

**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 :**

**Etude de potabilité microbiologique et physico-chimique**  
**de l'eau de foggara dans la wilaya d'Adrar**

**Préparé par :**

Abba Kenza

Abdallah Hadjira

Mellouki zeyneb

**Membres de jury d'évaluation :**

<b>M. BOUSLAH Yahia</b>	<b>Président</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M. MESSAOUDI Mohammed</b>	<b>Encadreur</b>	<b>MAB</b>	<b>Univ. Adrar</b>
<b>M. ZAIDI Raouf</b>	<b>Examineur</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Adrar</b>

Année Universitaire : 2021/2022

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 درايا- أدرار  
المكتبة المركزية  
مصلحة البحث البيولوجرافي

## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): \_\_\_\_\_ مسعودي محمد  
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ :  
Etude de potabilité microbiologique et physico-chimique de l'eau de foggara dans la  
wilaya d'Adrar

من إنجاز الطالب(ة): \_\_\_\_\_ ABBA Kenza  
و الطالب(ة): \_\_\_\_\_ ABDALLAH Hadjira  
و الطالب(ة): \_\_\_\_\_ MELLOUKI Zeyneb  
كلية: \_\_\_\_\_ علوم و تكنولوجيا  
القسم: \_\_\_\_\_ علوم الطبيعة و الحياة  
التخصص: \_\_\_\_\_ بيوكيمياء تطبيقية  
تاريخ تقييم / مناقشة: \_\_\_\_\_ 2022/06/12

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين  
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
ويامكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والإلكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

ادرار في: 22/06/2022



M ESSADOUR

ملاحظة: لا تقبل أي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# DEDICACE

Tout d'abord ,louange à toi ,mon seigneur ,pour la grande générosité et la belle présence  
 ,louange à toi

Dieu est mon seigneur ,et peu importe combien nous sommes loués, nous ne serons pas  
satisfaits de voter louange ,et prière et pari soient sur qui  
Il n'y pas de prophète après lui.

Qu'il est beau pour une personne d'avoir la chose précieuse qu'elle ait, et la plus belle à  
offrir à l'être cher pour les plus chers .

C'est le fruit de mes efforts qui je récolte aujourd'hui. C'est à Haniyeh que je dédie.  
A la fontaine qui ne se lasse pas de donner, à celle qui a tissé mon bonheur de fils Tisse de  
son cœur à ma chère mère .

À celui qui est misérables et s'efforce de jouir d'un confort et d'un contentement ,qui ne  
préjugent de rien

Il m'a poussé sur le chemin du succès , ce qui m'a appris à gravir les échelons de la vie  
sagement et patiemment à qui cher .

À qui leur amour coule dans mes veines ,et leur refus engloutit mon cœur à mes frères et  
mes sœurs .

À mon compagnon et supporteur de toujours et à ma plus grande pom – pom gril périodes  
d'études mon cher mari .

Aux poussins ,Aryam Ashraf ,Mafaz ,joud Abdel-mateen.  
A toutes les familles d Abdallah et de Farran.

A ceux qui ont cheminé ensemble alors que nous ouvrons ensemble la route vers le  
succès et la créativité ,

À qui on s'est donné la main pour cueillir une fleur ,on a appris a mes amies

Mellouki zeyneb et Abba Kenza.

A ceux qui m'ont appris des lettres d' or des mots de perles et des phrases de Mon mon et les  
phrases les plus vénérées de la connaissance,à ceux qui ont façonné un phare pour moi à  
partir de leurs pensées Illuminez le chemin et du la connaissance et du succès à mes  
honorables professeurs.

**Hadjira**



C'est de grâce de mon Seigneur

A celui qui a toujours rêvé de voir ma réussite et l'excellence permanente et continue dans  
mes études

A la source débordant de tendresse ,au symbole de l'amour et du baume de guérison la  
prunelle de mes yeux et l'espérance de ma vie.

Nous avons notre chemin ,vers celui qui porte le foie de la vie, afin que nous puissions  
atteindre le phare de l'espérance ,vers celui qui nous a donné l'âme de mon père bien-aimé  
,que Dieu ait pitié de lui, à qui l'obscurité de l'utérus et la chaleur des cœurs et la source de  
l'amour et de la vraie vie et de la loyauté nous divisaient,

À tous mes frères et sœurs, la nana Fatima al Zahra et Hawaa

À chaque famille Abaa et Safaa pas les compagnons de Derby et fatigue de ce travail

Kasemthm leur existence a ce que vous pouvez consommer Abdallah Hadjira et Mellouki

zeyneb leur disent merci du cœur et j'espère être réalisée tout Amanicm

A tous les étudiantes qui se spécialisent en biochimie appliquée

A tous ceux qui sont dans ma mémoire

À tous ceux qui m'ont souhaité du succès ,même avec leur langue, A celui qui lira ce mot .

**Kenza**

## Dédicace

Dieu soit loué et un grand merci à celui qui m'a accordé cette opportunité de consacrer le fruit de mon travail et de mes efforts à la chose la plus précieuse que j'ai au monde.

Je dédie ce travail simple à :

Pour la femme qui m'a donné la force, m'a poussé et m'a encouragé dans les moments les plus douloureux de ce long voyage Etre une étoile dans le ciel quand j'étais une pierre sur la terre... pour ma mère, que Dieu la protège.

Et à mon père qui a consacré sa vie à me voir devenir ce que je suis et pour tous les efforts qu'il a déployés et qu'il déployés toujours pour le bien de notre famille, je lui souhaite une longue et heureuse vie.

Et pour mes frères et sœurs qui sont mon soutien et le mur qui me soutient, mon Seigneur me les préserve avec leurs épouses et avec les bourgeons : Yousra, Yasmine, Amina, Amin, Muhammad Amin, Abdul Qayyum, Jumana et mes cousins et pour tous les membres de la famille Mellouki et Allawi. Et à mon collègue Abdallah Hadjira et Abba Kenza et au professeur superviseur Mr. Mohamed Massoudi pour tous ses efforts et ses conseils et à tous mes amis et membres de la Société Publique Algérienne de l'Eau, en particulier le personnel du laboratoire d'analyse l'eau pour leur aide et leurs efforts pour nous.

Enfin, je félicite chaleureusement tous les professeurs et enseignants du primaire au stade universitaire, et tous ceux qui ont contribué à mon éducation ne serait-ce qu'une lettre. et tous ce qui a aides de loin ou de près pour réalisation de ce mémoire.

**Zeyneb**



## Remerciement et gratitude

Et quiconque rend grâces et loue les vases de Dieu nuit et jour ,Il est le Très – Haut ,le Dominateur ,le premier et le dernier, l'extérieur et l'intérieur ,qui nous a inondés d'innombrables bénédictions ,

Il nous a donné sa nourriture inépuisable et il nous illumine nos sentiers.

A une grande louange ,Il est Celui qui nous a accordé son serviteur et Messager Muhammad

Bin Abd Allah ,sur lui soit la plus pure des prières et la plus pure des salutations ,envoie – lui son Coran

Il nous a appris ce que nous ne savions pas et nous a exhortés à le faire  
Chercher la connaissance par tout où elle se trouve.

Dieu est toute louange et action de grâces pour nous avoir accordé le succès et nous avoir inspiré à supporter les difficultés auxquelles nous sommes confrontés Nous étions devant l'achèvement de ce modeste travail.

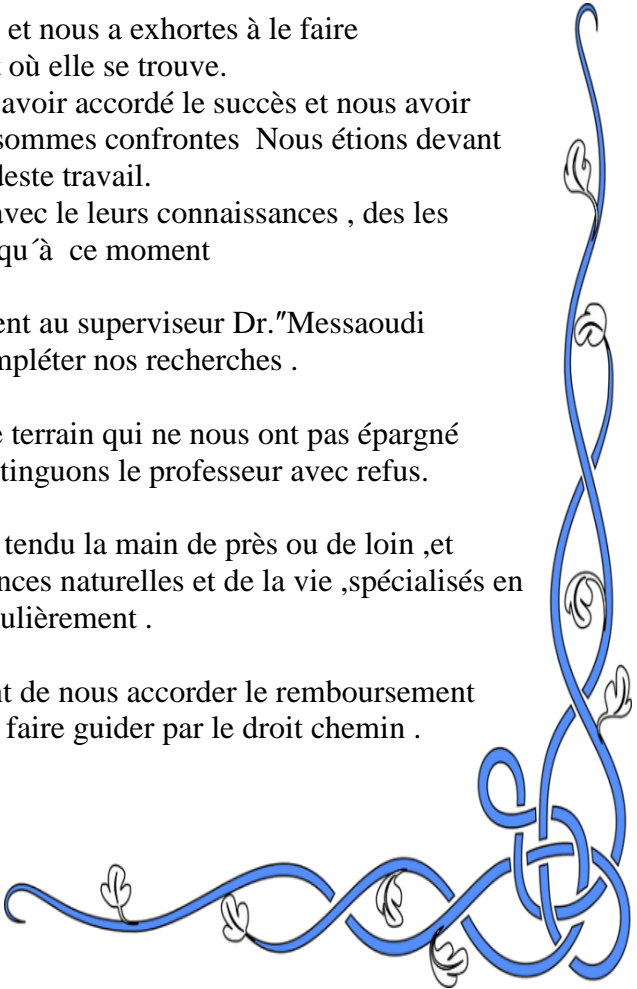
Et merci à tous les enseignants qui nous ont aidés avec leurs connaissances , des premières étapes l'école jusqu'à ce moment

Nous adressons également un mot de remerciement au superviseur Dr."Messaoudi Mohammed", qui nous a aidés –à compléter nos recherches .

Nous remercions les professeurs de formation sur le terrain qui ne nous ont pas épargné leurs conseils et leurs instructions ,et nous distinguons le professeur avec refus.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont tendu la main de près ou de loin ,et nous remercions tous professeurs du collège des sciences naturelles et de la vie ,spécialisés en chimie appliquée particulièrement .

Enfin, nous ne pouvons que prier Dieu Tout –puissant de nous accorder le remboursement et l'orientation ,la chasteté et les richesses, et de faire guider par le droit chemin .



<b>TABLE DES MATIERS</b>		<b>Pages</b>
Résumé.....		
Summary.....		
ملخص .....		
Liste des abréviations.....		
Liste des figures.....		
Liste des tableaux.....		
Liste des photographies.....		
Liste des annexes .....		
Introduction (générale) .....		<b>01</b>
<b>PREMIERE PARTIE : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>		
<b>Chapitre I : Généralité sur l'eau</b>		
I.1.1. Définition de l'eau.....		<b>04</b>
I.1.2. Le cycle de l'eau.....		<b>04</b>
I.2. Les caractéristiques de L'eau.....		<b>05</b>
I.2.1. Les caractéristiques organoleptiques.....		<b>05</b>
I.2.2. Les caractéristiques physico-chimiques.....		<b>05</b>
a) Caractéristiques physiques .....		<b>05</b>
b) Caractéristiques chimiques.....		<b>06</b>
I.2.3. Caractéristiques bactériologique .....		<b>07</b>
<b>Chapitre II : Contexte général</b>		
II.1. Introduction.....		<b>10</b>
II.2 . Situation géographique du secteur d'étude :.....		<b>11</b>
II.3. Conduction Climatique.....		<b>12</b>
II .4. Température.....		<b>13</b>
II .5. Conclusion.....		<b>13</b>
<b>Chapitre III : système de foggara</b>		
III.1 Introduction.....		<b>15</b>
III.2 Historique de la foggara.....		<b>15</b>
III.3.Terme foggara .....		<b>16</b>
III.4 Situation des foggaras en Adrar.....		<b>17</b>
III.5 Répartition des foggaras dans Adrar.....		<b>18</b>



III.6 Région d'étude.....	<b>19</b>
III.7 situation des foggaras dans la région .....	<b>19</b>
III.9 Conclusion.....	<b>27</b>
<b>DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
<b>Chapitre IV : matériel et méthodes</b>	
IV.1. Introduction.....	<b>30</b>
IV.2 . Prélèvement des échantillons .....	<b>30</b>
IV.3 . Les Analyse physico-chimique de l' eau .....	<b>30</b>
IV.5 . Les Analyse microbiologique de l'eau .....	<b>35</b>
<b>Chapitre V: résultat et discussion</b>	
V.1. Introduction.....	<b>77</b>
V.2. résultats et discussions des analyses.....	<b>77</b>
V.3. conclusion .....	<b>86</b>
Référence bibliographiques.....	<b>88</b>
Annexes.....	

## Liste des tableaux

<u>tableaux</u>	<b>Pages</b>
Tableau N°1 : Présentation de la pluviométrie de la wilaya d'Adrar en mm.....	<b>13</b>
Tableau N°2: Températures mensuelles de la période entre (2004-2014) .....	<b>13</b>
Tableau N°3: Vitesse moyenne du vent de la période entre (2004-2014) .....	<b>13</b>
Tableau N°4 : Courbe d'étalonnage de dosage de l'ammonium.....	<b>43</b>
Tableau N°5 : Courbe d'étalonnage de dosage de nitrites.....	<b>45</b>
Tableau N°6 : Courbe d'étalonnage de nitrates.....	<b>47</b>
Tableau N°7 : Courbe d'étalonnage de dosage de Aluminium.....	<b>54</b>
Tableau N°8: Courbe d'étalonnage de dosage de phosphore.....	<b>56</b>
Tableau N°9: Courbe d'étalonnage de dosage de résidus secs.....	<b>57</b>
Tableau N°10: Les résultats d'analyse physico-chimique.....	<b>78</b>
Tableau N°11: Les résultats d'analyse de pollution .....	<b>79</b>
Tableau N°12: Les résultats d'analyse de Bactériologique.....	<b>80</b>
Tableau N°13: Les résultats d'analyse de Minéralisation Globale.....	<b>82</b>
<b>Tableau N°14</b> : les valeurs des paramètres de A et B pour calculer le PH	<b>83</b>

## Liste des figures

<b>figures</b>	<b>Pages</b>
<b>Fig.N° 1</b> :Contexte régional de la wilaya d'Adrar.	<b>10</b>
<b>Fig.N° 2</b> :Découpage administratif des communes	<b>11</b>
<b>Fig.N° 3</b> :Présentation de la pluviométrie de la wilaya d'Adrar en mm	<b>12</b>
<b>Fig.N°4</b> : schéma des composantes d'une foggara et son principe de fonctionnement	<b>16</b>
<b>Fig.N°5</b> : situation géographique des foggara .	<b>17</b>
<b>Fig.N°6</b> :Répartition des foggaras algériennes	<b>18</b>
<b>Fig.N° 7</b> : carte représente la région d'étude	<b>20</b>
<b>Fig.N° 8</b> :schéma de fonctionnement la foggara	<b>26</b>
<b>Fig.N° 09</b> : Diagramme de résultats d'analyse de PH	<b>78</b>
<b>Fig.N° 10:</b> Diagramme de résultats d'analyse physico-chimique	<b>78</b>
<b>Fig.N°11:</b> Diagramme de résultats d'analyse de Minéralisation Globale	<b>81</b>

## Liste des photos

<b>photos</b>	<b>Pages</b>
Photo N°1 : Le cycle de l'eau .....	<b>04</b>
Photo N°2 : Ain bouda chafia(Bouda).....	<b>20</b>
Photo N°3 : la région de Qasr Al-Bakhalla.....	<b>21</b>
Photo N°4 : représente le peigne de la foggara (vue de face).....	<b>23</b>
Photo N°5: la plaque d'étalonnage des parts d'eau	<b>24</b>
Photo N°6 : La Seguia de " Ain bouda chafia"	<b>25</b>
Photo N°7 : PH- mètres.....	<b>32</b>
Photo N°8 :Conductivité mètre.....	<b>34</b>
Photo N°9: Turbidimètre.....	<b>35</b>
Photo N°10 : pH-mètres.....	<b>37</b>
Photo N°11 : Virage de couleur après titrage.....	<b>39</b>
Photo N°12: Spectrophotomètre.....	<b>42</b>
Photo N°13 : Spectrophotomètre.....	<b>47</b>
Photo N°14 : Virage de couleur avant titrage.....	<b>51</b>
Photo N°15: Cuve photométrique.....	<b>53</b>
Photo N°16 :Virage de couleur avant titrage. ....	<b>60</b>
Photo N°17: Plaque chauffante. ....	<b>63</b>
Photo N°18: Etuve.....	<b>66</b>
Photo N°19: Résultat des analyses des Ain bouda.....	<b>72</b>
Photo N°20: Recherche et Dénombrement des Coliformes et Escherichia coli.....	<b>73</b>
Photo N°21: Recherche et Dénombrement des Streptocoques du groupe D .....	<b>74</b>
Photo N°22 : Ain bouda chafia.....	<b>75</b>
Photo N°23 : Ain bouda chafia	<b>76</b>

## Liste des abréviations

<b>B</b>	<b>BCPL</b>	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.
<b>C</b>	<b>cm</b>	Centimètre
	<b>Cm<sup>2</sup></b>	centimètre carré.
	<b>°C</b>	degré Celsius.
<b>D</b>	<b>D/C</b>	Double Concentrations.
	<b>Dosimat</b>	un distributeur automatique
<b>E</b>	<b>EDTA</b>	Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.
<b>H</b>	<b>h</b>	heurs.
<b>M</b>	<b>mg/l</b>	milligramme par litre
	<b>ml</b>	millilitre.
<b>N</b>	<b>NPP</b>	Nombre Plus Probable.
	<b>NTU</b>	Unité de Turbidité Néphéломétrique.
<b>P</b>	<b>pH</b>	potentiel d'Hydrogène.
<b>V</b>	<b>V</b>	volum
<b>T</b>	<b>TA</b>	titre alcalimétrique.
	<b>TAC</b>	titre alcalimétrique complet.
<b>μ</b>	<b>μs/cm</b>	<b>μs/cm</b> : Micro-siémens par centimètre.
	<b>μg</b>	:Microgramme
<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b> : pourcentage.
<b>(+)</b>	<b>(+)</b>	positive.
<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	négatif.

## VOCABULAIRE DES FOGGARAS

**Adrar** : mot d'origine berbère, désigne la montagne ou un ensemble montagneux du Sahara .

**Gourara** : Région de Timimoune entre Aougrou et Zaouiet Debagh .

**Touat** : Région d'Adrar entre Tsabit et Reggane .

**Tidikelt** : Région d'In Salah entre Aoulef et In Salah .

**Erg** : Dune de sable .

**Reg** : Surface plane couverte de sable et gravier .

**Hamada** : Plateau rocheux .

**Ksar** : Tour, Ensemble de bâtis d'une agglomération .

**JC** : Avant Jésus-Christ.

**Enfad** : galerie drainant, reliant la ligne des puits.

**Hassi** : puits, visible en surface par les tas de déblais qui le jalonnent .

**Aghessro** : la partie recouverte de dalles de grès lorsque la galerie émerge à l'air libre

**Medjra** : quand elle sort de la protection des dalles de grès .

**Kasria** : La pierre plate percée d'arches calibrée qui commande la répartition de l'eau .

**Séguias** : petits canaux à la sortie du répartiteur, où l'eau est conduite dans les parcelles.

**Madjen** : bassin très plat en argile compactée dont la capacité est équivalente au volume d'eau délivré en 24 heures.

## Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle a usages multiples dont l'utilisation dans l'alimentation nécessite la propreté ou une excellente qualité physique et chimique .Notre étude a été menée dans la wilayat d Adrar , la commune de Bouda ,et l'objectif général de celle –ci était la détermination de la capacité à boire l'eau du village d'Ain Bouda ,qui est curative. Elle a été menée au laboratoire Algérien d'Analyse de l'eau à Adrar comme cibles spécifiques .Nous proposons d'Analyser l'état d'une vertèbre dans la zone choisie analyser les paramètres physico-chimiques (température, PH, calcium ....) et bactériologiques (microbes indésirables, bactéries totales, coliformes totaux ....) et identifier les éléments a risques sur la pollution de l'eau afin de suivre les variations saisonnières, les résultats de (E1 et E2) ont été comparés. Les résultats ont montré que :

Les résultats des analyses bactériologiques de (E1) l'eau sont négatifs, ce qui indique que l'eau testée est pur.

Analyses physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau (E2) Nous avons constaté une augmentation de la plupart des paramètres suivants : conductivité électrique, chlorures de sodium et salinité, ce qui nous amène à juger que l'eau curative d'Ain Bouda est de bonne qualité bactériologique.

**Mots clés:** eau potable, foggara , microbiologique, physico-chimique, qualité , Chafia Ain Bouda.

## Summary

Water is a precious and essential natural resource with multiple uses whose use in food requires cleanliness or excellent physical and chemical quality. Our study was conducted in the wilayat of Adrar, the commune of Bouda, and the objective general of it was the determination of the ability to drink the water of the village of Ain Bouda ,which is curative .it was conducted at the Algerian Water Analysis Laboratory in Adrar as specific targets. We propose to Analyze the state of a vertebra in the physic-chemical parameters (temperature, PH ,calcium ....) and bacteriological (undesirable microbes, total bacteria ,total coliforms ,etc). and identify the elements at risk for water pollution in order to monitor seasonal variations ,the results of (E1 and E2) were compared. The results showed that:

The results of the bacteriological analyzes ,of (E1) water are negative, which indicates the water tested is pure .

physical ,chemical and bacteriological analyzes of the water (E2) We noted an increase most of the following parameters :electrical, conductivity, sodium ,chlorides and salinity .which leads us to judge that the curative water of Ain Bouda is of good bacteriological quality.

