

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Mémoire Présenté en Vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière: Ecologie et environnement.

Option: Ecologie des milieux naturels.

Intitulé

**Evaluation physico-chimique de la qualité des eaux dans
La zone humide Guerbèz-Sanhadja**

Présenter par :

- ❖ Nadji Maroua
- ❖ Sbaghdi Manel
- ❖ Foughali Nardjes Ines
- ❖ Chouater Hanane

Membre de jury :

Boudeffa K (MCA) Président	Université 20 aout 1955 SKIKDA
Fekrache F (MCA) Directrice de mémoire	Université 20 aout 1955 SKIKDA
Hadjoudja N (MCB) Examinatrice	Université 20 aout 1955 SKIKDA

Année universitaire 2021/2022

Sommaire

Sommaire	
Remerciement	
Décidasse	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des 'abréviations	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction.....	1

Chapitre I : Qualité des eaux

1. Qualité des eaux.....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Qualité physico-chimique de l'eau.....	3
1.2.1. Qualité physique.....	3
1.2.2. Qualité chimique.....	4
2. classification hydrochimique des eaux.....	4
2.1. Diagramme de piper.....	4
2.2. Diagramme de wilcox.....	5
2.3. Le ratio d'absorption de sodium SAR.....	5

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Matériel.....	7
1.1. Généralité sur le complexe de zone humide du Guerbès-sanhadja.....	7
1.2. Présentation du site d'étude.....	7
1.2.1. Garaet hadj Tahar.....	7
1.3. Géologie, géomorphologie et type de sol.....	8
1.3.1. La partie sableuse.....	8
1.3.2. La partie argileuse.....	9
1.4. Caractéristiques hydrologique de la région de Guerbès.....	9
1.5. Exploitation du site.....	9

Sommaire

1.5.1. L'agriculture et l'irrigation.....	9
2. Méthode.....	10
2.2. Échantillonnage.....	10
2.3. Matériel du prélèvement.....	10
2.4. Méthodes d'analyse.....	11
2.4.1. pH.....	11
2.4.2. Température.....	11
2.4.3. La conductivité électrique	11
2.4.4. La turbidité.....	12
2.4.5. Les matières en suspension MES.....	12
2.4.6. La demandes biochimique en oxygène DBO ₅	13
2.4.7. Les solides des sels dissous TDS.....	14
2.4.8. Les solides des chlorures Cl ⁻	14
2.4.9. Dosage de calcium Ca ²⁺	15
2.4.10. Dosage du magnésium Mg ²⁺	16
2.4.11. Détermination de la dureté totale.....	16
2.4.12. Détermination des sulfates SO ₄ ²⁻	16
2.4.13. Détermination du nitrite NO ₂ ⁻	17
2.4.14. Dosage du sodium Na ⁺ et de potassium k ⁺	17

Chapitre III : résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques	19
1.1. La température.....	19
1.2. Le potentiel d'hydrogène pH.....	19
1.3. La conductivité électrique CE.....	20
1.4. Le taux des sels dissous TDS.....	21
1.5. Demande biochimique en oxygène DBO ₅	21
1.6. Matière en suspension MES.....	22
1.7. La turbidité NTU.....	22
1.8. Le calcium Ca ²⁺ et le magnésium Mg ²⁺	23
1.9. Le chlorure Cl ⁻ et le sulfate SO ₄ ²⁻	24
1.10. Le potassium K ⁺ et le sodium Na ⁺	25
1.11. Bicarbonate HCO ₃ ⁻	26

Sommaire

1.12. Le nitrite NO_2^-	26
2. classification hydro-chimique des eaux de garaet hadj Tahar.....	27
2.1. Classification selon piper.....	27
2.2. Classification des eaux selon wilcox.....	28
Conclusion et perspectives.....	29
Références bibliographique	30

Remerciements

Mes vifs remerciement vont d'emblée a Dieu le tout puissant qui m'as doté d'une grande volonté et d'un savoir adéquat pour mener a bien ce modeste travail. Mes remerciement sont adressés également mes chers parentes pour tout les sacrifices consentis a mon égard et leur énorme soutiens.

Je tiens à exprimer aussi mes vifs remerciements à Monsieur Boudeffa K, qui a accepté de présider le jury de soutenance, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde et sincère reconnaissance.

Madame Hadjoudja N. d'avoir fait l'honneur d'accepter et d'examiner et juger ce ttravail.

L'ensemble a nos enseignant, tout le personnel de la faculté des sciences biologique de l'université de 20 août skikdaa 1955 de nous avoir permis d'acquérir notre savoir et nos expériences

A mon encadreur, Mme: Fekrache F. qui ma inculqué une grande confiance, m'a orienté dans le bon sense quant à l'élaboration de ce projet, sa rigueur pour le travail bien fait, ses suggestion pertinente et surtout pour sa patience envers nous.

Je voudrai remercie également Mme Mettalaoui K., chef de service assainissement au niveau de la direction station de traitements des eaux azzaba wilaya de skikda, pour sa disponibilité, sa gentillesse et qui a accepté de m'accueillir en stage au sein de son organisme.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille: mes parents, tous mes proches et mes amis, qui m'ont accompagnée, aidée, soutenu et encouragée tout au long de la réalisation de ce mémoire.



Dédicace

A ma chère mère La plus belle créature que Dieu a Créée sur terre à cette source de Tendresse, de patience et de générosité ! Aucune dédicace ne saurait Être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les Sacrifices que tu n'as cesse de me donner depuis ma naissance, durant Mon enfance et même a l'âge adulte.

A mon cher père la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, pour tous les efforts qu'il a déployés pour mon éducation et ma réussite Aucune dédicace ne Saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai Toujours eu pour vous.

**A mes deux étoiles brillantes mes sœurs : Warda et Fatima*

**A mes frères Hamdi et Amar*

**A mon fiancé Adam*

**A ma deuxième famille : Saïd Samia Nesrine Samah Sefien et Mohammed*

**A mes merveilleux neveux Abd Lbasset, Nafaa ,Mohammed,Tamer Mariya et Lougjayenne .*

**A les meilleures copines du monde Amira Roumaïssa Amina Sabrina Loubna Yousra chourok Kamilia Marwa*

**A mes collegues hanen Manel nardjes*

**A la femme de mon frère : Amira*

Sous peine de ne pas mentionner une personne, ce travail est dédicace a tous les Gens qui m'aiment et qui m'ont encourage.

Maroua N



Dédicace

À ma mère La plus belle créature que Dieu a créée sur terre à cette source de Tendresse, de patience et de générosité ! Aucune dédicace ne saurait Être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les Sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant Mon enfance et même à l'âge adulte.

À mon père la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, pour tous les efforts qu'il a déployés pour mon éducation et ma réussite Aucune dédicace ne Saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai Toujours eu pour vous,

** À mes deux étoiles brillantes mes frères mahdi et sedik*

**À la meilleure copine du monde Amani et Imen*

**À mes collègues Marwa Manel Hanane*

Sous peine de ne pas mentionner une personne, ce travail est dédié à tous les Gens qui m'aiment et qui m'ont encouragé.

Nardjes, F



Dédicace

A ma chère mère La plus belle créature que Dieu a Créée sur terre à cette source de Tendresse, de patience et de générosité ! Aucune dédicace ne saurait Être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les Sacrifices que tu n'as cesse de me donner depuis ma naissance, durant Mon enfance et même a l'âge adulte.

*A mon cher père la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, pour tous les efforts qu'il a déployés pour mon éducation et ma réussite
Aucune dédicace ne Saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai Toujours eu pour vous, Que son âme repose en paix.*

** A mes deux étoiles brillantes mes sœurs : Sihem et Wafa*

**A mon frère unique Azzedine*

**A mes petites adorable nièces Eline et Lina*

**A mes trois neveux anas safwen et le petit islem*

**A les meilleures copines du monde Meriem Malak hayam Amina*

**A mes collègues hianen Marwa nardjes*

Sous peine de ne pas mentionner une personne, ce travail est dédicace a tous les Gens qui m'aiment et qui m'ont encourage.

Manel .S



Dédicace

À ma mère La plus belle créature que Dieu a créée sur terre à cette source de Tendresse, de patience et de générosité ! Aucune dédicace ne saurait Être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les Sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant Mon enfance et même à l'âge adulte.

À mon père la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, pour tous les efforts qu'il a déployés pour mon éducation et ma réussite Aucune dédicace ne Saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai Toujours eu pour vous,

** À mes deux étoiles brillantes mes sœurs : Amel et Wafa*

** À mon frère unique Azzedine*

** À mon fiancé mouhamed nadir*

** À la meilleure copine du monde manel*

** À mes collègues Manel Marwa nardjes*

Sous peine de ne pas mentionner une personne, ce travail est dédié à tous les Gens qui m'aiment et qui m'ont encouragé.

