



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

Intitulé :

Contribution à l'étude de la pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique : Cas de la zone humide de Medjana, Wilaya de Bordj Bou Arreridj

Présenté par :

LAHOUBI Ferial & RAHMOUNI Afaf

Soutenu le / /2022, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	M ^{me} REGOUI Chelbia	M AA	Université de B.B.A.
Encadrant :	M .ALIAT Toufik	MCA	Université de Khenchela
Co- Encadrant :	M ^{elle} .FERAHTIA Amel	Docteur	Université de B.B.A.
Examineur :	M. BENSOUILAH Taqiyeddine	MCA	Université de B.B.A.

Année Universitaire 2021/2022

Remerciement

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné la force, l'intelligence et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions sincèrement Dr.ALIAT Toufik, d'avoir accepté de nous encadrer, et pour ses conseils et ses orientations.

Un spécial merci pour Dr. FRAHTIA Amel notre Co-promotrice Pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, Ainsi pour son inspiration, aide et son suivi, nous disons merci.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury la présidente Dr.REGOUI CHELBIA et l'examineur Dr. BENSOUILAH TAQIYEDDINE qui ont accepté d'évaluer notre travail et de nous avoir honorés pour leur présence.

Merci aussi à nos professeurs à qui on s'exprime tous nos respects Et profonde gratitude.

Aussi, nous présentons notre reconnaissance à tous les ingénieurs des laboratoires de SNV Bordj Bou Arreridj qui nous a conseillé et soutenu le long de la réalisation de ce travail.

Et J'adresse mes profonds remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents qui me sont très chers en témoignage à leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection.

Je dédie aussi :

A mes chères sœurs Samiha, Nora et Niema, mes frères Ilyes, Chamseddine, Mohamed Ezine, Zakaria, Lokmane et mon chère Adem.

Et à toutes personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Afef

Dédicace

Aujourd'hui et après toutes ces années, c'est le fruit de cinq ans, J'ai l'honneur, mais surtout le plaisir de dédier ce modeste travail à toutes les personnes qui m'aiment, qui croient en moi. À mes chers parents qui éclairent mon chemin, qui ont souffert nuit et jour pour nous couvrir de Leur amour. A mon père pour son patient avec moi et son encouragement ; A ma source de bonheur, la prunelle de mes Yeux, ma mère ; Que le bon ALLAH vous garde en bonne santé. À mes très chères sœurs, toutes mes amies qui occupent une grande place dans mon cœur.

Ferial

Liste des abréviations

A .G . R.F.U : Agence de Gestion et de la Régulation foncières Urbaines .

ADE : Algérie des eaux.

AgNO₃ : Le nitrate d'argent.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

BCPL : Bromocresol Purple Lactose Agar

BBA : Bordj Bou Arreridj.

CE : Conductivité Electrique

HCO₃⁻ : Bicarbonates

°C : Degré Celsius

CMS : Centre météorologique station de BBA

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène .

DCO : la demande chimique en oxygène

D/C : Double Concentration.

DGF : Direction Générale des forêts

DRE : Direction de Ressource en Eau

DSA : Direction des Services Agricoles

EDTA : Ethylène Diamine Tétracétique

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GPS: Global Positioning System

IPO :L'indice de la pollution organique

JO : Journal Officiel

MES : Matière En Suspension

µs/cm : Micro-siémens par centimètre

mg.L-1 : Milligramme par litre

Liste des abréviations

NPP : Nombre Plus Probable

NTU : unité de turbidité néphélométrique

NH₄ : Ammonium.

P : Précipitation

pH : Potentiel hydrique

Rothe : Bouillon Glucosé à l'acide de sodium

TA : le titre alcalimétrique

TAC : le titre alcalimétrique complet

T : Température.

TH : La dureté Totale (Titre hydrotimétrique)

TDS : Total des solides dissous

UFC : Unité Formant Colonie.

Chapitre I

Tableau I. Répartitions moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (1988 2018).....	08
Tableau II. Températures moyennes annuelles (en C°) pour la série entre (1988-2018).....	09
Tableau III. Valeurs de l'indice d'aridité.....	10
Tableau IV. L'étage bioclimatique pour la région de BBA.....	11
Tableau V. Répartition des terres et l'effectif animal de la commune Medjana.....	12
Tableau VI . Consistance physique de la zone d'activité de Medjana	13
Tableau VII . Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE	21
Tableau VIII : Classes de l'Indice de pollution organique (IPO).....	21

Chapitre II

Tableau IX : Variation de l'indice de pollution organique (IPO) dans les stations de la zone humide d'El Hamman.....	42
Tableau X : La Corrélacion de Pearson entre les différents paramètres physico chimiques des eaux.....	43

Chapitre I

Figure 1 : Localisation et situation Géographique de la zone humide d' El Hammam.....	4
Figure 2 : Carte hydrographique de la zone humide d' El Hammam.....	5
Figure 3 : Carte géologique du sous bassin de la zone humide El Hammam	6
Figure 4 : Carte pédologique du sous bassin de la zone humide El Hammam.....	7
Figure 5 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de BBA (période 1988-2018).....	8
Figure 6 : Régime saisonnier de la Wilaya de BBA période (1988-2018)	9
Figure 7: Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la région de BBA.....	10
Figure 8 : Positionnement de la station de BBA dans le climagramme d'Emberger.....	12
Figure 9 : Localisation des points de Prélèvements de la zone humide d' El Hammam.....	14

Chapitre II

Figure 10 : Variation de la Température dans la zone humide d'El hammam	23
Figure 11 : Variation de la Potentiel Hydrique dans la zone humide d'El hammam.....	24
Figure 12: Variation de la Conductivité électrique dans la zone humide d'El hammam.....	25
Figure 13 : Variation de TDS dans la zone humide d'El hammam.....	26
Figure 14 : Variation de la Salinité la zone humide d'El hammam.....	27
Figure 15 : Variation des bicarbonates la zone humide d'El hammam.....	28
Figure 16 : Variation des chlorures la zone humide d'El hammam.....	29
Figure 17: Variation des MES dans la zone humide d'El hammam.....	30
Figure 18: Variation de la turbidité dans la zone humide d'El hammam.....	31
Figure 19 : Variation de la dureté Totale dans la zone humide d'El hammam.....	32
Figure 20: Variation d'ammonium dans la zone humide d'El hammam.....	33
Figure 21: Variation des Nitrates dans la zone humide d'El hammam.....	34
Figure 22: Variation des Nitrites dans la zone humide d'El hammam.....	35
Figure 23 : Variation d'ortho-phosphates dans la zone humide d'El hammam.....	36
Figure 24 : Variation de la DBO ₅ dans la zone humide d'El hammam.....	37
Figure 25 : Variation de la DCO dans la zone humide d'El hammam.....	38
Figure 26: Variation des coliformes Totaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.....	39
Figure 27: Variation des coliformes Fécaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.....	39
Figure 28: Variation des streptocoques fécaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.....	40
Figure 29 : Variation Spatiale de L'IPO dans la zone humide d'El hammam.....	42
Figure 30 : Répartition des stations dans le plan factoriel F1 X F2.....	46
Figure 31 : Cercle de corrélation des différentes variables selon le plan F1 x F2.....	46

Introduction	1
Chapitre I :présentation de la zone d'étude et matériel et méthode	
I. Présentation de la zone d'étude	
I.1.Situation géographique	4
I.2.Cadre hydrologique.....	5
I.3.Cadre géologique.....	5
I.4.Cadre pédologique.....	6
I.5. Cadre climatique.....	8
I.6. Synthèse climatique.....	10
I.6.1. Les indice climatique.....	10
I.6.1.1. Indice de de MARTONNE Ia1926.....	10
I.6.1.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957).....	10
I.7. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude.....	11
I.7.1 Quotient Pluviométrique d'Emberger	11
I.8Le cadre socio-économique	12
I.9 Menaces écologiques et environnementales.....	13
I.10. Matériel et méthodes.....	13
I.10.1. Echantillonnage	13
I.10.2.Techniques de prélèvement.....	14
I.10.3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau	15
I.10.3.1. Analyses physico-chimique de l'eau	15
I.10.3.1.1. Mesures sur terrain	15
I.10.3.1.2.Analyse et dosage au laboratoire	15
I.10.3.1.2.1.Détermination de Turbidité (NTU).....	15
I.10.3.1.2.2.Matières en suspension (MES)	15
I.10.3.1.2.3. Dosage des chlorures	15
I.10.3.1.2.4. Dosage La Dureté Totale.....	15
I.10.3.1.2.5. Détermination de l'alcalinité (HCO ₃ ⁻).....	16
I.10.3.1.2.6. Dosage des nitrates.....	16
I.10.3.1.2.7.Dosage des Nitrites.....	16
I.10.3.1.2.8.Dosage de l'ammonium	16
I.10.3.1.2.9. Dosage des orthophosphates	16

I.10.3.1.2.10.Détermination de la demande biochimique en oxygène.....	17
I.10.3.1.2.11.Détermination de la demande chimique en oxygène.....	17
I.10.3.2.Analyses bactériologiques de l'eau.....	17
I.10.3.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux.....	17
I.10.3.2.2.Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	18
I.10.3.2.3.Recherche et dénombrement des germes totaux.....	18
I.11.Evaluation de la Qualité des eaux de la zone humide d'El hammam.....	18
I.11.2. Indice de Pollution Organique (LECLERCQ et MAQUET, 1987)	19
I.11.3. Traitement statistique des données.....	19

Chapitre II :résultats et discussion

II. 1. Les analyses physico-chimiques.....	20
II.1.1. Température de l'eau	20
II.1.2. Potentiel Hydrique (pH)	20
II.1.3. Conductivité Electrique (CE).....	21
II.1.4. Total des solides dissous (TDS).....	22
II.1.5. La salinité	23
II.1.6. Bicarbonates (HCO_3^-).....	24
II.1.7. Les Chlorures	25
II.1.8. Les matières en suspension (MES).....	26
II.1.9. La Turbidité.....	27
II.1.10. La dureté Totale (Titre hydrotimétrique).....	28
II.1.11. L'azote ammoniacal « NH_4^+ », Nitrates « NO_3^- » et Nitrites « NO_2^- »	29
II.1.12. Les Ortho-phosphates (Po_4^{-3}).....	30
II.1.13. Demande biochimique en oxygène (DBO5) et Demande chimique en oxygène (DCO)	31
II.2. Les Analyses Bactériologiques.....	32
II.2.1. Les germes totaux.....	33
II.2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux (thermotolérants).....	34
II.2.3. Les streptocoques fécaux.....	35
II.3.Evaluation de la qualité de l'eau de la zone Humide d'El Hammam.....	36
II.3.2.L'indice de la pollution organique	37
II.3.4. Traitement statistique des données	38
II.3.4.1.Matrice de corrélation.....	39

Conclusion	40
Références bibliographiques	41
Annexe I	
Annexe II	
Annexe III	
Résumé	
Abstract	
ملخص	

Introduction

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, cette ressource naturelle couvre les trois quarts de notre planète, avec seulement 0,014% d'eau douce (**Touhari, 2015**). Il s'agit des eaux superficielles (rivières, lacs et étangs). De plus, sa répartition étant non homogène à la surface du globe, cet élément représente à la fois un enjeu politique, économique et stratégique (**Benkaddour, 2018**). En effet, l'eau est un facteur de production déterminant dans le développement durable, Il participe à toutes les activités humaines (**Bhasin et al., 2015**).

A l'heure actuelle, La qualité des eaux à travers le monde a connu une dégradation, sans précédente, suite à la pression intense exercée par l'activité anthropique (agriculture, industrie, eaux usées domestique et industrielle, élevage, etc...), couplées à celles des processus naturels (la sécheresse et érosion des sols...) (**Touhari, 2015 ; Bouaroudj, 2019**), ont eu pour conséquences la détérioration de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau, qui est devenue impropre aux divers usages (potabilisation, abreuvement des bestiaux, baignade, etc.) (**Zekri, 2020**).

Les zones humides constituent des véritables réservoirs d'eau. Elles comptent parmi les principaux écosystèmes biologiques vitaux et les plus diversifiés de cette planète et jouent un rôle important dans la préservation de la biodiversité, en raison de leur très grande richesse spécifique, autant floristique que faunistique (**Mishra et al., 2017 ; Mohan et al., 2019 ; Chettibi, 2020 ; Yang et al., 2021**), Elles représentent une partie assez considérable de la surface de notre planète (couvrent à peu près 4 à 6% de la superficie émergée) (**Mitsch et Gosselink, 2007**), ces écosystèmes assurent des fonctions multiples, notamment du point de vue hydrologique (recharge des nappes souterraines, rétention et exportation des sédiments et épuration des eaux), biologique (alimentation, reproduction et abri pour la flore, la faune et les micro-organismes) et économique (i.e. agriculture, pêche et tourisme) (**Frochot et Roché, 2000 ; Megharbi et al., 2016 ; Aliat, 2017**).

Aujourd'hui, malgré les services écosystémiques qu'elles fournissent, les zones humides ont été perdues, dégradées ou considérablement modifiées dans le monde entier. Cependant, la superficie de ces zones a régressé d'environ 50% depuis 1900 sous l'influence de diverses pressions anthropiques (**Perennou et al., 2012 ; Rouissi et al., 2016**), notamment dans les zones à fortes pressions comme la Méditerranée (**Zorrilla-Miras et al., 2014 ; Bouahim et al., 2015 ; Rifai et al., 2018**).

L'Algérie renferme une grande diversité des zones humides, ressources des plus précieuses sur les plans de la diversité biologique et de la productivité naturelle (**D.G.F, 2004**). Toutefois, à l'instar de l'ensemble du pays méditerranéens, elles sont menacées par le drainage des eaux et leur dessèchement, les changements climatiques et la pollution (**De**

Belair,2005 ; Bouldjedri et al., 2011) . En effet, elles reçoivent des effluents d'eaux usées industrielles ou ménagères et des eaux de ruissellements chargées en engrais agricoles et en polluants organiques et inorganiques qui augmentent la teneur en matière organique et des nutriments surtout le phosphore et l'azote et modifient les qualités physico-chimiques et microbiologique de l'eau en particulier la réduction de l'oxygène dissout qui génère un environnement anoxique favorisant l'eutrophisation (**Cronk,2001**) ce qui engendre généralement des dégradations graves des différents compartiments qui les constituent (eau, faune et flore) et par conséquent une influence sur la santé publique. Ces écosystèmes aquatiques sont menacés par plusieurs facteurs, (agriculture, industrie, les ordures ménagers, les eaux usées ...etc.) (**bensaci et al.,2014**).

La zone humide d'EL- Hammam l'objet de notre étude souffre actuellement d'une forte dégradation qui se manifeste par la régression de la biodiversité et la banalisation du paysage naturel en raison de l'intense activité anthropiques (urbaine, industrielle et agricole), qui a conduit à la détérioration la qualité de l'eau de cet écosystème aquatique et par conséquent de sa biodiversité.

C'est dans ce contexte, notre travail consiste à réaliser une évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologiques des eaux de surface de la zone humide d'El Hammam et leur impact sur l'environnement et la santé publique. Cette étude nous permet de suivre l'évolution de la qualité des eaux et l'effet de l'anthropisation, de plus en plus pesante, sur ces milieux limniques, menacés de disparition.

Ce travail est organisé en deux grands chapitres:

Le premier chapitre comprend la description des caractéristiques climatiques et géologiques, hydrologique et pédologiques qui peut constituer un facteur aggravant de la pollution. La localisation des sites de prélèvement, les techniques d'échantillonnage, le matériel et les méthodes d'analyses utilisées dans le cadre de cette étude sont ensuite décrits.

le deuxième chapitre sont abordés les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques trouvée dans cette étude .