**Key words :** drinking water, foggara , microbiological, physico-chemical ,quality, Chafia Ain Bouda .

## المخلص

الماء مورد طبيعي قيم وأساسي متعدد الاستخدامات يتطلب استخدام الطعام نظافة أو جودة فيزيائية وكيميائية ممتازة. أجريت دراستنا في ولاية أدرار بلدية بودة وكان الهدف العام منها تحديد قابلية شرب مياه فقارة عين بودة الشافية . تم اجراؤه في مختبر التحاليل للجزائرية للمياه بأدرار , كأهداف محددة نقترح تحليل حالة فقارة في المنطقة المختارة وتحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ودرجة الحموضة والكالسيوم...) والبكتيرولوجية ( الجراثيم الغير مرغوب فيها ومجموع البكتريا ومجموع القولونيات...) وتحديد العناصر التي تشكل مخاطر على تلوث المياه من اجل متابعة التباين الموسمي تم المقارنة بين نتائج (E1.E2) أظهرت النتائج أن :

- نتائج التحليلات البكتريولوجية لمياه (E1) سلبية وهذا يشير إلى أن المياه المختبرة نقية.
  - تحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه (E2) لاحظنا زيادة في غالبية المعلمات التالية: التوصيل الكهربائي، الكلوريدات الصوديوم ودرجة الملوحة وهذا يقودونا إلى الحكم أن مياه فقارة عين بودة الشافية ذات جودة بكتريولوجية جيدة.
- الكلمات المفتاحية:** مياه شرب، فقارة، ميكروبيولوجية، فيزيائية كيميائية، جودة، بودة أدرار.

# **INTRODUCTION GENERALE**



## INTRODUCTION

L'eau est un corps chimique, incolore, inodore, insipide, généralement neutre et liquide à température ordinaire. **(Anglaret E., 2002)**

L'eau est le principal constituant de tous les êtres vivants (bactéries, champignons, plantes, arbres, animaux, hommes). Les êtres humains sont constitués en moyenne de 70 % d'eau tandis que les méduses en contiennent plus de 90 % **(Mustapha B., 2000)**

L'eau est un élément constitutif du milieu naturel dans l'écosystème, c'est également un élément indispensable à toute forme de vie sur notre planète et recouvre les 3/4 de la surface du globe terrestre et elle se présente sous multiples formes Pluie, glace, neige, etc. Sans oublier l'eau contenue dans le sol et la végétation **(Anglaret E. et Mortier., 2002)**

L'eau a des propriétés physico-chimiques assez remarquables par rapport aux autres liquides, car c'est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes **(Michard k., 2002)**

Le Pont du Sud-Ouest Algérienne se caractérise par la particularité des extensions d'eau de manière traditionnelle appelée foggara, qui est la plus ancienne source d'eau et le système d'irrigation qui pendant plusieurs siècles à été origine des oasis dans la région de Timimoun et la capitale de la région de Qarara **(OMS, 2012)**.

Exactement la Wilayat d'Adrar, la commune de Bouda (Ain Bouda) a connu une importante affluence touristique dans l'avant-dernières années en raison de sa renommée à Foggara (Ain Bouda). ce qui était une source de consommation pour les habitants de la région et un refuge et une destination pour la plupart des touristes et visiteurs de l'intérieur de l'État pour traiter les maladies rhumatismales, les os et les articulations, etc. et une destination de repos de tourisme et de loisirs. Cependant, aujourd'hui, elle souffre du problème d'une détérioration massive de la qualité de cette source souterraine, de la marginalisation et de l'abandon de ses installations et structures au milieu de l'absence des fonctionnaires et du silence complet des citoyens. Au vu des avantages offerts par ce paragraphe, sa valeur historique et sa grande importance, nous avons essayé d'étudier et d'évaluer la potabilité microbiologique et physico-chimique de l'eau de foggara dans la Wilayat d'Adrar (Ain Bouda). Nous avons construit notre approche en quatre chapitres interdépendants: Une introduction générale qui présente la problématique d'étude et ses objectifs.

Le premier chapitre présente généralité sur l'eau.

Le deuxième chapitre : détermine la situation géographique dans la zone d'étude, et ses propriétés climatiques (type de température climatique).

Le troisième chapitre : présente le système des foggara, son histoire, ses origines et ses types.

Le quatrième chapitre : consacre aux méthodes, matériels et protocoles expérimentaux.

Nous terminons par un chapitre qui présente l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus.

# **Partie théorique**

# **Chapitre I :** **Généralité sur l'eau**

### I.1.1. Définition de l'eau

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Abdesselem A., 1999**)

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O) lié par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5°; sa formule chimique est H<sub>2</sub>O. Les liaisons entre les molécules d'eau sont appelées liaisons hydrogène (sont des liaisons physiques très faibles) Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre. La molécule d'eau présente un moment dipolaire élevé (1,85 D), dû à la forte électronégativité de l'atome d'oxygène. Cette polarisation permet d'expliquer pourquoi l'eau conduit le courant électrique et d'autres propriétés remarquables (**Blancher G., 1972**)

### I.1.2. Le cycle de l'eau

- La chaleur du Soleil permet l'évaporation de l'eau des océans, mais aussi celle des cours d'eau et des plantes.
- La vapeur d'eau forme alors les nuages, poussés par les vents.
- Près des reliefs, des orages éclatent et l'eau va retourner au sol lors des précipitations (pluie, neige, grêle).
- Sous forme liquide, l'eau va soit s'infiltrer dans le sol jusqu'aux nappes phréatiques, soit ruisseler le long du relief pour former les cours d'eau qui iront finalement se jeter dans les océans. (**Pour aller plus loin... [www.cieau.com](http://www.cieau.com)**)

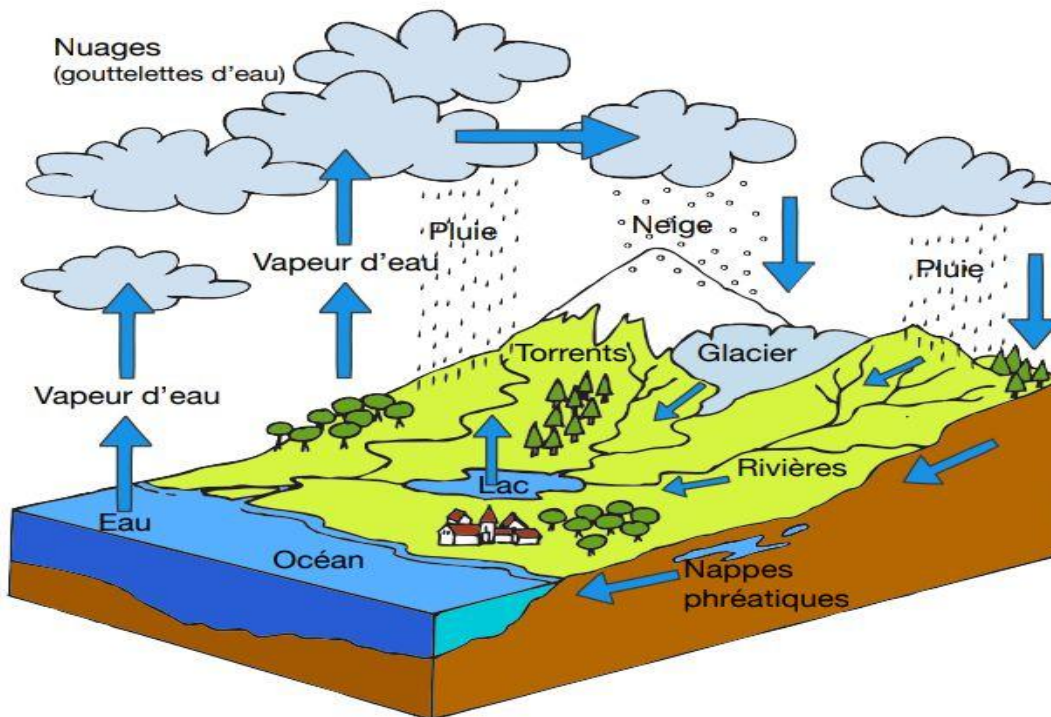


Photo N°1: Le cycle de l'eau (Pour aller plus loin... [www.cieau.com](http://www.cieau.com))

## I.2. Les caractéristiques de L'eau

### I.2.1. Les caractéristiques organoleptiques

#### Couleur

Paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut : Avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface) (Mokeddem et Ouddane.,2005)

#### Odeur

L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (Mokeddem et Ouddane., 2005)

#### Saveur

Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre et qui est due aux sels et aux gaz dissous. Si elle renferme une trop grande quantité de chlore, l'eau aura une saveur Saumâtre, si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un goût amer (Mustapha B., 2000)

### I.2.2. Les caractéristiques physico-chimiques

C'est une caractéristique font l'identité de base de l'eau et sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates...) ou par des indicateurs plus globaux comme :

- la conductivité électrique, qui permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau,
- le titre alcalimétrique, qui permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau,
- le potentiel d'hydrogène qui représente le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau contrôlant la plupart des réactions chimiques (Mekaoussi N.,2014)

#### a) Caractéristiques physique

##### Température

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 profond (Rodier J., 1996)

##### 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, ...etc.), 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 (Jean-Claude, 1983)

##### 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 ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) 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 L., 2000)

## b) Caractéristiques chimiques

**Potentiel d'hydrogène pH**

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène ( $H^+$ ), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (Abdesselem A., 1999)

**Les nitrates ( $NO_3^-$ )**

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels.

Les nitrates proviennent également de l'oxydation de l'ammoniaque Matières organiques et microorganismes  $\rightarrow$ ammoniaque  $\rightarrow$ nitrites  $\rightarrow$  nitrates

Le taux autorisé est de 50 mg/L en  $NO_3^-$  ou 10 mg/L en N (Mouchet P et Dauthuille P., 1997)

**Sodium ( $Na^{2+}$ )**

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées (Rodier J., 2005)

**Nitrites ( $NO_2^-$ )**

Les nitrites  $NO_2^-$  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) (Boualem R., 2009)

**Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )**

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 (Tardat Henry M., 1992)

Les normes Algériennes préconisent pour les sulfates une concentration maximale acceptable de 200 mg/l ( $SO_4^{2-}$ ) et une concentration maximale admissible de 400 mg/l ( $SO_4^{2-}$ ) (Paul R., 1998)

**Potassium ( $K^+$ )**

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour les quelles les besoins de l'organisme par jour sont importants (Houillier P et Blanchard A., 2004)

**Magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable pour la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable (Rodier J., 1996)

**Phosphates ( $PO_4$ )**

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (*agroalimentaire...etc.*), domestiques (*poly-phosphate des détergents*), engrais (*pesticides...etc.*) (Tardat Henry M, 1992)

**Fer ( $Fe^{2+}$ )**

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'aménagements. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble

dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air (Rodier J., 1996)

### I.2.3. Caractéristiques bactériologique

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale: Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs sont à noter : Coliformes totaux, coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : Germes totaux et Clostridium sulfitoréducteurs (Mustapha B., 2000)

- **Les Germes totaux**

Ce sont des germes qui 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 (Bourgeois et al., 1991) Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (Rodier et al., 2005)

- **Les Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bacilles gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, oxydase-négatifs, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant la fermentation du lactose à 35/37 °C avec production de gaz en 48h, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs Ils sont sensibles au chlore (Ayed W., 2016)

Ce groupe est composé des principaux genres suivants: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Rahnella*, et *Buttiauxell* (Degremont G., 2005)

La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes. Ils se répartissent en deux catégories:

-Les germes thermophiles .

-Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène), leur intérêt moindre pour détecter une contamination d'origine fécale . (Hamed M et al., 2012)

- **Les coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes Qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (Edbberg et al., 2000)

- **Escherichia coli (colibacille)**

L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E.coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés (OMS., 2004) n'énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (qui pousse à 44 °C) (Maiga, 2005)

- **Intérêt de la recherche et de dénombrement d'E.coli**

Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait E.coli, en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20 °C varie d'une semaine à un mois) (Debabza M., 2005).

- **Les Salmonelles**

Le genre salmonella comprend de nombreuses espèces pathogènes, les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes touchent dans le monde environ cinq cent mille personnes. Les salmonelles sont éliminées par les selles et peuvent contaminer l'eau (Baziz N., 2000).

- **Les Streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* (Rodier et al., 2009) Ce sont les streptocoques du groupe D, Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* (John P., et Donald A., 2010 ) Certains streptocoques fécaux sont très apparentés aux entérocoques et sont encore utilisés à titre d'indicateurs de contamination fécale (Manuel de Bergey., 1984). Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale ancienne. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6. Par conséquent, ces germes peuvent être utilisés comme indicateurs d'organismes pathogènes ayant une résistance similaire au pH élevé (Seghir K., 2008)



# **Chapitre II :**

# **Contexte général**

**II.1.Introduction:**

La wilaya d’Adrar est considérée comme le territoire des foggaras par excellence, la genèse même des centres de vie historiques et économiques de la région ont été façonnés par ce système ingénieux, en donnant vie aux palmeraies et à la multitude de Ksour sont la conséquence de la structuration du système territorial comme on le connaît aujourd’hui. Selon une approche systémique, les Ksour, les palmeraies, les foggaras et le patrimoine traditionnel et culturel sont les éléments clés de l’organisation de l’espace de la wilaya.

Présentation de la wilaya d’Adrar:

Issue du découpage administratif de 1974, la Wilaya d’Adrar s’étend sur la partie du Sud Ouest Algérien et couvre une superficie globale de 427.968 Km<sup>2</sup> soit 17,98 % du territoire National, pour une population estimée à 399 714 habitants selon le RGPH 2008. La densité est de 0,93 habitant /km<sup>2</sup>.Elle est limitée par :

Au Nord : La Wilaya d’EL-BAYADH

Au Nord Ouest : La Wilaya de BECHAR

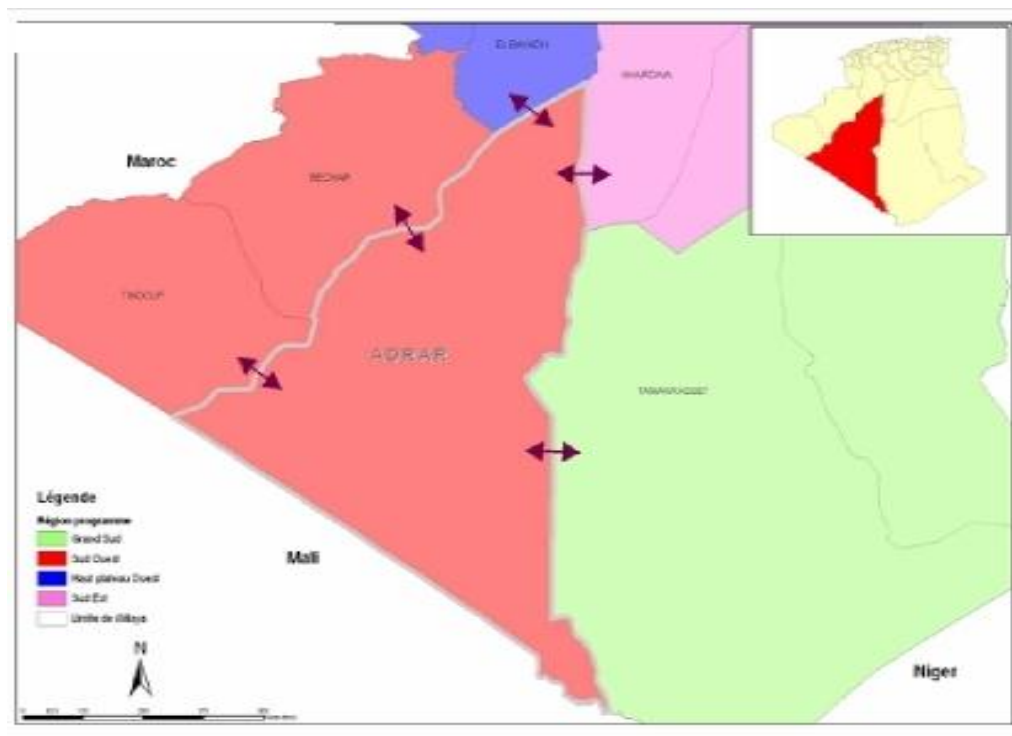
A l’Ouest : La Wilaya de TINDOUF

Au Sud : Le MALI

Au Sud Ouest : La MAURITANIE

Au Sud Est : La Wilaya de TAMANRASSET

Au Nord Est : La Wilaya de GHARDAIA(Sid Ahmed B.,2016)



**Fig.N° 1:**Contexte régional de la wilaya d'Adrar

**Les régions de la wilaya:**

Éparpillés sur les quatre grandes zones constituant le territoire de la wilaya à savoir :

**1.1. Le GOURARA :** région de Timimoun, composé de 10 Communes situées en bordure de la grande SEBKHA de Timimoun : TINKERKOUK , KSAR KADDOUR, OULED SAÏD, TIMIMOUN, OULED AÏSSA, TALMINE, CHAROUINE, METARFA, DELDOUL et AOUGROUT.

**1.2. Le TOUAT:** région d’Adrar, composé de 12 Communes situées tout au long de Oued Messaoud : TSABIT, SBAA, BOUDA, ADRAR, TIMI, TAMENTIT, FENOUGHIL, TAMEST, ZAOUIET KOUNTA, IN-ZEGHMIR, SALI et REGGANE.c’est la plus vaste des régions et la plus intéressante car elle contient un grand nombre de foggara.

**1.3. Le TIDIKELT:** région d’Aoulef, composé de 04 Communes : AOULEF, TIMOKTEN, AKABLI et TIT.

**1.4. Le TANEZROUFT:** région de Bordj Badji Mokhtar, composé de 02 Communes : BORDJ BADJI MOKHTAR et TIMIAOUINE(GHAOUIN ,HADJ ALI S., 2017)

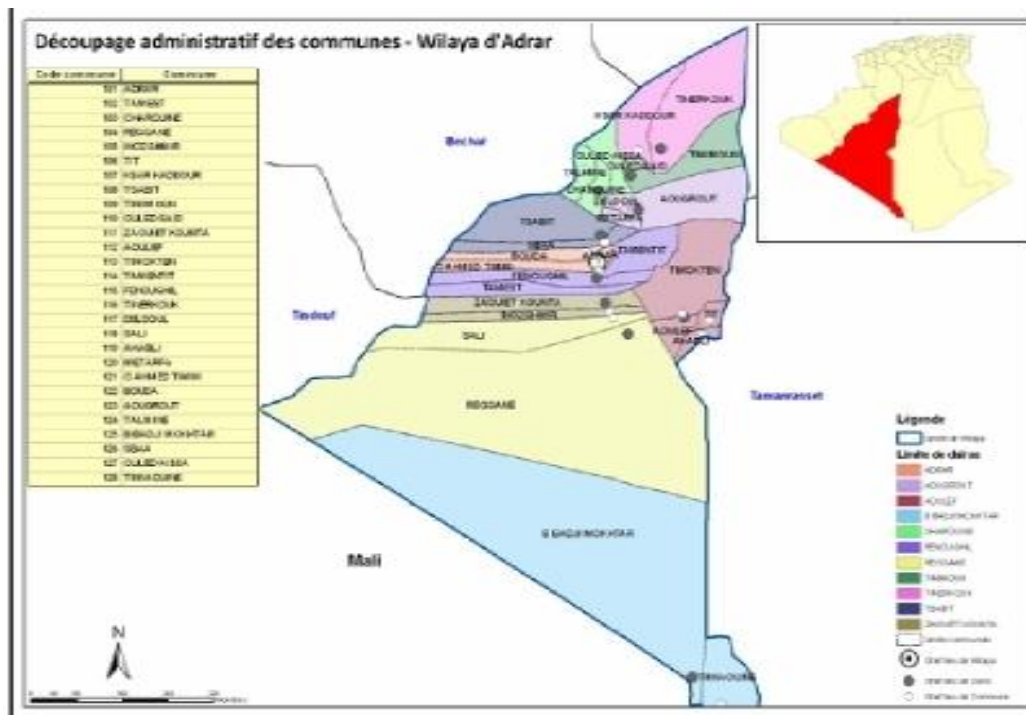


Fig.N° 2:Découpage administratif des communes

## II.2.Cadre géomorphologique :

La région d'Adrar fait partie d'une grande zone allongée, sensiblement orientée N-S. Elle renferme différents traits géomorphologiques distincts, qui sont :

**2.1. la plaine** : C'est une vaste plaine (plateau), limitée vers l'Est par le plateau de Tademaït et vers l'Ouest par la dépression de Touat et se caractérise par une altitude maximale de 300m au pied du plateau de Tademaït, une pente faible de l'ordre de 0.1% à 0.2% et un pendage vers le Sud-ouest et l'Ouest.