Hanane, CH

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	caractéristique physico-chimique de l'eau	1
2	présentation des points de prélèvement	11
3	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la turbidité	23
4	variation spatiotemporelle des ratios d'absorption du sodium (SAR)	26

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Diagramme de piper	4
2	Diagramme de wilcox	5
3	L'éco-complexe des zones humides de gerbés-Sanhadja	7
4	Situation géographique de garaet hadj Tahar	8
5	Photo de Garaet Hadj Tahar prise en charge en mois de d'avril	8
6	pH mètre	11
7	Conductimètre	12
8	Turbidimètre	12
9	Filtration	13
10	Balance	13
11	DBO-mètre	14
12	Réactif $K_2C_R O_4$	15
13	Réactif $A_g N O_3$	15
14	Virage du jaune à peine brunâtre	15
15	Spectrophotomètre V-780	17
16	Flamme photomètre	18
17	variation spatio-temporelle de la T° du garaet hadj Tahar	19
18	Variation spatio-temporelle du pH de garaet hadj Tahar	20
19	Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique de garaet hadj Tahar	20
20	Variation spatio-temporelle du taux des sels dissous (TDS) de garaet hadj Tahar	21
21	Variation spatio-temporelle de la demande biochimique d'oxygène (DBO ₅) de Garaet hadj Tahar	22
22	Variation spatio-temporelle de la matière en suspension de garaet hadj Tahar	22
23	Variation spatio-temporelle de la turbidité du garaet hadj Tahar	23
24	Variation spatio-temporelle de calcium (Ca^{+2}) et de magnésium (Mg^{+2}) du Garaet hadj Tahar	24
25	Variation spatio-temporelle de chlorure (Cl^-) et des sulfates (SO_4^{-4}) du Garaet hadj Tahar	25
26	Variation spatio-temporelle de potassium (K^+) et de sodium (Na^+)	25

Liste des figures

	de Garaet hadj Tahar	
27	Variation spatio-temporelle du bicarbonate (HCO_3^-) de Garaet hadj Tahar	26
28	Variation spatio-temporelle du nitrite (NO_2^-) de Garaet hadj Tahar	27
29	Diagramme de piper de garaet hadj Tahar	27
30	Aptitude des eaux du Garaet hadj Tahar à l'irrigation selon classification de Wilcox	28

Liste des abréviations

μs	Micro siemens
C°	Degré Celsius
Cm	Centimètre
DBO₅	Demande biochimique en oxygène
K⁺	Potassium
Mg²⁺	Magnésium
Ca²⁺	Calcium
MES	Matière en suspension
Na⁺	Sodium
K⁺	Potassium
NaCl	Chlore de sodium
KaCl	Chlore de potassium
NO₂⁻	Nitrate
pH	Potentiel Hydrogène
SO₄⁻²	Les sulfates
HCO₃⁻	Carbonate
K₂CrO₄	Chromate de potassium
AgNO₃	Nitrate d'argent
BaCl₂	Sulfate de baryum
SAR	Ratio d'absorption du sodium
TDS	Total dissolved solids
TH	Titre hydrométrique
Cl⁻	Chlorure

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la recherche interdisciplinaire sur les écosystèmes aquatiques. Pour évaluer la qualité de l'eau du Garaet Hadj Tahar, l'un des plus grands sites de réserve naturelle au monde. Face à la pollution chimique du complexe Guerbès Sanhadja, nous avons mis en place un ensemble d'analyse physico-chimique pour évaluer sa qualité et son aptitude à l'irrigation. Nous avons effectué trois sorties sur le terrain pendant trois mois (mars-avril-mai 2022), de prélever des échantillons et de faire des mesures physico-chimiques au laboratoire (pH, Température, conductivité électrique, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , turbidité, TDS, MES, DBO_5 , NO_2^- ,)

Tous les paramètres montrent que l'eau du Garaet Hadj Tahar est une eau de qualité saline et qui augmentent pendant la période des pluies grâce à la filtration des terres agricoles voisines et de l'intrusion saline. Cette étude a également révélé que cette eau du lac Hadj Tahar convient à l'irrigation.

Mots clés : qualité de l'eau, complexe Guerbès Sanhadja, écosystèmes aquatique, physico-chimique.

Abstract

This study is part of the interdisciplinary research on aquatic ecosystems. To assess the water quality of Garaet Hadj Tahar, one of the largest nature reserve sites in the world; faced with the chemical pollution of the Guerbès Sanhadja complex; we have implemented at least a complete set of physico-chemical methods to assess its quality and suitability for irrigation. We carried out three field trips for three months (March-April-May 2022) to take samples and make physico-chemical laboratory measurements (pH, temperature, electrical conductivity, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , turbidity, TDS, TSS, BOD_5 , NO_2^- ,) All the parameters specified revealed that the water of the neighbor of Hadj Tahar is saline quality water and low values which increase during the rainy period thanks to the filtration of the neighboring agricultural lands. This study also revealed that this water from Lake Hadj Tahar is suitable for irrigation.

Keywords: water quality, complex Guerbès Sanhadja, aquatic ecosystems, physico-chemical

ملخص

تندرج هذه الدراسة في سياق البحث متعدد التخصصات على النظم الايكولوجية المائية. لتقدير جودة مياه بحيرة حاج طاهر، أحد أكبر مواقع المحمية الطبيعية ذات الأهمية العالمية؛ في مواجهة التلوث الكيميائي في مجمع قرباز-صنهاجة، قمنا بتنفيذ مجموعة من الأساليب الفيزيائية والكيميائية الكاملة على الأقل لتقييم نوعيتها و مدى صلاحيتها للسقي. حيث قمنا ب ثلاث خارجات ميدانية خلال ثلاثة اشهر (مارس افريل ماي) لاختد العينات و اجراء القياسات الفيزيوكيميائية في المخبر (درجة الحموضة درجة حرارة الماء ,الناقلية الكهربائية الكالسيوم, المغنيزيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الكلور, السيلفات ,البيكاربونات, درجة العكورة, مواد معلقة المواد الكلية الذائبة). وكشفت جميع المقاييس المحددة أن مياه بحيرة حاج طاهر انها مياه ذات نوعية مالحة و قيم منخفضة تزداد خلال فترة الأمطار بفضل ترشيع الأراضي الزراعية المجاورة. كما كشفت هذه الدراسة ان هذه مياه بحيرة الحاج طاهر صالحة للسقي.

الكلمات المفتاحية : نوعية المياه ، مجمع قرباز صنهاجة ، النظم البيئية المائية، الفيزيو، كيميائية

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel et doit être protégée, défendue et traitée. Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation, elle est également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Elle est très inégalement répartie sur la planète. Tous les pays auront à court ou à long terme, à faire face au problème de raréfaction. (Methari, 2012)

L'Algérie est riche en zones humides qui jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant poissons et oiseaux migrateurs.

Selon la Direction générale des forêts (DGF) notre pays compte 1451 zones humides composées de 762 zones naturelles et 689 d'origine artificielle. Elles se dessinent par une grande diversité paysagère: lagunes, marais, prairies humides, tourbières, chotts, sebkhas, gueltas et oasis. (<http://www.elmoudjahid.com>).visiter le 22/03/2022

La convention sur les zones humides (plus connue sous le nom de convention de Ramsar), traité intergouvernemental qui a pour mission de conserver les zones humides, le reconnaît. En fait, devenir signataire de la convention sur les zones humides ne signifie pas que l'on s'engage à "protéger les zones humides" mais plutôt l'on entreprend de les utiliser rationnellement (Boumezbeur, 2000).

L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar a été effective en 1984, à ce jour, 42 sites sont classés sur la liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale, couvrant une superficie de 2.958.704 ha représentant 0,78% du territoire national. (Contre 0,02 et 0,08% respectivement pour le Maroc et la Tunisie). (Metallaoui et Houhamdi, 2008)

La Numidie occidentale (Nord Est algérien) représentée par le complexe de Gerbes Sanhadja site Ramsar depuis 02/02/2001, contient 31 sites humides (Samraoui et De Belair 1997), représentée ici par Garaet Hadj Taher (36°51',50 N, 07°15',57 E) située à une vingtaine de kilomètre de la Méditerranée et l'un des plus grands plans d'eau de ce complexe. Ce site joue un rôle primordial dans le maintien de l'avifaune aquatique, elle accueille chaque année plus de 8000 oiseaux d'eau. (Metallaoui et Houhamdi, 2008). L'eau de cet écosystème est sans cesse utilisée par les riverains pour l'irrigation intensive de cultures maraîchères avoisinantes. Le but de ce travail est de déterminer la qualité des eaux de cette zone humide du littoral algérien. Pour atteindre cet objectif, le mémoire sera subdivisé en trois chapitres précédés par une introduction qui décrit l'origine du sujet, les objectifs visés et l'approche méthodologique utilisée pour atteindre l'objectif:

Le premier chapitre du mémoire présente une recherche bibliographique sur la qualité des eaux.

Introduction

Le deuxième sera consacré aux matériel et méthodes d'analyses.

Dans le dernier nous exposerons les résultats obtenues lors de la recherche.

Enfin, le document sera finalisé par une conclusion générale.

Chapitre I

Qualité des eaux

Chapitre I : Qualité des eaux

1. Qualité de l'eau

1.1. Définition

Elle correspond à un ensemble de critères physicochimiques qui définissent le degré de pureté des eaux et par conséquent leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles ou industriels. (Ramade, 2002)

En fonction d'un degré croissant de pollution, les points d'usage concerneront en premier lieu la potabilité, puis l'aptitude des eaux de rivières à permettre le développement normal de la faune, ensuite l'impossibilité d'utilisation pour la baignade avec pour conséquence des pertes économiques au plan de tourisme, la perte d'usage agricole relative tant à l'utilisation des eaux pour abreuver les animaux domestiques qu'un degré ultérieur pour l'irrigation. (Ramade, 2002)

1.2. Qualité physico-chimique de l'eau

Tableau 1.Caractéristiques physicochimiques de l'eau.

