

**Kettab,A , Mitiche, R et Bennaçar ,N , (2008)** « De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies » Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol21 ,n°221, n° 2.

**Khalili ,K et Yahyaoui ,I (2021)** Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de Seguia de Timliha - Adrar , mémoire Master de l'Université Ahmed Draïa adrar .

**Khelili, R et Lazali, D (2015)** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).

## L

**Lagreb, H et Semanes, (2007)** Etude de la qualité des eaux potables de la ville de Djelfapar régionalisation stochastique des paramètres hydro chimiques. Thèse magisterd'Université de Djelfa.

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

**Lounnas, A, (2008)**Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi–Kroma de Skikda, Algérie ,Mémoire de magister, Université du 20 Aout 1955 Skikda.

## M

**Makhoukh, M , (2011)** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc).

**Mohammed , A (2016 )**,le réseau d'agglomérations au toutat dans la wilaya d'adrar : mécanisme et fonctionnement spatial , option : mobilités spatiales et dynamique urbaines , Mémoire de magister.

**Mokdadi, H, MessaiAhmed, N, 2015** Contribution à l'étude de la qualité .

**Morel ,J (2 février 2007)**« Les ressources en eau sur Terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique– un tour d'horizon de la littérature ».

## O

**Oliel ,J (2012)** La foggara :un ingénieux système d'irrigation , Cercle algérieniste, in "Algérieniste" n°112.

**Oliel J, (1994)**Les juifs au Sahara; le Touat au Moyen Âge, éditions du CNRS, Paris, France.

## P

**Paul, R,(1998)**Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Épuraton, utilisation, physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El Oued .

## R

**Remini ,B et Kechad,R (2012)**, The foggara in the Arab world ,Geographia Technica, 1, 1-7.

**Remini B, Achour,B, (2013)** Les foggaras de l'ahaggar disparition d'un patrimoine hydraulique, Maître de conférences, Université Saad Dahleb de Blida (Algérie).

**Remini B., Achour B, Kechad R, (2014)** The foggara: a traditional system of irrigation in arid regions , Geoscience Engineering Journal Vol, LX, N°32.

**Remini, B, Achour, B, Kechad, R, 2010** , La foggara en Algérie : un patrimoine hydraulique répartition inégale» CNRS .

**Remini,B(2001)**Méga-obstacles et dépressions topographiques, leur influence sur la dynamique éolienne, les ergs et l'ensablement des espaces oasiens.

**Remini,B (2009)**, Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche.

**Remini,B, Achour B, and Kechad R,(2014)** "The foggara: a traditional system of irrigation in arid regions" GeoScience Engineering 60,2 .

**RODIER,J (1996)**L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, 8èm Edition ,Dunod, paris.

**Rodier, J (2005)** L'analyse de l'eau, Eaux résiduares, Eaux de mer, 8ème édition, Dunod. Paris.

**Rodier, J et al (2009)** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed, Dunod.

**Rodier, J. et Bernad, (2009)** L'analyse de l'eau : eaux Naturelles, eaux résiduares, eau de Mer, Editions Dunod , Paris.

**Rodier,J, (1996)** L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, 8èm Edition ,Dunod, paris.

**Rodier. J,(1997)**L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduares Et Eaux De Mer),8ème Edition, Dunod, Paris.

## S

**Sari, H. (2014)** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen), Mémoire master d'université Abou-Baker Balkaid Telemcen .

**Schuddeboom, J, (1993)**,Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg.

**Simmons, G, Hope,V , Lewis,G , Whitmore,J et Gao,W (2001)** Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. Water Research, 35: 1518-1524.

Société d'Éditions techniques, 1998.

**Souddi, M , Bahadia, Z, (2019)**. Etude de l'influence de l'urbanisme sur la qualité des eaux .

## T

**Tardat HenryM, (1992)**,Chimie Des Eaux, 2ème Edition, Les éditions du Griffon d'Argile.

**Touati Laid,( 2021)** , Cours de pollution des eaux Département Biologie & Écologie Végétale

Niveau Master 1 Écologie Fondamentale & Appliquée ,Université Frères Mentouri Constantine I.

لهشمي الطاهر بن عبد الرحمان ، النفارة مابين الألمس واليوم ، أولف /ادرار الجزائر ، 2005 .  
مؤدم مبروك، النفارة ني تصور توات و أحوازها للنشأة والباعر يف ،ديوان المطبوعات الجامعية ، الطبعة 03 ، 2016 .

# **Annexes**

Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon :162/27

Nature de l'échantillon :Eau Sous- terraines brutes

Lieu de prélèvement : Fogara Ben draou

Commune : Awlef

Date et Heure de prélèvement :04/02/2023

Prélèvement effectué par : étudiants

Date d'analyse :05/02/2023

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,71	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	152,3	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	2820	2800						
Température	°C	17,1	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	60,26	--	--
Turbidité	NTU	1	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	628	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	206	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	1480	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	6,5	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	406,7	600	500
			SURF	SOUT	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	333,97	400	400
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,019	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	14,16	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,001	--		Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	181,17	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,036	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	148,5	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(+)	10.000	20					
Observation	* Eau non conforme aux normes bactériologiques								