**2.2. La dépression** : La dépression se trouve le long de l'extrémité Ouest de la plaine et se caractérise par une largeur moyenne de 5 Km à 10 km, par exemple la dépression de Touat.

**2.3. Les sebkhas** : Les sebkhas sont des successions de petites sebkhas, généralement non communicantes, qui marquent la limite occidentale de la dépression et constitue l'exutoire naturel des eaux de la nappe aquifère. Exemple : sebkha de Tamentit.

**2.4. Les ergs** : Toutes les nuances existent entre le simple voile sableux et les dunes massives constituées en ergs. L'erg Chech est la forme d'accumulation sableuse la plus massive à l'ouest de la région. Les autres ergs abritent une végétation éphémère, ces ergs sont formés artificiellement par des obstacles contre la progression du sable, comme les Ergs d'Ikkis et de Tillouline.

**2.5. Le Reg** : C'est des grandes superficies plates composées de rocaille et gravier en général. Il est d'âge quaternaire, on peut trouver des sables d'âge Crétacé inférieur. Exemple le Reg de Tanezrouft. (GHAOUI N., HADJ ALI S., 2017)

## II.3.Condition climatique:

La wilaya d'Adrar est composée de 02 zones climatiques distinctes : une zone semi désertiques qui part de Timimoune vers Béchar et une zone désertique partant de Timimoune vers Timiaouine.

**La pluviométrie** : elle se caractérise par sa faiblesse et son extrême irrégularité, le totale annuelle est souvent inférieure à 20mm

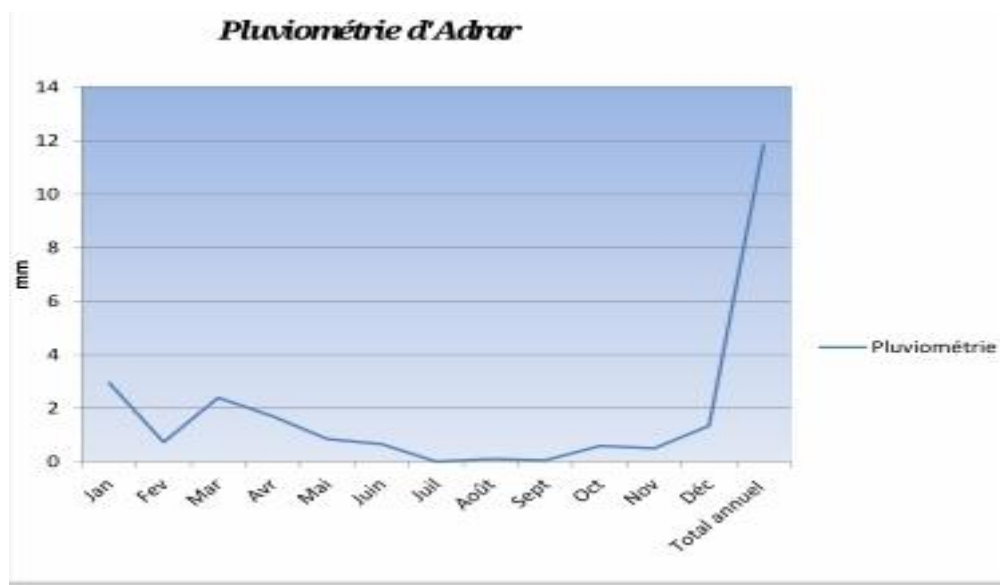


Fig.N° 3:Présentation de la pluviométrie de la wilaya d'Adrar en mm

Tableau N°1 :Présentation de la pluviométrie de la wilaya d'Adrar en mm

(source :ANRH ADRAR 2016)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Pluvim	2.95	0.73	2.39	1.70	0.85	0.65	0.0	0.05	0.59	0.59	1.34	11.85

**II.4.La Température** : La région d'Adrar se caractérise par des moyennes de températures très élevés. La température est un facteur qui affecte la disponibilité de l'énergie et grâce au degré jour que la végétation manifeste son régime biologique. Sur le tableau nous avons remarqué que la température maximale est enregistrée au mois de juillet ou elle dépasse le 46°C. Le mois de janvier est le plus froid avec une température minimale atteignant le 5°C. La période la plus chaude de l'année se manifeste pendant quatre mois (Juin, Juillet, Aout, et Septembre) elle à une grande influence sur la végétation de la région.

Tableau N°2:Températures mensuelles de la période entre (2004-2014) .

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tmin	5.53	8.23	12.7	17.0	21.3	25.3	29.2	28.6	25.0	19.4	11.8	6.56
Tmoy	13.2	16.3	21.3	26.2	30.6	35.3	38.6	37.5	33.3	27.3	19.4	13.8
Tmax	21.5	24.3	29.4	34.1	37.8	43.2	43.2	45.2	41.0	35.1	27.4	21.6

**Le vent :** Le vent est l'un des facteurs les plus importants du climat, car il a une influence directe sur les températures, l'humidité et agit même sur l'évaporation. Le vent dominant à Adrar se caractérise par une vitesse moyenne variant entre 20,2 Km/h au Novembre et 24,54 Km /h au mois de Mai, on trouve que la période de printemps (Mars, Avril, Mai) est une période du vent à grande vitesse de l'année dont l'arrachement et le transport de sable engendrent le phénomène de l'érosion éolienne (GHAOUI N., HADJ ALI S., 2017)

**Tableau N°3:** Vitesse moyenne du vent de la période entre (2004-2014)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
V	21.0	23.07	23.1	23.9	24.5	21.7	23.4	22.0	20.2	20.5	20.2	20.7

### II.5. Conclusion:

La technique traditionnelle de foggaras constitue un patrimoine historique, culturel national et mondial, elle est très adaptée aux conditions climatiques et sociales de la région. Elle permet une exploitation rationnelle des eaux de la nappe du CI. Elle est la source de vie des générations passées et elle doit l'être pour les générations futures même si l'entretien et le maintien de la foggara est une tâche difficile.

# **Chapitre III :**

# **Systeme de Foggara**

### III.1 Introduction

Les oasis représentent un exemple essentiel de la capacité de l'homme à vivre dans les conditions les plus extrêmes de l'œkoumène. Cette capacité se traduit par l'aménagement des espaces hostiles pour réunir les conditions nécessaires à la vie, et cela à travers la mise en place des dispositifs techniques et organisationnels susceptibles de surmonter les contraintes liées à l'aridité. Ainsi, la définition d'une oasis gagne son intérêt à travers une illustration « parfois mythique (Bisson, 2003) et paradoxale, qui réunit la présence de l'humide (l'eau) et du vert (l'agriculture) dans le sec (le désert). Les oasis du Touat « Gourara et Tidikelt, dans le Sahara algérien, restent l'un des exemples les plus emblématiques car le paradoxe ici est double : l'intérêt de ces oasis ne se limite pas à cette présence humaine dans l'un des endroits les plus extrêmes du monde, mais aussi par sa durabilité historique et l'énorme travail réalisé au cours des siècles pour amener de l'eau souterraine en surface de manière gravitaire à travers le système de captage nommé « foggara » (Salem I., 2019).

La foggara représente un système traditionnel de captage et d'adduction d'eau dans le Sahara Algérien, et dans la région d'Adrar, les eaux des foggaras sont utilisées pour l'irrigation « et parfois même pour l'alimentation en eau potable. Elles proviennent des zones d'alimentation très lointaines et constituent par conséquent l'exutoire sud-ouest de la nappe régionale du Continental Intercalaire (BENDJEDOU MY, BOUBEKRI M, ELAHCENE O). Le présent chapitre met l'accent de la description de système de foggara son étendue et sa diffusion dans l'Adrar en particulier de déterminer l'importance de ce système et l'étendue de son exposition à la pollution.

### III.2. Historique de la foggara

Connaître l'origine de cette merveilleuse technique de drainage et de partage de l'eau entre champs et vergers ; Nous plongeons un peu dans les couloirs de l'histoire, car de nombreuses études historiques ont retracé l'émergence de la foggara avant J.-C. Le célèbre historien grec Hérodote a retracé l'émergence et l'utilisation du système foggara en Iran au Ve siècle av J.-C. Il dit dans son histoire : « Le forage du sous-sol pour pousser l'eau vers le haut remonte au Ve siècle avant J.-C. en Perse (Iran), et la nappe phréatique est attaquée dans son affleurement jusqu'à ce que le débit soit suffisant.

Les sources historiques sont presque unanimes sur le fait que l'émergence du système foggara remonte au Ve siècle avant JC dans l'actuel Iran, et qu'il s'appelait "cerise" ou "sharaj" puis s'est déplacé vers l'Égypte et le Maghreb puis vers le désert algérien et était connu sous le nom de "Al-Foggara", qui est le nom tiré du terme "projection d'eau"



Quantau juge Muhammad bin Abd AlKarim al-Bakrawi, il mentionne dans son manuscrit « Le pic des stylos » que « les Berbères de la tribu Zénète qui se sont installés très tôt dans la région - ont peut-être été ceux qui ont mélangé et creusé les Foggara et les Banu al-Qusour dans la plupart des quartiers du Touat - d'autant plus que la plupart des noms de ces palaset Foggara sont Ajam. C'est peut-être le déplacement des Zénète dans la région au cours du quatrième siècle AH (ELHijri) lorsque l'état de Zénète a été brisé, alors ils sont descendus sur la terre de Bouda eout ont découvert que les eaux de Wade Jir s'étaient asséchées, alors ils ont commencé à creuser et à creuser chercher de l'eau jusqu'à ce qu'ils soient capables d'extraire de l'eau.

### III .3. Terme foggara

La Foggara signifie en arabe " Fakara " ou creuser. Certains historiens estiment que ce terme provient du mot arabe " El Fokr " ou pauvreté . Toute personne qui creuse une Foggara se trouve dans l'obligation d'y investir tel point qu'elle finit par se retrouver dans le besoin avant d'en bénéficier. Mais certains pensent que le nom de Foggara est relatif au mot " Fakra " qui signifie littéralement vertèbre en arabe (KOBORI I., 1982)

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).

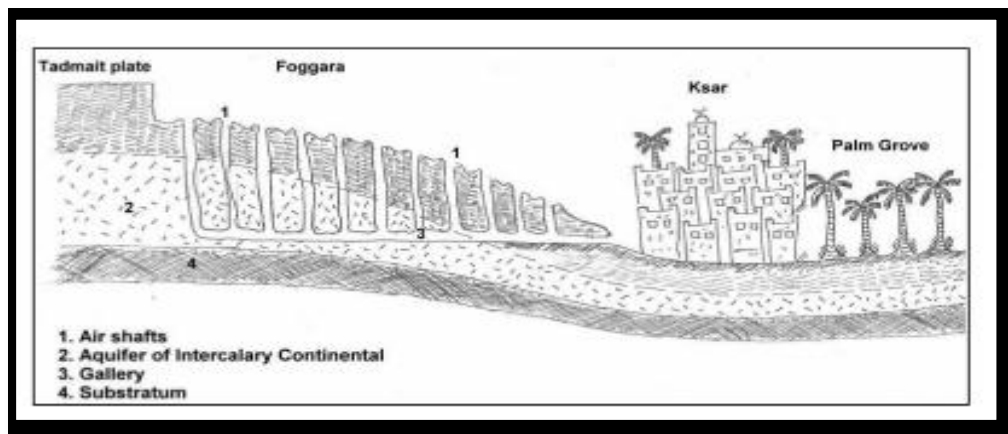
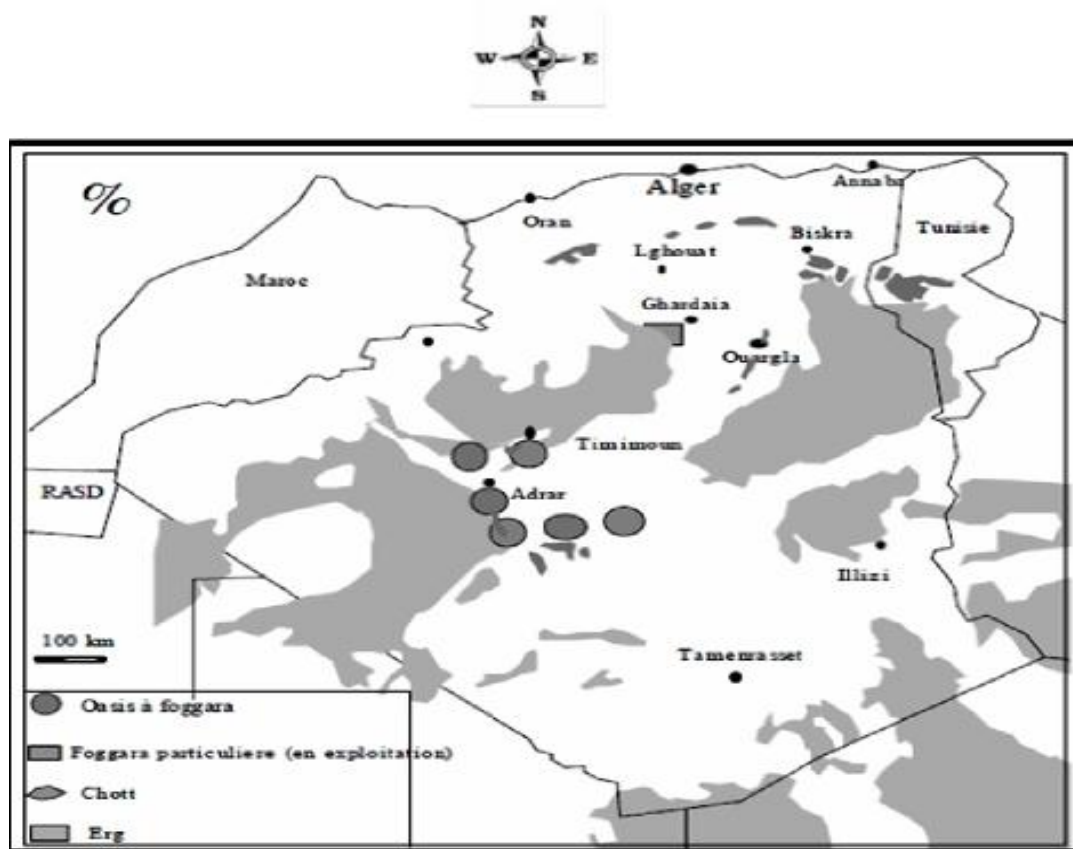


Fig.N°4 : schéma des composantes d'une foggara et son principe de fonctionnement (Remini & Achour, 2016)

### III.4. Situation des foggaras en ALGERIE

Les Foggaras, installées dans les aires périphériques du Grand Erg Occidental «sont des systèmes hydrauliques traditionnels destinés à l'irrigation denombreuses palmeraies. Elles restituentlentement l'eau du grand réservoir situé sous l'erg. Comme le montre la (**figure N°5**), les Foggaras du Sahara sont «pour laplupart, localisées à la lisièresud-ouest du Grand Erg Occidental. Elles sontimplantées suivant un axe perpendiculaire à l'axe central de l'erg. (**REMINI B., 2013**) .

AuSahara, dans le sud du Grand Erg Occidental, et plus particulièrement dansles régions de Timimoune, d'Adrar et deTidikelt, la Foggara a participé depuisplusieurs siècles au développement des oasis. Chaque oasis est constituée d'une Foggara à l'amont, d'unksar au centre et d'une palmeraie à l'aval qui draineson eau vers la sebkha (**figure N°5**.)



**Fig.N°5:** situation géographique des foggara (REMINI B ,2013)

III.5 .Répartition des foggaras dans le sahara algérien

Aujourd'hui, personne n'est en mesure de déterminer le nombre exact de foggaras fonctionnelles en Algérie. Cependant, pour cette première étude de prospection sur le terrain, nous avons pu estimer leur effectif à environ 930; elles sont classées selon sept types qui se localisent autour du Grand Erg occidental (Figure N°6). Ce chiffre reste approximatif pour des raisons techniques; des foggaras sont abandonnées chaque année, d'autres réhabilitées, soit par des agriculteurs, soit par les services locaux. Pour les foggaras de l'Erg, il est impossible de donner un chiffre exact, puisque plusieurs foggaras sont sous lesables du Grand Erg Occidental. Nous avons trouvé des traces des foggaras dans certaines régions, mais il était difficile d'estimer leurs nombres.

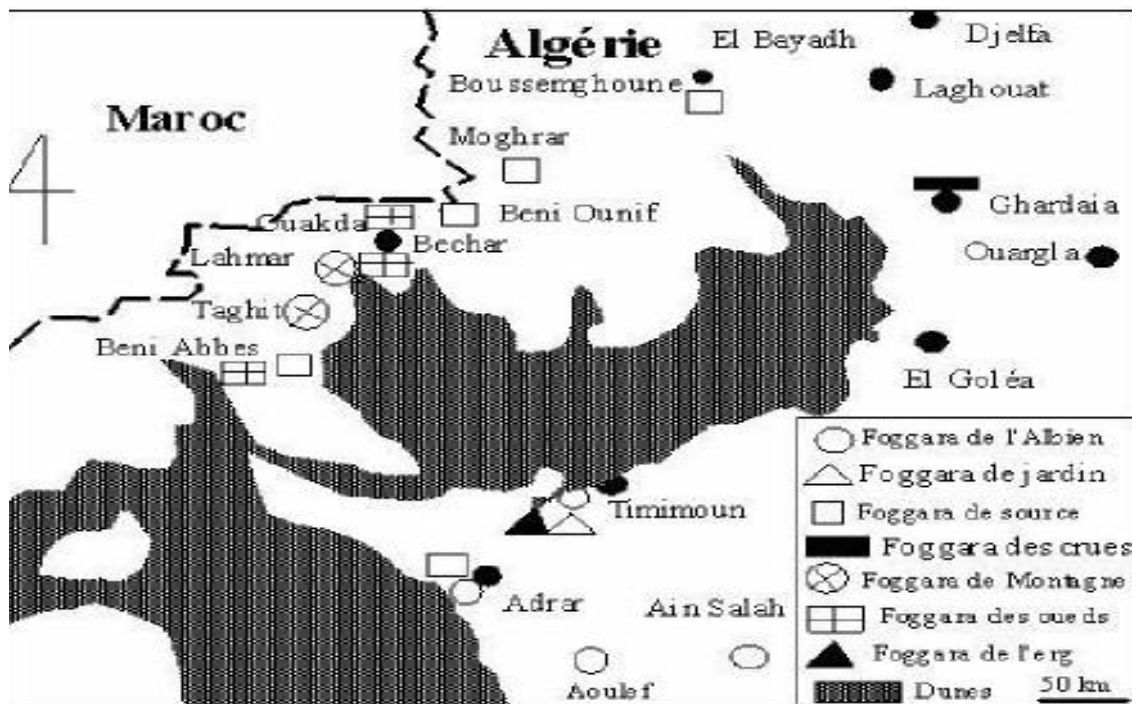


Fig.N°6: Répartition des foggaras algérien (Souddi M.,Bahida Z)

### III .6 Les foggara dans la région Bouda

#### III.6. Région d'étude

La commune de Bouda est située à l'ouest de la wilaya d'Adrar, elle est délimitée au nord par la commune de Sebaa, au sud par Timi (Awlad Ahmed), à l'est par la commune d'Adrar, et à l'extrémité à l'ouest par la municipalité de Tablebla (Bachar). La zone est à 25 km du siège de l'État. La municipalité occupe une superficie de 4 140 km<sup>2</sup>. La zone comprend un certain nombre de palais répartis dans trois zones :

-Bouda Al Sharqiah comprend des palais (Odran ancien palais Bani Wazel, amende Ali, Zawiya Sidi Heida, Mansour 'quartier Houari Boumediene)

-Bouda Al Wustall comprend des palais (Ben Dra'ou, siège de la municipalité, Zawiyatal-Sheikh, Banial-Low) .

-Bouda AlGharbia (Bakhlla, Afar 'Vieux Palais Abandonné', Lamarin, Laghamara, Al-Qusaiba)

- Autrefois 'Bouda était une oasis de palmiers dont les terres sont très fertiles, et c'est un mot divisé en deux parties (Bo) signifie eau, et (Waddah) signifie ici..., donc Bouda signifie eau ici
- La région était considérée comme un lieu fertile en raison de l'eau souterraine disponible près de la surface de la terre et d'une barre chocolatée, et elle était utilisée dans l'agriculture comme principale source de nourriture.