Qualité	Paramètres
Physique	pH, Conductivité, Température, Turbidité, Matière en suspension(MES)
Chimique	Chlorures (Cl ⁻), Magnésium (Mg ²⁺), Calcium (Ca ²⁺), Demande biochimique en oxygène (DBO ₅), Sodium et potassium (Na ⁺ et K ⁺), Bicarbonate (HCO ₃ ⁻), Les sulfates (SO ₄ ²⁻), Les nitrites (NO ₂ ⁻). Carbonate (CO ₃ ²⁻) TDS (Total Dissolved Solids)

1.2.1. Qualité physique

La plupart des eaux naturelles transportent des éléments minéraux ou organiques en suspension, susceptibles d'obstruer les filtres, les pompes ou les équipements de distribution, de se déposer dans les réservoirs et les canaux et sur les terres irriguées (Soutter et al, 2007).

Les teneurs en sédiments et en substances solubles de l'eau d'irrigation dépendent de son origine. Alors que les cours d'eau contiennent toujours des éléments en suspension, en quantité limitée, des substances en solution, les plans d'eau permettent la sédimentation des particules denses mais offrent fréquemment des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. Les particules minérales, à l'exception des colloïdes, d'argile dispersée, sont retenues facilement par contraste de densité ou par filtration. La petite taille des

microorganismes rend la filtration inopérante si bien qu'elle doit accompagner d'un traitement chimique (Soutter et al, 2007).

1.2.2. Qualité chimique

La qualité chimique des eaux d'irrigation, et plus précisément leur salinité, peut se traduire, dans certains contextes pédoclimatiques, par une accumulation de sels dans la zone racinaire des végétaux et entraîner une profonde modification des propriétés physicochimiques du sol conduisant à la stérilité. Une forte concentration en sels se traduit en effet par un accroissement de la pression osmotique qui rend plus difficile l'extraction d'eau par les plantes et par une dégradation de certaines propriétés du sol (modification de l'état structural, réduction de la conductivité hydraulique, l'accroissement du pH, etc.). A cela, s'ajoute l'effet nocif de certains ions (Cl^- , Na^+ , etc.) (Soutter et al. 2007).

2. Classification hydrochimique des eaux

Plusieurs méthodes ont été définies par divers auteurs pour classer et connaître les différents faciès hydrochimiques des eaux naturelles. Les faciès chimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition des eaux naturelles. La nécessité d'une comparaison aisée, voire une classification hydrochimique des eaux naturelles nécessite l'utilisation des représentations graphiques. (Ahoussi, 2020)

2.1. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est une composante graphique qui permet de visualiser, quantitativement et qualitativement, la composition chimique des eaux. Le procédé consiste à porter les concentrations sur deux triangles (anions et cations) puis à projeter les points représentatifs des échantillons dans un diagramme sous forme de losange qui donne les compositions totales en éléments majeurs et les faciès chimiques des eaux. . (Bourhan, 2010)



Figure 1. Diagramme de Piper.

2.2. Diagramme de Wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium, ce qui justifie l'utilisation d'une deuxième classification des eaux destinées à l'irrigation. Cette classification est celle de Wilcox LV. (1948). Wilcox s'est penché sur ce problème et il a établi un diagramme, qui est une représentation graphique du pourcentage du sodium (% Na) en fonction de la conductivité électrique. Ceci permet de déterminer le risque de salinité des eaux car l'augmentation de la charge en Na^+ influence négativement le développement des plantes. La classification définit cinq classes d'eau : excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise. (Belhadj, 2008). Cette classification est définie selon cette formule :

$$\text{Na}\% = \frac{(\text{Na}^+ + \text{K}^+) * 100}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+)}$$

-Toutes les teneurs sont exprimées en meq/l.

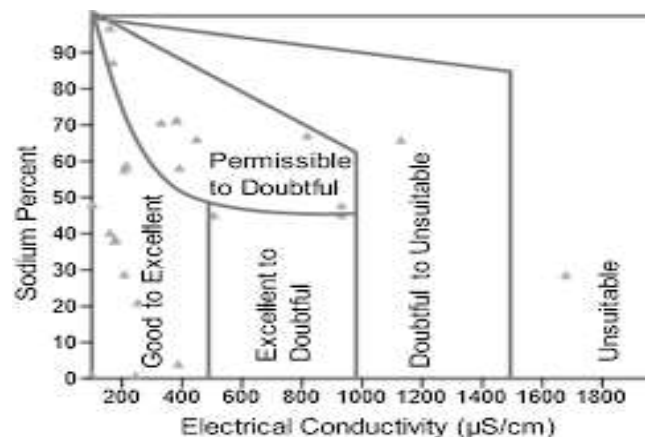


Figure 2. Diagramme de wilcox.

2.3. Le ratio d'absorption du sodium SAR

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation. Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau. La perméabilité des sols sableux peut ne pas se détériorer aussi vite que les sols plus lourds lorsqu'irrigués avec une eau de forte teneur en sodium, cependant un problème potentiel existe. (Couture, 2006)

Chapitre I : Qualité des eaux

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques unes. La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (SAR).

Le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation. (Couture, 2006)

$$\text{(Sodium Absorption ratio), SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

Chapitre II

Matériels et méthodes

Chapitre II : matériels et méthodes

1. Matériel

1.1. Généralité sur le complexe de zones humides du Geurbès Sanhadja

Complexe de zones humides de la plaine Guerbes -Sanhadja ($7^{\circ} 8' E$ à $7^{\circ} 25'E$, $36^{\circ} 46'$ à $37^{\circ} N$). Il s'étend sur une superficie de 42 100 ha. C'est une grande plaine littorale bordée à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaïbi. Le caractère remarquable de la flore et de la faune de cette région a pour origine au moins 3 éléments sa diversité géomorphologique, son rôle de carrefour bioclimatique et le rôle de réservoir hydrique qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et Garaet (marais) de quelques hectares de superficie à quelques dizaines d'hectares. A l'Est et au Sud de ce massif, l'Oued El Kébir et ses affluents, alimentent une série de collections d'eau naturelles ou artificielles. Le contact dunes plaines alluviales a formé des forêts humides (aulnaies) pouvant atteindre 180ha. (Metallaoui, 2010)

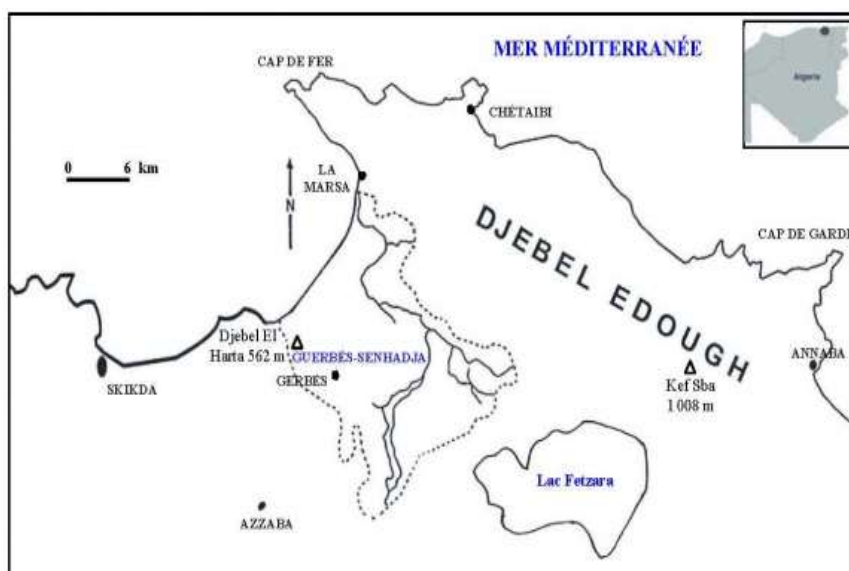


Figure 3. L'éco-complexe des zones humides de Guerbès-Senhadja. (Toubal et al. 2014)

1.2. Présentation du site d'étude

1.2.1. Garaet hadj Tahar

Est un étang côtier de 112 ha désigné comme site Ramsar depuis le 2 février 2001. Ce plan d'eau douce situé à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée présente une forme ovale très allongée. Elle peut rester ainsi tout le long de l'année malgré l'évaporation d'été et le pompage local intensif. (Metallaoui, 2010)



Figure 4. Situation géographique de Garaet Hadj Tahar. (Atoussi et Houhamdi, 2013)



Figure 5. Photos de Garaet Hadj Tahar prise en mois d'avril-2022.