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire



Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux



BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon :163/28

Date et Heure de prélèvement :04/02/2023

Nature de l'échantillon :Eau Sous- terrains brutes

Prélèvement effectué par : étudiants

Lieu de prélèvement : Fogara Awled sidi ali

Date d'analyse :05/02/2023

Commune :Tamentit

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,98	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	69,73	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	1412	2800						
Température	°C	17,6	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	34,02	--	--
Turbidité	NTU	0	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	314	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	131	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	717	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	5,4	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	191,73	600	500
			SURF	SOUT	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	148,57	400	400
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	14,02	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,001	--	--	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	145,18	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,015	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	119	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10.000	20					
Observation	* Eau Conforme Aux Normes physico-chimiques et bactériologiques								

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire  


Zone : BECHAR  
 Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon :160/25

Date et Heure de prélèvement :04/02/2023

Nature de l'échantillon :Eau Sous- terrains brutes

Prélèvement effectué par : étudiants

Lieu de prélèvement : Fogara Janet assignhar

Date d'analyse :05/02/2023

Commune :Awlef

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,36	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	162,72	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	2,65	2800						
Température	°C	17,3	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	57,83	--	--
Turbidité	NTU	1	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	644	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	203	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	1396	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	6,8	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	395,08	600	500
			SURF	SOUT					
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,008	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	19,98	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,005	--	--	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	167,75	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,03	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	137,5	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10.000	20					
<b>Observation</b>	<b>* Eau Conforme Aux Normes physico-chimique et bactériologiques</b>								

N.A: Norme Algériennerelative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : EauBrute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire

Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon :158/30

Date et Heure de prélèvement :04/02/2023

Nature de l'échantillon :Eau Sous- terrains brutes

Prélèvement effectué par : étudiants

Lieu de prélèvement : Fogara Admer

Date d'analyse :05/02/2023

Commune : Zaouiet kounta

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-Chimiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,46	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	100,02	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	1862	2800						
Température	°C	16,7	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	36,45	--	--
Turbidité	NTU	0	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	400	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	156	--	--
Taux De Salinité (IDS)	mg/l	958	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	4,6	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	214,97	600	500
			SURF	SOUT					
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,001	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	46,54	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,004	--		Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	223,87	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,021	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	183,5	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10.000	20					

Observation

\* Eau Conforme Aux Normes physico-chimique et bactériologiques

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire  
حمودي حتمس

Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon : 159/24

Nature de l'échantillon : Eau Sous-terraines brutes

Lieu de prélèvement : Fogara Aghdjel

Commune : Awlef

Date et Heure de prélèvement : 04/02/2023

Prélèvement effectué par : étudiants

Date d'analyse : 05/02/2023

Analyse effectuée par : Laboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,63	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	121,04	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	2,67	2800						
Température	°C	17,3	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	63,18	--	--
Turbidité	NTU	1	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	562	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	197	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	1392	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	6,3	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	389,27	600	500
			SURF	SOUT	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	282,67	400	400
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,013	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	15,86	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,002	--	--	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	150,06	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,024	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	123	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10.000	20					
Observation	* Eau Conforme Aux Normes physico-chimique et bactériologiques								

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire



Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon : 164/29

Nature de l'échantillon : Eau Sous- terraines brutes

Lieu de prélèvement : Fogara Achafia

Commune : Bouda

Date et Heure de prélèvement : 04/02/2023

Prélèvement effectué par : étudiants

Date d'analyse : 05/02/2023

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,85	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	209,22	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	4,73	2800						
Température	°C	19,9	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	61,72	--	--
Turbidité	NTU	0	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	776	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	275	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	2,52	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	11,9	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	685,58	600	500
			SURF	SOUT					
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,013	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	70,64	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,005	--	--	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	175,07	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,012	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	143,5	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(-)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(-)	20,000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10,000	20					
Observation	* Eau non Conforme Aux Normes physico-chimiques								

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire  


Zone : BECHAR  
Unité : ADRAR

Algérienne Des Eaux

Laboratoire de Contrôle de la Qualité des Eaux

BULLETIN D'ANALYSES

Code de l'échantillon : 161/ 26

Nature de l'échantillon : Eau Sous- terrains brutes

Lieu de prélèvement : Fogara Tanfea

Commune : Awlief

Date et Heure de prélèvement : 04/02/2023

Prélèvement effectué par : étudiants

Date d'analyse : 05/02/2023

Analyse effectuée par : Lboratoire ADE

Paramètres Physico-	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	7,82	≥ 6,5 et ≤ 9		Calcium (Ca <sup>++</sup> )	mg/l	141,88	--	--
Conductivité à 25°C	µS/cm	2,74	2800						
Température	°C	17,4	25		Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	mg/l	64,63	--	--
Turbidité	NTU	2	--		Dureté totale (TH)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	620	--	--
Oxygène dissous	mg/l	/	30	>70					
Matières en suspension	mg/l	/	25	25	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	195	--	--
Taux De Salinité (TDS)	mg/l	1427	--		Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	6,4	--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	383,46	600	500
			SURF	SOUT	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	354,48	400	400
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,011	4	0.5	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	14,17	50	50
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,005	--	--	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	174,46	--	--
Phosphore (P)	mg/l	0,033	10	5	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	mg/l CaCO <sub>3</sub>	143	--	--
Paramètres Bactériologique	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Coliformes totaux	/	(+)	/		Fer	mg/l	0	1	0.3
Escherichia Coli	n/100 ml	(+)	20.000	20	Manganese	mg/l	/	1	0.05
Entérocoques	n/100 ml	(-)	10.000	20					
<b>Observation</b>		* Eau non conforme aux normes bactériologiques							

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

Visa du Chef Laboratoire