\*La région a été fondée par Jaafar, qui venait du Hijaz, et après cela la construction des palais et des premiers palais de la région (Qasr Wadran et Afar) a commencé. (Tawfik B ., 2013)

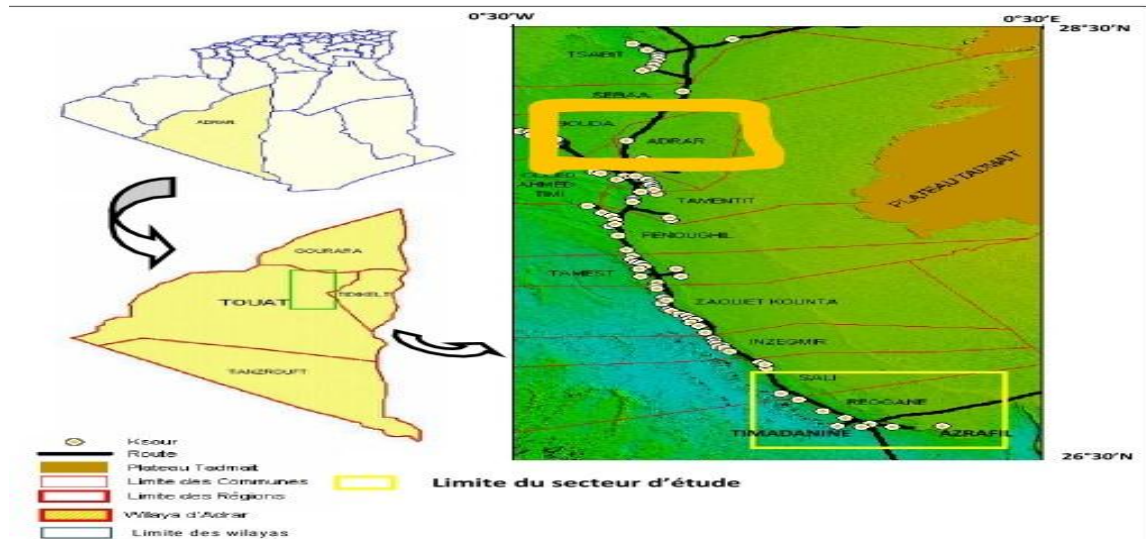


Fig.N° 7 :carte représente la région d'étude (BOUTADARA Y.,2009)

### III.7 situation des foggaras dans la région

- Le bain de sable d'Ain Bouda à Qasr Al-Bakhalla, situé dans la commune de Bouda, est la zone la plus importante de la Wilaya d'Adrar, y amenant quotidiennement des centaines de personnes de différentes régions du pays. À huit heures du soir jusqu'à l'aube où il y a en plus un grand nombre de dunes de sable " Ain bouda chafia" où il y a de l'eau. Il est convenu qu'il guérit certaines maladies. C'est un œil qui coule. Sa source n'est pas encore connue. De l'eau froide en coule au plus fort de l'été, de l'eau chaude au froid de l'hiver, il est connu comme l'œil de la guérison car c'est un remède contre de nombreuses maladies incurables, en particulier les maladies de la peau (Marwa L., 2021)



PhotoN°2:Ain bouda chafia(Bouda)



Photo N°3: la région de Qasr Al-Bakhalla

### III.7. Les éléments d'une foggara

Le système de foggara est divisé en deux parties : le captage et la distribution

#### III.7.1. 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 vers la surface libre. Cette galerie est équipée de plusieurs puits verticaux qui servent à l'entretien et à l'aération de la Foggara (SOUDDI M., et BAHANDA Z.,2019)

##### III.7.1 .1. La galerie

La galerie est l'élément moteur de la Foggara. Elle est composée de deux parties. La première partie est le siège d'un écoulement en charge.

La seconde partie est le lieu d'un écoulement à surface libre . 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 Les Foggaras sont alignées d'Est en Ouest et sont soigneusement disposées afin d'éviter tout éventuel drainage qui pourrait endommager d'anciennes Foggaras voisines. La distance à respecter entre deux galeries doit être supérieure à " 100 kamas ." Le Kama correspond à la longueur de deux bras ouverts étendus d'un homme de taille normale, soit 2 mètres environ. La galerie est composée de plusieurs " Enfad " terme désignant le tunnel entre deux puits .

En règle générale, la distance moyenne entre deux " Enfad " avoisine les 13 mètres. La galerie se termine par l'Aghissrou qui représente la partie située entre le premier puits, compté à partir de la sortie, et la Maja. Cette partie peut être couverte par des pierres plates (ABIDL .N) 15km, tandis que la gamme du débit est de 1l/s à 50l/s (REMINE., 1999)

### III.7.1.2 Les puits

La galerie de la Foggara est munie d'une succession de puits verticaux espacés de 10 à 20 mètres. A Adrar et à Timimoune, certains puits traversent à même le centre-ville . Au début de la réalisation de la Foggara, les puits servent l'évacuation des déblais ou à l'apport de remblais. Une fois en exploitation, ces puits sont utilisés comme accès pour l'entretien et pour l'aération de la galerie. Leur profondeur varie de 1 à 40m et leur diamètre de 0,5m à 1m. (SOUDDI M et BAHADA Z., 2019)

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 A., 2015)

**III.7 .1.3 L'Aghisrou:** (grande *segua*) c'est différent de la *segua* où il reçoit l'eau provenant du tunnel souterrain. Être dirigé vers la kasria via Aghisrou, Par le kasrai, l'eau est distribuée aux vergers. (MOHAMMED., A 2016)

### III.7.1.4 .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 A.,2015)

### III.7.2 .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. (REMINI B., et ACHOUR B., 2008)



PhotoN°4 :A

PhotoN°4 :B

PhotoN°4: A représente le peigne de la foggara (vue de face)

Source : photographie, Mr Dallil Badreddine

PhotoN°4 : B représente le peigne de la foggara (vue de face)

Source : photographie, Mr Dallil Badreddine

#### III.7.2.1 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.



- **La Kasria Lakbira**

est un bassin de forme triangulaire coupé à sa base par un répartiteur jouant le rôle de tranquillisateur d'eau. Il permet non seulement d'amortir et de calmer l'écoulement avant sa répartition mais aussi la mesure du débit. Elle reçoit la totalité du débit de la Foggara qui est alors réparti en 3, 4 voire 5 rigoles (Seguias). A partir de ce bassin triangulaire, les Seguias vont en éventail dans tous les sens et sont dirigées vers les parcelles à irriguer. 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 Seguias tertiaires aboutissant au Madjen.

- **La Kasria Secondaire**

est un bassin de forme triangulaire placé après la kasria Lakbira. Il est utilisé pour le partage familial de chaque tribu ou du groupe de personnes ayant participé à la réalisation de la Foggara

**La Kasria multiple**, appelée aussi Kasriates, sont de petites Seguias qui viennent après les kasriates secondaires, le long du parcours des Seguias qui acheminent l'eau vers le Madjen ...  
(SOUDDI M et BAHANDA Z., 2019)



PhotoN°5: la plaque d'étalonnage des parts d'eau

**III.7.3 Le madjen**

Le Madjen est un bassin de stockage des eaux en forme géométrique quelconque. Réalisé en terre sur le point le plus élevé du jardin (Guemou) pour permettre une irrigation gravitaire. Chaque Madjen est dimensionné de telle façon à ce qu'il se remplit en 24h. Actuellement, on assiste à la multiplication des madjens en ciment. Cette situation ressemble bien à celle des seguias. Le Madjen en ciment empêche les infiltrations dans le sous sol en privant les palmiers périphériques au madjen de consommer les eaux du sous sol. (BERRAMDANE Ch., 2014)

**III.7.4 Les seguias**

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., A 2016)



**Photo N°6:** La Seguia de " Ain bouda chafia"

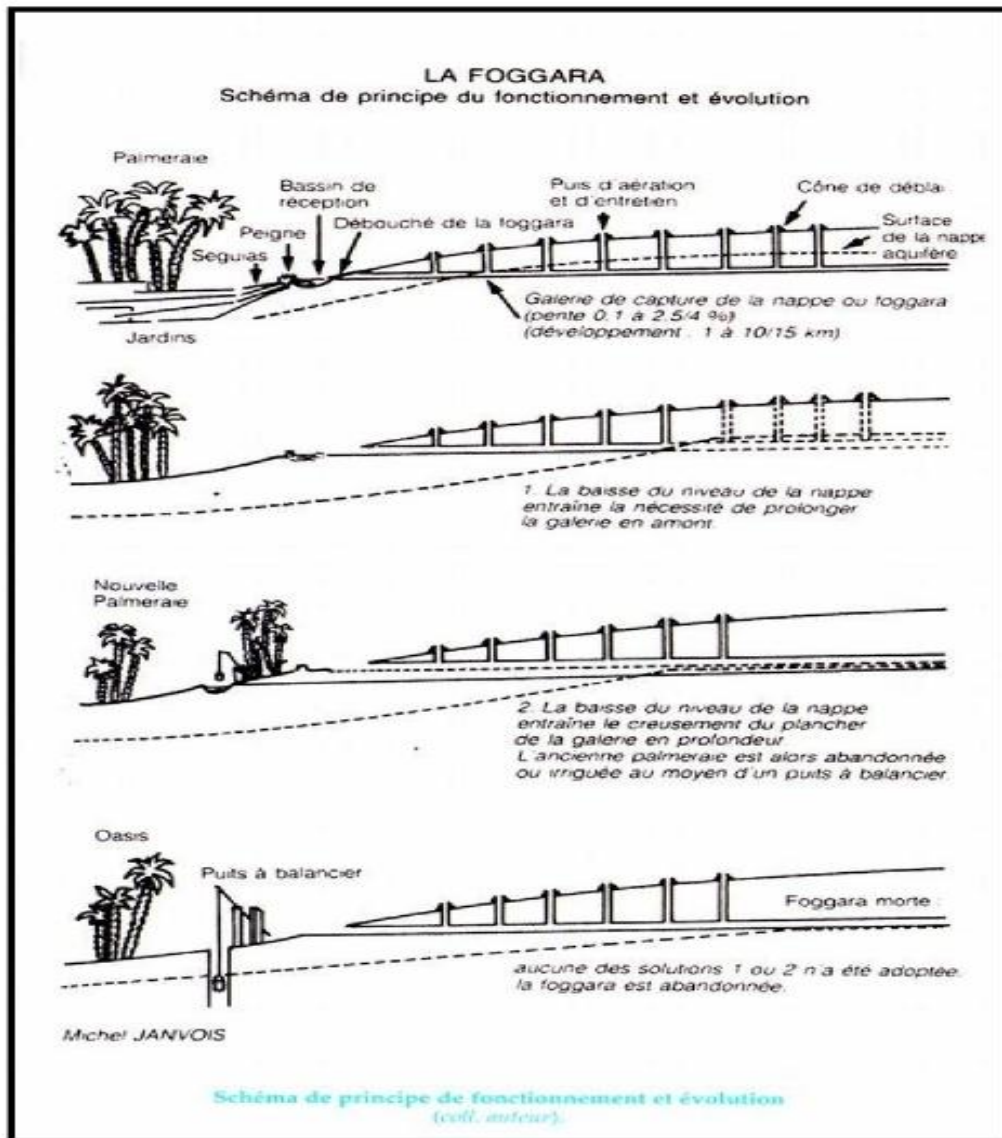


Fig.N° 8: schéma de fonctionnement la foggara (OLIEL.,2012)

## CONCLUSION

De nos jours, la Foggara connaît des difficultés de gestion et d'entretien raison de sa dégradation avancée et souffre de l'ensablement et de la désertification. Pourtant, la Foggara suscite encore de nos jours l'admiration aussi bien du grand public que des observateurs les plus avertis. Cette technique assure la

continuité oasienne et crée une ambiance bioclimatique favorable à une installation humaine. Mais, ce patrimoine hydraulique national n'a pas encore attiré toute l'attention nécessaire à sa préservation et à sa sauvegarde . Les principaux problèmes qui touchent les Foggaras de Timimoune, d'Adrar et d'Ain Salah sont l'effondrement des galeries en raison des crues et de la circulation des véhicules pour celles qui traversent les agglomérations. En ce qui concerne les Foggaras implantées dans les régions d'Ouled Said et de Kali , elles souffrent d'ensablement puisqu'elles captent leurs eaux de la nappe du Grand Erg Occidental .

Il est temps de faire revivre la Foggara car elle constitue un patrimoine historique et culturel mondial. A court terme, nous pouvons sauver l'ensemble des Foggaras en difficulté en:

- i. procédant à leur curage pour augmenter leur débit .
- ii. réaménageant et en rénovant les tronçons effondrés.
- iii. les protégeant contre l'implantation anarchique des forages et la mise en place d'un périmètre de protection .

# PartiePratique

# **Chapitre IV :**

## **Matériel et Méthodes**

**IV.1. Introduction**

L'étude expérimentale est basée sur l'étude de la potabilité microbiologique et physico-chimique de l'eau de foggara dans la wilaya d'Adrar

Les analyses microbiologiques physico-chimiques des échantillons prélevés, ont été réalisées au niveau du laboratoire des analyses des eaux de la société publique Algérienne Des Eaux (A.D.E), unité de laboratoire d'Adrar, et ont portées essentiellement sur les dosages des éléments majeurs à savoir : le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Ainsi que les analyses des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^+$ ), l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), et l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ). (voir INQ-LAB 05).

L'étude de la potabilité de l'eau comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage.
- Analyse.
- Interprétation.

**IV.2. Prélèvement des échantillons :**

Le présent travail concerne les forages de la région de Ain bouda. Les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement en utilisant des flacons en plastique bien lavés. Avant chaque prélèvement, les flacons sont rincés avec de l'eau prélevée et agiter avant chaque prélèvement.

**IV.3. Analyses physico-chimiques :****Détermination de pH****A. Principe**

La détermination électrométrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution.

Cette différence de potentiel est une fonction linéaire du pH de la solution. Selon la loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $\text{H}^+$  présents par la relation:

$$E = E_0 + 2.3 \frac{RT}{nF} \log a_{\text{H}}$$

Avec:

E = Potentiel mesuré.

$E_0$  = Constante dépendant du choix de l'électrode de référence est des solutions internes.

R = Constante des gaz ( $\text{J}/^\circ\text{C}$ ).

T = Température absolue ( $^\circ\text{C}$ ).

$n$  = Charge de l'ion.

$F$  = Constante de Faraday (96 500 C).

$a_H$  = Activité de l'ion dans l'échantillon ( $H^+$ ). (voir INQ-LAB 05).

### **B. Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène. Ils sont conservés entre 1°C et 5°C (voir INQ-LAB 05).

### **C. Réactifs et Matériel utilisé**

#### **➤ Réactifs**

- Eau distillée.
- Solution tampon à pH 4,01 ( $\pm 0,02$  à 25°C).
- Solution tampon à pH 7,00 ( $\pm 0,02$  à 25°C).
- Solution tampon à pH 10,00 ( $\pm 0,02$  à 25°C).
- Solution tampon à pH 7,00 pour le contrôle qualité ( $\pm 0,02$  à 25°C) .
- Solution de KCl à 3 mol/l.

#### **➤ Matériel**

- pH-mètre .
- Electrode .
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques .
- Bécher de 50 ml.

### **D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale** Essai .
- **Étalonnage du pH mètre .**
- L'étalonnage de l'équipement se fait selon l'instruction de travail du pH mètre concerné.
- L'électrode doit rester immergée dans du KCl à 3 mol/l.





**Photo N°7 : PH- mètres.**

### **E. Expression de résultat**

- Mesure et calcul du résultat .

La mesure du pH se fait selon l'instruction de travail du pH mètre concerné, Les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 25°C.

- Enregistrement du résultat .

Les résultats sont reportés sur le formulaire FRAC-LAB 04 puis dans une trame informatique(voir INQ-LAB 05).

### **Mesure de la conductivité**

#### **A. Principe**

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution.

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (μS/cm).

#### **B. Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène. Ils sont conservés entre 1°C et 5°C (voir INQ-LAB 05).

**C. Réactifs et Matériel utilisé****➤ Réactifs**

- Standard de conductivité HACH à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  .
- Standard de conductivité à 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (0.01 M de KCl) .

**➤ Matériel**

- Conductimètre HACH senSion 7.
- Conductimètre WTW inoLab 720.
- Electrode de conductivité.
- Becher de 50 ml.
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques.

**D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale Essai** .
- **Préparation des standards** .

Standard de conductivité HACH à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : solution commercialisée ou préparée à partir de NaCl à  $491 \pm 2,5$  mg/L.

Standard de conductivité à 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  : solution commercialisée ou préparée à partir de KCl à 0,01 M.

**Etalonnage de l'équipement**

L'étalonnage du conductimètre se fait selon l'instruction de travail de l'équipement concerné.

**E. Expression de résultat**

- Mesure et calcul du résultat .

Les mesures de conductivité se font selon l'instruction de travail de l'équipement concerné, elles sont exprimées en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à la température de 25°C.

La température est automatiquement corrigée par l'appareil de mesure.

- Enregistrement du résultat .

Les résultats sont reportés sur le formulaire FRAC-LAB 04 et enregistrés dans une trame informatique.



**Photo N°8:** Conductivité mètre.

### Mesure de la turbidité

#### A. Principe

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs ...). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale. L'appareil employé fonctionne sur le principe de la mesure diffusée. La longueur d'onde de la radiation incidente est de 860 nm comme recommandé dans la méthode ISO 7027 et ce, afin d'éviter l'influence des matières dissoutes absorbant la lumière. La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

#### B. Echantillonnage

Effectuer des prélèvements dans des bouteilles de verre ou de plastique et déterminer dès que possible les mesures. Eviter tout contact entre l'échantillon d'eau et l'air et toute variation non indispensable de température de l'échantillon.

Les échantillons sont conservés à 4 °C dans l'obscurité mais pas plus de 24 heures.

#### C. Réactifs et Matériel utilisé

##### ➤ Réactifs

##### • Standards:

< 0.1 NTU formazine (100 ml) HACH

20 NTU formazine (100 ml) HACH

200 NTU formazine (100 ml) HACH

4000 NTU formazine (100 ml) HACH

- Huile de silicone

➤ **Matériel**

- Turbidimètre optique et électronique HACH modèle 2100N

**D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale**
- **Préparation des échantillons.**

Si les échantillons ont été conservés au froid, les laisser revenir à température ambiante avant d'effectuer la mesure. Eviter tout contact entre l'échantillon d'eau et l'air et toute variation non indispensable de température de l'échantillon. L'échantillon doit être bien homogénéisé.

- **Essais**
- **Etalonnage du turbidimètre**

L'étalonnage de l'équipement se fait selon l'instruction de travail du turbidimètre concerné.



**Photo N° 9:** Turbidimètre

**E. Expression des résultats**

- Mesures et calcul des résultats .

Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Units) si cette unité est sélectionnée.

- Enregistrement du résultat.

Les résultats sont retranscrits sur le formulaire FRAC-LAB 05 (Etalonnage et vérification du turbidimètre) pour l'étalonnage et sur le formulaire FRAC-LAB 06 (Résultat d'analyse des échantillons) pour les échantillons puis enregistrés dans une trame informatique.

### **Détermination de l'Alcalinité**

#### **A. Principe**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires 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).

#### **B. Échantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène et doivent être analysés dès que possible après leur prélèvement. Ils sont conservés entre 1 et 5 °C (voir INQ-LAB 05).

#### **C. Réactifs et Matériel utilisé**

##### **➤ Réactifs**

- **Acide chlorhydrique (HCl)** concentré à 37 %.
- **Solution d'acide chlorhydrique (HCl)** à 0.01 N .

Diluer **0,82** ml de l'acide chlorhydrique concentré à 37 % (**a**) et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

##### **➤ Matériels**

- pH-mètre.
- Electrode.
- Burette manuelle ou burette automatique .
- Agitateur magnétique, barreaux magnétiques .
- Bécher de 50 ml.



**Photo N°10:** pH-mètres.

#### D. Mode opératoire

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale**
- Comme pour toute méthode instrumentale, la méthode d'essai est très étroitement lié aux matériels dont on dispose ; se reporter à la notice de l'appareil.
- Amener 100 ml d'eau à analyser au pH 4.3 ; Soit V2 le volume total d'acide employé.
- Si le pH est supérieur à 8.3 verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur .Noter le volume V1 lu au dosimat.
- Suivre les instructions de l'utilisation du PH mètre.

#### E. Expression de résultat

- Mesures et calcul du résultat

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

$$\text{TA} = (V1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$\text{TAC} = (V2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

**Masse molaire des bicarbonates = 61mg**

**Masse molaire des carbonates = 60mg**

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$\text{TA} = 0$$

$$\text{et TAC} = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V1 \times 61.$$

-Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$$\text{TA} = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2. \text{ et TAC} = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2\text{TA}.$$

Où

V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

V2 est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

- Enregistrement du résultat.

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique (voir INQ-LAB 05).

### **Dosage de calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

#### **A. Principe**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

#### **B. Échantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en polyéthylène ou en verre (voir INQ-LAB 05).

#### **C. Réactifs et Matériel utilisé**

##### **➤ Réactifs**

- **Hydroxyde de sodium, solution 2 N**

Dissoudre 8 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100 ml d'eau distillée, conserver dans une bouteille en polyéthylène.

- **Calcium, solution de référence à 100 mg/l**

Une solution mère de commerce titrisol à 1 g/l en calcium peut être utilisée. Préparation de la solution fille à 100 mg/l de calcium :

Introduire 5 ml de la solution mère à 1 g/l de calcium à l'aide d'une pipette dans une fiole jaugée de 50 ml. Ajuster avec de l'eau distillée. On obtient une solution de concentration 100 mg/l.