Enfin, nous tirons une conclusion et nous proposons quelques perspectives

Chapitre I
Présentation de la
zone d'étude &
matériel et méthodes

I. Présentation de zones d'étude

I.1. Situation géographique

La Commune de Medjana se situe dans la partie Nord Ouest de la région de Bordj Bou Arreridj(BBA), elle est structurée en quatre communes à savoir, El Achir, Theniet Ennasr, Hasnaoua et Medjana. Cette dernière est loin de chef lieu de la wilaya de BBA de 10 Km. L'altitude de la région de Medjana varie entre 1668 m dans la montagne de Tafertaset et 800 m à oued Mhadjer (DGF., 2016), elle s'étend sur une superficie de 195.30 Km², avec une population de 23 489 habitants (soit une densité : 120habitant/ Km²) (Monographie de la wilaya de Bordj Bou Arreridj .,2017).

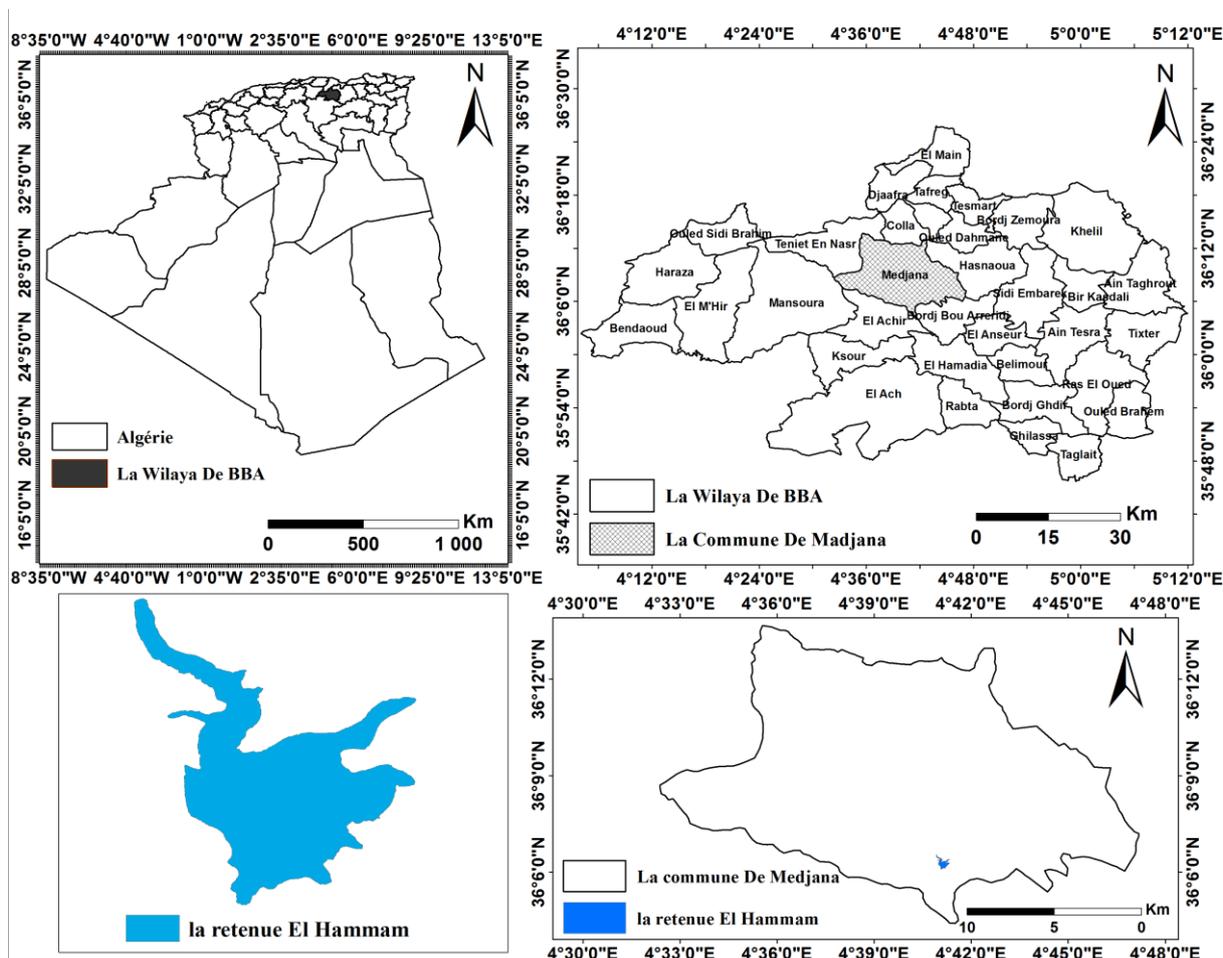


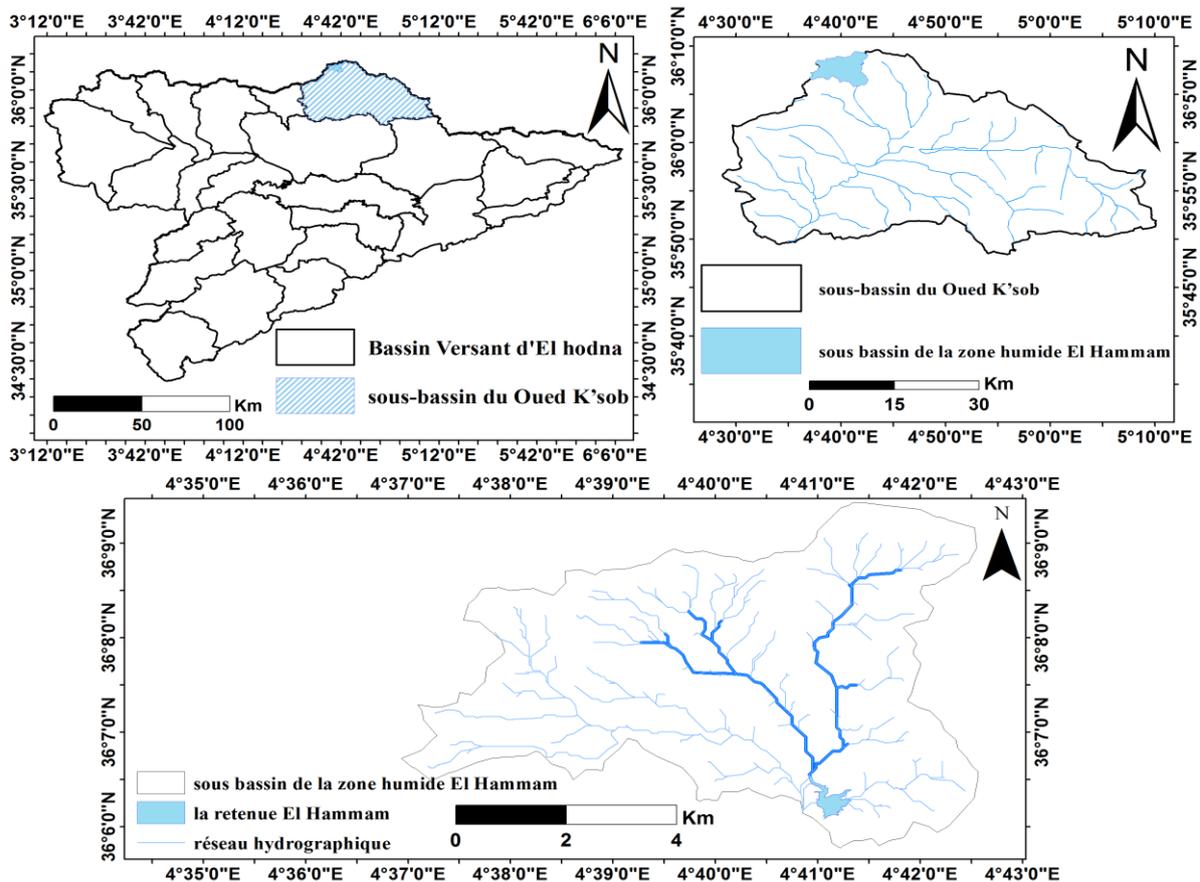
Figure 1 : Localisation et situation Géographique de la zone humide d' El Hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

La région de Medjana renferme une retenue collinaire continentale artificielle située au Sud, elle existe depuis 1991, nommée « retenue El Hammam » (Figure 1), avec une superficie de 13,40 ha, Elle est située dans des terres plates limitée par des terres agricoles et

entourée par les monts de Ragouba (1125 m) et Sidi Dilmi (1142 m) au Nord, Bouchâra (1099 m) à l'Est (DGF, 2016)

I.2. Cadre hydrologique

La daïra de Medjana est caractérisée par un réseau hydrographique dense avec un régime pluviométrique très irrégulier. Il existe deux ressources en eau à Medjana : les ressources sous terrains représentées par les nappes phréatiques et les fourrages et les ressources superficielles représentées par les châteaux d'eau, les oueds temporaires alimentés essentiellement pendant les périodes pluvieuses. (Eurlsertf, 2008 ;DRE, 2016). Les principales Thalwegs dans la région de Medjana sont : Oued Mhadjar situé au Nord et Oued Ouerdigue situé à l'Est et vient de la région Nord, il est très important car il fait le remplissage de la zone humide d' El Hammam (DGF, 2016).L'ensemble de la région d'étude se situe dans la région Est du bassin d'El Hodna n° 05, dans le sous-bassin d' El oued EL K'sob n° 09, Oued K'sob d. (Mebarki, 2005), (Figure 2).



I.3. Cadre géologique

L'ensemble de la région de Medjana se rattache au cadre montagneux de la partie Nord-Est, Ce cadre montagneux est un ensemble de dépôts, de formations récentes (**Hamadi, 2017**), dont les principales formations géologiques qui caractérisent notre zone d'étude (Figure 3) l' Affleurement de calcaires à silex – Argile et quartzites avec poudingues et grès – Grès de Medjanien – Grès-calcaire et brèches – Sénonien alluvions anciennes – Trisophito-gypseux – Zone calcaire (**Madaci et Madadi, 2017**).

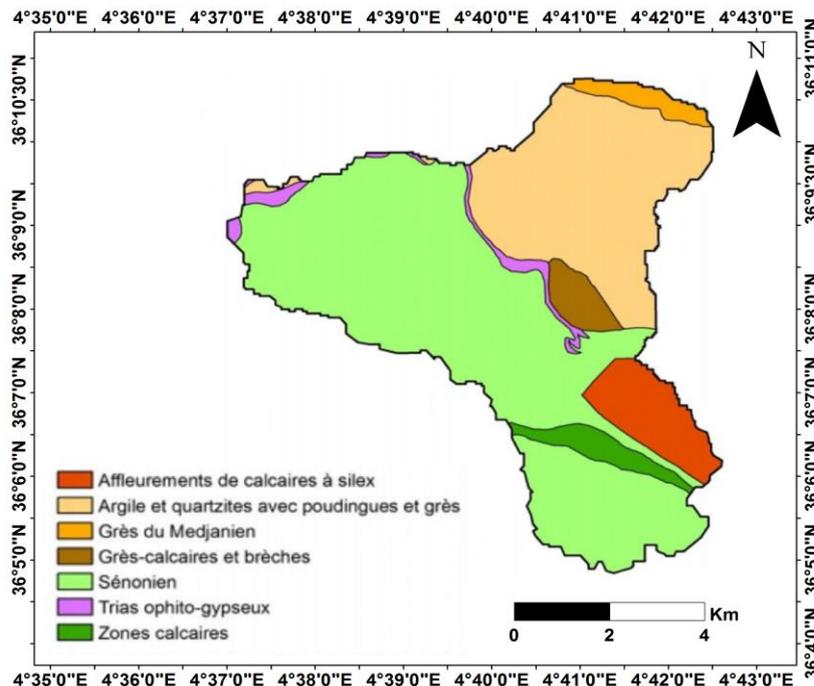


Figure 3 : Carte géologique du sous bassin de la zone humide El Hammam (Extrait de la carte géologique d'Algérie Edition , 1951).

I.4. Cadre pédologique

Selon **Ramade., (2009)**, les sols constituent l'élément essentiel des biotopes propre aux écosystèmes continentaux. La formation des sols dépend essentiellement de la nature de la roche mère ainsi que la topographie (**Durand., 1954**).

Les caractéristiques pédologiques de la région El Hammam sont représentées dans la figure 04.

Selon la carte (figure 04), les sols de notre région d'étude appartiennent aux classes suivantes :

- Les sols insaturés
- Les sols calcaires
- Les sols calciques

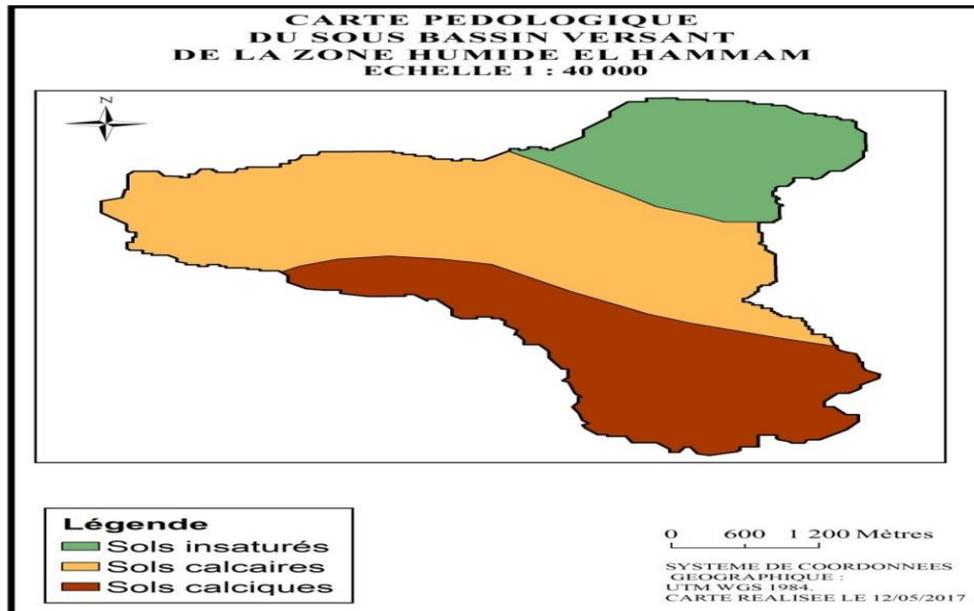


Figure 4 : Carte pédologique du sous bassin de la zone humide El Hammam (**Madaci et Madadi, 2017**).

I.5. Cadre climatique

Le climat constitue un élément essentiel qui régle l'existence et la distribution des végétaux et des animaux, C'est un facteur clé de valorisation des milieux naturels, ce qui nécessite une investigation analytique de ses composantes (**Merdas, 2007**).

Pour étudier le climat; il est nécessaire de collecter et d'interpréter des données climatiques (pluie, température, vent, humidité, etc.....), dans laquelle, la température et les précipitations représentent les facteurs les plus déterminants du climat (**Faurie et al., 2003**).

Afin de caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série de données climatiques sur une période allant de 1988 à 2018. Les facteurs climatiques nécessaires à notre étude sont recueillis auprès de la station météorologique du Bordj Bou Arréridj.

- **les précipitations** : L'examen de la répartition mensuelle des précipitations montrée dans le tableau (I), montre que la valeur maximale des précipitations est enregistrée dans le mois de mai (41,4 mm) alors que le mois le moins pluvieux est le mois de juillet avec (8,2 mm) avec une moyenne annuelle de 321,9 mm.