1.3.Géologie, géomorphologie et type de sol

La plaine de Guerbes est formée de deux parties l'une sableuse et l'autre argileuse. (Banderradji, 2000)

1.3.1. La partie sableuse

Elle est développée dans la partie Nord et Nord Est et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée d'Oued El Kébir. Le revêtement demeure simple puisque partout on distingue des dépôts superposés, de bas en haut. Des sables rouges peu argileux présentant des caractères

Chapitre II : matériels et méthodes

d'hydro-morphologie fréquente, lies à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydromorphie remontante. (Benderradji, 2000)

1.3.2. La plaine argileuse

Allongée du Sud Ouest au Sud Est, la plaine argileuse de Ben Azzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin méditerranéen. Elle est drainée par Oued El Kébir Ouest qui coule difficilement dans la vallée. (Joleaud, 1936)

1.4. Caractéristiques hydrologiques de la région de Guerbes

Est caractérisée par un couvert végétal très dense. L'abondance des marécages et la nature géologique des formations litho-stratigraphiques caractérisées par une forte perméabilité due au sable font que cette région recèle un important gisement d'eau souterraine. Le système aquifère de Guerbes est la principale ressource pour la population de la région. Ce système est constitué de plusieurs nappes. Une nappe libre localisée au niveau des formations sableuses, surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions. Les deux nappes se confondent vers l'Ouest. Le principal réservoir se trouve dans les dunes qui reçoivent des précipitations très importantes. Les sources et la majorité des puits se trouvent à la périphérie. Ce massif dunaire est caractérisé par une forte infiltration, elle atteint les 300 mm. (Khemmar, 1981)

D'une manière générale, l'écoulement se répartit en 3 zones principales :

- A l'Ouest, l'alimentation se fait à partir du massif de bordure (Djebel Safia et Sanhadja) et convergent vers Garaet et Oued Dissia qui s'écoulent vers la mer au Nord.
- A l'Est, l'écoulement se fait au centre du massif dunaire de bordure vers Garaet Moussissi et l'Oued El Kebir à l'Ouest.
- Dans la région de Dem El Begret l'écoulement se fait à partir du massif de bordure Djebel Safia vers Garaet Seberka.
- Dans la région de Ben Azzouz, les eaux viennent du massif de Boumaiza et le centre du massif dunaire, il se dirige vers l'Oued El Kebir.

1.5. Exploitation de site

1.5.1. L'agriculture et l'irrigation

Les terres qui entourent le lac sont exploitées par les agriculteurs pour la culture maraîchère (tomate, céréales, pastèque et melon).

L'eau de la Garaet est souvent utilisée pour irriguer des cultures dès le mois d'avril.

Ce qui influe considérablement le niveau d'eau de la garaet à cause du croisement de la période d'irrigation et la saison sèche de ce site. L'équilibre minéral de l'eau de la garaet est

Chapitre II : matériels et méthodes

aussi perturbé suite à l'utilisation excessive de produits chimiques à des fins agronomiques. Durant nos sorties nous avons noté la présence d'une dizaine de pompes sur le long de la Garaet qui irriguaient toute la journée perturbant les populations d'oiseaux d'eau en particulier les Anatidés qui sont les plus nombreuses. (Atoussi, 2008; Merzoug, 2008).

2. Méthodes

2.2.Échantillonnage

Pour éviter les risques de contamination, les flacons d'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Une fois l'échantillon est prélevé, les flacons doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse, Il convient d'être très attentif pour éviter toute contamination accidentelle d'échantillon durant le prélèvement, ce qui implique le respect de règles précises. Ces règles seront différentes selon le point de prélèvement. (Rejsk, 2002). Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes lisibles et indétectables ; L'étiquette doit comporter tous les éléments nécessaires à la bonne exploitation des résultats de l'analyse : numéro, d'ordre, lieu précis, modalités particulières du prélèvement. (Lightfoot, 2002)

Les flacons de prélèvement sont prolongés dans l'eau, nous les ouvrons à une profondeur de 25 à 30 cm, fermé hermétiquement dans l'eau sans laisser des bulles d'air.(Rodier, 2005)

Lors de l'échantillonnage nous avons utilisé une méthode aléatoire simple. Le prélèvement d'eau a été effectué pendant 3 mois (à partir du mois de Mars 2022 jusqu'au mois de Mai2022) dans le site d'étude (Garaet Hadj Tahar); La fréquence d'échantillonnage a été d'un seul prélèvement par mois.

2.3.Matériel du prélèvement

L'analyse physico-chimique, ils sont réalisés dans des flacons propres en plastiques de 1l. La totalité de nos analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau des trois laboratoires (Laboratoire de GL1K Sonatrach Skikda, laboratoire Horizon Annaba, Laboratoire du Génie civil de l'université de 20 aout 1955 Skikda).

Chapitre II : matériels et méthodes

Tableau 2. Présentation des points de prélèvement

Sortie	Points de prélèvement	Date de sortie	Heur de sortie	Caractéristiques
S1	P1	14/03/2022	11h 30	-Utilisation pour l'irrigation des champs agricoles. -Situé au Sud-est de la Garaet.
S2	P2	12/04/2022	12 h	-La présence de végétation
S3	P3	08/05/2022	9 h	-Situé à l'Ouest de la Garaet. -Présence de la végétation

2.4.Méthodes d'analyse

2.4.1.pH

La mesure de pH est effectuée à l'aide d'un pH mètre de paillasse étalonné à la température ambiante grâce à l'eau distillée. La mesure du pH se fait en plongeant la sonde dans l'eau. Les résultats sont affichés sur l'écran.



Figure 6. pH mètre.

2.4.2. Température

La température est mesurée avec la conductivité. La valeur est lue sur l'afficheur du conductimètre. Elle est exprimée en degré Celsius C°

2.4.3. La conductivité électrique

La conductivité est mesurée avec un conductimètre multi-paramètres (conductivité, TDS, température). L'électrode à conductivité est rincée avec l'eau distillée et plongée dans un récipient contenant de l'eau à analyser. Après stabilisation de l'appareil les valeurs sont notées en fonction de la température et exprimées en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 7. Conductimètre

2.4.4. Turbidité

La turbidité de l'eau a été évaluée à l'aide d'un turbidimètre de type Hanna HI8873, et une cuvette d'évaluation de la transparence constituée d'une cuvette de verre incolore contenant la prise d'eau à analyser.

- **Mode opératoire**

- Remplir une cuvette de mesure propre
- Bien essuyer la cuvette avec du papier hygiénique
- Placer la cuvette dans l'appareil
- Relever la lecture de la turbidité directement en (NTU).



Figure 8. Turbidimètre

2.4.5. Les matières en suspension (MES)

- **Principe de mesure**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Chapitre II : matériels et méthodes

- **Matériels**

- Un papier filtre.
- Dispositif de filtration fiole plus entonnoir
- Une étuve
- Une balance analytique.

- **Mode d'opérateur**

Peser les papiers filtres et assembler le dispositif de filtration (papier filtre, fiole plus entonnoir). Après l'agitation de la bouteille, Verser 150 ml (V) d'échantillons sur le filtre. Sécher les papiers filtres dans l'étuve sur une température de 105°C pendant 2 heures. Laisser refroidir puis peser les papiers filtres plus les matières en suspension à l'aide d'une balance analytique.



Figure 9. Filtration



Figure 10. Balance

Expression des résultats La teneur de l'eau en matières en suspension exprimée en mg/l, elle est calculée selon la formule suivante :

$$MES = (M1 - M2) * 1000 / V$$

MES : La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) ;

M1 : Masse du papier filtre avant utilisation (mg) ;

M2 : Masse du papier filtre plus les matières en suspension (mg) ;

V : Volume d'échantillon (ml).

2.4.6. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) dans l'eau a été réalisée à l'aide d'un DBO-mètre.

- **Mode d'opérateur**

On prend 244 ml d'échantillon d'eau à analyser.

Chapitre II : matériels et méthodes

- Agiter bien l'échantillon d'eau et laisser reposer ou filtrer pour l'homogénéiser.
- Mesurer avec exactitude le volume de l'échantillon à analyser.
- Pour inhiber tout processus de nitrification, ajouter 5 gouttes de l'inhibiteur de nitrification (ATU).
- Introduire un barreau magnétique d'agitation propre dans chaque bouteille d'échantillon.
- Ajouter 4 gouttes de solution de KOH (45%) dans la corbeille et l'insérer dans la bouteille. La solution de KOH sert à absorber le CO₂ produit par l'activité bactérienne.
- Placer l'ensemble (bouteilles et agitateur) dans un environnement contrôlé (température = 20°C) pendant 5 jours. Démarrer l'opération de mesure de la DBO₅.



Figure 11. DBO mètre.

2.4.7. Les solides totaux dissous TDS

Les solides totaux dissous (TDS) ont été déterminés à l'aide d'un conductimètre électrique de laboratoire qui permet de mesurer également la conductivité électrique et la salinité. Ils sont exprimés en mg/l d'eau.

2.4.8. Dosage des Chlorures (Cl⁻)

- **Principe**

Les ions chlorures sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO₃). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K₂CrO₄) qui, en présence d'un excès d'ions argent, forme un précipité rouge (Rejsek, 2002).