- **EDTA, solution titrée 0,01 mol/l**

-Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures (étuve), dissoudre ensuite 3,725 g du sel sec dans de l'eau distillée et diluer à 1000 ml.

-Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille en verre et en vérifier le titre de temps à autre (fréquence hebdomadaire), comme suit (détermination du facteur de correction) :

- **Murexide (indicateur)**

- **Matériels**

- Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA .
- Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers...

- D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Sans application.
- **Partie expérimentale .**
  - Nettoyage de la verrerie.
  - Calcul du coefficient de correction (Fc) .

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction Fc est égal à :

$$FC = \frac{\text{Volume versé}}{\text{Volume théorique (12.5 0ml)}}$$



**Photo N° 11:** Virage de couleur après titrage.

Si :  $0,96 \leq Fc \leq 1,04$ , alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.



**Dosage**

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout.

Titre avec la solution d'EDTA, en versant lentement.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

**E. Expression de résultat**

- Mesures et calcul du résultat

La teneur en calcium, exprimée en mg/l, est donnée par l'équation :

$$\text{Ca} = \frac{C_1 * V_1 * A}{V_0} * F_c * 1000 * F$$

Où :

**C<sub>1</sub>** : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.

**V<sub>0</sub>** : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml.

**V<sub>1</sub>** : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

**A** : est la masse atomique du calcium (40,08 g)

**F<sub>c</sub>**: facteur de correction du titre

**F** : facteur de dilution.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste et ensuite enregistrés dans la trame informatique.

**Dosage de l'ammonium****A. Principe**

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium.

**B. Échantillonnage**

Prélever les échantillons dans des flacons en verre ou en polyéthylène, conserver entre 1 et 5 °C et analyser dans les 24 h (voir INQ-LAB 05).

**C. Réactifs et Matériel utilisé****➤ Réactifs****• Réactif coloré**

Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

**• Solution de Dichloroisocyanurate de sodium**

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

**• Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l**

Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à 105°C pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois.

**• Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l**

Prélever à l'aide une pipette 1ml de la solution étalon d'ammonium de 100mg/l. Verser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

Préparer cette solution le jour de l'emploi. La durée de conservation ne dépasse pas 24h.

**• Solution de lavage**

Dissoudre 100 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

Refroidir la solution et ajouter 900 ml d'éthanol 95%.

Conserver dans un récipient en polyéthylène.

**➤ Matériel**

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes).
- Spectrophotomètre UV/VIS.



**Photo N°12** : Spectrophotomètre.

#### **D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application
- **Partie expérimentale**

-Nettoyage de la verrerie

Toute la verrerie doit-être soigneusement lavée par emploi de **solution de lavage (e)** puis rincée abondamment avec de l'eau distillée.

- Calibration

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille d'ammonium 1 mg/l, indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole, prélever 40 de chacune des solutions, ajouter ensuite 4 ml du réactif coloré et 4 ml du de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm.

Tableau N°4: Courbe d'étalonnage d'ammonium

\$file 1mg/l	0	1	2	3	4	5	24	50	
Eau distillée (ml)	50	49	48	47	46	45	25	0	
Réactif coloré (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4	
Réactif de dichloroisocyanurate (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4	
Attendre au moins 60 mn									
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] en mg/l	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5	1	

- Essais

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

-4 ml du réactif coloré homogénéisé.

-4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.

### E. Expression de résultat

- Mesures et calcul du résultat.

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l d'ammonium.

- Enregistrement du résultat.

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

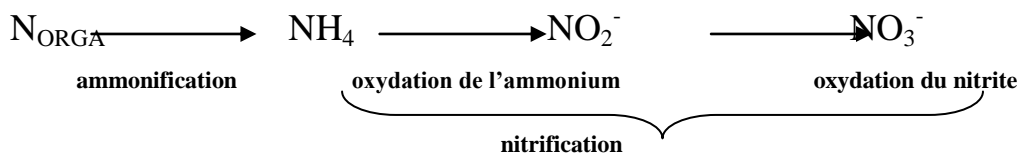
## Dosage des nitrites

### A. Principe

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à 540 nm.

La minéralisation de la matière organique présente dans le sol est réalisée par des micro-organismes. L'azote minéral ainsi produit est ensuite transformée par des bactéries aérobies en nitrates. Cette transformation, appelée nitrification, comporte deux étapes: la nitrification qui produit des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et la nitrification qui transforme les nitrites en nitrates. Si les conditions de milieu le permettent, les nitrates seront utilisés par des bactéries anaérobies comme source d'énergie et transformés en azote gazeux. Notons que les nitrates peuvent également s'adsorber et se fixer sur les argiles et humus. Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux.

L'acide nitreux est un acide instable de formule  $\text{HNO}_2$ , la formule de l'ion nitrite est  $\text{NO}_2^-$ .



## B. Échantillonnage

Prélever les échantillons pour laboratoire dans des flacons en verre, conserver entre 2 et 5 °C et analyser dans les 24 h (voir INQ-LAB 05).

## C. Réactifs et matériel

### ➤ Réactifs

#### • Réactif mixte

Dissoudre 40 gr d'acido-4 benzène sulfonamide ( $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$ ) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau.

Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ( $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-2\text{HCl}$ ), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

#### • Solution étalon mère de nitrites 100 mg/l

Dissoudre 0,15 g de nitrite de sodium (séché à 105°C durant au moins 2 h) dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

#### • Solution étalon fille de nitrites 1 mg/l

Prélever à l'aide d'une pipette 1ml de la solution étalon de nitrites de concentration 100 mg/l, la transvaser dans une fiole de 100ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.

Cette solution est préparée le jour de l'emploi.

### ➤ Matériel

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes...).

- Spectrophotomètre UV -Visible permettant des mesurages à une longueur d'onde de 540 nm, équipé de cuves de 10 mm d'épaisseurs.

**D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons Pas d'application.**
- **Partie expérimentale .**

-Nettoyage de la verrerie .

La verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à environ 2 mol/l et rincée abondamment à l'eau avant l'emploi.

**Tableau N° 5:** Courbe d'étalonnage de nitrites

\$ fille 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 20 mn						
[NO <sub>2</sub> -] en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

**Dosage**

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte (a) et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO<sub>2</sub><sup>-</sup> Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).Effectuer parallèlement au dosage, un

essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

### **E. Expression de résultat**

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique

## **Dosage des nitrates**

### **A. Principe**

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

### **B. Échantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre et doivent-être analysés dès que possible après leur prélèvement. Ils sont conservés entre 1 et 5 °C (voir INQ-LAB 05).

### **C. Réactifs et Matériel utilisé**

#### **➤ Réactifs**

- **Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%**

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

- **Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.**

Dissoudre 30 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution de tartrate double de sodium et de potassium**

Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laisser refroidir et compléter avec de l'eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène.

- **Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré.**
- **Solution mère de nitrate à 1000 mg/l**

Dissoudre 1.37 g de nitrate de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l**

Diluer 10 ml de la solution mère à 1000 mg/l et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Matériel**

- Balance analytique de laboratoire précision 0.1  $\mu\text{g}$  .
- Capsules de 100 ml .
- Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml .
- Poires à pipeter .
- Etuve pour séchage .
- Spectrophotomètre UV-Visible.



**Photo N°13 : Spectrophotomètre**

#### **D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale.**
  - Etablissement de la courbe d'étalonnage .
  
  - Dans une série de capsules de 100 ml introduire successivement :



Tableau N°6 : Courbe d'étalonnage de nitrates

N° des capsules	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> à 10mg/l (ml)	0	1	2	4	6	8	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	6	4	2	0
Correspondance en mg/l de nitrates	0	1	2	4	6	8	10
Na OH 0 30%	3gouttes	3gouttes	3gouttes	3gouttes	3gouttes	3gouttes	3gouttes
Solution de Salicylate de Na (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Evaporation à sec à 80°C							
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentré (ml)	2	2	2	2	2	2	2

Laisser reposer 10 min							
Tartrate double de Na et K (ml)	15	15	15	15	15	15	15

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm, construire la courbe d'étalonnage.

#### **-Dosage**

- Introduire 10ml d'eau à analyser .
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30% **(b)** .
- Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % **(a)** .
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C .
- Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré **(d)** .
- Laisserreposer 10 minutes .
- Ajouter 15 ml d'eaudistillée .
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de ^potassium **(c)**.
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

#### **E. Expression de résultat**

- Mesures et calcul du résultat .

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.

- Enregistrement du résultat .

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

#### **Dosage des chlorures (Cl)**

##### **A. Principe**

Réaction des ions chlorures 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.

### **B. Échantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en polyéthylène (voir INQ-LAB 05).

### **C. Réactifs et Matériel utilisé**

#### **➤ Réactifs**

- **Solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) à 0,02 mol/l**

Dissoudre dans l'eau 3.3974 g de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) séchés au préalable à 105 °C et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée.

Si la solution est conservée à l'obscurité dans une bouteille en verre brun munie d'un bouchon en verre, elle reste stable pendant plusieurs mois. La solution est étalonnée avec 10 ml d'une solution étalon de référence de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ).

- **Solution d'indicateur de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) à 100 g/l**

Dissoudre 10 g de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) dans l'eau et diluer à 100 ml.

- **Solution étalon de chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ ) à 0.02 mol/l**

Dissoudre 1.1688 g de chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ ) séchés au préalable à 105°C et compléter à 1000 ml d'eau distillée.

- **Solution d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 0.1 mol/l**

Cette solution doit-être conservée dans un flacon en verre et elle est stable indéfiniment. Utilisée pour réajuster un pH supérieur à 9.5.

- **Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) à 0.1 mol/l**

Dissoudre 4 g d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) dans l'eau et compléter à 1000 ml.

Solution utilisée pour réajuster un pH inférieur à 5.

- Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou mono hydrogénocarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) en poudre .

➤ **Matériel**

- Burette .
- Capsules en porcelaine de 100 ml .
- Pipettes .
- Fioles .
- Bécher.

**D. Mode opératoire**

**Partie expérimentale**

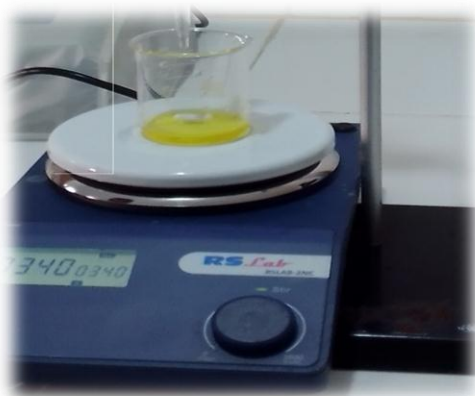
**Dosage**

Introduire 100 ml de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.

Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium (**b**) et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.

**Essai à blanc**

Titre une solution à blanc en utilisant 100 ml d'eau distillée à la place de l'échantillon pour essai. La valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0.2 ml de Nitrate d'Argent (**a**), dans le cas contraire, vérifier la pureté de l'eau.



**Photo N°14 : (A)**



**Photo N°14 : (B)**

**(A): Virage de couleur avant titrage.**

**(B): Virage de couleur après titrage.****E. Expression des résultats**

La concentration en chlorure  $P_{Cl}$  exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule

$$P_{Cl} = \frac{V_s - V_b}{V_a} \cdot C_f$$

Où

$P_{Cl}$ : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

$V_a$  : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

$V_b$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

$V_s$ : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du l'échantillon.

$C$ : est la concentration réelle exprimée en moles d' $AgNO_3$  par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

$f$  : est le facteur de conversion  $f=35453$  mg/mol .

Donner le résultat à 1 mg/l près, avec seulement 3 chiffres significatifs.

**Dosage d'Aluminium****A. Principe**

Réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium.

**B. Échantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en polyéthylène adaptés à un nettoyage à l'acide.

**C. Réactifs et Matériel utilisé****➤ Réactifs**

- **Thiosulfate de sodium**..... 0.028 N .
- **Acidesulfurique, C ( $H_2COONH_4$ ) = 0.04 N .**

Ajouter avec précaution 170 ml d'acide sulfurique concentré ( $\rho = 1.84g/ml$ ) à 750 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml.

- **Acide ascorbique à 1%**

Dissoudre 1 gramme d'acide ascorbique dans l'eau distillé et complété à 100 ml.

- **Solution tampon pH 6.2** Dissoudre 37.2 g d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COOHNH}_4$ ) dans l'eau, réajuster le pH à 6.2 avec de l'acide acétique cristallisable ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) sous agitation et une électrode de mesure de pH et compléter à 100 ml d'eau distillée.

- **Eriochrome cyanine à 10 gr/litre**

Dissoudre 1 gramme d'ériochrome cyanine dans l'eau distillé et compléter à 100 ml.

- **Solution fille d'ériochrome cyanine**

Diluer 1 ml de la solution d'ériochrome cyanine à 10 g/l (e) dans 100 ml d'eau distillé.

- **Acide nitrique ,  $\rho_{\text{HNO}_3} = 1.40 \text{ g/l}$**
- **Solution mère d'aluminium de 1000 mg/litre**
- **Solution fille d'aluminium à 10 mg/l**

Diluer 1 ml de la solution mère d'aluminium (f) dans 100 ml d'eau distillé.

#### ➤ Matériels

- Spectrophotomètre UV-Visible convenant pour effectuer des mesurages à 535 nm.
- pH-mètre.
- Balance analytique de laboratoire .
- Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai.
- Pipettes (graduées et jaugées).
- Fioles.



Photo N° 15: Cuve photométrique

#### D. Mode opératoire

- **Traitement des échantillons**

Les échantillons sont acidifiés) avec 0,5% d'HNO<sub>3</sub> concentré et sont conservés entre 1°C et 5°C.

- **Partie expérimentale**

- Nettoyage de la verrerie**

Nettoyer la verrerie immédiatement avant utilisation avec de l'acide nitrique dilué chaud à environ 0,2 mol/l, puis la rincer soigneusement avec de l'eau.

- Calibration**

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille d'aluminium à 10 mg/l (**h**), indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée au contenu de chaque fiole, injecter successivement des réactifs suivants :

- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N avec agitation.
- 1 ml d'acide ascorbique à 1% (**c**) avec agitation.
- 1 ml d'acide sulfurique à 0.04 N (**b**).
- 10 ml de la solution tampon pH 6.
- 5 ml de la solution fille d'eriochromecyanine.
- Ensuite réajuster les volumes à 50 ml avec de l'eau distillé.
- Attendre 10 min.
- Mesurer enfin, l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).

**Tableau N°7:** Courbe d'étalonnage de dosage de Aluminium

N°	Blanc	1	2	3	4	5	6	7	8
Solution fille à 10 mg/l (ml)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6
Volume eau distillée (ml)	50	49.8	49.6	49.4	49.2	49	48.8	48.6	48.4
Concentration obtenue (mg/l)	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2	0.24	0.28	0.32

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**-Dosage**

Procéder comme décrit à la calibration en effectuant un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

**E. Expression des résultats**

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'aluminium.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste et ensuite enregistrés dans la trame informatique.

**Détermination du phosphore****A. Principe**

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate

**B. Échantillonnage**

Prélever des échantillons pour laboratoire dans des bouteilles en polyéthylène, polychlorure de vinyle ou, de préférence, en verre. En cas de faible concentration de phosphate, utiliser des bouteilles en verre (voir INQ-LAB 05).

**C. Réactifs et Matériel utilisé****➤ Réactifs**

- **Acide sulfurique à 9 mol/L (dilution de 1/2)**

Introduire 500 ml ± 5 ml d'eau dans un bécher de 2L. Ajouter avec précaution, sous agitation et refroidissement continu, 500 ml ± 5 ml d'acide sulfurique ( $\rho = 1.84$  g/ml). Bien mélanger et laisser la solution refroidir à température ambiante.

- **Réactif mélange (solution molybdate acide)**

Dissoudre 13 g ± 0.5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  dans 100 ml ± 5 ml d'eau. Dissoudre 0.35 g ± 0.05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté  $[\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}]$  dans 100 ml ± 5 ml d'eau. Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml ± 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L. Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger.



Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois.

- **Acide ascorbique, solution,  $\rho = 100$  g/l**

Dissoudre  $10 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$  d'acide ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) dans 100 ml d'eau.

Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît.

- **Orthophosphates, solution mère,  $\rho = 50$  mg/l**

Sécher quelques grammes de dihydrogénophosphate de potassium jusqu'à masse constante à  $105^\circ\text{C}$ . Dissoudre  $0.2197 \text{ g} \pm 0.0002 \text{ g}$  de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dans environ  $800 \text{ ml} \pm 10 \text{ ml}$  d'eau dans une fiole jaugée de 1000 ml. Ajouter  $10 \text{ ml} \pm 0.5 \text{ ml}$  de solution d'acide sulfurique (dilution de  $\frac{1}{4}$ ) et compléter au volume avec de l'eau.

Conserver dans un flacon en verre bouché, cette solution est stable pendant au moins trois mois. Une réfrigération à environ  $4^\circ\text{C}$  est recommandée.

- **Orthophosphates, solution étalon,  $\rho = 2$  mg/l**

Introduire, à l'aide d'une pipette,  $20 \text{ ml} \pm 0.01 \text{ ml}$  de la solution mère d'orthophosphates dans une fiole jaugée de 500 ml. Compléter au volume avec de l'eau et bien mélanger. Préparer et utiliser cette solution le jour de l'emploi.

#### ➤ **Matériel**

- Balance analytique à 0,1 g et à 0,0001 g près.
- Spectromètre doit convenir pour la mesure de l'absorbance dans les régions du spectre visible et proches de l'infrarouge. La longueur d'onde la plus sensible est 880nm, mais si une perte de sensibilité peut être admise l'absorbance peut être mesurée à 700 nm.

#### **D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale**

##### **-Nettoyage de la verrerie.**

La verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique ( $1.12\text{g/m}$ ) à environ  $40^\circ\text{C}$  à  $50^\circ\text{C}$  et rincée soigneusement avec de l'eau. Ne pas utiliser de détergents contenant des phosphates. la verrerie utilisée pour la phase de développement de la coloration doit être rincée de temps en temps avec une solution d'hydroxyde de sodium ( $2 \text{ mol/l}$ ) à fin d'éliminer les dépôts de complexe coloré qui ont tendance à adhérer en fines couches aux parois de la verrerie.

##### **Calibration**

Tableau N° 8: Courbe d'étalonnage du dosage de phosphore

<b>N° Fiole</b>	0	1	2	3	4	5	6
<b>S.fille à 2.0 mg/l P (mL)</b>	0	0.8	1.6	2	4	6	8
<b>qsp 40 ml eau distillée (mL)</b>	40	39.2	38.4	38	36	34	32
<b>Conc. mg/l en P</b>	0.0	0.04	0.08	0.1	0.2	0.3	0.4
<b>Conc. mg/l en PO43</b>	0.0	0.1224	0.2448	0.306	0.612	0.918	1.224
Formule : $P * 3.06 = PO_4^{3-}$							
<b>Acide ascorbique (mL)</b>	1	1	1	1	1	1	1
<b>Réactif – mélange(mL)</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>qsp 50 ml eau distillée en mL</b>	7	7	7	7	7	7	7

Après un laps de temps compris entre 10 à 30 min, mesurer l'absorption à 880 nm.

### Dosage

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml. Compléter le volume.

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

### E. Expression des résultats

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique.

### Détermination du magnésium ( $Mg^{2+}$ )

#### A. Principe

C'est une réaction des ions manganèses avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450 nm dans un domaine de pH situé entre 9.5 et 10.5.

#### B. Échantillonnage

Prélever des échantillons pour laboratoire dans des bouteilles en polyéthylène, polychlorure de vinyle ou en verre. Acidifier l'échantillon à l'aide d'acide sulfurique à 3 mol/L jusqu'à ce que le pH soit approximativement égal à 1, mais toutefois non inférieur à 1. Cette acidification réduit l'absorption du manganèse sur les parois du récipient et favorise également la dissolution du manganèse présent sous forme colloïdale ou de particules.

#### C. Réactifs et Matériel utilisé

##### ➤ Réactifs

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau distillée exempte de toutes traces de manganèse.

- **Solution de l'EDTA** ( $Na_2EDTA \cdot C_{10}H_{14}NaO_8 \cdot 2H_2O$ ),  $c(EDTA) = 0.24 \text{ mol/L}$

Dissoudre 90 g de sel dissodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique  $Na_2EDTA$  ( $C_{10}H_{14}N_2NaO_8 \cdot 2H_2O$ ) et 19 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans de l'eau et compléter à 1000 mL avec de l'eau distillée.

**Ou bien**, dissoudre 109 g de  $Na_4HDTA$  ou 100 g de sa forme dihydratée dans de l'eau et compléter à 1000 mL avec de l'eau distillée.

- **Solution de formaldoxime**

Dissoudre 10 g de chlorure d'hydroxylammonium ( $\text{NH}_3\text{OHCl}$ ) dans 50 mL environ d'eau. Ajouter 5 mL d'une solution à 35 % (m/m) de formaldéhyde ( $\text{HCHO}$ )  $\rho = 1.08 \text{ mg/L}$  et compléter à 1000 mL avec de l'eau.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au frais.