Tableau I : Répartitions des moyennes mensuelles des précipitations en mm pour la série (1988-2018).

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BBA (1988- 2018)	23,8	27,8	29,4	37,3	41,4	17,3	8,2	14,6	38	29,5	28	26,6
Précipitations moyenne annuelles = 321,9 mm												

Source : Centre météorologique station de BBA,(SMBBA).

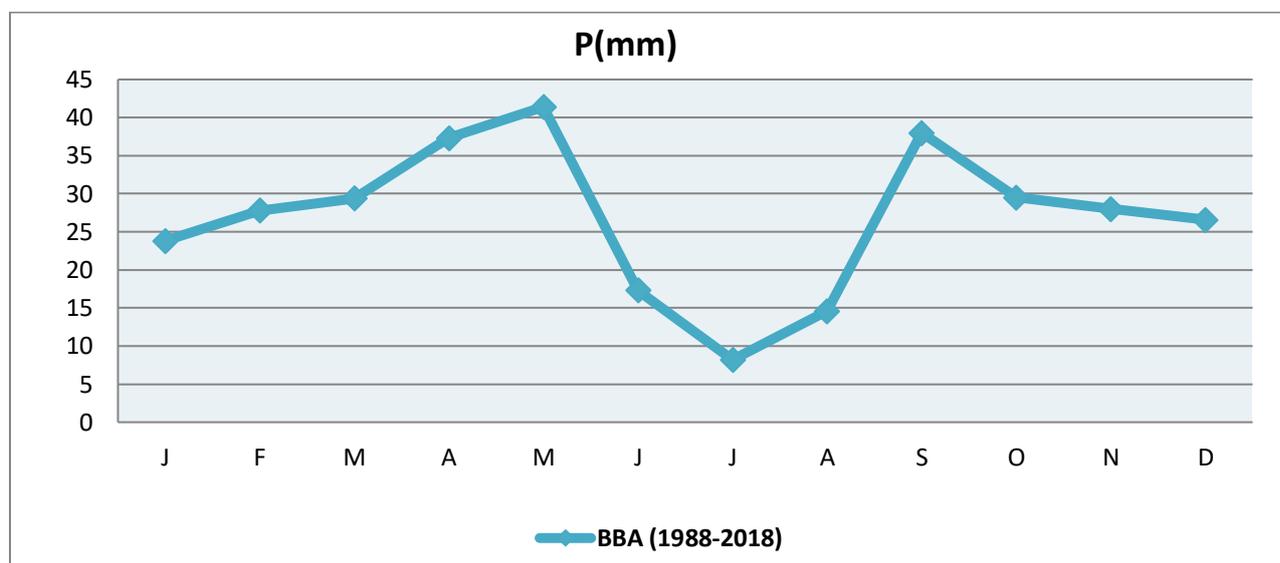


Figure 5 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de BBA (période 1988-2018).

- **Le régime saisonnier** : l'étude des précipitations saisonnières est importante car elle permet d'apprécier la Variation des précipitations et leur tendance vers telle ou telle période (**Djamai, 2020**). Sachant que les quatre saisons de l'année correspondent à :
 - Hiver : Décembre, Janvier, Février.
 - Printemps : Mars, Avril, Mai.
 - Eté : Juin, Juillet, Août.
 - Automne : Septembre, Octobre, Novembre.

La répartition des précipitations par saison a abouti à ce qui est illustré au tableau ci-dessous.

Tableau II : Répartition des précipitations par saisons de la Wilaya de BBA (période 1988-2018).

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime
P (mm)	24,3	33,6	12,6	29,7	PAHE

- **Les températures** : l'évaluation des températures moyennes mensuelles (tableau III) montre que le mois le plus froid est le mois de Janvier 2,5 °C, et le mois le plus chaud est le mois de Juillet 36,7 °C avec une température moyenne annuelle de 15.95 °C.

L'amplitude thermique de la région d'étude est estimée à °C.

M: moyenne mensuelle des températures maximales

m: moyenne mensuelle des températures minimales

Moyenne: $M+m/2$ = température moyenne mensuelle

A: $M-m$ = amplitude thermique.

Tableau III : Températures moyennes annuelles (en C°) pour la série entre (1988-2018).

Moins T(°C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
BBA(1988-2018) T max	11,1	12,9	16,3	19,5	27	30,9	36,7	32,4	29,1	21	16	11,9
T min	2,5	2,9	5,4	8,5	10,6	17,5	19,6	17	15,1	10,1	5,7	3,1
T moy	6,8	7,9	10,85	14	18,8	24,2	28,15	24,7	22,1	15,55	10,85	7,5

Source : Centre météorologique station de BBA(SMBBA).

I.6. Synthèse climatiques

I.6.1. Les indices climatiques

Plusieurs indices de classification climatique ont été décrits, et les plus couramment utilisés sont calculés et retenus dans le cadre de cette étude.

I.6.1.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1957)

Le diagramme ombrothermique est établi selon la méthode de Bagnouls et Gausсен (1957), dont les températures sont reportées à l'échelle double des précipitations. Cela permet de déterminer la période sèche durant laquelle la moyenne mensuelle des précipitations du mois est inférieure ou égale au double de la température ($P \leq 2T$) (Gausсен, 1954).

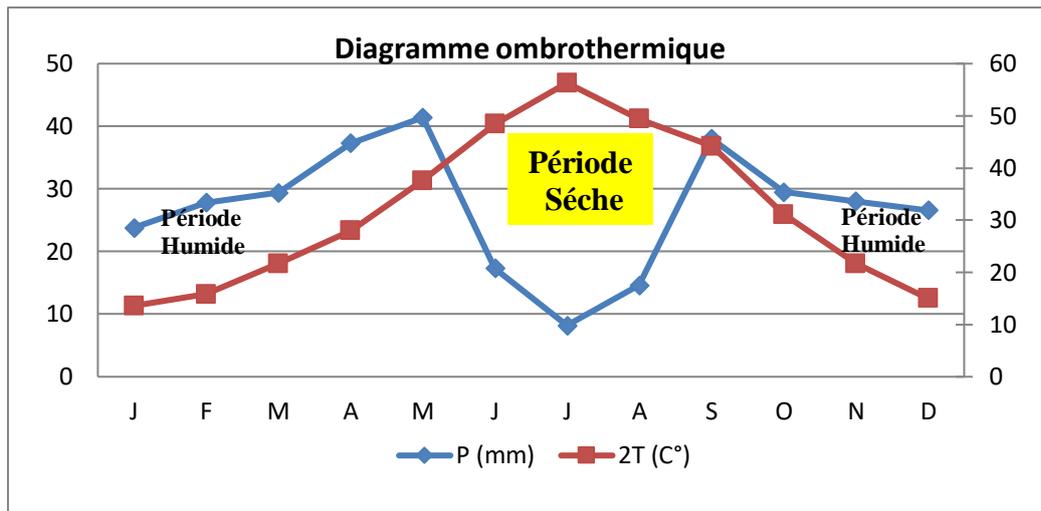


Figure 6: Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pour la région de BBA.

La figure 6 montre que la durée de la saison sèche au niveau de la région de BBA s'étale de la mi-Mai jusqu'à la mi-Septembre. On peut déduire que la région d'étude est caractérisée par un climat **semi-aride** avec une saison sèche qui dure environ 5 mois.

I.7. Caractérisation Bioclimatique des régions d'étude

I.7.1. Quotient Pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique ou indice climatique sert à définir les cinq différents types de climat méditerranéen, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne.

$$Q_2 = 2000 \left[\frac{P}{(M^2 - m^2)} \right] \quad \text{Où}$$

P : désigne la précipitation moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin (°K).

m : moyenne des minimum du mois le plus froid en degré Kelvin (°K), avec $T (^{\circ}\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273,15$.

Tableau IV : L'étage bioclimatique pour la région de BBA.

Station	Caractéristiques bioclimatiques				
	P (mm)	M (c°)	m (c°)	Q2	Bioclimat
BBA (1988-2018)	321,9 mm	36,7	2,5	32,57	Semi-Aride

➤ Climagramme d'Emberger

Stewart (1986) a repris le quotient pluviométrique d'Emberger en le rendant plus pratique en vue d'une meilleure utilisation dans les conditions d'un pays comme l'Algérie.

$$Q2=3,43P.1/ (M-m).$$

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud (°C).

m : Moyenne des maximums du mois le plus froid (°C).

- **Le climagramme d'Emberger ou le diagramme des bioclimats méditerranéens** permet de déterminer le bioclimat auquel appartient la station d'étude ainsi que la variante de l'hiver.
- Un diagramme des bioclimats méditerranéens est proposé avec :
 - En abscisses, la moyenne des minima du mois le plus froid (°C).
 - En ordonnées, le quotient pluviométrique d'Emberger,
 - **Pour la station de BBA : P= 321,9 mm, M= 36,7C°, m= 2,5C°.**

La figure (8) montre que la région de BBA, correspond à un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

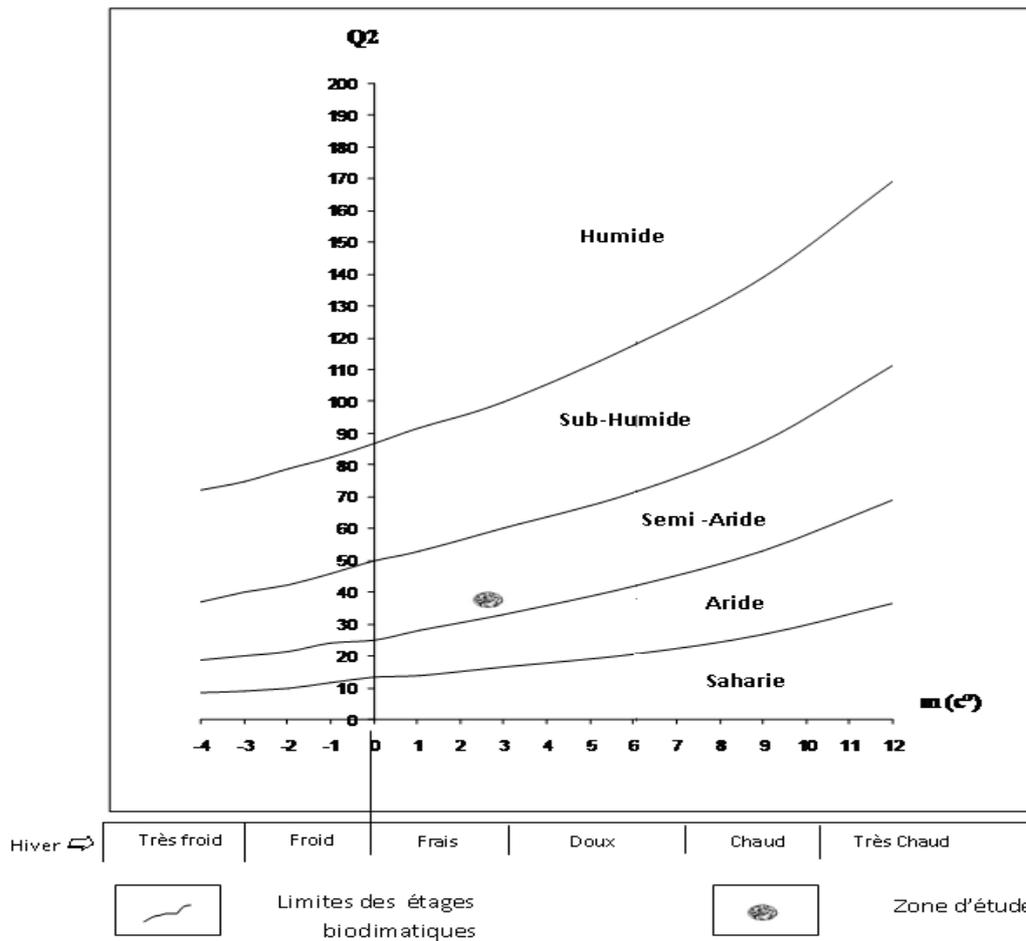


Figure 7 : Positionnement de la station de BBA dans le climagramme d'Emberger.

I.8.Le cadre socio-économique

La région d'étude est vouée principalement à l'agriculture, l'élevage et quelques unités industrielles privés.

Tableau V : Répartition des terres et l'effectif animal de la commune Medjana .

Répartition générale de terre (ha)			
Données Commune	S.A.U	Terre affectée à L'agriculture	Terre non affectée à l'agriculture
Medjana	11 101	4416	2973

Production animal (Têtes)	Ovins	Bovin	Caprin
	21 000	2 850	900

Source : DSA(BBA ; 2018).

➤ **Le secteur industriel**

La zone d'étude est occupée par de nombreuses activités telles que la fabrication des tubes, d'aluminium, la transformation des plastiques, la production des produits laitiers, une briqueterie et de textile et des produits cosmétiques (A.G.R.F.U., 2016).

Tableau VI : Consistance physique de la zone d'activité de Medjana .

Zone d'activité (ZA)	Superficie (m²)	Nombre Totale Des lots	Lots Attribués	Lots disponibles	Lots non encore affectés
Medjana	82 519 m²	43	43	0	0

I.9. Menaces écologiques et environnementales

➤ **Le pâturage, le surpâturage et le piétinement des plantes** composant la ceinture de végétation de la zone humide provoquent également une destruction du tapis végétal et une réduction de la flore existante, et par conséquent envasement et destruction totale de la retenue.

➤ **Le braconnage:** malgré que la chasse est suspendue dans cette région (DGF., 2016), des actes de braconnage sont observés tout le long de la période de notre étude et même pendant la saison de reproduction.

- **La pollution :** Les eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Medjana sont directement déversées en amont de la zone humide d' El Hammam par le biais d'Oued Ouerdigue.

I.10. Matériel et méthodes:

I.10.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est la première étape de la chaîne de mesure et qui conditionne l'ensemble des résultats obtenus en aval, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données (**Rodier et al., 2009**).

Les sorties de prospection de terrain nous ont permis d'effectuer, une vue générale sur les sites d'échantillonnage pour chaque station étudiée.

Pour cela l'échantillonneur doit respecter certaines recommandations qui sont (**Rodier et al., 2009**):

- ✓ les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- ✓ Les échantillons pour laboratoire doivent être prélevés de préférence dans des flacons en verre ou des flacons en polyéthylène ;
- ✓ Les bouteilles utilisées pour l'échantillonnage doivent être rincées au moins trois fois avec de l'eau à prélever ;
- ✓ Les prélèvements se font à une profondeur de 5cm à 10cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air et de ne pas toucher le fond du cours d'eau avec les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiment qui risquent de contaminer l'échantillon ;
- ✓ Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- ✓ Les bouteilles sont désignées par une étiquette où est indiquée l'origine de l'échantillon.
- ✓ Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4°C ;
- ✓ Les échantillons sont mis au réfrigérateur après leurs conservations.

I.10.2. Techniques de prélèvement

Dans le cadre de notre étude et afin d'évaluer le degré de contamination de l'eau de surface des eaux de la zone humide d' El Hammam, 8 stations d'échantillonnage différentes ont été sélectionnées durant le mois (Février) avec un total de 16 prélèvements d'eau, dont 8 prélèvements pour l'analyse physico-chimique et 8 prélèvements pour l'analyse bactériologique. En fonction de la position (entrée, centre et sortie du lac) et de l'emplacement des zones d'impact probables et des points de rejet des effluents sélectionnés.