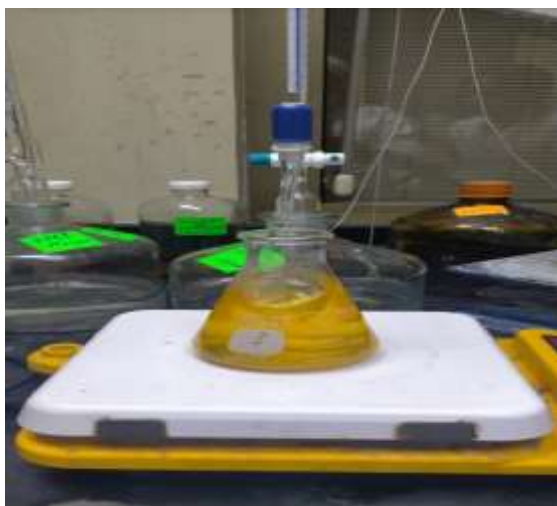


Figure 12. Réactif K_2CrO_4

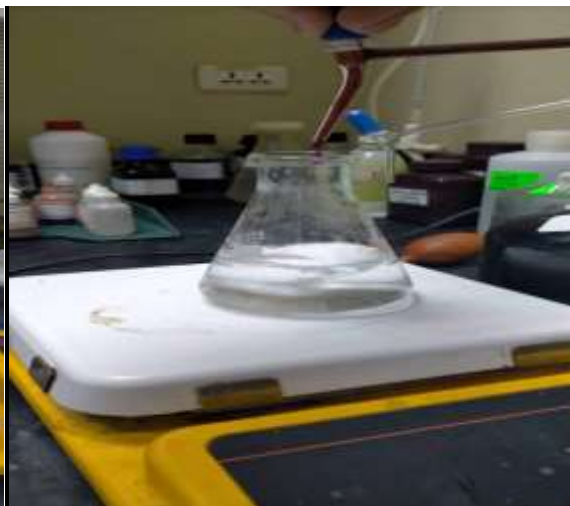


Figure 13. Réactif $AgNO_3$

- **Mode opératoire**

- Dans une fiole conique de 250 ml filtrée 100 ml d'eau
- Ajouter une petite quantité de la poudre de chromate de potassium.
- Le mélange est titré par une solution de nitrate d'argent (0.1 N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre.
- Le volume (V) de nitrate d'argent ($AgNO_3$) versé (ml).



Figure 14. Virage du jaune citron à peine brunâtre.

2.4.9. Dosage du Calcium (Ca^{2+})

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution de NaOH et quelques graines d'indicateur coloré
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage de la rose violet
- Soit V le volum de la solution d'EDTA versé.

Expression du résultat :

Chapitre II : matériels et méthodes

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ mg/l} = V_{\text{EDTA}} * F * 8$$

F : le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique

2.4.10. Dosage de Magnésium (Mg^{2+})

- introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution de NaOH a pH=10 et une pincée de noir Eurichrome T.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu (V2).

Expression du résultat :

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/l} = (V_2 - V_1) * F * 4.8$$

F : le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique

2.4.11. Détermination de la dureté totale

La dureté totale d'une eau ou titre hydrométrique (TH) est la somme des cations alcalinoterreux présents dans l'eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium.

2.4.12. Détermination des sulfates SO_4^{2-}

Le principe a été basé par : du fait que les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl_2

• *Mode opératoire*

- On a pris 20 ml d'eau analyser et compléter à 100 ml d'eau distillé,
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante, puis 2 ml de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn
- Passer au spectrophotomètre à un longueur d'onde de 420nm.

Expression du résultat :

$$\text{SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} * \text{facteur de la dilution}$$

2.4.13. Détermination de NO_2^-

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactive mixte.
- Attendre 10 min.

L'apparition de la coloration rose indique la présence de NO_2^-

Effectuer la lecture 343 nm avec un spectrophotomètre.



Figure 15. Spectrophotomètre V-780

2.4.14. Dosage du sodium et de potassium

Le dosage est effectué à l'aide d'un flame photomètre.

Mode opératoire

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (power);
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz;
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "Ignition" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affinage "FLM" en rouge sur l'écran;
- Pipette d'eau distillée remplie dans une cuvette;
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée;
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank";
- Laisser se stabiliser 5 à 10 min;
- Une fois qu'elle se stabilise à 0, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 10 mg/l;
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE";
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000);
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une autre remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10); Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée;
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable;

Chapitre II : matériels et méthodes

- A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 16. Flame photomètre.

Chapitre III

Résultats et discussions

1. Résultats des analyses physicochimiques

1.1. La température

D'après les résultats de la figure (17) la température nous a permis de constater que ce paramètre varie entre une valeur maximale de 20.5 C° lors du prélèvement du moi de mai et une valeur minimale de 17.6 C° du moi de mars. Ces variations de la température sont dues principalement aux conditions climatiques.

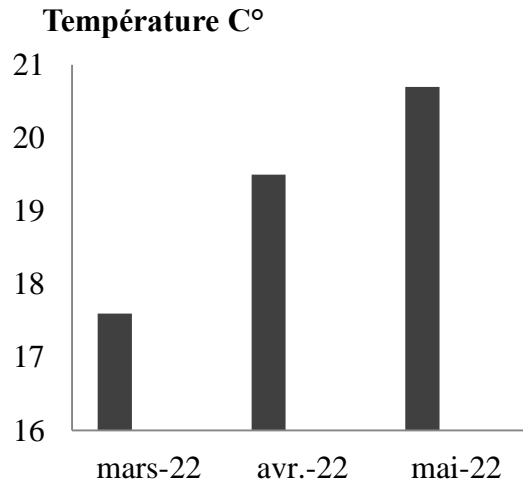


Figure 17. Variation spatio-temporelle de la température du Garaet hadj tahar .

1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH influence de la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques. C'est un facteur limitant, pour un pH inférieur à 4.5 ou supérieur à 10, une toxicité pour les organismes vivants est à noter. Une valeur maximale noter pendant le mois de mars, et une valeur minimale noter pendant le mois de mai. Les valeurs du pH mesurées durant tous les prélèvements montrent que toutes les valeurs s'échelonnent entre 8.12 et 7.27, ce qui indique que les valeurs du pH ne dépassent pas la norme (6.5-8.5).

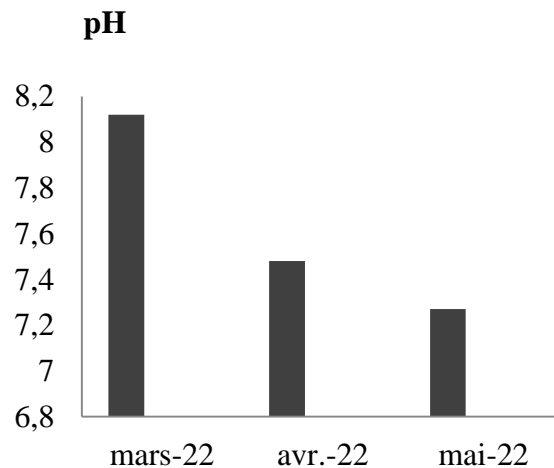


Figure 18. Variation spatio-temporelle de pH de Garaet hadj tahar.

1.3. La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Elle est proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau, donc La conductivité électrique montre le degré de minéralisation d'une eau. Elle est conditionnée par la présence des espèces ionique en solution. Une conductivité élevée traduit une salinité élevée. Les valeurs de La conductivité électrique observée dans l'eau du Garaet hadj tahar durant les trois mois varie entre 1612 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1810 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Figure 19).cela qui indique que les valeurs de la conductivité électrique dépassent la norme (700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$).et distinguée comme une eau fortement minéralisées (eaux salées).ces augmentation est due probablement a Les roches qui se décomposent plus facilement.

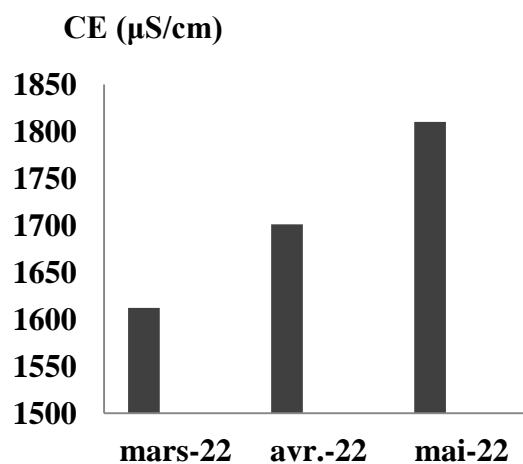


Figure 19. Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique de Garaet hadj tahar.

1.4. Le taux des sels dissous (TDS)

Ils sont constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces corps dissous ont pour origine :

- Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes;
- L'apport des eaux usées des villes et des unités industrielles.

Selon (Figure 20) on constate qu'il y a une variation temporelle. La valeur maximale est enregistrée pendant le mois de mai (887 mg/l), alors que le minimum est noté durant le mois de mars (790 mg/l). Ceci est principalement dû à la dilution des éléments. Selon ces résultats suivants, nous concluons que les valeurs du taux des sels dissous ne dépassent pas la norme (450mg/l-2000mg/l).