- **Solution de chlorure d'hydroxylammonium**,  $c(\text{NH}_3\text{OHCl}) = 6 \text{ mol/L}$

Dissoudre 42 g de chlorure d'hydroxylammonium dans l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution d'ammoniaque**,  $c(\text{NH}_3) = 4.7 \text{ mol/L}$

Diluer 70 ml d'ammoniaque concentré ( $\rho = 0.91 \text{ g/L}$ ), et compléter à 200 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution de chlorure d'hydroxylammonium/ammoniaque**

Mélanger à volumes égaux la solution ammoniacale (**d**) à 4.7 mol/l avec la solution de chlorure d'hydroxylammonium  $c(\text{NH}_3\text{OHCl}) = 6 \text{ mol/l}$  (**c**).

- **Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté**

$[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ , 700 mg/L .

- **Acidesulfurique, C ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) = 3 mol/l**

Ajouter avec précaution 170 ml d'acide sulfurique concentré ( $\rho = 1.84 \text{ g/ml}$ ) à 750 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml.

Dissoudre 700 mg de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté(**f**) dans l'eau, ajouter 1 mL d'acide sulfurique  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$  à 3 mol/L (**g**) et compléter à 1000 ml.

- **Solution d'hydroxyde de sodium, solution, c (NaOH) = 4 mol/l**

Dissoudre 160 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml.

- **Manganèse, solution mère, c(Mn) = 100 mg/L**

Dissoudre 308 mg de sulfate de manganèse monohydraté ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dans l'eau, ajouter 10 ml d'acide sulfurique( $c = 3 \text{ mol/L}$ ) et compléter à **1000 ml dans une fiole jaugée**.

**1 ml de cette solution contient 0.1 mg de Mn.**

➤ **Matériels**

- Balance analytique à 0,1 g et à 0,0001 g près .

- Spectromètre doit convenir pour la mesure de l'absorbance dans les régions du spectre visible et proches de l'infrarouge.

**D. Mode opératoire**

- **Traitement des échantillons**

-Recueillir l'échantillon dans un flacon en polyéthylène ou en verre et acidifier l'échantillon à l'aide d'acide sulfurique à 3 mol/l jusqu'à ce que le pH soit approximativement égal à 1.

- **Partie expérimentale**

- Nettoyage de la verrerie**

La verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à 1 mol/L et rincés avec de l'eau avant l'emploi (voir INQ-LAB 05).

- Calibration**

- Gamme A : de 0 à 0.5 mg/L de Mn**

Diluer  $5 \pm 0.05$  ml de solution étalon de manganèse à 1000 ml. Dans une fiole jaugée de 1000 ml, introduire 0, 10, 20, 30 et 40 ml de cette solution de manganèse diluée, et compléter au volume avec de l'eau. Ceci donne des solutions étalons de 0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 et 0,4 mg/l de Mn

- Gamme B : de 0 à 5 mg/L de Mn**

Diluer  $50 \pm 0.5$  ml de solution étalon de manganèse à 1000 ml. Dans une fiole jaugée de 1000 ml, introduire 0, 10, 20, 30 et 40 ml de cette solution de manganèse diluée, *et compléter au* volume avec de l'eau. Ceci donne des solutions étalons de 0 ; 1 ; 2 ; 3 et 4 mg/L de Mn.

Ajouter 1 ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté et 2 ml de solution d'EDTA à chacune à chacune des deux solutions. Après avoir mélangé, ajouter 1 ml de solution de formaldoxime et immédiatement après, ajouter 2 ml de la solution de NaOH.

Bien mélanger les solutions et laisser reposer pendant 5 à 10 min, puis ajouter, tous en remuant, 3 ml de la solution de chlorure d'hydroxylammonium et d'ammoniaque et laisser reposer pendant au moins 1h.

1à 4 h après le développement de la coloration, mesuré les absorbances des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre à 450 nm.

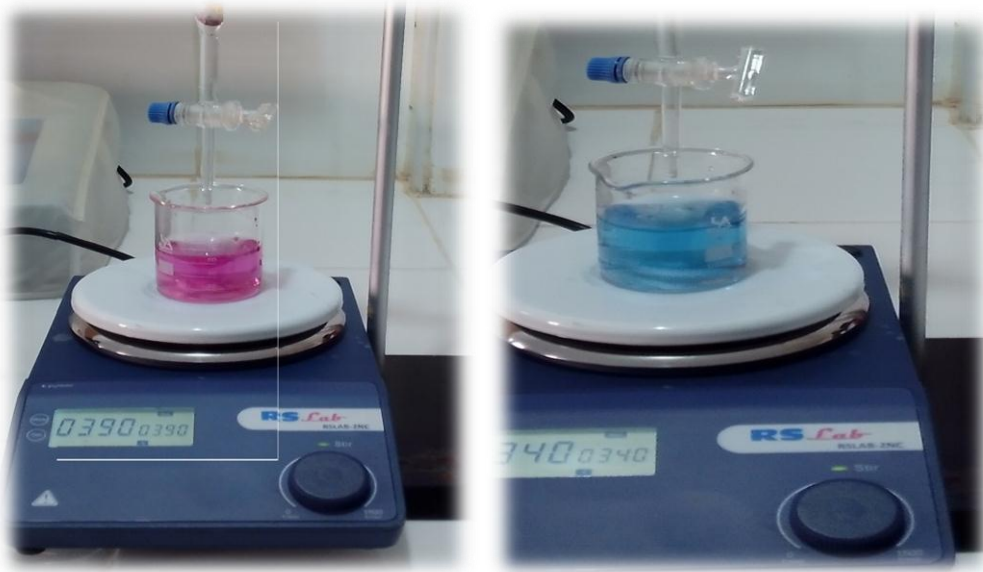


Photo N° 16: (A)

Photo N° 16: (B)

(A): Virage de couleur avant titrage.

(B): Virage de couleur après titrage.

#### -Dosage

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml. Compléter le volume.

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

#### E. Expression des résultats

- Mesures et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de Manganèse.

- Enregistrement du résultat

Les résultats sont retranscrits sur le cahier de poste et ensuite enregistrés dans la trame informatique.

#### Détermination de l'Oxydabilité au permanganate de potassium

##### A. Principe

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies.

L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate (principe du titrage en retour).

### A. Échantillonnage

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre. Ils sont conservés et stabilisés avec 0,25% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré et conservés dans l'obscurité à 4 °C.

### B. Réactifs et Matériel utilisé

#### ➤ Réactifs

- **Acidesulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; ρ = 1.84 g/ml, 18 mol/l)**
- **Acidesulfurique, c(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 7.5 mol/l**

Ajouter lentement et sous agitation continue, 420 ml d'acide sulfurique (a) à 500 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml.

- **Acidesulfurique, c(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) = 2 mol/l.**

Dans une fiole de 1000 ml, ajouter lentement et sous agitation continue, 110 ml d'acide sulfurique (a) à environ 500 ml d'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Oxalate de sodium Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Solution mère de concentration 0,05 mol/l.**

Sécher à l'étuve l'oxalate de sodium à 120°C pendant 2heures. Dissoudre 6,7 g d'oxalate séché dans de l'eau distillée et compléter à 1000ml dans une fiole jaugée.

Cette solution est stable pendant 6 mois si elle est stockée à l'obscurité (flacon brun) à 4°C.

- **Oxalate de sodium Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Solution étalon de concentration 5 millimoles/l.**

Dans une fiole jaugée de 1 000 ml, introduire 100 ml de la solution mère d'oxalate de sodium (d). Compléter au volume avec de l'eau distillée et agiter.

Cette solution titrée est stable pendant 2 semaines si elle est stockée à l'obscurité (flacon brun) à 4°C.

- **Permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub>. Solution mère, concentration 20 millimoles/l.**

Dissoudre avec de l'eau distillée 3,2 g de KMnO<sub>4</sub> dans une fiole jaugée de 1000 ml et porter au trait avec de l'eau distillée.

Chauffer à 90 - 95°C pendant 2 heures.

Refroidir et stocker pendant au moins 2 jours.

Transvaser et stocker dans une bouteille sombre en évitant de prendre le culot.

La solution est stable 3 mois à température ambiante.

- **Permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$ . Solution titrante de concentration 2millimoles/l.**

Dans une fiole jaugée de 1000 ml, introduire 100 ml de la solution mère (f), compléter au volume avec de l'eau distillée et agiter. Cette solution est stable au moins deux mois, stockée dans un flacon brun et à 4°C.

- **Résorcinol, solution mère (1 g/l)**

Dans une fiole jaugée de 1000 ml, dissoudre 1,00 g de résorcinol dans environ 500 ml d'eau distillée.

Porter au trait avec de l'eau distillée.

La solution est stable pendant 2 mois à température ambiante.

- **Résorcinol, solution de contrôle qualité (1,0 mg/l)**

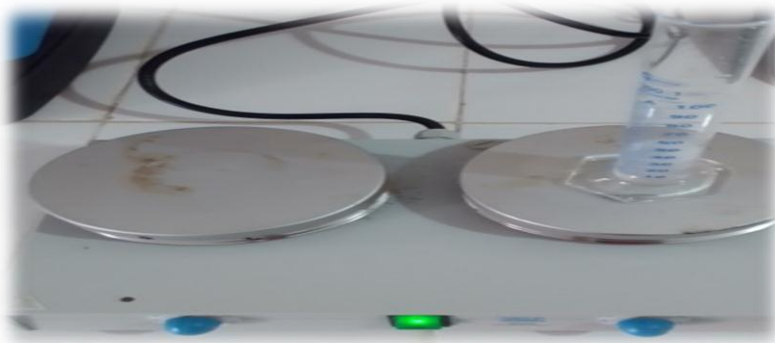
Dans une fiole jaugée de 1000 ml, diluer 1 ml de la solution mère de résorcinol (1g/l) dans environ 500 ml d'eau distillée.

Porter au trait avec de l'eau distillée.

La solution est à préparer extemporanément.

➤ **Matériels**

- Plaque chauffante
- Agitateur mécanique
- Burette graduée
- Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers, etc.)



**Photo N° 17:** Plaque chauffante.



### C. Mode opératoire

- **Traitement des échantillons**

Immédiatement après réception de l'échantillon au laboratoire, ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 7,5 mol/l par litre d'échantillon, si cela n'a pas été fait au moment du prélèvement sur le témoin, et si l'échantillon doit-être stocké avant analyse ou non.

- **Partie expérimentale**

-Nettoyage de la verrerie

Nettoyer toute la verrerie par chauffage avec une solution acide de permanganate. Le nettoyage doit-être vérifié en effectuant des déterminations à blanc jusqu'à ce que les valeurs soient suffisamment basses et constantes.

### Dosage

-Transférer à l'aide d'une pipette, 100 ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un bécher de 250 ml. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l (c) et mélanger en agitant doucement.

-Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.

-Ajouter 20 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium (g) et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes  $\pm$  2 minutes.

-Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l (e) et attendre que la solution se décolore.

-Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).

-Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium 2 millimoles/l (g) jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 s.

Noter le volume **V1** de permanganate consommé.

-Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur).

-Noter le volume **V0** de solution de permanganate consommé.

Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

- Au blanc titré, ajouter 20,00 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l (**e**). Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ 90°C) et retirer avec le permanganate 2 millimoles/l (**g**) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s.

- Noter le volume **V2** de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire, re préparer une solution titrante de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

#### D. Expression des résultats

- Mesures et calcul du résultat

L'indice de permanganate, **IMn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$IMN = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * f$$

Où

**V0** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

**V1** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.

**V2** est le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

**F** est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. f est égal à **16**.

Ce facteur est calculé comme suit :

$$f = \frac{V_4 * C * M_O * 1000}{1000 * V_5} \quad (Na_2 C_2 O_4)$$

Où

**V4** est le volume, en millilitres, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : **V4 = 20 ml**.

$C_{(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$  est la concentration, en millimoles par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium :  $C_{(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = 5$  millimoles/l.

**1 000** (numérateur) est le coefficient correcteur pour exprimer  $C_{(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)}$  de millimoles/l à millimoles/ml.

### **Détermination des résidus secs**

#### **A. Principe**

Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

- **Le résidu sec à 100-105 °C**

Résulte de l'évaporation simple de l'eau mais aussi de l'évaporation, en totalité ou en partie, de l'eau occluse et de l'eau de cristallisation des sels ; des pertes en dioxyde de carbone peuvent résulter de la transformation des bicarbonates en carbonates.

Il peut y avoir, en outre, une perte plus au moins négligeable de matières organiques.

- **Le résidu sec à 175-185 °C**

Peut encore résulter de la perte d'eau de cristallisation, en particulier si des sulfates sont présents ; la presque totalité de l'eau occluse est éliminée, les bicarbonates sont transformés en carbonates, certains chlorures et certains nitrates sont décomposés où même volatilisés. Les matières organiques, d'origine naturelles sont peu atteintes bien que certaines d'entre elles puissent être volatilisées.

#### **B. Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre borosilicaté. Ils sont conservés à 4 °C dans l'obscurité (voir INQ-LAB 05).

#### **C. Réactifs et matériel**

- Capsule en porcelaine, en verre borosilicaté ou, de préférence, en silice ou en platine.
- Balance permettant d'effectuer la pesée de la capsule et de son contenu à 0.1 mg près.
- Etuve réglable à 100-105°C ou 175-185°C.
- Four réglable à 525°C.



Photo N°18: Etuve

#### D. Mode opératoire

- **Traitement des échantillons** Pas d'application.
- **Partie expérimentale**
- **Essai**
- Nettoyer la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl) ou à l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>)

dilués au dixième environ et tièdes, puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve, puis la calciner dans le four réglé à 525 °C. Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Soit **M0** la masse de la capsule vide.

- Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'essai introduite, éventuellement en plusieurs fractions successives, dans la capsule : il est recommandé de ne remplir celle-ci que jusqu'à mi-hauteur, vers la fin de l'opération, rincer à l'eau distillée la fiole jaugée qui a servi à mesurer la prise d'essai et verser les eaux de lavage dans la capsule. Une fois l'eau évaporée, placer la capsule dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.

- **Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 100-105 °C**

laisser refroidir la capsule et son contenu presque jusqu'à la température ambiante, pour la placer ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 100-105°C – refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit **M1** la masse trouvée.

- **Si l'essai a pour objet la détermination du résidu sec à 175-180°C**

poursuivre la dessiccation en plaçant la capsule pendant deux heures dans l'étuve à 175-180°C puis la laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante pour la placer ensuite dans un

dessiccateur pendant  $\frac{1}{4}$  d'heure environ et peser. Recommencer le cycle chauffage à 175-180°C- refroidissement- pesée jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit **M2** la masse trouvée.

### **Détermination des sulfates**

#### **A. Principe**

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495nm.

#### **B. Réactifs**

- **Solution de chlorure de baryum et de gélatine**

40g de gélatine.

200g de chlorure de baryum (dissoudre à part).

3g de phénol (pour éviter une décomposition d'origine bactérienne de la gélatine).

H<sub>2</sub>O Q.S.P 200 ml.

- **Solution mère de sulfate a10g/l**

Dissoudre 13.755g de sulfate d'ammonium( NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> préalablement desséché à l'évite à 100 puis au dessiccateur sous vide, dans de l'eau distillée, ajuster à 1000ml.

- **Solution étalons**

Prendre successivement : 50, 40, 30, 20, 15, 10, 5 ml de la solution mère de SO<sub>4</sub> compléter chaque prélèvement à 1000ml exactement par de l'eau distillée.

On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50mg/l en SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

#### **C. Mode opératoire**

- On place les PE 5ml dans des fioles de 50ml.

Les PE des solutions étalons, le témoin (H<sub>2</sub>O) et les échantillons sont alors .....De manière identique à savoir:

- On ajoute à chaque PE, 5ml de la solution de Ba SO<sub>4</sub> et de gélatine préalablement diluée 1/6. Compléter avec l'eau distillée Q.S.P 50ml.

- On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquence la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.

- On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin .

**Expression des résultats**

- Mesure et calcul des résultats

**Soient :**

**V** Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

**M0** La masse, en milligramme de la capsule vide.

**M1** La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

**M2** La masse en milligramme, de la capsule et de son contenu après étuvage à 175-185°C.

Le résidu sec à 100-105°C, exprimé en milligrammes par litre, est donné par l'expression :

$$(M1-M0)*1000/V$$

Le résidu sec à 175-185°C, exprimé en milligramme par litre, est donné par l'expression :

$$(M2-M0)*1000/V$$

- Enregistrement des résultats

Les valeurs de résidus secs sont notées sur une feuille de résultats puis dans la trame informatique.

**Dosage du fer****A. Principe**

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Le complexe fer (II- phénantroline-1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

**B. Echantillonnage**

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en polyéthylène adaptés à un nettoyage à l'acide.

Les échantillons sont acidifiés avec 0,5% d'HNO<sub>3</sub> concentré et sont conservés entre 1°C et 5°C (voir INQ-LAB 05).

**C. Réactifs et Matériel utilisé****➤ Réactifs**

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau distillée exempte de toutes traces de fer.

- **Solution d'acide chlorhydrique à 10%**

Diluer 10 ml de HCl à 1.12 g/ml dans une fiole de 100 ml et compléter avec l'eau distillée.

- **Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/l**

Dissoudre 4 grammes de Peroxodisulfate de potassium ( $K_2S_2O_8$ ) dans l'eau distillé et complété à 100 ml. Cette solution est stable pendant une semaine.

- **Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l**

Dissoudre 10 g de chlorhydrate hydroxylamine ( $NH_2OH.HCL$ ) dans l'eau distillé et compléter à 100 ml.

Cette solution est stable pendant une semaine.

- **Solution de phénantroline-1,10**

Dissoudre 0.5 g de chlorure de phénantroline 1.10 monohydrate ( $C_{12}H_9N_2.H_2O$ ) dans l'eau distillé et complété à 100 ml.

Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

- **Solution tampon acétate**

Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium ( $CH_3COONH_4$ ) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable ( $CH_3COOH$ ) et complété à 100 ml.

- **Solution mère de fer correspondant à 1 g/l**

Cette solution peut être préparé à partir d'ammonium- fer (II) sulfate hexa hydraté ( $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ). appelé sel de Mohr. 0.7022 g dans 100 ml d'eau distillé.

- **Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/l**

Diluer 10 ml de la solution mère à 1 g/l dans une fiole de 1000 ml et compléter avec l'eau distillée.

➤ **Matériels**

Toute la verrerie et flacons de prélèvement doivent-être lavés à l'acide chlorhydrique ( $HCl$ ) à 1.12 g/ml.

- Spectrophotomètre UV-Visible convenant pour effectuer des mesurages à 510 nm .
- Cuve photométrique, de parcours optique d'au moins 10 mm et convenant pour l'absorbance prévue de la solution d'essai .
- Balance analytique de laboratoire .
- Fioles .
- Pipettes.

**D. Mode opératoire**

**Traitement des échantillons**

Diluer les échantillons ayant une concentration élevée afin de se situer dans la zone de détermination.

- **Partie expérimentale**
- **Nettoyage de la verrerie**

La verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à 1 mol/L et rincée avec de l'eau avant l'emploi.

- **Calibration**

**Tableau N°9:** Courbe d'étalonnage de dosage de résidus secs.

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solution fille à 10 mg/l (ml)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Volume d'eau distillée (ml)	100	98	96	94	92	90	88	86	84	82
Concentration obtenue (mg/l)	0.00	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8

**Dosage** □

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement .
- Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 10 mm<sup>2</sup>.



- Établir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses et l'absorbance mesurer correspondante, en en ordonnée.
- Enregistrer la courbe établit sur le spectrophotomètre dans le cas ou le coefficient R est supérieur ou égale à 0.995 avec le maximum de point retenues.
- Procéder de la même façon pour l'analyse de l'échantillon.