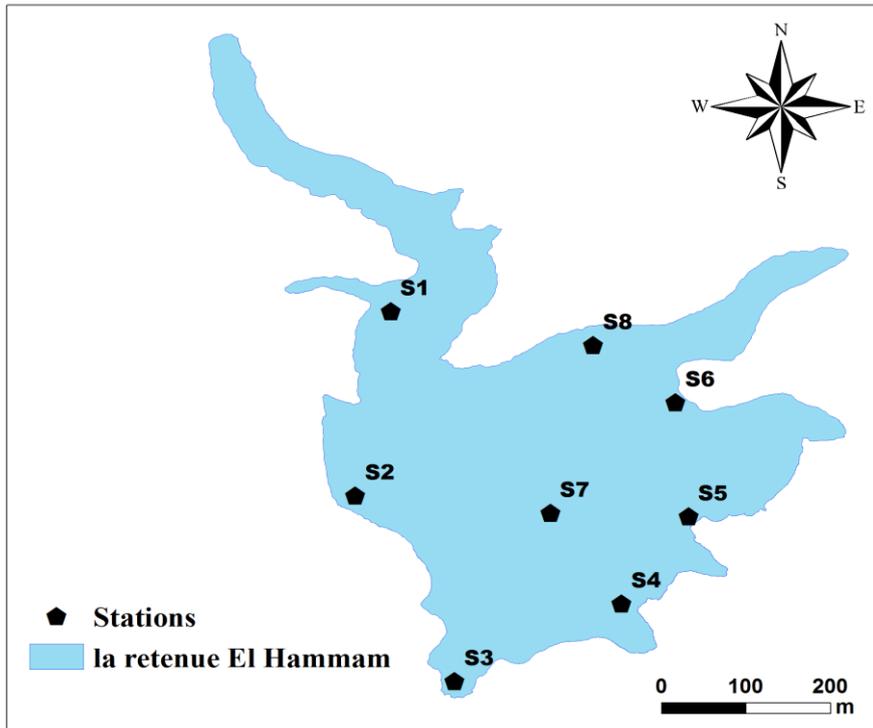


Figure 8 : Localisation des points de Prélèvements de la zone humide d' El Hammam.

I.10.3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau

I.10.3.1. Analyses physico-chimique de l'eau

I.10.3.1.1. Mesures sur terrain

Les paramètres, température (C°), le pH, la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et le Total des solides dissous (mg/l) ont été mesurés directement in situ grâce à un analyseur multiparamétrique de type (WTW; 3420). En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

- **La salinité:** Mesurée directement par l'appareil CONSTORT C535.

I.10.3.1.2. Analyse et dosage au laboratoire

- Les méthodes analytiques utilisées pour les analyses physico-chimiques sont décrites par **(Rodier, 1996 ; Rodier et al., 2009)**.
- Pour le mode opératoire et les réactifs utilisés de mesure des différents paramètres chimiques conférer à l'Annexe I.

I.10.3.1.2.1. Détermination de Turbidité (NTU).

La turbidité est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre « Hach » à cellule photo-électrique, par la méthode néphélométrique. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).

I.10.3.1.2.2. Matières en suspension (MES)

➤ **Principe :**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenue par le filtre est déterminé par pesée différentielle **(Rodier et al., 2009)**.

I.10.3.1.2.3. Dosage des chlorures

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

I.10.3.1.2.4. Dosage La Dureté Totale

➤ **Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'EDTA à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

I.10.3.1.2.5. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

➤ **Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-). La détermination des volumes successifs d'acide chlorhydrique fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

I.10.3.1.2.6. Dosage des nitrates

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les ions nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, colore en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

I.10.3.1.2.7. Dosage des Nitrites

➤ **Principe**

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

I.10.3.1.2.8. Dosage de l'ammonium

➤ **Principe**

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

I.10.3.1.2.9. Dosage des orthophosphates

➤ **Principe**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho-phosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

I.10.3.1.2.10. Détermination de la demande biochimique en oxygène

➤ **Méthode instrumentale (OXITOP)**

• **Description de l'appareil**

L'OXITOP est un appareil qui permet de mesurer la DBO_5 à une température constante de 20°C , c'est une enceinte thermostatique avec un système d'agitation. Cette appareil est sous forme des flacons bruns de Winkler qui se ferment avec des têtes qui contiennent des microprocesseurs qui ont pour rôle convertir la valeur digit en DBO.

I.10.3.1.2.11. Détermination de la demande chimique en oxygène

➤ **Méthode instrumentale (DCO mètre).**

Le dosage est effectué par une oxydation à l'aide du bichromate sulfurique. Méthode normalisée par AFNOR 1969 (exprimée en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$).

I.10.3.2. Analyses bactériologiques de l'eau

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau les laboratoires pédagogiques de département SNV à l'Université BBA, consistent à rechercher et dénombrer les :

- Coliformes totaux et fécaux;
- Streptocoques fécaux;
- Germes totaux ;

I.10.3.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux

A. Test préemptif (pour les coliformes totaux)

❖ Mode opératoire

Nous avons réalisé des dilutions successives à partir de l'échantillon pour cela : 1 ml d'eau à analyser est prélevé à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et additionné à un tube de BCPL (9 ml) avec cloche de Durham, la dilution obtenus est qualifiée de 10^{-1} , pour obtenir la dilution 10^{-2} et 1 ml de la dilution précédente est additionné à un autre tube de BCPL. Cette opération est répétée 4 fois pour obtenir une série de dilutions avec 5 tubes.

Les tubes inoculés sont agités et placés dans l'étuve à 37 °C pendant 24 h et 48 h. **(Rodier, 2005).**

❖ Lecture

La première lecture est effectuée après 24 h d'incubation en considérant comme positif les tubes où il se produit simultanément un trouble dans toute la masse liquide (Virage de bouillon au jaune) et un dégagement de gaz dans la cloche. La deuxième lecture est effectuée après une nouvelle incubation des tubes négatifs durant 24 h. **(Institut Pasteur d'Algérie).**

B. Test confirmatif (pour les coliformes fécaux)

A partir de chaque tube de BCPL positif, nous avonsensemencé sur milieu confirmatif (milieu Schubert avec cloche de Durham) 2 à 3 gouttes. Les tubesensemencés sont ensuite incubés à 44 °C pendant 24 h.

Après incubation nous avons réalisé le test indole à l'aide du réactif de Kovacs en ajoutant 2 à 3 gouttes de ce dernier aux tubes positifs qui présentent une pousse bactérienne avec dégagement de gaz dans la cloche.

Le test indole est considéré positif lorsqu'il y a apparition d'un anneau rouge en surface après l'ajout du réactif et agitation. **.(Institut Pasteur d'Algérie).**

➤ Expression des résultats :

Les résultats se font selon les prescriptions de la table de Mac Grady. **(Institut Pasteure d'Algérie).**

I.10.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

➤ Principe:

La recherche des Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe «D», se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

Cette technique fait appel à deux tests consécutivement à savoir : indicateur

- 1- Le test de présomption : qui se réalise sur milieu de Rothe.
- 2- Le test de confirmation: qui se fait sur milieu Evalytski **(Institut Pasteure d'Algérie).**

❖ Mode opératoire :

A. Test de présomption :

- Effectuer des dilutions dans 9 ml l'eau physiologique de l'ordre (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}).
- La recherche se fait en bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Rothe).
- Pour chaque échantillon : Prendre 15 tubes de Rothe .

❖ Incubation :

Incuber les tubes dans une étuve à 37°C (lecture après 48 h) **(Institut Pasteure d'Algérie).**

❖ Expression des résultats:

Les tubes de Rothe présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs (présence de streptocoques); aucun dénombrement ne se fait à ce stade, les tubes positifs feront l'objet d'un repiquage.

B. Test confirmatif :

Après agitation des tubes positifs, prélever de chacun successivement 1 ml avec pipette Pasteur **(Souidi, 2008)** et verser 1 ml à partir du tube précédent de Rothe sur les tubes de Litsky.**(Institut Pasteure d'Algérie).**

❖ L'incubation :

Incuber les tubes dans une étuve à T=37°C pendant 24 à 48 h .

❖ La lecture :

Tous les tubes présentant une culture et un jaunissement seront considérés comme positifs avec la présence d'une pastille violette au fond de tube **(Institut Pasteure d'Algérie)..**

❖ Expression des résultats:

Le nombre de Streptocoques fécaux est exprimé par le NPP selon la table de Mac Grady .

I.10.3.2.3. Recherche et dénombrement des germes totaux (germes revivifiables)

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22 C° et ceux mésophiles soit 37C°.

- A partir de l'eau à analyser, on prend aseptiquement 2 fois 1 ml pour les déposer dans deux boîtes de pétri contenant environ 20 ml de gélose TGEA ou GN préparées à cet usage.
- Effectuer ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

- Incubation

- La première boîte sera incubée, couvercle en bas à 20C°;
- La seconde sera incubée couvercle en bas à 37C°, pendant 72 heures avec :
 - première lecture à 24 heures
 - deuxième lecture à 48 heures, et une
 - troisième lecture à 72 heures

- Lecture

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.

- Dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des deux remarques suivantes

1. Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies
2. Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 22° et à 37°C .(**Institut Pasteur d'Algérie**). .

I.11. Evaluation de la Qualité des eaux de la zone humide d'El hammam

I.11.1. Indice de Pollution Organique (LECLERCQ et MAQUET, 1987)

L'indice de pollution organique (IPO) de Leclercq (2001) a été également utilisé pour évaluer la charge organique dans un plan d'eau, cet indice est calculé en intégrant les concentrations de 4 paramètres chimiques liés à la pollution organique, demande biologique en oxygène (DBO₅), ions ammonium (NH₄⁺), nitrites (NO₂⁻) et phosphates (PO₄³⁻) (**Mezbour et al ., 2018**). Le principe du calcul est de répartir les valeurs des quatre éléments polluants en cinq classes et de déterminer, à partir des valeurs obtenues dans l'étude, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre en se servant des données

moyennes du Tableau. L'indice final est la moyenne des classes de pollution pour l'ensemble des paramètres (Buhungu *et al.*, 2018).

Tableau VII : Classes de l'Indice de pollution organique (IPO) (Mezbour *et al.*, 2018).

Paramètres classes	DBO5 mg-O ₂ /l	Ammonium mg-N/l	Nitrite µg-N/l	Phosphates µg-P/l
5	<2	<0.1	5	15
4	2-5	0.1-0.9	6-10	16-75
3	5.1-10	2.4	11-50	76-250
2	10.1-15	2.5-6	51-150	251-900
1	>15	>6	>150	>900

OPI = moyenne des numéros de classe des 04 paramètres.

Tableau VIII : Moyenne des classes et caractérisation de la pollution organique (Bahrounet *al.*, 2011).

Moyenne des classes	Caractérisation de la pollution organique	Cartographie des couleurs
5.0-4.6	Nulle	Bleu
4.5-4.0	Faible	vert
3.9-3.0	Modérée	Jaune
2.9-2.0	Forte	Orange
1.9-1.0	Très forte	rouge

I.11.3. Traitement statistique des données

Dans le but calculer la relation entre divers paramètres physico-chimiques et pour mieux évaluer la qualité des eaux de la zone étudiée, nous avons utilisé le coefficient de corrélation Pearson. En outre, l'analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour interpréter les données physico-chimiques des milieux d'investigations.

Des logiciels tels que l' SPSS version 18.0, XLSTAT 2014, ont été utilisés pour effectuer ces analyses statistiques.

Chapitre II
Résultats et
discussion

II. 1. Les analyses physico-chimiques

II.1.1. Température de l'eau

Les valeurs de la température (Figure 09), montre qu'il n'y a pas une grande variation pendant la période d'étude à une moyenne de 23,84 C° et écart-type de 1,18. Les fluctuations enregistrées ne sont dues en fait qu'un décalage horaire journalier entre les mesures dans les différentes stations (**Bendjama, 2014**). D'une façon générale, la température est modifiée par les conditions climatiques et particulièrement par la température de l'air (**Bachari ,2009 ; Ezzat,2012**).

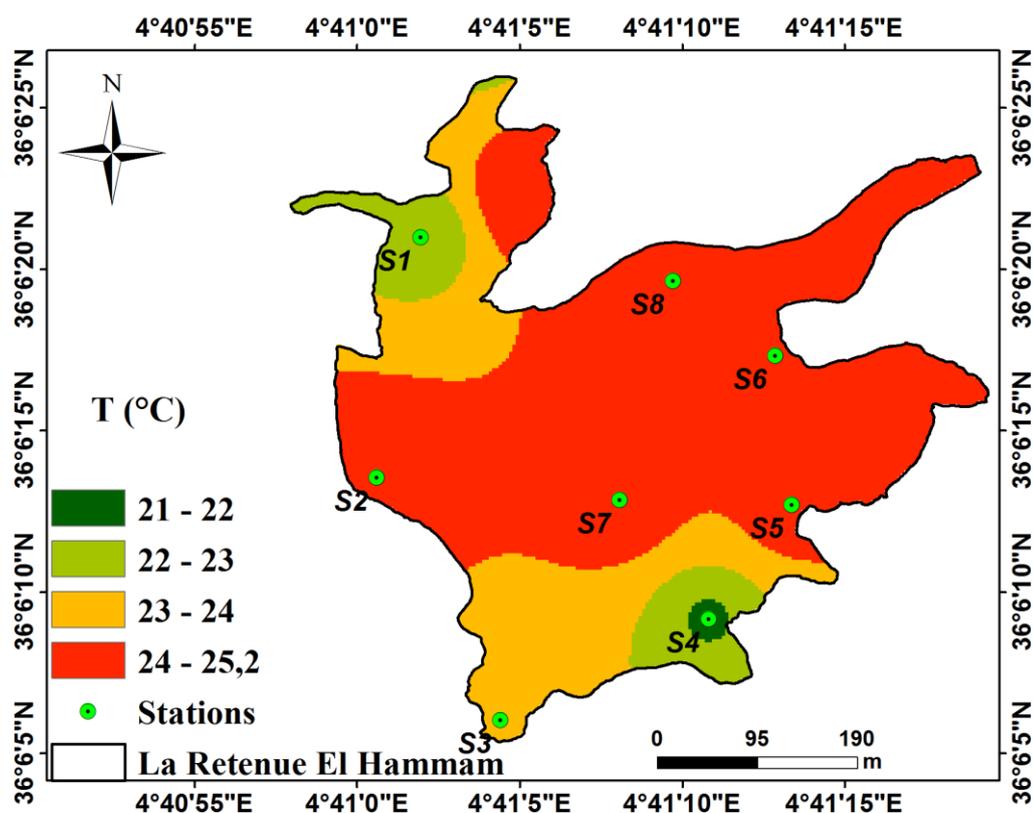


Figure 09 : Variation de la température dans la zone humide d'El hammam (**Lahouibi et Rahmouni, 2022**).

II.1.2. Potentiel Hydrique (pH)

Dans notre secteur d'étude (Figure10), les valeurs du pH enregistrées varient entre 7,4 (Station 5) et 9,71 (Station 4), Ce qui indique que les eaux la zone humide d'El'Hammam est franchement alcaline à une moyenne de 8.78 et écart-type de 0,49 .