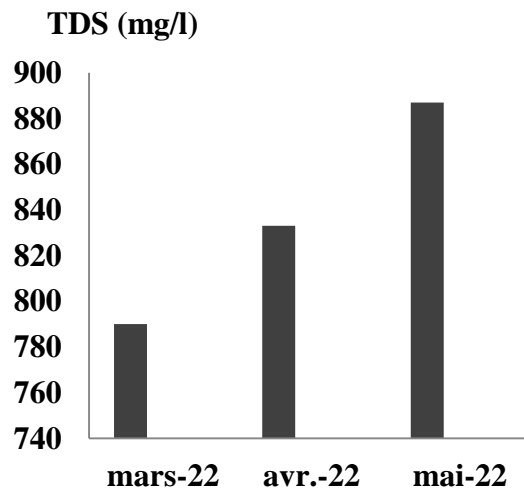


Figure 20. Variation spatio-temporelle du taux des sels dissous (TDS) de Garaet hadj tahar.

1.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées varient entre 5 et 16 mg/l, Les valeurs élevées de la DBO₅ sont liées à la dégradation de la matière organique par les microorganismes. Ce phénomène est favorisé par l'augmentation de la température, et a résulté une diminution de l'oxygène dissous. La diminution de la DBO₅ est probablement due à l'effet de pluie qui contribue à la dilution de l'eau et par conséquent la réduction du nombre des microorganismes. Selon les résultats suivants nous concluons que les valeurs du DBO₅ ne dépassent pas la norme (30 mg/l).

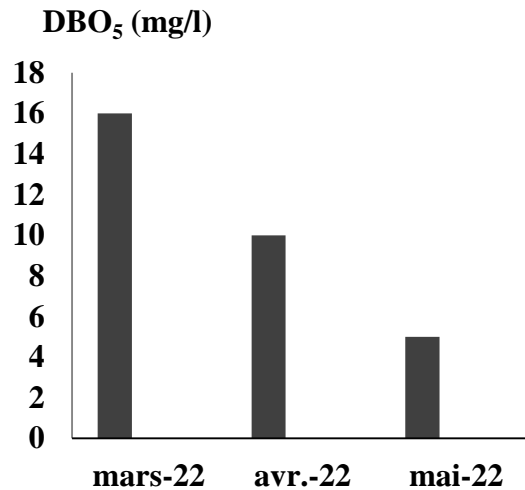


Figure 21. Variation spatio-temporelle de la Demande biochimique en oxygène (DBO₅) de Garaet hadj tahar.

1.6. Matière en suspension (MES)

La teneur de l'eau en MES oscillent entre 10-12 mg/l. Ces variations de la teneur de l'eau peuvent être dues à l'augmentation de la précipitation qui occasionne cette augmentation de la teneur en matière en suspensions et à la nature du marais étudié. Les valeurs moyennes de MES sont inférieures à 30 alors, l'eau de Garaet Hadj Tahar est de qualité normale.

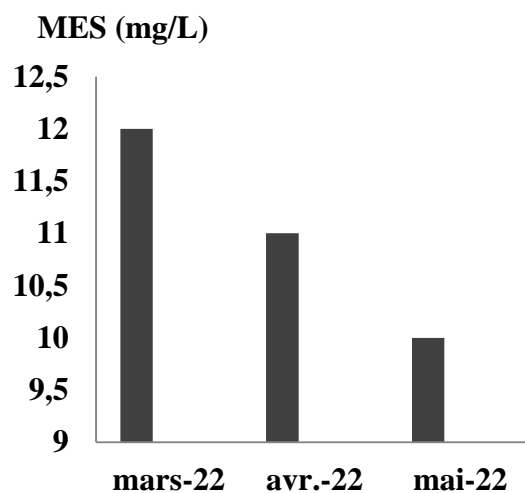


Figure 22. Variation spatio-temporelle de la Matière en suspension (MES) de Garaet hadj tahar.

1.7. La Turbidité (NTU)

La turbidité d'une eau est due à la présence des MES finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matière organique etc..... La turbidité varie au cours de l'étude de 10 NTU à

Chapitre III : Résultats et discussion

30NTU. Cette diminution semble être due à la diminution de la pluviométrie et la consommation des matières organiques et inorganiques par les végétaux aquatique.

Le graphique de la variation mensuelle montre un pic de turbidité au niveau de la retenue pendant le mois de mars. Ce qui probablement due aux conditions climatique (les vents, fortes pluies).

L'eau de Gareat était de qualité acceptable selon la grille de la qualité des eaux de surface.

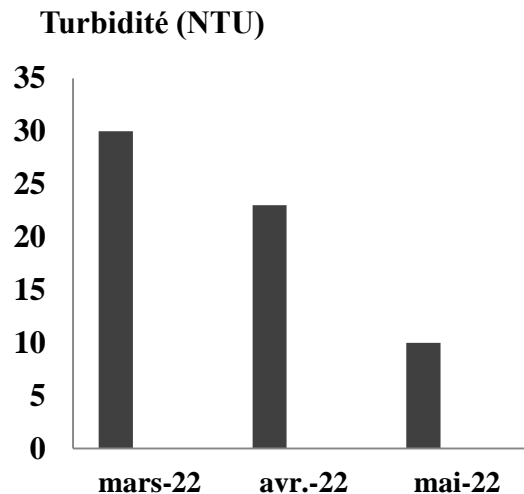


Figure 23. Variation spatio-temporelle de la turbidité de Garaet hadj tahar.

Tableau 3. Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la turbidité

Turbidité (NTU)	Classe
<25	Bonne
25à30	Acceptable
30à35	Médiocre
>35	Excessivement polluée

1.8. Le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+})

Le calcium est un élément extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Ses sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. Comme montre (la figure 24), il y a une variation temporelle. Le maximum est enregistré pendant le mois de mai (89.36 mg/l) tandis que le minimum est enregistré pendant le mois de mars (25.6mg/l). La diminution de la teneur en calcium durant cette période (mars), est expliquée par la précipitation précoce des minéraux calcique, ou l'occurrence de la calcite.

Chapitre III : Résultats et discussion

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature. (Petolon et Ziesman, 1998). La valeur maximale enregistrée pendant le mois de mai (56.45 mg/l) et une valeur minimale de (43.3 mg/l) pour le mois d'avril. Nous remarquons que la variation de cet élément n'est pas significative (ne dépassent pas la norme=...). Ce sont des valeurs dites acceptable.

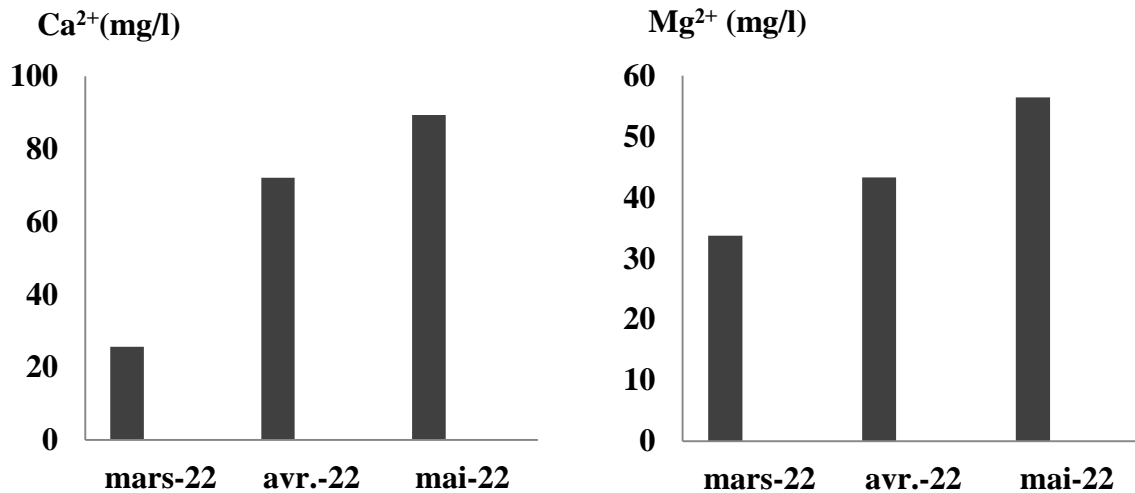


Figure 24.variation spatio-temporelle du calcium et de magnésium de Garaet hadj tahar.

1.9. Le chlorure (Cl⁻) et le sulfate (SO₄²⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques contenus en concentrations variables dans les naturelles, sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl).

Les eaux de Garaet Hadj Taher présente des teneurs en chlorures variant dans le temps, dont la teneur la plus élevée a été enregistrée au mois de Mai 390 mg/l, Ainsi que la valeur la plus faible a été mesuré pendant le mois d'Avril 280 mg/l, Ceci est due à la dilution des éléments.

En se référant à la norme française 100 mg/l (Rejsek, 2002), les eaux de Garaet présente d'une manière générale des valeurs plus élevées pendant les deux mois (mars 360mg/l et mais 390mg/l).donc ces résultats suivants ont dépassé les normes (350mg/l). Ceci est due probablement à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées.

Les ions sulfates (SO₄²⁻) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium.