**E. expression des résultats**

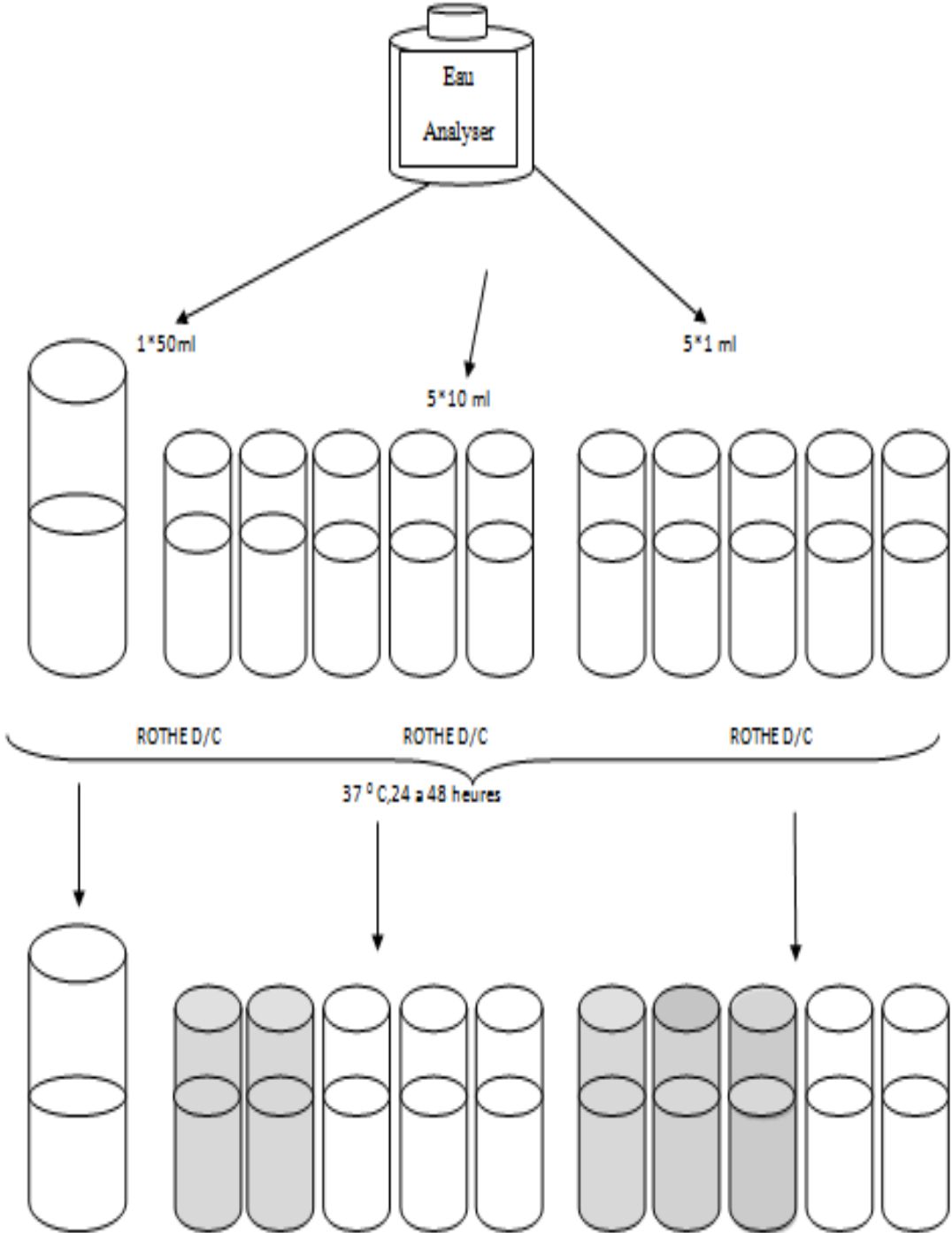
Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

**Analyses microbiologique**

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution fécale: Germes totaux et Coliformes, qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux et représentent ainsi un risque épidémiologique potentiel. Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs sont à noter : Coliformes totaux, coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : Germes totaux et Clostridium sulfitoréducteurs (**Mustapha , B. 2000**)

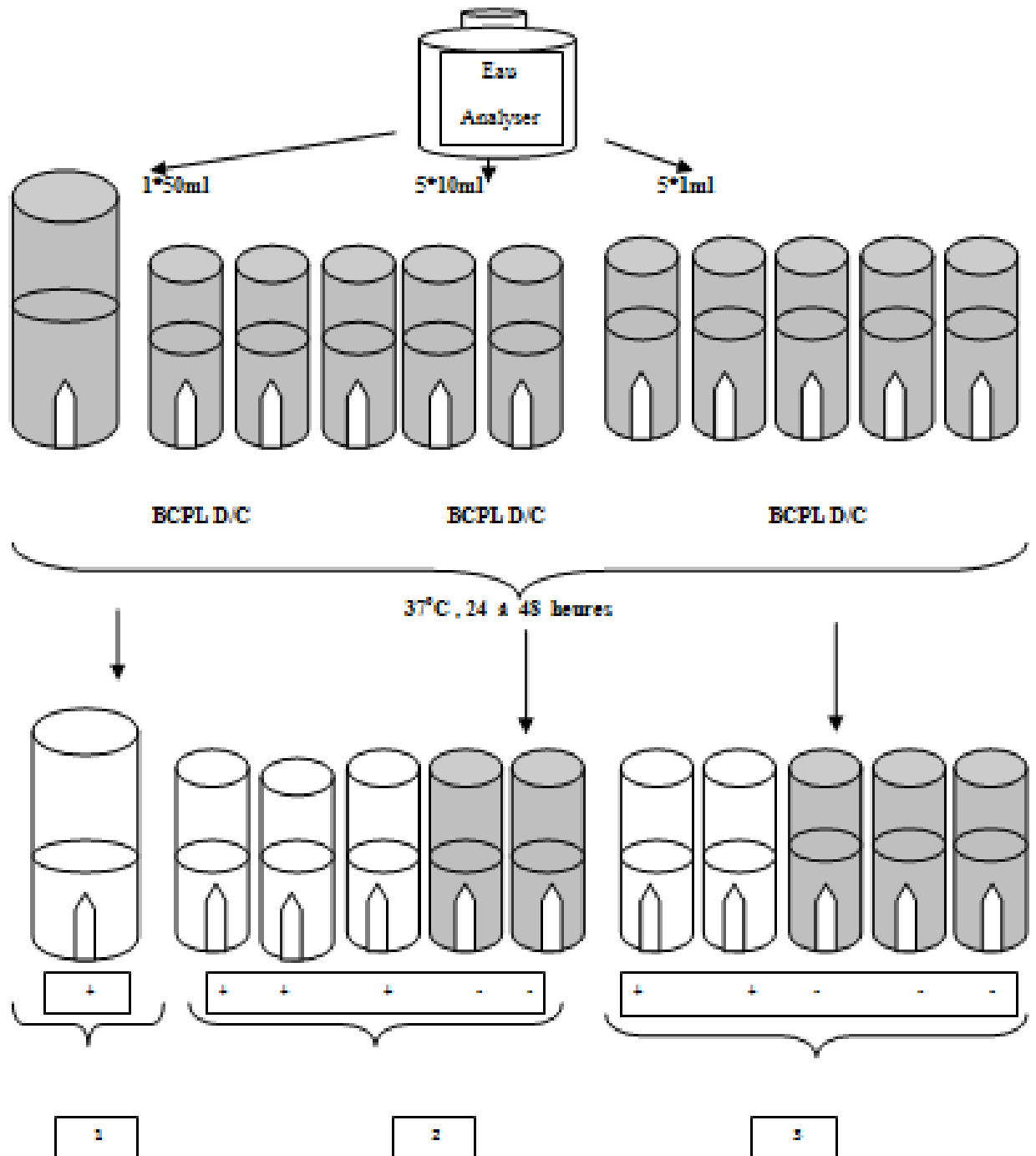
Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

Test de présomption

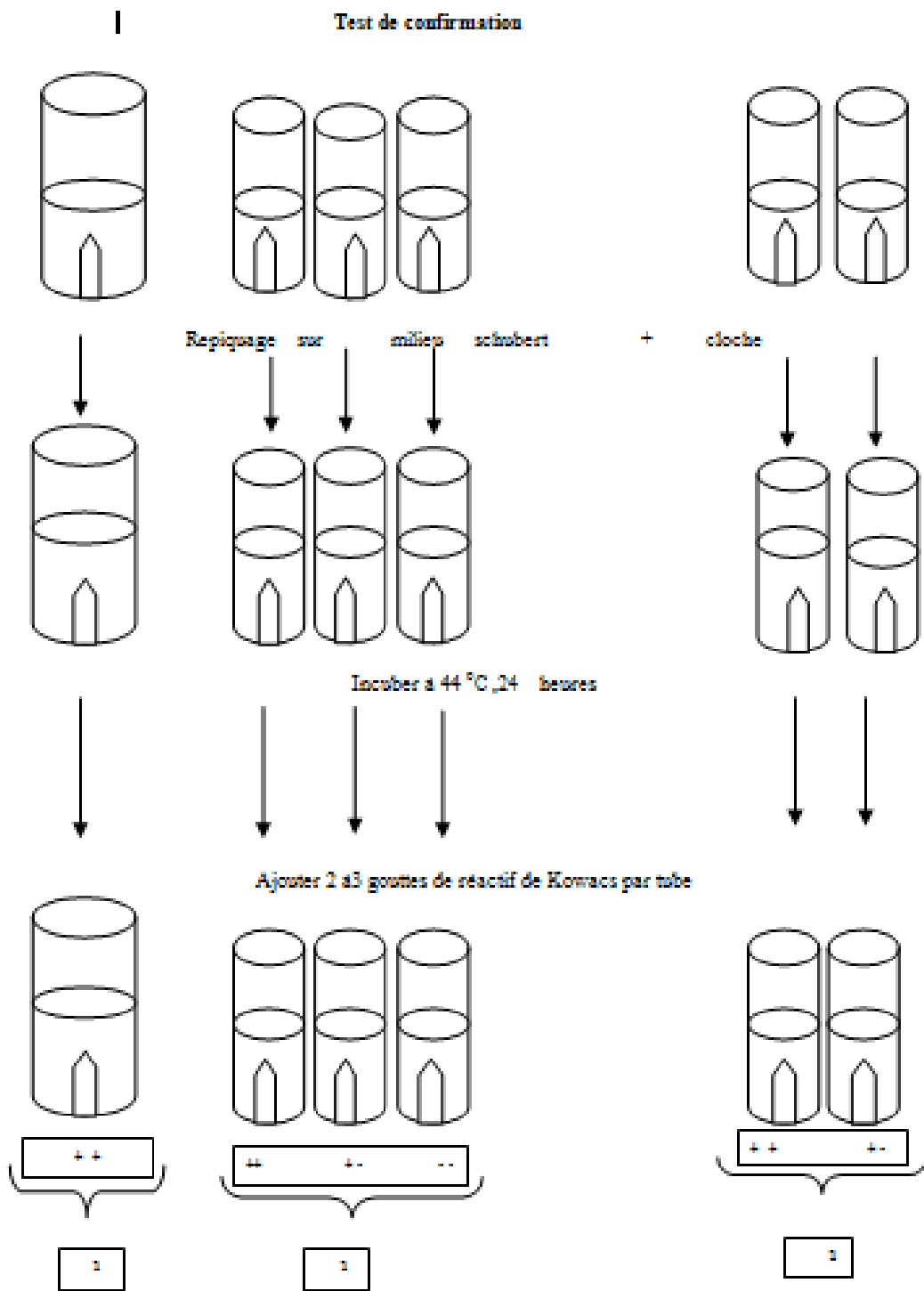


(voir INQ-LAB 05).

Rechercher et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants et *Escherichia coli* en milieu liquide.  
 Test de présomption



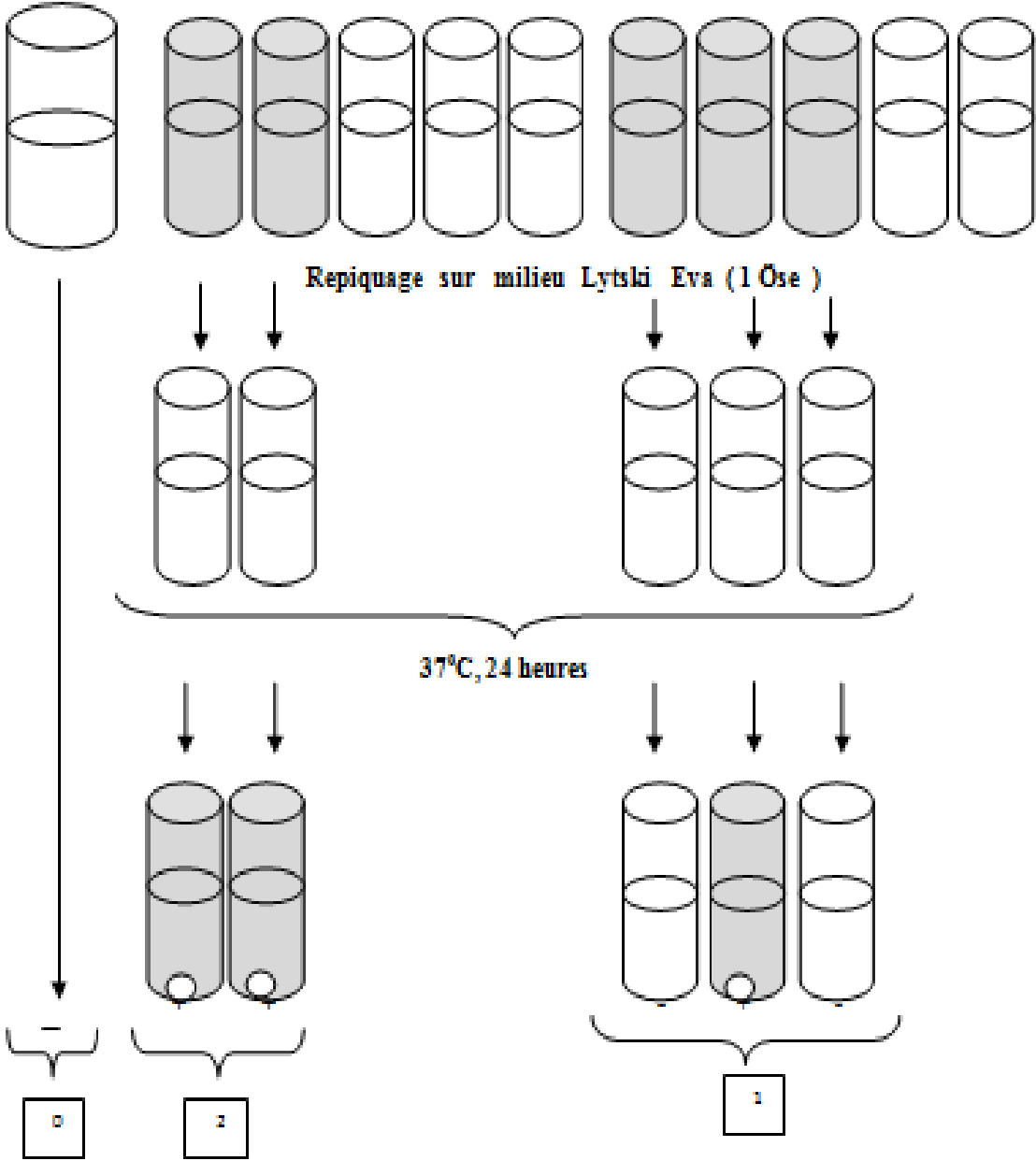
(voir INQ-LAB 05).



(voir INQ-LAB 05).

Recherche et dénombrement des streptocoques du groupe D .Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

Test de colifirmation



(voir INQ-LAB 05).

# **Chapitre V:**

## **Résultats et discussions**

**V.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous concentrons sur l'analyse des résultats biologiques et physico-chimiques à travers l'étude de terrain que nous avons menée et fournir les résultats et donnée leur interprétation.

**L'échantillonnage :** Nous avons pris échantillons de foggara l'eau de Ain boudachafia (E1) et comparée avec sa précédente étude (E2).

**V.2. Résultats et discussion des analyses**

IL s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour l'étude de la potabilité microbiologique et physico-chimique de l'eau de foggara dans la wilaya d'Adrar. Parmi les paramètres physico-chimiques nécessitant une surveillance sont : La température, le pH, la conductivité, la turbidité, le titre alcalimétrique TA, le titre alcalimétrique complet TAC, le titre hydrométrique TH, le calcium, le magnésium et les chlorures.

**A. L'analyse physico-chimiques**

**Tableau N°10 :** Les résultats d'analyse physico-chimique

Paramètres physico-chimiques	Unité	Résultat		N.A(E.B)	
		E1	E2	SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogènes	Unité PH	8 ,39	7 ,84	≥6 ,5et ≤9	
Conductivité à 25°C	µs/cm	<u>3930</u>	<u>2840</u>	2800	
Température	C°	13,9		25	
Turbidité	NTU	1	-	..	
Résidu de sec	mg/l	<u>2800</u>	<u>1760,80</u>	1500	
Matières en suspension	mg/l	/		25	25
Taux De salinité	mg/l	<u>2080</u>	..	..	

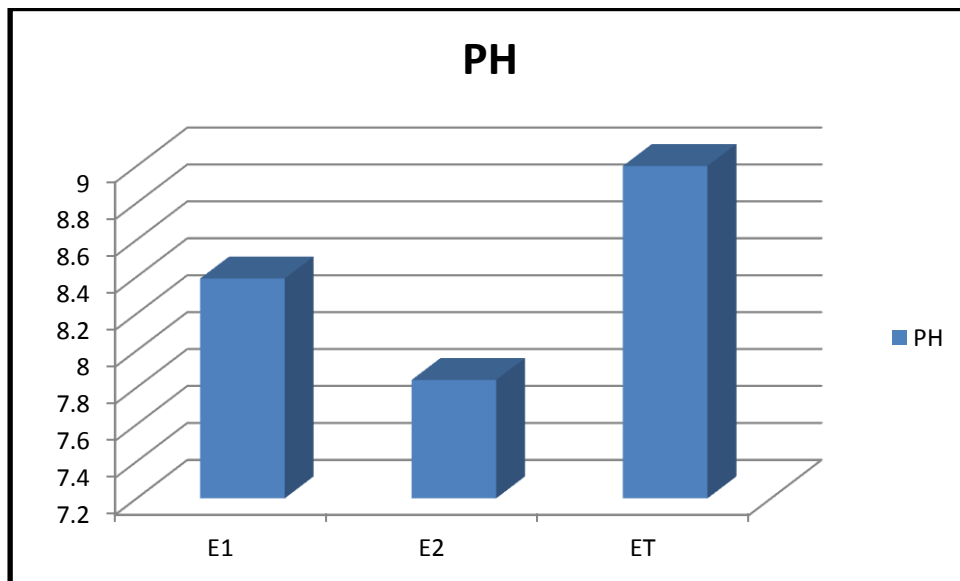


Fig.N° 9: Diagramme de résultat d'analyse du PH

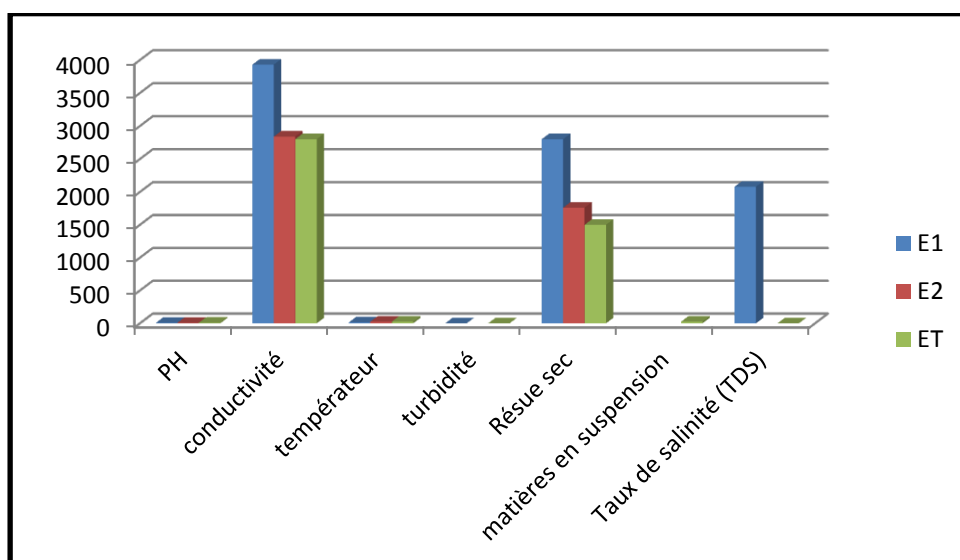


Fig.N° 10: Diagramme de résultat d'analyse des paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus montrent clairement les différences en concentration des éléments physiques entre les deux échantillons l'eau de Ain boudachafia (E1) et sa précédente étude (E2).

**a) Pour le PH :**

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau par la concentration en ions H<sup>+</sup>, les valeurs du pH dans la région d'étude sont des entres 7,40 et 8,38, ils sont dans la norme de potabilité et par conséquent sont utilisables pour l'irrigation, soit un milieu neutre.



**b) Pour la conductivité :**

A partir de tableau on remarque que les deux échantillons ont des valeurs de conductivité très élevée qui dépasse largement les normes de potabilité 2800  $\mu$  s/cm.on peut justifier l'augmentation et la diminution de la conductivité par l'activité et la contribution des habitas en pollution des foggaras.

**c) Pour résidu de sec :**

Les résultats montrent que les valeurs de résidu sec autour de la ville d'Adrar sont supérieures à 1500 mg/l et les valeurs figurées dans le tableau nous a permis de constaté que laminéralisation globales est très forte dans les eaux de foggaraon peutjustifier cette variation par la différence des couche géologique traversé parla nappe.

**d) Pour la Turbidité :**

Lesvaleurs suivantes montrent que la turbidité est très faible dans cette foggara. . L'évolution de ce paramètre est s'expliqué par le chemin et la position depassage deseaux de foggara quis'influence directement par lecontactele massif traversé d'une part et les activités humain engendrées d'autrepart.les valeurs obtenus rependent aux normes de potabilité .