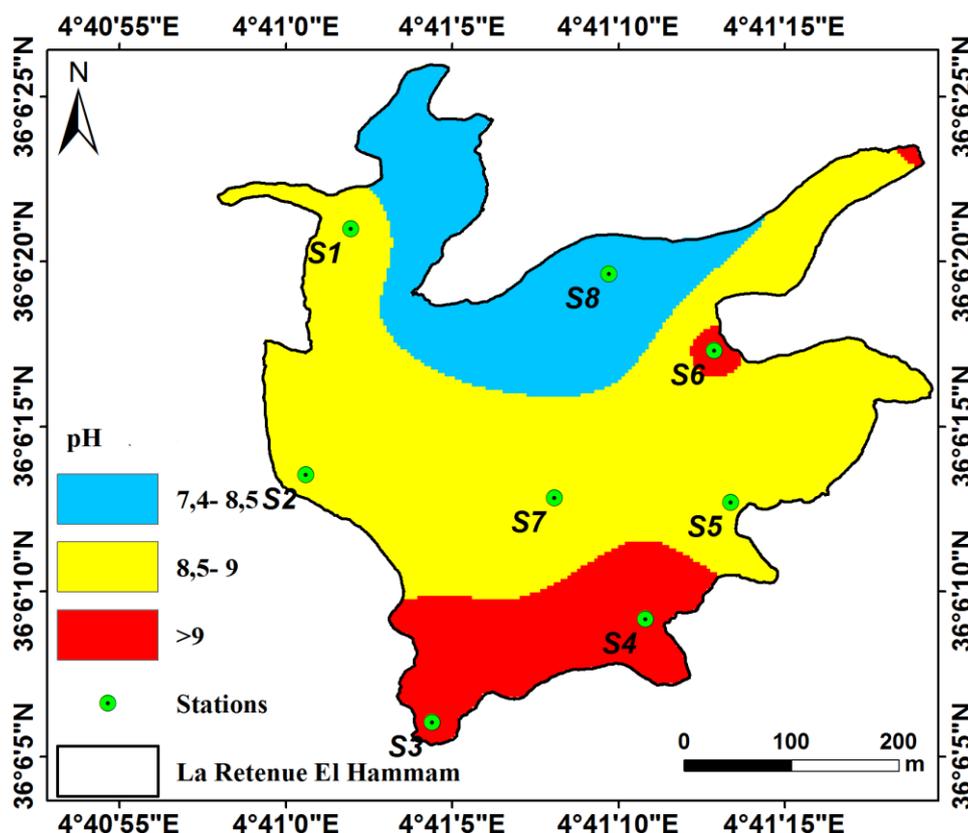


Figure 10 : Variation de la Potentiel Hydrique dans la zone humide d'El hammam(Lahouibi et Rahmouni, 2022).

Ces valeurs de pH peuvent influencer par la photosynthèse et principalement par l'environnement physique d'un lac (Hade ,2002 ; Partrick, 2003) (la nature géochimique des roches) qui sont en majorité des terrains calcaires et dépend également de la nature des rejets qui y sont déversés (urbains, industrielles) (Medjani, 2016).

Ces valeurs dépassent les normes algériennes et avec la recommandation de l'OMS sur la qualité des eaux (6,5_ 8,5). Et par conséquent ces eaux constituent un système tampon défavorable à la vie de la faune et la flore de la zone humide. (Serghini, 2003).

II.1.3. Conductivité Electrique (CE)

La conductivité électrique enregistrée dans la présente étude (Figure11), montre des variations importantes dans les eaux des stations analysées. Elle est comprise entre 2,56 mScm⁻¹ (Station 2) et 3,13 mScm⁻¹ (Station 8) à une moyenne de 2.7 mScm⁻¹ et ecart-type de 0,16.

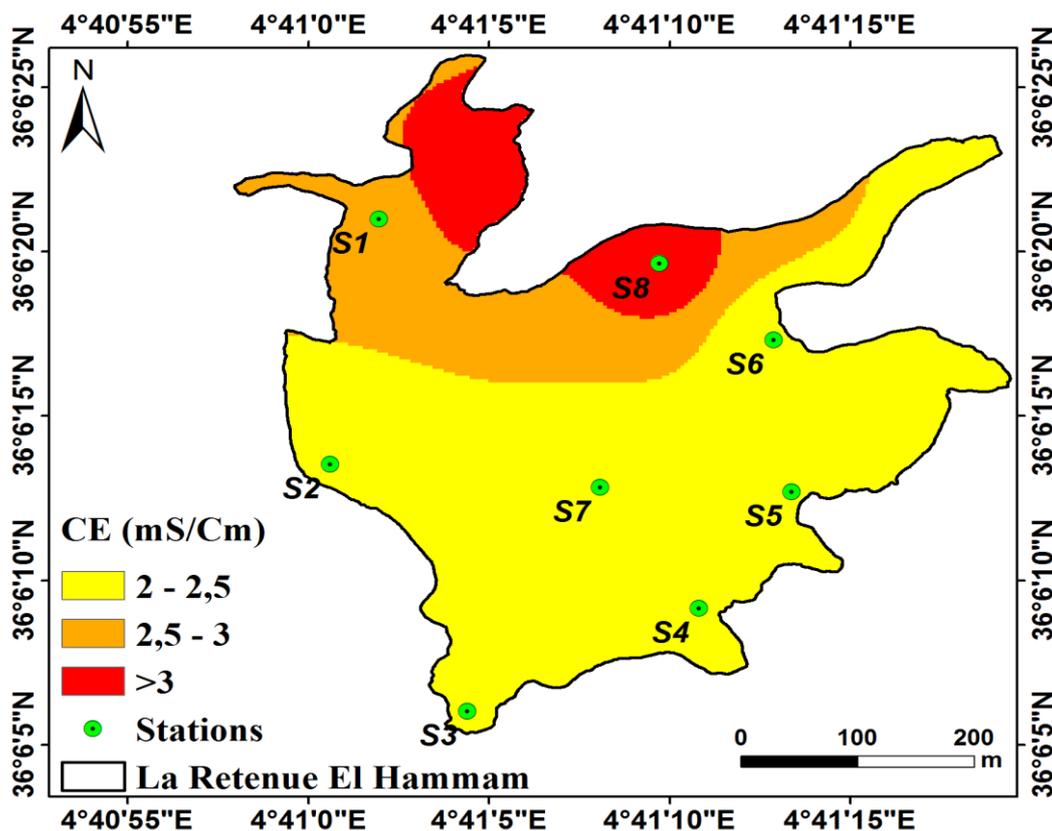


Figure 11: Variation de la Conductivité électrique dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

Ces valeurs indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodier, 2005). Tandis que, cette augmentation significative de la valeur de CE au niveau de l'amont de la zone humide d'El hammam au cours de la période d'étude pourrait être due aux rejets d'effluents domestiques et industriels transportant beaucoup de minéraux conducteurs dissous dans les masses d'eau (Khalik *et al.*, 2013).

Donc ces valeurs sont très élevées par rapport aux normes préconisées par l'OMS ($300 \mu\text{S}/\text{cm}$).

II.1.4. Total des solides dissous (TDS)

Le taux des sels dessous mesurés dans notre étude varie entre $2500 \text{ mg} / \text{l}$ et $3817,5 \text{ mg}/\text{l}$ (figure 12), la valeur maximale est enregistrée au à la station (08) tandis que le minimale est observée au niveau de la station (2) à une moyenne de 2984.59 mg et écart-type de $380,18$.

Les tenures les plus élevées de TDS observées dans les différentes stations sont dues à l'évaporation de l'eau, aux rejets d'effluents industriels et eaux usées riche en substances inorganiques et organiques dissoutes (Shib, 2014., Tfeil *et al.*, 2018), ainsi à la composition lithologique (la dissolution des roches) (León et Pedrozo, 2015 ; Krishna Kumar *et*

al.,2017). Selon Singh et Mathur (2005) les fortes concentrations des sels enrichissent l'état nutritionnel de l'eau, qui pouvant entraîner l'eutrophisation de la zone humide d'El hammam.

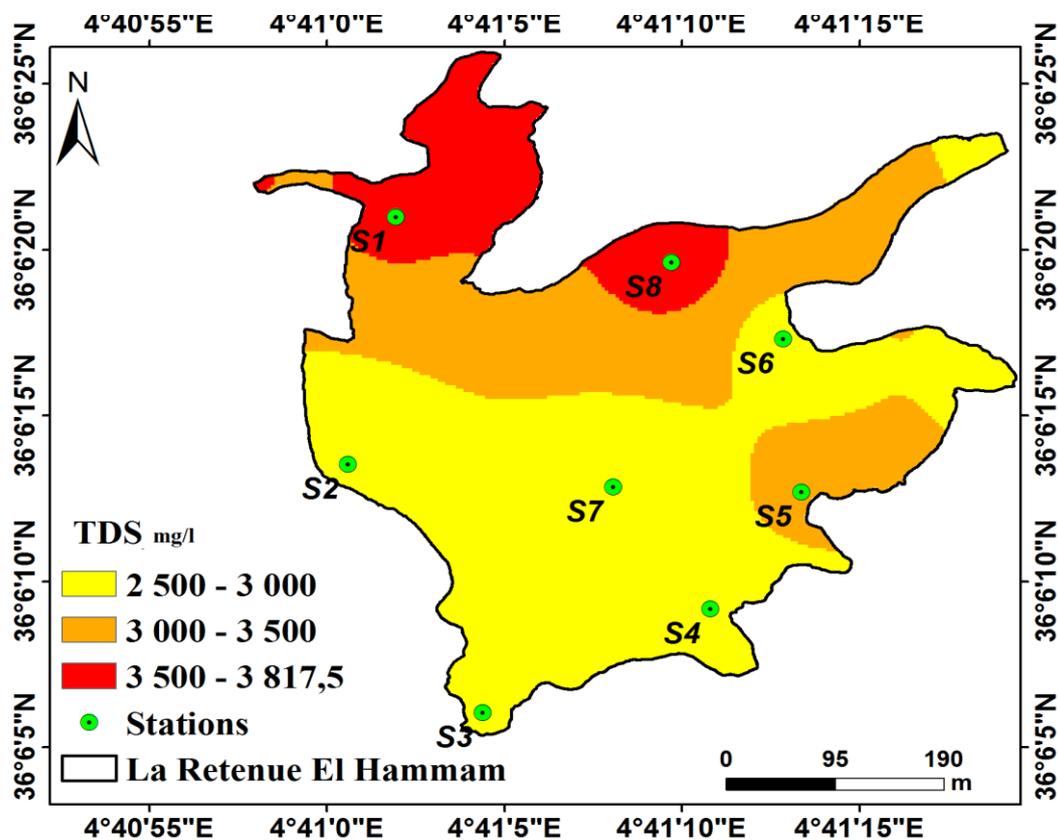


Figure 12 : Variation de TDS dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi

et Rahmouni, 2022).

II.1.5.La salinité

L'évolution spatiale de la salinité, montre une grande variation d'une station à l'autre. Cependant, les résultats obtenus montrent que les teneurs de salinité situées entre 3,88 g/l (minimum au S2) et de 4,74 g/l (maximum au S8) (Figure13) à une moyenne de 4.02g et écart-type de 0,18.

La salinité et la conductivité, étroitement corrélées. Elle dépend de la température, de la concentration et types d'ions présents (Djamai, 2020).

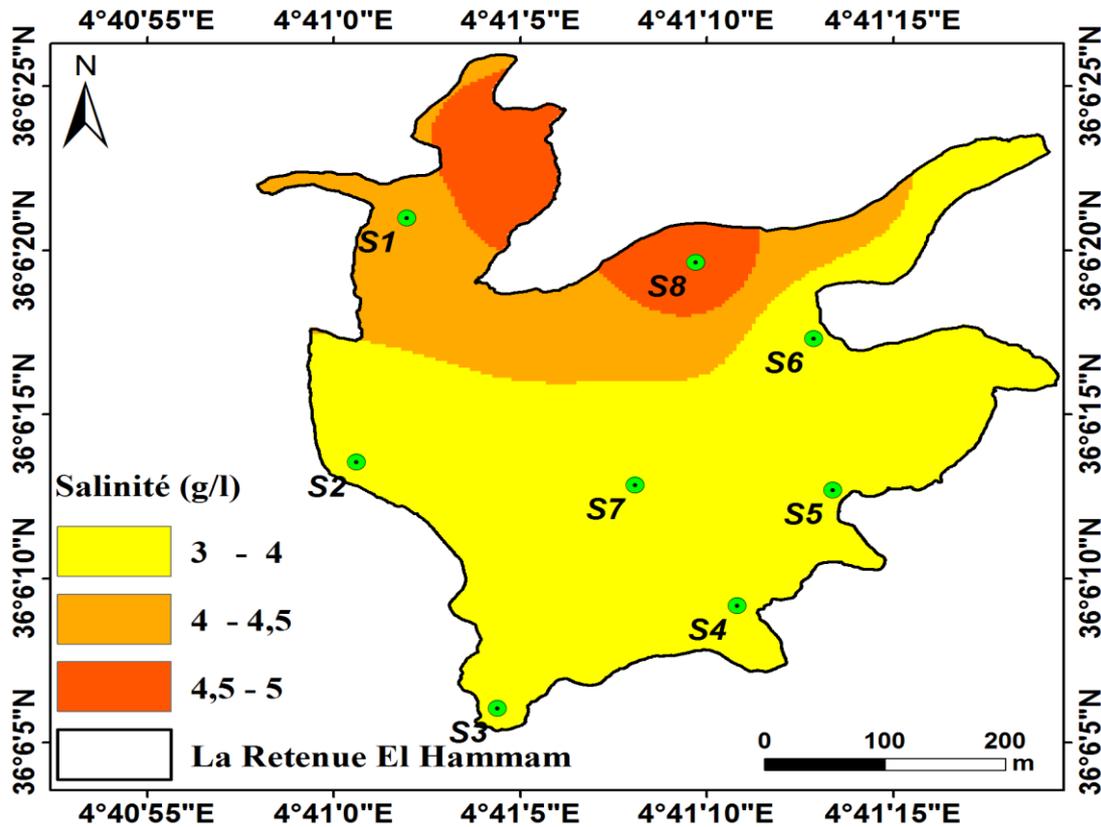


Figure 13: Variation de la Salinité la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

L'augmentation de la salinité dans les eaux de la zone d'El hammam est Liée probablement avec les conditions climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques et les rejets domestique et industrielle (El Morhit, 2009 ; Farid *et al.*, 2012).

II.1.6. Bicarbonates (HCO_3^-)

L'alcalinité de l'eau peut être due aux hydroxydes, carbonates et bicarbonates (Singh et Hussian, 2016), Les valeurs de bicarbonate enregistrées sont fluctuées entre 353 mg/l (Station 6) et 475,8 mg/l (Station 2) à une moyenne de 408.70 mg/l et écart-type de 22,88. On note que les eaux de la zone humide de Medjana est caractérisée par des taux élevée de cet élément le long de la période d'étude. Cela liée avec l'évacuation des eaux usées domestiques, industrielles et de déchets solides et la dégradation des plantes et d'autres organismes, qui attribuaient à la présence d'une grande quantité de la matière organique accessible à la décomposition bactérienne (Chaurisa et Pandey, 2007). Ce qui entraîne la libération de dioxyde de carbone (CO_2), accélère par la suite la formation de HCO_3^- (Abdo, 2010).