On constate qu'au niveau du garaet, les valeurs des sulfates oscillent entre 11 mg/l enregistrée pendant le mois de mai et un maximum de 49 mg/l, enregistrée durant le mois de mars. Ce dernier elle peut avoir comme origine l'oxydation chimique ou biologique d'autres composés soufrés, en sulfate. Donc ces résultats ne dépassent pas la norme (500mg/l)

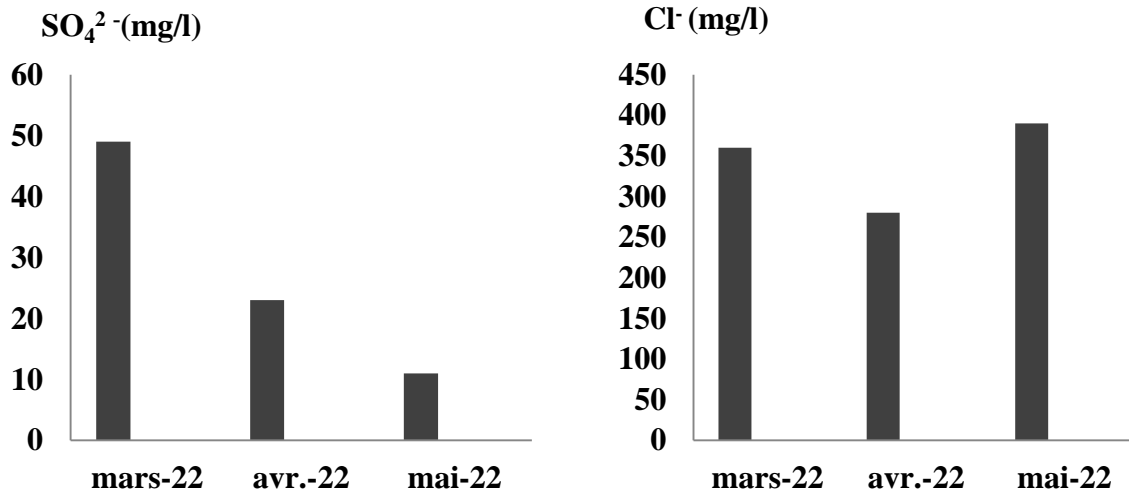


Figure 25. Variation spatio-temporelle des chlorures (Cl^-) et des sulfates (SO_4^{2-}) de Garaet hadj tahar.

1.10. Le potassium (K^+) et le sodium (Na^+)

Le sodium est un élément, très abondant ne se rencontre pas naturellement à l'état natif mais, toujours associé à d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates,...). L'omniprésence du sodium et la grande solubilité de ses sels expliquent qu'il se retrouve dans la majorité des eaux (souterraines et de surface) (Petolon et Ziesman, 1998).

La figure (26) expose des valeurs de sodium oscillant entre (205 mg/l de 2015 mg/l).

Le potassium est un élément naturel des eaux. La valeur maximale enregistrée pendant le mois de mars (105 mg/l), et une valeur minimale de (40 mg/l) pendant le mois de mai.

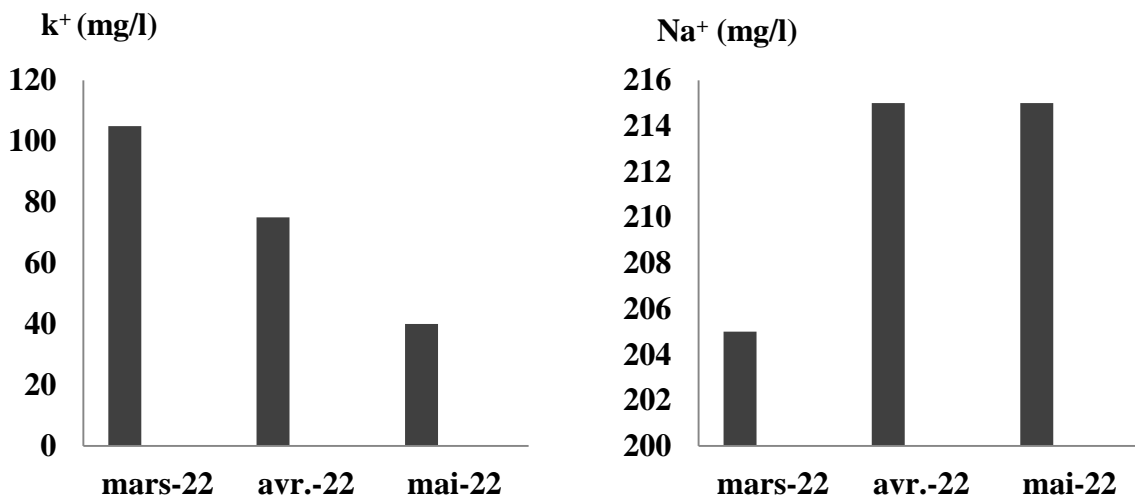


Figure 26. Variation spatio-temporelle du potassium (K^+) et le sodium (Na^+) de Garaet hadj tahar.

1.11. Bicarbonate (HCO_3^-)

Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique. Au niveau de la Garaet, la valeur maximale de bicarbonate sont enregistrée pendant le mois mai (204.96 mg/l) et une valeur minimale enregistrée pendant le mois d'avril (182.2 mg/l). Donc ces résultats suivants ne dépassent pas les normes (518mg/l).

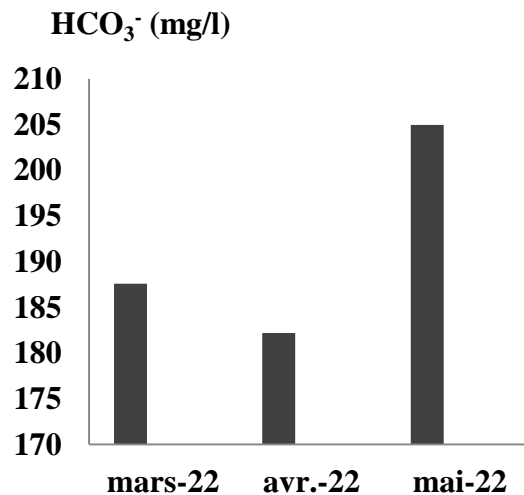


Figure 27. Variation spatio-temporelle du bicarbonate (HCO_3^-) de Garaet hadj tahar.

Une forte teneur en bicarbonate (HCO_3^-) augmente la valeur du S.A.R (environ >3-4 meq/l ou >180-240 mg/l).

Tableau 3. Variation spatiotemporelle du ratio d'absorption du sodium (SAR).

mois	S.A.R (mg/l)
Mars-2022	26.62 mg/l
Avril-2022	20.01mg/l
Mai-2022	17.80mg/l

Selon les résultats suivants l'eau de Garat hadj tahar n'est pas en danger de la salinité et du risque d'alcalinisation des sols.

1.12. Le Nitrite (NO_2^-)

La teneur de l'eau en nitrites oscille entre (0.14 mg/l - 0.26 mg/l), nous avons noté que la concentration des nitrites est très faible et inférieure à celle des nitrates, Les faibles concentrations en nitrites rencontrées peut être expliquer par le fait que l'ion nitrite (NO_2^-) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est

Chapitre III : Résultats et discussion

généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium. (Salama et al, 2012). D'après les résultats précédents la teneur en nitrite d'eaux du Gareat ne dépassent pas les normes (<1mg/l) et de qualité bonne.

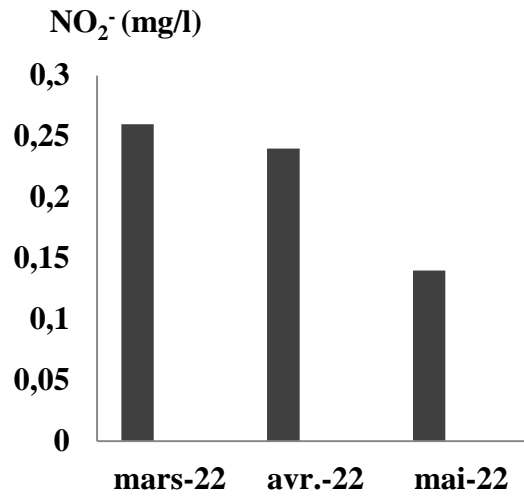


Figure 28. Variation spatio-temporelle du Nitrite de Garaet hadj Tahar.

2. Classification hydro-chimique des eaux de garaet hadj tahar

2.1. Classification selon piper

La classification des eaux de Garaet hadj tahar selon les analyse chimiques effectuées pendant les trois mois (mars-avril-mai 2022) dans le diagramme de Piper montre que Le faciès chimique pour les 3 campagnes est de type chloruré-sodique (Cl-Na).

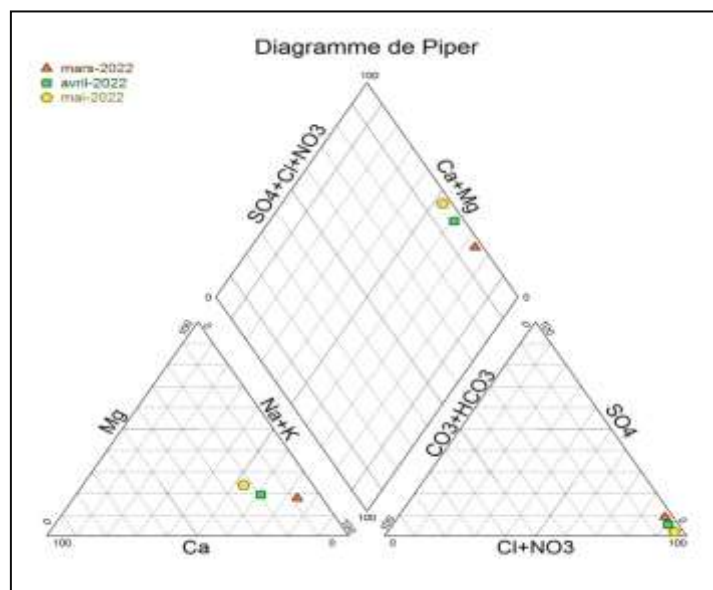


Figure 29. Diagramme de Piper des eaux de Garat hadj Tahar de Garaet hadj Tahar.