**e) Pour la température :**

**E2 :** dans notre région la température des eaux varie entre 25C°et 27c°

**E1 :** la valeur de température d'eau est 13 ,9.

**B. L'analyses de pollution**

**TableauN°11 :** Les résultats d'analyse de pollution

Paramètres de pollution	Unité	Résultat		N.A(E.B)	
		E1	E2	SURF	SOUT
Ammonium (NH4 <sup>+</sup> )	mg/l	0 ,007	0,050	4	0 ,5
Nitrites (NO2 <sup>-</sup> )	mg/l	0,006	0,000	..	0.2
Phosphore(p)	mg/l	0.005	/	10	0 ,5

**a) L'Ammonium(NH4<sup>+</sup>)**

est la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans l'eau est liée à unecontamination urbaine ou industrielle.

**b) Les Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Les nitrites représentent la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium .Il s'agit d'une forme toxique, dans l'ensemble.

Lesteneurs en ammonium et nitrites, phosphore dans les eaux de foggara de la zone d'étude sont dans latotalité inférieures à normes de potabilité .

**C. L'analyses Bactériologiques**

TableauN°12 : Les résultats d'analyse bactériologique

Paramètre de Bactériologique	Unité	Résultat		N.A(E.B)	
		E1	E2	SURF	SOUT
<b>Coliformes totaux</b>	/	(-)	/	/	
<b>Escherichia coli</b>	n/100 ml	(-)	/	20.000	20
<b>Entérocoque</b>	n/100 ml	(-)	/	10.000	20

**Pour (E1) :**D'après les résultats obtenus (figuré dans le tableau) on constate l'absence tout les bactéries (Coliformes totaux et Escherichia coli, Entérocoque) dans l'eau de foggara .les résultats obtenus rependent aux normes de potabilité .

**Pour(E2) :** il n'pas fait de L'analyses de Bactériologique

**D. L' analyses de Minéralisation Globale**

Tableau12 : Les résultats d'analyse de minéralisation globale

Paramètre de Minéralisation Globale	Unité	Résultat		N.A(E.B)	
		E1	E2	SURF	SOUT
<b>Calcium (Ca<sup>++</sup>)</b>	mg/l	224, 45	156	..	..
<b>Magnésium (Mg<sup>++</sup>)</b>	mg/l	90,4	110	..	..
<b>Dureté totale (TH)</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	932	83	..	..

<b>Chlorures (Cl<sup>-</sup>)</b>	mg/l	<u>592,99</u>	513	600	500
<b>Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/l	<u>918,3</u>	539	400	400
<b>Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	mg/l	69,2	61,66	50	50
<b>Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	mg/l	142,74	134	..	..
<b>Titre Alcalimétrique complet (TAC)</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	117	11	..	..
<b>Sodium (Na)</b>	mg/l	<u>424</u>	255	200	200
<b>Potassium (k)</b>	mg/l	29,5	28	12	12

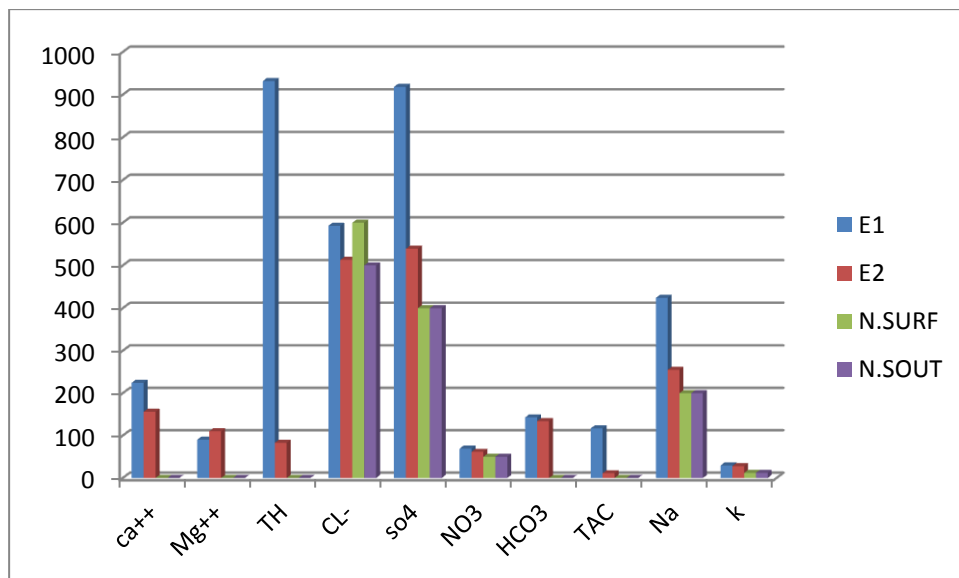


Fig.N° 11: Diagramme de résultat d'analyse de la minéralisation globale

D'après les résultats obtenus (figurés dans le tableau) montrent clairement les différences en ce qui concerne les teneurs des éléments entre (E1) et (E2). On constate que les teneurs des éléments de sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>); chlorure (Cl<sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) sont supérieures de la norme recommandée par la réglementation algérienne. Cette variation est due à la variété vis-à-vis du milieu traversé par l'eau de foggara.

Pour la minéralisation globale la valeur est dépassée la norme exigée aux eaux potables qui t'ôte fait normale parce que la minéralisation globale est liée directement avec les éléments des anions et des cations présentés dans cet eau. Pour les autres éléments chimiques on peut dire qu'ils sont conformes aux normes de potabilité de notre pays.

**E. L'analyse de indésirables**

**Tableau N° 13 : Les résultats d'analyse indésirable**

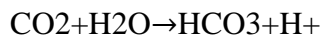
Paramètre d'indésirable	Unité	Résultat		N.A(E.B)	
				SURF	SOUT
<b>Fer</b>	mg/l	0	/	1	0,3
<b>Manganèse</b>	mg/l	/	/	1	0,05

**Equilibre Calco-carbonique**

**AGRESSIVITE- INCRUSTATION:**

Agressivité : Eau dont la concentration de CO<sub>2</sub>(Acide) est trop élevée (corrosion).

Incrustante: Eau dont la concentration en HCO<sub>2</sub> est trop élevée (dépôt calcaire).



**Le PH de saturation (selon la formule de Larson) :**

PH<sub>s</sub> + A + B LogAlc (voir Tableau ci – dessous)

La dureté calcique et l'alcalinité sont exprimées en mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

Les valeurs des paramètres de A et B sont données au tableau suivant:

-comparer le PH de l'eau à son PH de saturation

En général le PH<sub>s</sub> est situé entre 7.5 et 8.5 selon le degré de minéralisation

Si PH < PH<sub>s</sub> l'eau est acide, sous saturée en CaCO<sub>3</sub> donc agressive

Si PH > PH<sub>s</sub> l'eau contient pas assez de CO<sub>2</sub>; en revanche elle est saturée en CaCO<sub>3</sub> ; elle est incrustante

Si PH = PH<sub>s</sub> : l'eau est à l'équilibre

**Indice de saturation (SI) :**

$$SI = PH - PH_s$$

Quand SI < 0, l'eau est agressive

Quand SI > 0 l'eau est incrustante

Tableau N° 14 : les valeurs des paramètres de A et B pour calculer le PH

Influence de T		Influence de $\mu$	
(T)	A°	Residue filterable(mg/l)	Residu (B)
0	2,60	0	9,70
4	2,50	100	9,77
8	2,40	200	9,83
12	2,30	400	9,86
16	2,20	800	9,89
20	2,10	1000	9,90

Les phénomènes d'agressivité ou d'entartage et de corrosion dépendent principalement de 5 facteurs, tous liés par l'équilibre calco-carbonique:

Le dioxyde de carbone libre (CO<sub>2</sub>).

Le PH.

La conductivité.

L'alcalinité (principalement les hydrogénocarbonates pour des eaux naturelles).

La dureté.

La température.

**Les calculs et résultats:**

$$PHs = A + B - \log Ca^{++} - \log ALC$$

Donc on a:

$$Ca^{++} = 224.45$$

$$ALC = HCO_3 = 142.74$$

A et B sont des facteurs et décrites par tableau en fonction de T° et TDs

**Donc on trouve :**

$$T^{\circ} = 13.9 \quad A = 2.30$$

$$TDs = 2080 \quad B = 9.90$$

$$PHs = A + B - \log Ca^{++} - \log ALc (HCO_3)$$

Donc par des chiffres :

$$PHs = 2.30 + 9.90 - \log 224.45 + \log 142.74$$

$$PHs = 12.2 - 0.2 = 12$$

PHs = 12
----------

**La discussion:**

$PH > PHs$  -  $8.39 > 12$  donc l'eau ne contient pas assez de  $CO_2$  ; en revanche elle est saturée en  $CaCO_3$  ; elle est incrustante .

**Indice de saturation (SI) :**

$$SI = PH - PHs$$

On a  $SI > 0$   $8.39 - 12 = -3.61 > 0$  donc l'eau est incrustante .

**V.3. Conclusion**

Vu l'ensemble des valeurs on peut dire que les eaux de foggara ne respectent pas en générale les normes de potabilité. Le calcul de SAR va permettre d'évaluer les caractéristiques des eaux en point de vue irrigation. D'après les résultats on constate que les prélèvements étudiés sont salins.

- Après avoir effectué des analyses de bactériologique l'eau E1, le résultat était négatif, donc l'eau est pure.
- A travers les résultats de nos analyses (E2), nous avons constaté une forte hausse de certaines valeurs par rapport à l'étude précédente, et cela est dû à la chute récente de foggara et aux opérations de réparation de celle-ci.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit. Elle constitue un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne.

Et Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physicochimique et bactériologiques des eaux de foggara et sources de la région d'ADRAR (Sud-ouest de l'Algérie). Au cours de cette étude nous avons mis en évidence les points suivants :

La région d'Adrar est située dans la partie sud de l'Algérie, elle représente la limite Sud-ouest du Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). elle est caractérisée par un régime climatique saharien, hyper-aride, où la sécheresse est permanente et l'aridité est nettement exprimée. Ce type de climat est caractérisé par deux saisons : une saison froide, relativement courte. et une saison chaude, où la température est nettement supérieure à 20°C (sur une période d'environ 7 à 8 mois).où Les températures sont très élevées, elles dépassent les 46°C, en période estivale, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 25-26 °C. .et Les précipitations sont quasi nulles et irrégulières dans le temps et dans l'espace. et Le taux d'évaporation est très élevé, il dépasse les 630 mm en été. et Le taux d'humidité est donc très faible, il indique un signe de sécheresse accentuée.et pour La vitesse du vent varie entre 5.7 à 6.7 m/s ; parfois, il souffle avec des tempêtes de sable violentes, elle est de l'ordre de 148 à 170 Km/h durant toute l'année avec une accentuation en mois de Mars, Avril et Mai

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de foggara Chafia bouda montre que les eaux testées sont fortement minéralisée.tende que Selon les prescriptions de l'O. M. S. et les normes algériennes, les eaux de cette nappe sont des eaux présentent une forte salinité en qualité potabilité, elles sont caractérisées par une minéralisation relativement élevée. et Le analyse de PH saturation (selon la formule de larson) de PH ont révélé l'eau ne contient pas asses de CO<sub>2</sub> ; en revanche elle est saturée en CaCo<sub>3</sub>, elle est incrustante .et Les analyses bactériologiques ont révélé l'absence totale coliformes totaux et les entérocoques et l'Escherichia coli. donc l'eau est pure.



# **Références Bibliographique**

### RéférencesBibliographie

#### Références

1. **Abdesselem, A. (1999).** Suivi de La qualité microbiologique et physicochimique de trois
2. **Anglaret, E. (2002).** Maladies infectieuses, Edition, Med-Lin, p40-43.
3. **Anglaret, X. etMortier, E. (2002).** Maladies infectieuses, *Editions Med-Lin.* **12.**
4. **ANRH : AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**  
DIRECTION REGIONALE SUD OUEST ADRAR , Système traditionnel  
d'exploitation des eaux souterraines FOGGARAS .
5. **Ayed W., (2016).** Thèse de doctorat : Evaluation de la qualité physico-chimique et  
bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouche  
(Skikda), p156
6. **Baziz, N. (2000).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé  
casde la ville de BATNA.
7. **Blancher G.,(1972 ):** Abrégé de médecine préventive et d'hygiène.
8. **Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, p84-  
247
9. **Boualem R., 2009,** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article  
de recherche, p 20-33.
10. **BENDJEDOU MY, BOUBEKRI**  
**M,ELAHCENEO,**CARACTERISATIONHYDROCHIMIQUE DES EAUX DES  
FOGGARAS DE LA REGION D'ADRAR (SW ALGERIEN), Université (d'Oran,  
d'Oran 2, de Djelfa).
11. **BERRAMDANE Ch.,(2014),** Etude des foggaras d'Aoulef Wilaya d'ADRAR  
L'ALGERIE, MEMOIRE DE MASTER, Université de Blida1.
12. **Debabza, M. (2005).** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville  
d'Annabaevaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes  
pathogènes. Mémoire demagister d'Université Badji-Mokhtar, Annaba
13. **Degremont G. (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit.  
Tec et doc, p3- 38.
14. **Département d'Hydraulique ,** Ecole Nationale Polytechnique d'Alger , Alger  
16000,Algérie.
15. **Département des sciences de l'Eau et Environnement,** Faculté de technologie,  
Université Blida1,Blida9000,Algérie.

## References Bibliographies

---

16. **Edberg, R., Raczynski, M., PROST, J-C. et ELMUR, T. (2000).** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers, France.
17. **Guilbert L., 2000,** Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, p 21.
18. **Hamed, M et al., (2012).** Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA, Université des sciences et technologies département des sciences(Bechar), p69.
19. **Houillier, P., Blanchard, A. et Pailard, M. (2004).** Métabolisme du potassium, El sevier SAS, 1 : 138-157.
20. **HIDAOUI A et LOUANNAS A.,** Etude du système traditionnel d'irrigation au Sahara, exemple des Foggaras de la région d'Adrar(Touat) Thèse Master en Géologie.
21. **INSID (INSTITUT NATIONAL DES SOLS DE L'IRRIGATION ET DU DRAINAGE ,**Essai de présentation d'une technique d'irrigation traditionnelle dans la wilaya d'Arar : la "foggara" .P:9,10 .  
**Jean-Claude B., 1983,** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Editionne. Techniques Ingénieur, pp 2-8.
22. **John, P et Donald, A. (2010).** Microbiologie, 3ème Édition, p1216.
23. **LanoxJ.N , Roy M.L** Manuel du technicien Sanitaire.
24. **Maiga, A. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali
25. **Manuel de Bergey (1984).** Systematique bactériologie ; 9th édition, p533.
26. **Marwa L.,(2021) ,** BY Tahawas brass on février 2021 .
27. **MEKAOUSSI ,N.,2014 .**Etude comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de hammamdebagh (Est ALGERIEN), Mémoire de Magister en Hydraulique , Univ. Batna.5p.
28. **Michard k., (2002).**Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition
29. **Mokeddem K.et Ouddane S.,( 2005)** Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie, universite de Mascara, pp 18-22
30. **Mouchet. P&Dauthuille. P** Rencontre technique au Mali de la société Energie du Mali et de la société Dégréement Bamako, 14 Mars 1997

## References Bibliographies

---

31. **Mustapha B.,( 2000) :** L'eau de la pénurie aux maladies.
  32. **M .Salem IDDA (2019) .**Aménagement de l'espace oasien à foggara face aux changementsdes conditions hydrogéologiques et socio-économiques .Cas des oasis de Touat, Gourara et Tidikelt (Sahara algérien)Université'Oran 2,THESE Doctorat
  - Mohammed A (2016).**le réseau d'agglomérations au Touat dans la wilaya d'Adrar : mécanisme et fonctionnement spatial ,option :mobilités spatiales et dynamique urbaines , thèse magister
  33. **OMS, (1994).** Santé, population et développement : rapport de situation de l'OMS,Conférences internationale sur la population et le développement, Le Caire, 1994, résumé d'orientation.
  34. **Paul R., 1998,** Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Épuraton, utilisation, Société d'Éditions techniques, 192 p.
  35. **Remini B et Achour B et Kechad.,(2009) .**la foggara en Algérie :un patrimoine hydraulique mondial, Université de Biskra et saaddahlab,Blida ,Algérie.
  36. **Rodier J., 1996,** Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8<sup>ème</sup> Edition, paris, 1260 p.
  37. **Rodier J., 1996,** Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8<sup>ème</sup> Edition, paris, 1260 p.
  38. **Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Édition Dunod, Paris.
  39. **Seghir, K. (2008).** Thèse de Doctorat : Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa. Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba(Algérie), p158.
  40. **Souddi M et Bahida Z.(2019),** de l'influence de l'urbanisme sur la qualité des eaux des foggaras dans la région d'Adrar, mémoire master academique.
  41. **Sid Ahmed B ,Mohamed H , Tarik G et Ouassini D .** Faculté des sciences de la Terre et de l'univers Département de Géographie et d'Aménagement du territoire Université d'Oran 2 ,Accès à l'eau souterraine et transformation de l'espace oasien : le cas d'Arar (Sahara du sud –ouest algérien ). P:32,33,34.
- Tardat Henry M., 1992,** Chimie Des Eaux, 2ème Edition. Les éditions du griffon
42. D'Argile, pp 213-215.
  43. **Tawfik B. , (2013).** "dalilaljumhuriati " ,premier édition janvier 2013

## References Bibliographies

---

44. La foggara. le système d'irrigation qui à commencé avant jésus –christ et les Algériens tentent de le protéger de l'extinction 06 juin 2020 .Translate. google.com.
45. Pour aller plus loin...
46. [www.cieau.com](http://www.cieau.com)
47. [www.planete-eau.org](http://www.planete-eau.org)
48. [www.lesagencesdeleau.fr](http://www.lesagencesdeleau.fr)
49. [www.surfrider.eu](http://www.surfrider.eu)

# **Annexes**

# Annexes

## ANNEXE N° 01

Photo N° 19: Résultat des analyses des Ain bouda)

## ANNEXE N° 02

Tableau N°11 : Normes bactériologiques des eaux potable (Hamed et al., 2012).

Paramètre bactériologique	Unités	Recommandation (OMS)
Germs totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe/100 ml	0
Streptocoquefécaux	Germe/100 ml	0

## ANNEXE N° 03

### Caractéristiques de Chafia Ain Bouda

Le bain de sable de Ain Bouda dans le plais Abu Baladiyat bouda est la zone la plus importante de la wilayat d'Adrar ,y apportant des centaines de différentes parties du pays ,à partir de huit heures du soir jusqu'à l'aube ,où il y a ,avec un certain nombre des dunes desable curatives " Ain bouda" ,d'où l'eau chaude coule dans l'air froid, d' où l'eau chaude coule dans l'air froid ,et elle est connue sous le nom d' Oeil de shifa . C'est un remède pour de nombreuses maladies incurables .

De nombreux patients malades se rendent au traitement d' Adrar a Hammam al –Ramil ,Ein Bouda , en remblayant sous le sable ,ce qui élimine a son tour plusieurs maladies. Quant à la raison du déplacement des patients à Adrar spécifiquement pour le traitement . Les

# Annexes

---

marques de fabrication du sable sont 15000 personnes de différentes régions d'Algérie ,qui se rendent a la commune de Bouda dans la période entre juin et octobre.

Outre ses avantages thérapeutiques pour certaines maladies des articulations et des os ,le bain de sable à Ain Bouda permet de se débarrasser de l'excès d'obésité grâce aux substances que le corps secrète par la transpiration.

Le passe –temps des bains de sable tel qu'il était il y a des décennies est resté populaire et tentant malgré tous les obstacles. Ce bain de sable, pratique par la population locale depuis l'Antiquité, connaît une demande croissante de la part des habitants des régions du nord, les arrivants en ont besoin, et ce commerce est la principale ressource de nombreux habitants du palais.

Et le bain de sable d Ain Bouda au palais Bakhla reste l un des bains touristiques les plus importants ,leur fournissant des services et leur destination pour le tacitement à l' aide du sable chaude, que est devenu une destination touristique et thérapeutique en pleine croissance **(MarwaLamrabet)**.







# Annexes

---



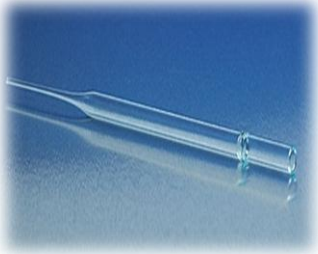



## ANNEXE N° 04

Tableau N°12: Matériels et verrerie des analyses physico-chimiques.

Matériels et verrerie	Les Figures
Bécher	
Pipettes Graduée	
Fiole Jaugée	
Pissette	

# Annexes

---

Spatule	
Les tubes	
Pipettes Pasteur	
burette graduée	
Etuve	
Plaques chauffants	

# Annexes

---



**Photo N°20:** Milieu BCPL pour Recherche et Dénombrement des Coliformes thermo tolérants et Escherichia coli en milieu liquide.



**Photo N°21:** Milieu Roth pour Recherche et Dénombrement des Streptocoques du groupe D .Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP).

# Annexes

---



**Photo N°22** : Ain bouda chafia



**Photo N°23** : Ain bouda chafia