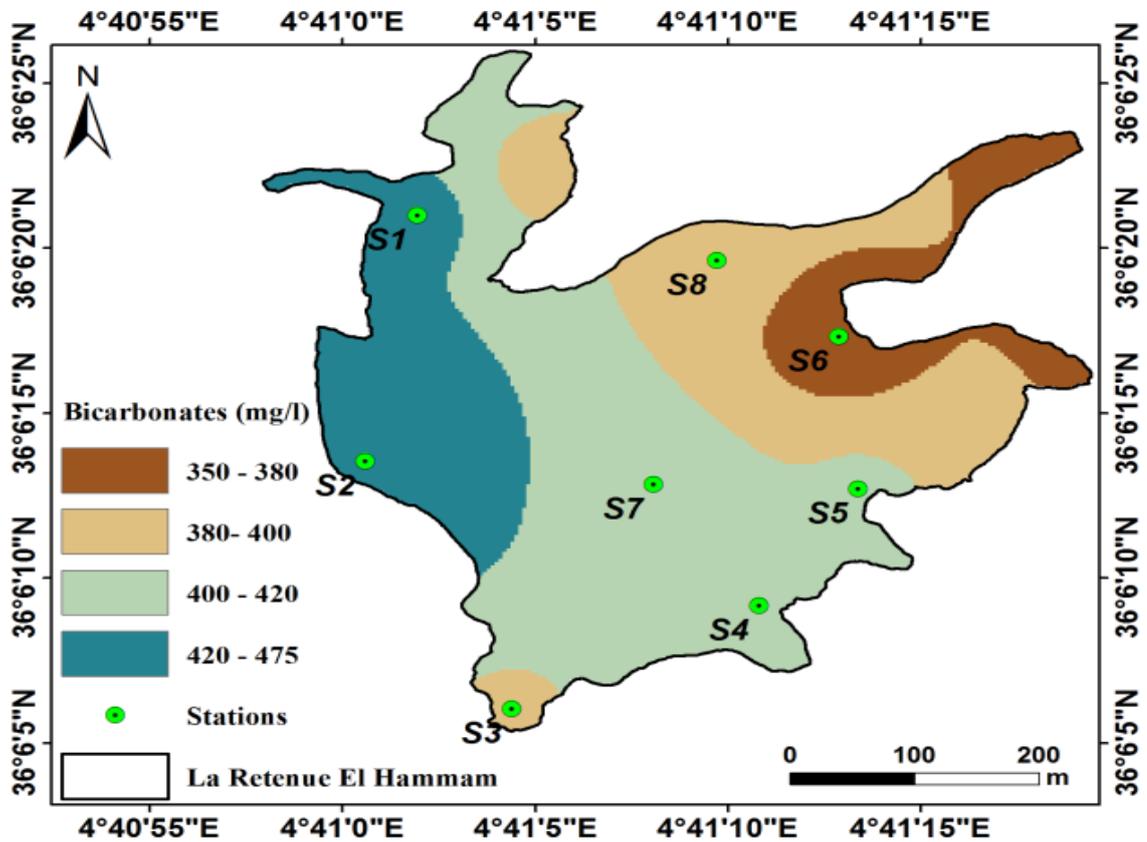


Figure 14 : Variation des bicarbonates la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

Le taux élevé d'alcalinité observé dans toutes les stations est due à la composition géologique des terrains traversés (formations carbonatées) par les eaux de la zone humide d'El Hammam (Belhadj, 2006).

II.1.7. Les Chlorures

Le chlorure est l'un des anions inorganiques les plus importants dans l'eau, en raison de sa grande solubilité, Il est présent naturellement dans tous types de plans d'eau (Brraich et Saini, 2015). Les teneurs en chlorure sont élevées presque dans toutes les stations étudiées. On a enregistré une valeur minimale de 497 mg/l (Station 2) à une moyenne de 583.93 mg/l et écart-type de 81,24. Tandis que la valeur maximale est de l'ordre de 798 mg/l (Station 7) (Figure15).

On compare les résultats obtenus avec les normes d'OMS qui fixent la valeur maximale de chlorure à (1065mg/l).On peut constater que tous les stations sont dans la norme.

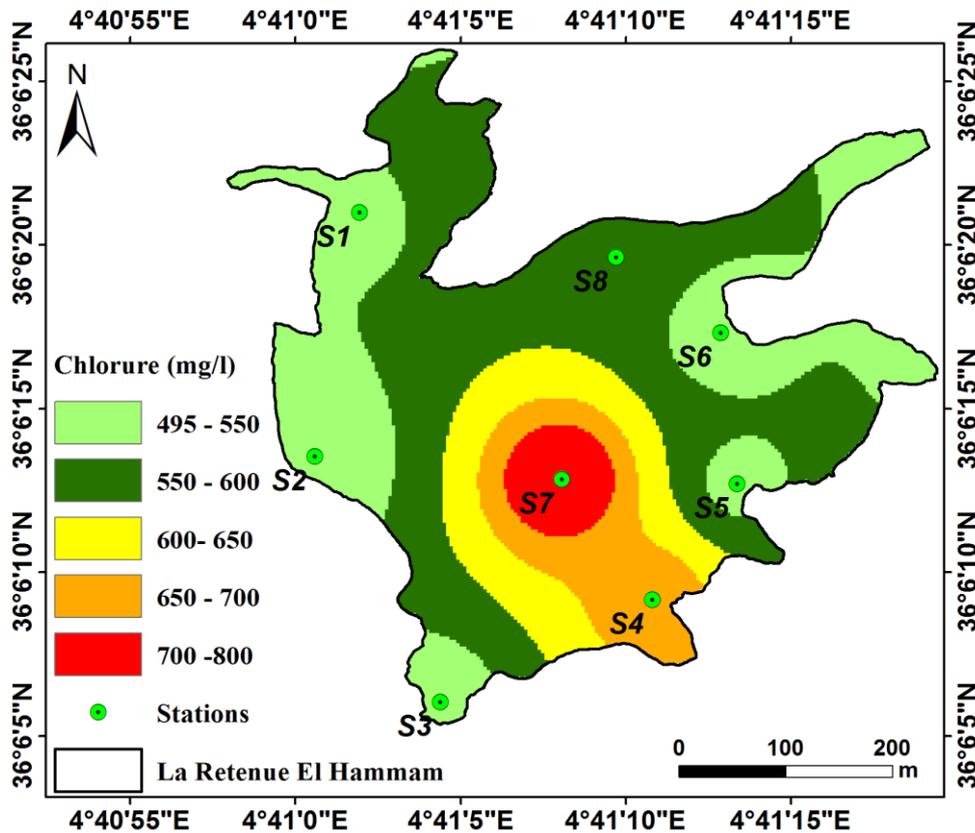


Figure 15 : Variation des chlorures la zone humide d'El hammam (**Lahouibi et Rahmouni, 2022**).

Les taux élevés enregistrés dans les eaux analysées sont dues surtout aux apports des rejets d'eaux usées d'origine domestique (en particulier les urines) (**Pradeep et al., 2012**) ainsi par l'accumulation de déchets organiques, principalement d'origine animale (**Bhasinet al.,2015**).

II.1.8. Les matières en suspension (MES)

Elles désignent toutes les matières minérales et/ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, les résultats obtenus dans la région d'étude montrent que la teneur en MES est située entre de 700 mg/l (site 7) et de 5300 mg/l (site 6) avec une moyenne de 2487.50 mg/l et écart-type de 1212,50. Ces valeurs de MES dépassent largement la norme d'OMS (<70 mg/l)

Les taux élevés de MES observés dans les différentes stations peuvent être interprétés par le déversement des rejets liquides et solides directement dans la zone humide d'El hammam sans aucun traitement préalable, Ces rejets issus des ménages et des industries contiennent des concentrations importantes de micropolluants organiques, de nutriments azotés et phosphorés et de métaux toxiques qui contribuent à dégrader considérablement la qualité de l'eau (**Adamou et al, 2015**).

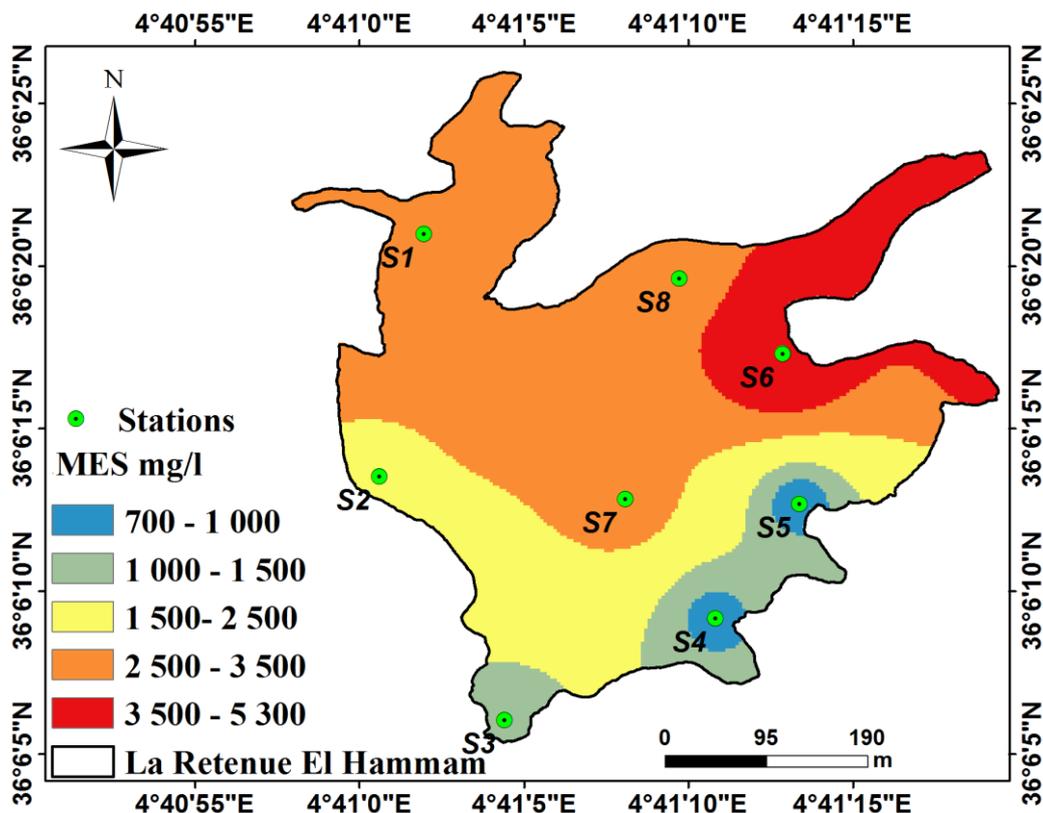


Figure 16: Variation des MES dans la zone humide d'El hammam (**Lahouibi et Rahmouni, 2022**).

II.1.9. La Turbidité

Les valeurs de turbidité enregistrées dans la présente étude, varient entre (171 NTU) au niveau de la station 2 et (50,6 NTU), enregistrée dans la station 7 à une moyenne de 116.38 NTU et écart-type de 29,63 , La forte turbidité enregistrée dans les différentes stations est expliquée par le rejet des eaux usées et les déchets industrielles dans cette zone, ainsi la quantité de matières solides en suspension dans l'eau peut résulter de l'érosion naturelle, du ruissellement, et de la prolifération des algues et la présence des particules telles que l'argile ou le limon, la matière organique finement divisée, le plancton ou d'autres organismes microscopiques (**Edokpay et al,2015 ; Acharya et al., 2018**).

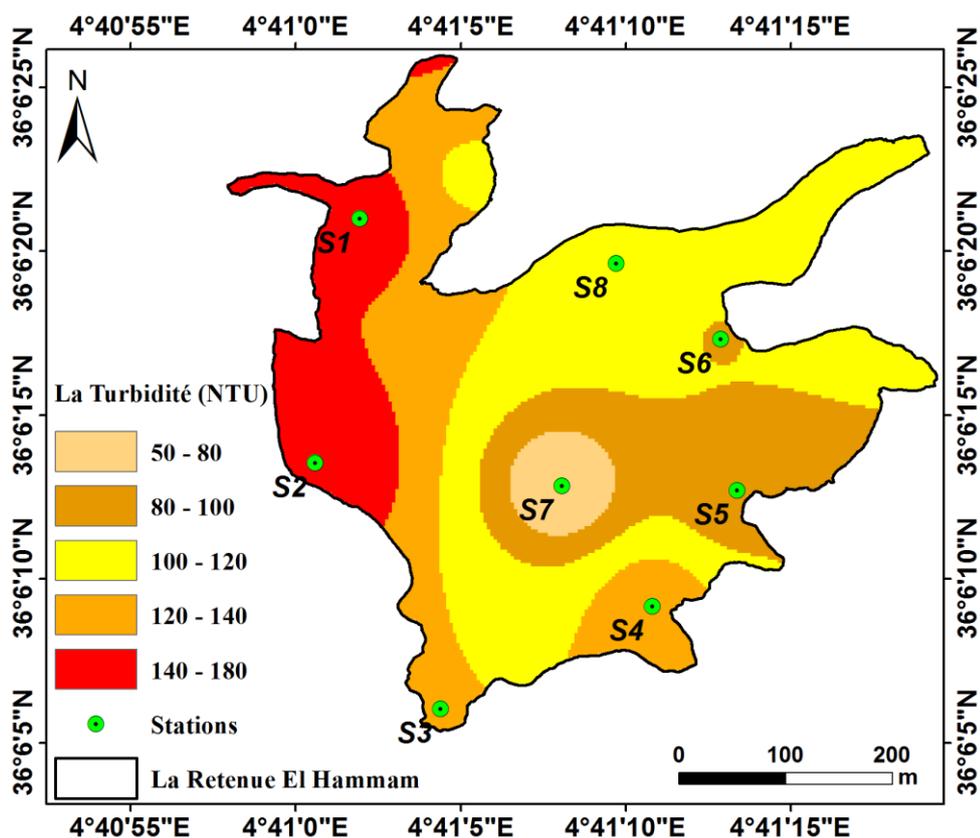


Figure 17: Variation de la turbidité dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

L'augmentation de la turbidité affecte la transparence de l'eau, qui réduit la productivité biologique des organismes aquatiques (Ezzat *et al.*, 2012 ;Gideon *et al.*, 2013).

II.1.10. La dureté Totale (Titre hydrotimétrique)

Les tenures de (TH) relevées dans la présente étude (figure18) varient entre 20 f° (station 5) à et 40 f° (station 1) à une moyenne de 27.55 f° et écart-type de 3,78. Les valeurs les plus élevées de TH peuvent être expliquées par l'addition des teneurs élevées en cations, Ca^{+2} , Mg^{+2} et anions, HCO_3^- , SO_4^{-2} , Cl^- , NO_3^- dans les eaux usées rejetées dans cette hydro-système (Sanyal et Paul., 2019). Généralement, l'augmentation de la dureté pourrait être due à l'hydrogéologie, à la géochimie et aux conditions du sol (sol riche en carbonate ou bicarbonate de calcium) de la région d'étude (Ayad et Kahoul., 2016).