2.2. Classification des eaux selon wilcox

Pour arriver à ressortir l'aptitude des eaux à irriguée des périmètres cultivés, il est impératif d'appliquer le diagramme de Wilcox pour classer ces derniers.

L'observation du diagramme de Wilcox (Figure 30) montre que les eaux de Garaet hadj tahar est admissible a l'irrigation.

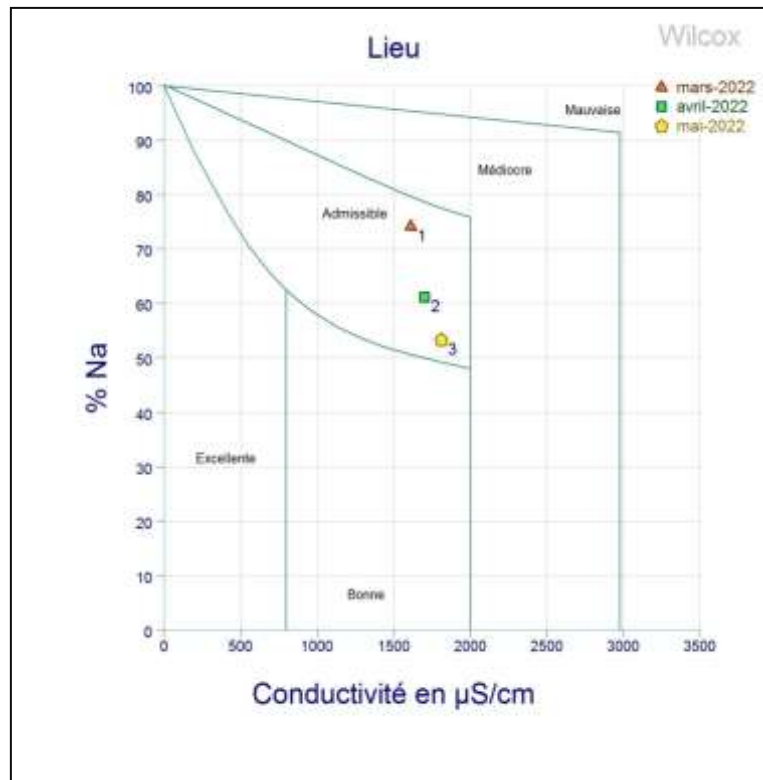


Figure 30. Aptitude des eaux de Garaet hadj Tahar à l'irrigation selon la classification de Wilcox de Garaet hadj tahar.

Conclusion et perspectives

Les écosystèmes aquatiques algériens classés site Ramsar sont très banalisés. Leur fonctionnement et leur hydrologie tributaires souvent des conditions climatiques permettent durant certaines périodes de l'année (périodes des hautes températures, principalement en été) l'installation et la prolifération de microorganismes pathogènes. Nous avons essayé dans le cadre de cette étude de déterminer la qualité physico-chimie de Garaet Hadj Tahar un des lacs du complexe de zones humides de Guerbès-Sanhadja. Les prélèvements des analyses ont été faits en deux périodes, le mois de mars considéré comme périodes des crues et le mois d'avril et mai début de la période d'étiage. Les résultats des analyses physico-chimiques montrent une différence notable des teneurs de l'eau de chaque paramètre mesurée durant la période d'étude. L'eau de Garaet Hadj Tahar présente une conductivité électrique et concentration en chlorure élevé qui montre que cette eau est salée. Le complexe de zones humides de Sanhadja à vocation agricole, une activité qui demande beaucoup d'eau afin de subvenir aux besoins des diverses cultures. L'eau destinée à l'irrigation doit présenter des caractéristiques physico-chimiques tolérables par les plantes. Dans le but d'étudier la qualité des eaux de Garaet Hadj Tahar à l'irrigation, on a fait recours au diagramme de Wilcox, cette méthode montre que dans l'ensemble, les eaux de cette garaet conviennent à l'irrigation des diverses cultures. Cependant, on note quelques endroits où ils donnent une eau ne convenant qu'à l'irrigation de certaines plantes tolérantes au sel où la salinité des eaux doit être contrôlée. Aussi pour déterminer le faciès chimique de cette garaet nous avons utilisé le diagramme de piper qui nous a montrés que Le faciès chimique pour les 3 campagnes est de type chloruré-sodique (Cl-Na).

De manière général, le garaet est écologiquement appréciable par rapporta aux autres écosystèmes aquatiques du nord-est de l'Algérie. D'après les résultats réalisés sur la qualité des eaux du garaet en résulte qu'est en détérioration lente ce qui influe négativement sur la qualité biologique et écologique de ce système aquatique qui se dégrade progressivement.

La diversité biologique les bienfaits des zones humides loisirs et tourisme et une valeur culturelle sur, il doit les gérer avec beaucoup d'attention et de conscience afin d'assurer leur pérennité

Références bibliographique

- Atoussi S., Bara M., et Houhamdi M. (2013). Phenology and Diurnal Behavior of the Tufted Duck *Aythya Fuligula* in Garaet Hadj Tahar (Occidental Numidia, Northeast Algeria). Thèse de Doctorat. Biology, Water & Environment Laboratory, SNV-STU Faculty, University 8 Mai 1945 Guelma (Algeria).
- Belhadj MZ. et Boudoukha A, (2008). Qualité des eaux de surface destinée à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation au niveau de la ville de Skikda Cas De Pollution Par Le Plomb. Séminaire national de l'interaction biologie environnement (SNIBE), qui s'est déroulée à l'université de Skikda.
- Benderradji M. L., (2000). Les milieux humides de l'extrême Nord-est algérien de Guerbes aux confins Algéro-Tunisiens: Ecogéographie et aménagement. Thèse de doctorat d'état. Univ. Mentouri-Constantine. 497.)
- Boumezbeur A., (2000). Atlas des zones humides algériennes. DGF. 68p.
- Bourhan A., (2010). Discrimination de l'origine de la salinité des masses d'eau souterraine: contexte hydrogéologique et méthodes d'étude, Géosciences Réunion, BRGM, Univ. Avignon; 108 p
- Couture I., (2006). Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en microirrigation Colloque sur l'irrigation l'eau, source de qualité et de rendement 10 février 2006, Hôtel Mortagne, Boucherville.
- Joleaud L., (1936). Etude géographique de la région de Bône et la Calle. Bull. Serv. Carte Géol de l'Algérie. 2ème série stratigraphique. Description générale. 185p.)
- Khemmar C., (1981) – Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'Oued El Kebir Ouest (wilaya de Skikda Algérie). Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Univ de Grenoble. 181p.
- Lightfoot N.F., (2002). Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. 387 p.
- Merzoug A., (2008). Comportement diurne du Canard chipeau *Anas strepera* et de la Foulque macroule *Fulica atra* hivernant à Garaet Hadj Taher (wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 85p.
- Metallaoui S. et Houhamdi M., (2008). Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj Taher (Skikda, nord-est algérien). ABC Bull Vol 15 (1) : 71-76.
- Metallaoui S., (2010). “ Écologie de l'avifaune aquatique de Garaet Hadj- Tahar (Numidie occidentale). ” Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 4-5-52-120p
- Ozenda P., (1982). “ Les végétaux dans la biosphère. Paris (France) ” Doin. 431 p.

Références bibliographique

- Methari MS., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par les procédés mixte cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de Doctorat en agronomie, Option génie des procédés, Université de Tizi-Ouzou, Algérie.
- Potelon J.L. et Zysman K., (1998). Le guide des analyses de l'eau potable, "La lettre du cadre territoriale", S.E.P.T Voiron, Cedex. 253 p.
- Ramade F., (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, 2ème édition, Dunod, Paris. 1075 p.
- Rejsek F., (2002). Analyse des eaux, Tec et Doc. 358p
- Rejsek F., (2002). Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques, Scérén, 360p.
- Rodier J. et col, (2005). L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Résiduaires, Eau de mer, 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 1383p.
- Salama Y., (2012). Evaluation physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'El Jadida (Maroc), Science Lib .Editions Mersenne, Volume 4 N ° 120906 .ISSN 2111-4706.
- Sayad L., (2008). Qualité physico-chimique et bactériologie des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (wilaya de Taraf). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 125p.
- Soutter M., Mermoud A. et Musy A., (2007). Ingénierie des eaux et du sol, processus et aménagement, Prosses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 294 p.
- Toubal O., Boussehaba A., Toubal A. et Samraoui B., (2014). Biodiversité méditerranéenne et changements globaux, cas du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadjia (Algérie), Physio-Géo.19p.

Webographie

(<http://www.elmoudjahid.com>).visiter le 22/03/2022.