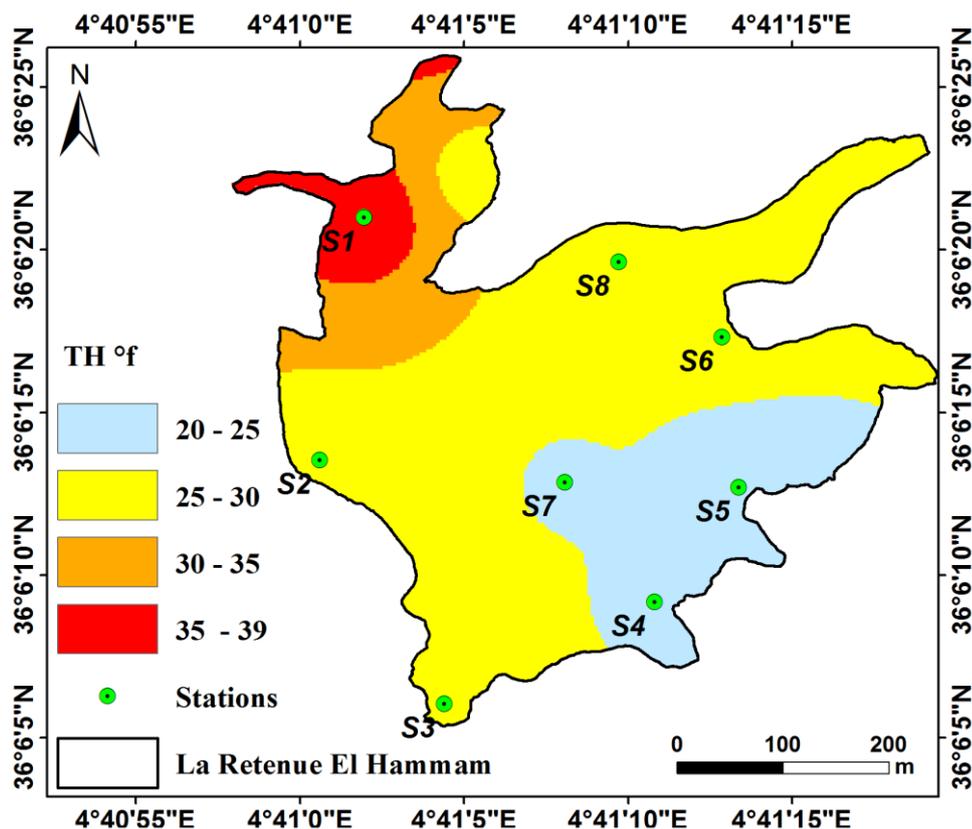


Figure 18 : Variation de la dureté Totale dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

II.1.11. L'azote ammoniacal « NH_4^+ », Nitrates « NO_3^- » et Nitrites « NO_2^- »

Les nutriments sont considérés comme l'un des paramètres environnementaux les plus importants influençant la croissance, la reproduction et les activités métaboliques des êtres vivants (Perumal *et al.*, 2009).

- ❖ NH_4^+ : Les tenures d'ammonium dans les eaux de surface de notre milieu d'étude varient entre 0,64 mg/l (Station 5) et 2,86 mg/l (Station 1) à une moyenne de 1,48 mg/l et écart-type de 0,66. Ces faibles concentrations dans les différents échantillons s'expliquent par la transformation de l'ammonium en nitrate par les bactéries nitrifiantes (la nitrification), ainsi par l'assimilation de l'ion ammonium par les plantes aquatiques (Amira, 2008; Bhateria et Jain, 2016). Globalement, la présence de NH_4^+ à des concentrations élevées dans un cours d'eau ou un lac peut contribuer à l'eutrophisation qui entraîne la destruction de ces écosystèmes aquatiques (Jeong *et al.*, 2013).

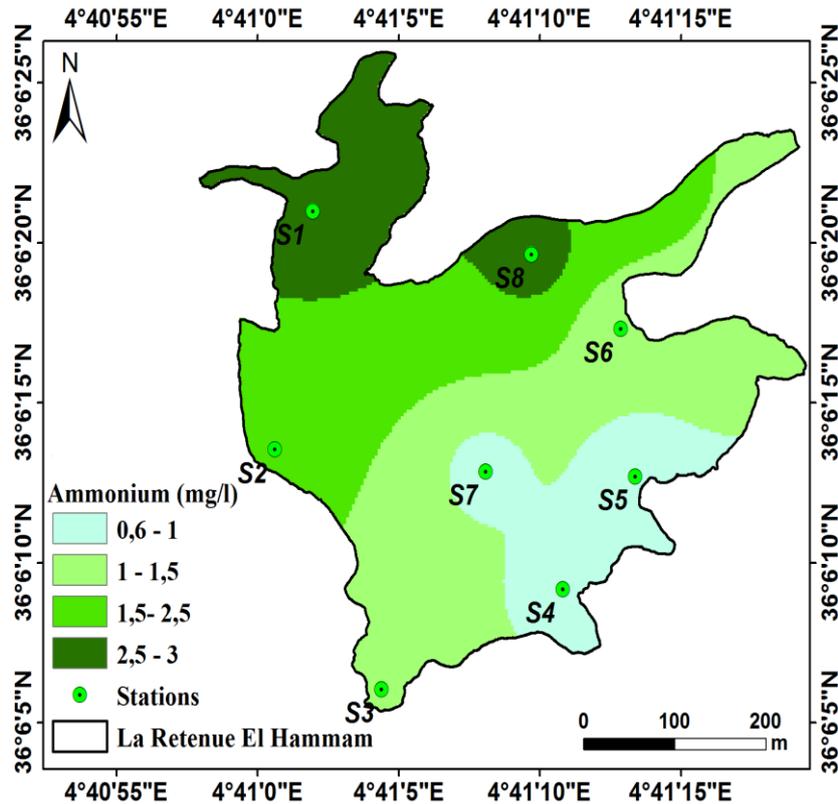


Figure 19: Variation d'ammonium dans la zone humide d'El hammam (**Lahouibi et Rahmouni, 2022**).

- ❖ NO_3^- : Les résultats des analyses obtenus des nitrates dans la présente étude montrent que leurs teneurs oscillent entre 10,54 mg/l (dans la 7^{ème} station) et 35 mg/l (dans la 8^{ème} station) (figure 20) à une moyenne de 19,78 mg/l et écart-type de 7,11. Les valeurs de nitrates les plus élevées enregistrées pendant la période d'étude pourraient être dues principalement à l'écoulement des eaux riches en composés azotés (rejet d'eaux usées domestiques et industrielles) (**El Morhit, 2009**) et au lessivage des fertilisants organiques utilisés dans les sols agricoles situés sur les bords de la zone humide d'el hammam (**Ferahtia et al., 2021**).

Pour l'ensemble des stations nos résultats montrent que les teneurs en nitrate sont faibles et dans les normes d'OMS (50mg/l). On peut expliquer ces faibles teneurs par la réduction des nitrates en nitrite par les bactéries dénitrifiantes, les anaérobies sulfiro-réducteurs. (**Makhouk et al, 2005**).

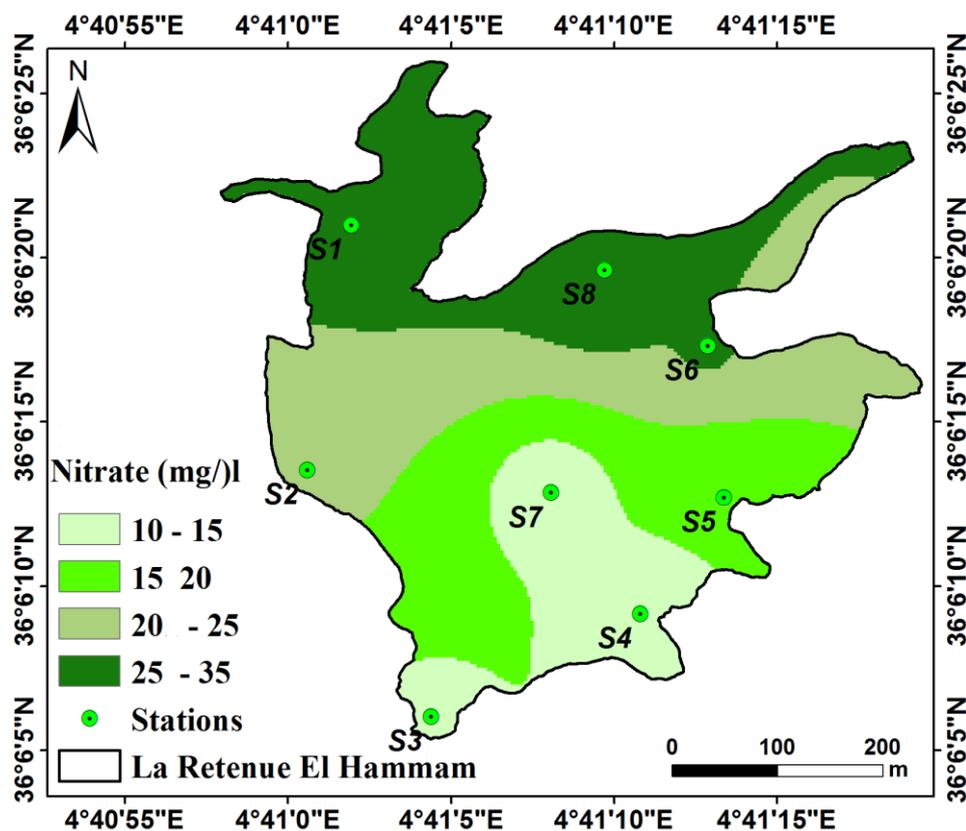


Figure 20: Variation des Nitrates dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

- ❖ **NO₂**: Le nitrite représente une forme intermédiaire lors des réactions de dénitrification et de nitrification dans le cycle de l'azote. C'est un ion très instable qui se transforme en ammoniac ou en nitrate selon les conditions de l'eau (Ramteke, 2013). Les taux de nitrites enregistrés au niveau des stations étudiés sont compris entre 0,02 mg/l (Station 4 et 5) et 0,41 mg/l (Station 8) à une moyenne de 0,18 mg/l et écart-type de 0,13.

Ces teneurs sont supérieures aux normes de l'OMS (0,1 mg/l), elles proviendraient soit de l'oxydation incomplète de l'ammonium

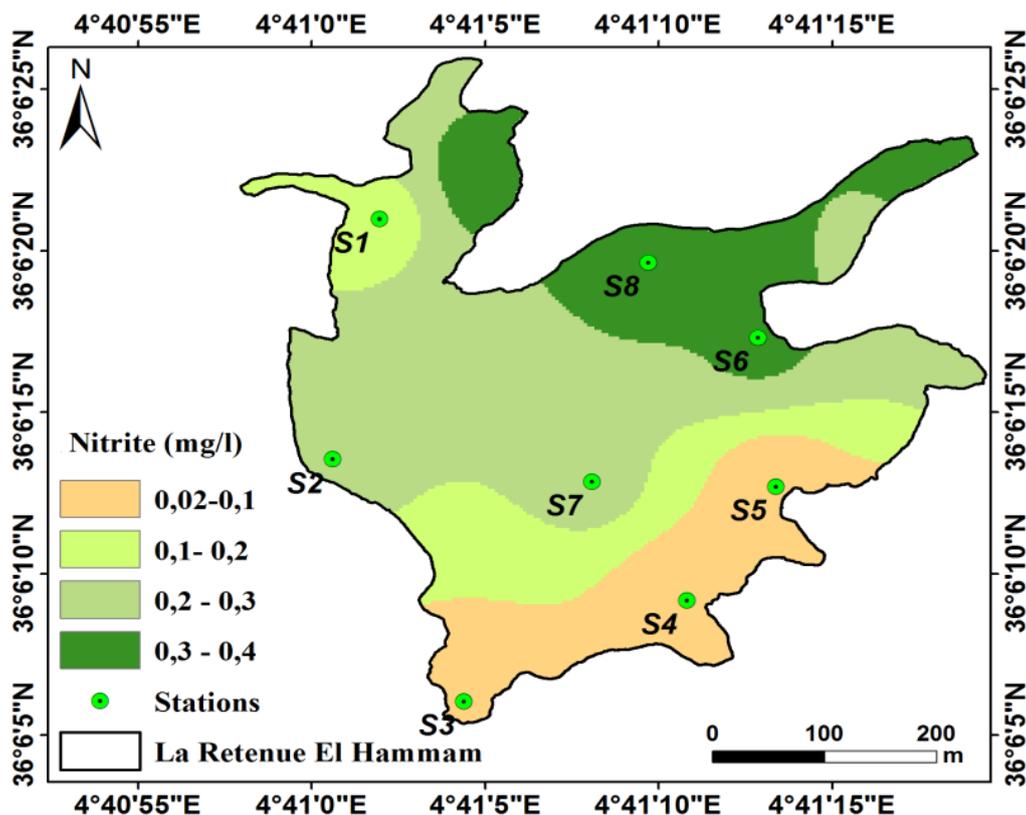


Figure 21: Variation des Nitrites dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

Leur présence dans les différentes stations est liée soit à la réduction de nitrate suite à une diminution du taux d'oxygène et à une augmentation du nombre de bactéries dénitrifiantes (Entérobactéries, coliformes ...) (Amira, 2008) , soit à l'oxydation de l'ammoniaque (Guergueb, 2016 ; Ferahtia,2021),les nitrites sont toxiques pour les écosystèmes aquatiques (Yao et Peng., 2017).

II.1.12.Les Ortho-phosphates (PO_4^{-3})

Les teneurs en ortho-phosphates enregistrées au niveau des eaux analysées (Figure 22) variaient entre 0,23 mg / l (station 4) et 1,22 mg / l (station 8)) à une moyenne de 0,65 mg/l et écart-type de 0,22. La valeur élevée des PO_4^{-3} est due probablement à l'augmentation de la pollution des eaux par la matière organique parvenant a partir les eaux usées urbaines et industrielles (polyphosphates des détergents) , le ruissellement des terres agricoles adjacentes à la zone d'étude (Effendi et Wardiatno, 2015 ;Ouhmidou *et al.*, 2015).

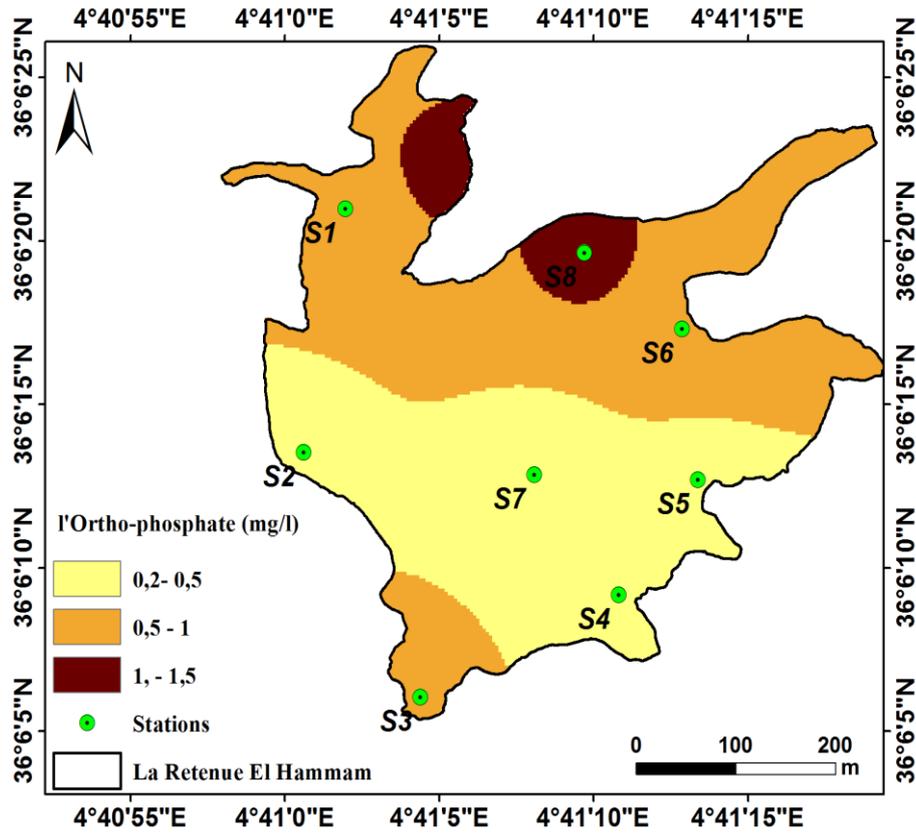


Figure22 : Variation d’ortho-phosphates dans la zone humide d’El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

II.1.13. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) et Demande chimique en oxygène (DCO)

❖ **La demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

Est utilisée pour déterminer le niveau de pollution organique de l'eau , Les valeurs du DBO₅ mesurées dans les eaux de notre zone d’étude varient entre 35 mg/l (S 07) et 120mg/l (S 08) à une moyenne de 65 mg/l et écart-type de 23,75. L’évolution spatiale de la DBO₅ montre des valeurs élevées en amont de la zone humide, Ces valeurs de la DBO₅ des eaux sont élevées et dépassent la valeur guide fixée par l’OMS (30mg/l), ce qui peut être expliquée par l’accumulation de la matière organique issue de la décharge directe des eaux urbaines et industrielles(Ilavarasan *et al.*,2016)et le lessivage des engrais organiques utilisés par les agriculteurs dans cette région. Selon Bendjama (2014) .

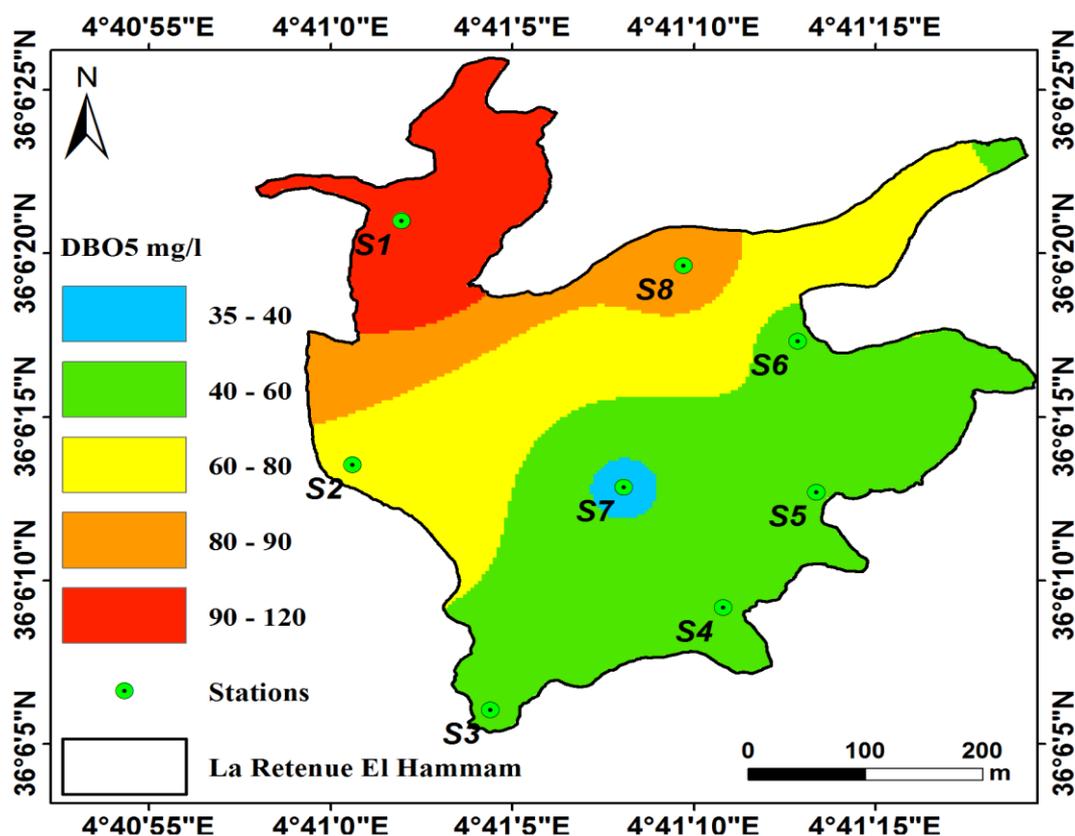


Figure23 : Variation de la DBO₅ dans la zone humide d'El hammam (Lahouibi et Rahmouni, 2022).

❖ La Demande chimique en oxygène (DCO)

Permet de quantifier la matière oxydable contenue dans l'eau par la mesure du taux d'oxygène nécessaire pour la dégrader. Les résultats de la DCO obtenus montrent que la valeur minimale s'observe au niveau de station 07 avec 77.6 mg/l et un maximum de 140mg/l mg/l atteint au station 01) à une moyenne de 100,45 mg/l et écart-type de 13,56, les valeurs de DCO qui dépassent largement la norme d'OMS (40 mg/l).

Les valeurs élevées de DCO dans les eaux de notre zone d'étude indiquent la présence importante des matières oxydables d'origine organique et minérale issues des activités humaines (eaux usées domestiques, polluants agricoles et industriels) ou naturelles (Sirajudeen et Vahith, 2014 ; Diab ,2016 ;Saadali et al.,2020).

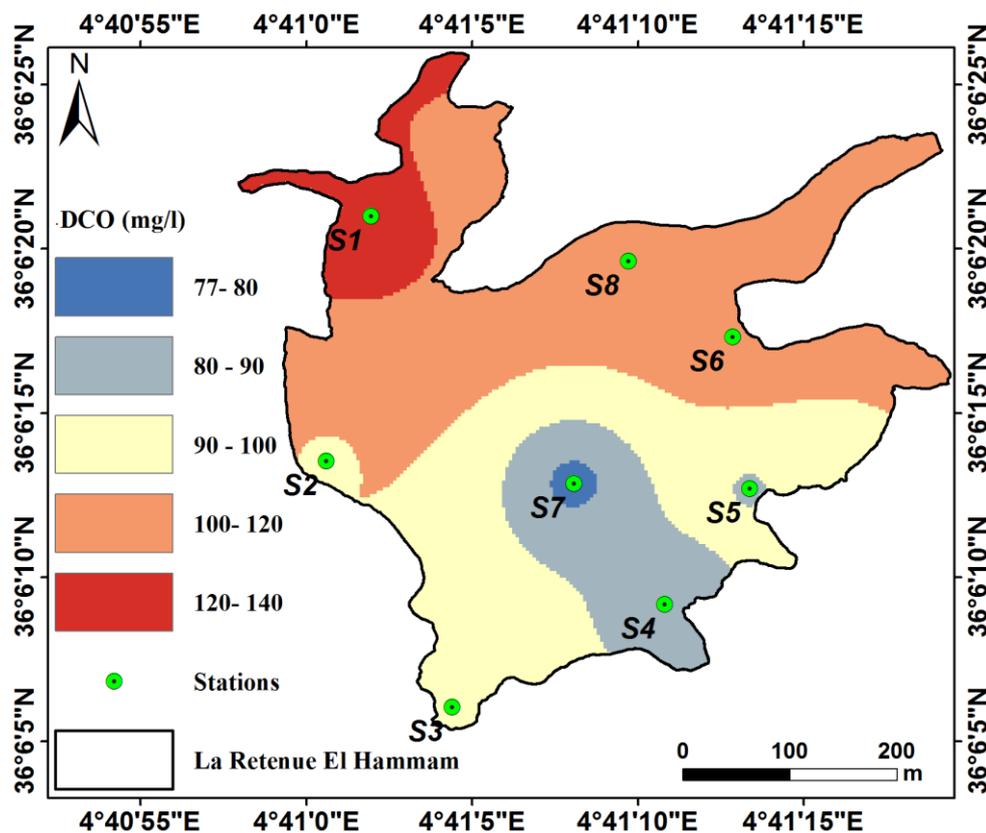


Figure24 : Variation de la DCO dans la zone humide d'El hammam(Lahouibi et Rahmouni, 2022).

❖ la comparaison de certains paramètres

Globalement, les résultats qui a été enregistrée dans notre étude montrent que nos valeurs de (ph, cl, nitrite et DBO_5) sont similaires aux résultats trouver par Ferchiche et Lammari (2017-2018) .

Alors que, les valeurs de MES et de nitrates sont supérieures par rapport aux résultats de ferchiche et lammari (2017-2018).

Les valeurs de CE et DCO observées dans la présente étude sont inférieures par rapport aux résultats trouvés par boufedji (2016-2017).

II.2. Les Analyses Bactériologiques

Les analyses biologiques des eaux sont d'une importance capitale dans le diagnostic de la qualité des eaux et représente le complément indispensable des analyses physico-chimique.

II.2.1. Les germes totaux (germes revivifiables)

La recherche des germes totaux dans tous les prélèvements effectués sur le milieu de culture montre des nappes confluentes, ce qui traduit par le nombre très élevé de flore aérobie mésophile totale qui vivent dans les eaux de la zone d'étude. Cette concentration élevée est probablement due à une contamination importante par les eaux usées, qui prouve que les eaux de la zone humide d'El hammam sont trop chargées par les germes pathogènes (El Amiri et al., 2009).

II.2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux (thermotolérants)

La présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale. En effet, la plupart des espèces de ce groupe se trouvent naturellement dans le sol ou la végétation, La présence de coliformes thermotolérants signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Rejsek, 2003).

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous observons une présence des coliformes totaux (Figure, 25) et coliformes fécaux (Figure26 dans les eaux étudiées avec des taux élevés, en effet la présence de ces germes dans l'eau indique la présence d'une contamination d'origine fécale (belghiti et al., 2013). Alors que, les coliformes fécaux dépassent largement la concentration maximale recommandée OMS pour l'eau utilisée en irrigation. Le déversement des eaux d'égout chargé en déchet domestiques (excréments humaines et les eaux de lavage) et les déchets issus d'élevage et les excréments animaux peuvent être les causes principales de cette contamination (Briki,2010).

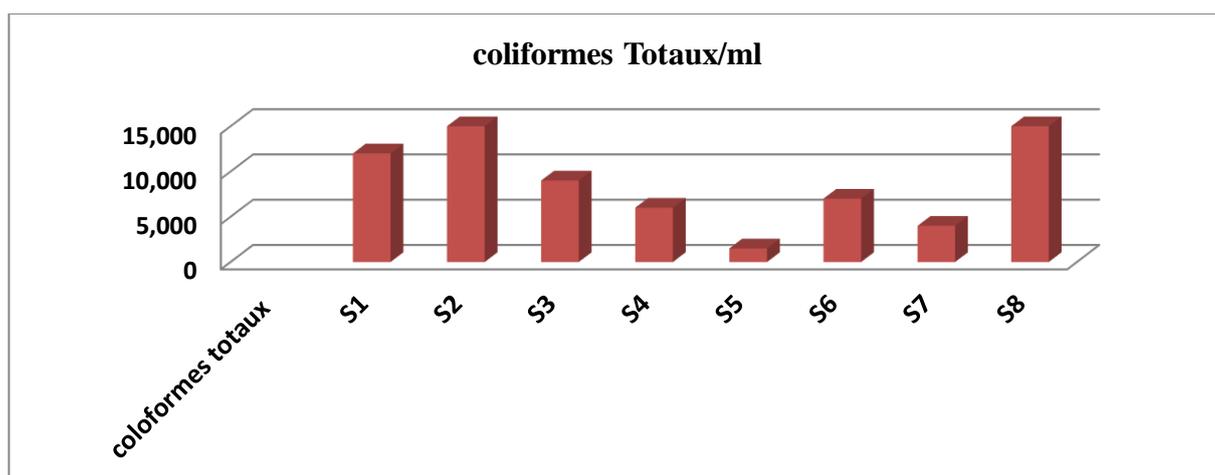


Figure25: Variation des coliformes totaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.

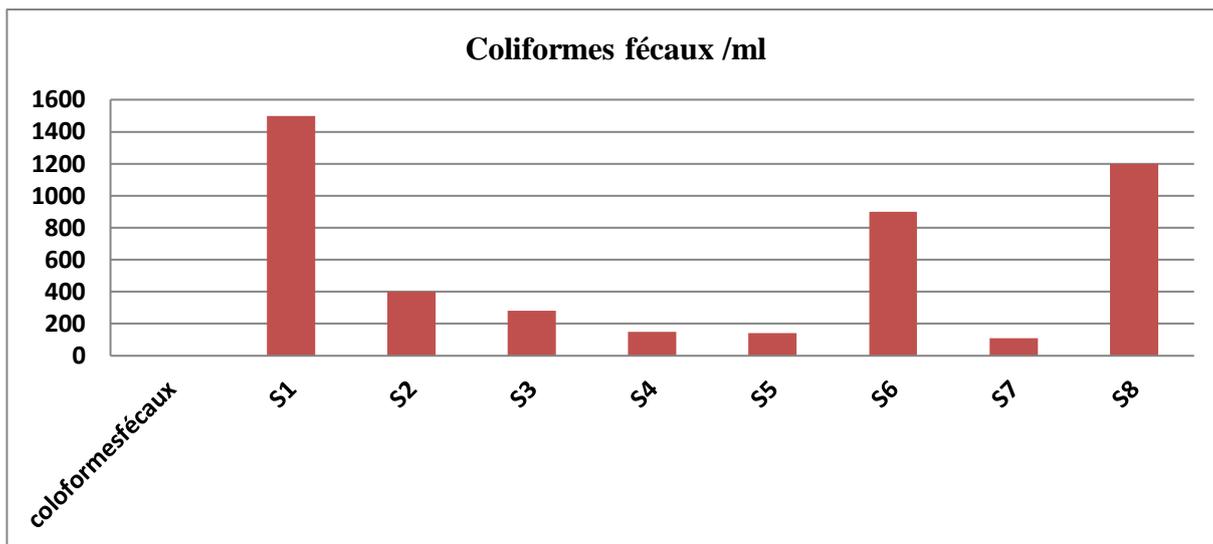


Figure26: Variation des coliformes Fécaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.

II.2.3. Les streptocoques fécaux

La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement la présence d'une pollution fécale d'origine animale (Elzanfali, 1989), La détection de ce type de bactéries dans les eaux de l'écosystème humide d'El hammam (Figure27), indique une pollution d'origine fécale issue essentiellement des rejets d'eaux usées et de déchets d'élevage (Amira,2008).

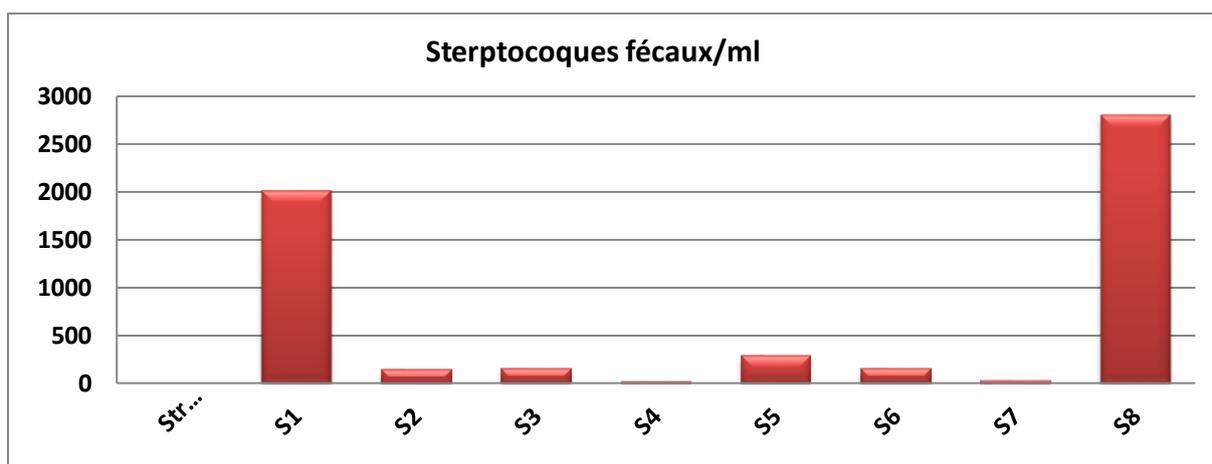


Figure27: Variation des streptocoques fécaux dans les eaux de la zone humide d'El Hammam.

II.3.Evaluation de la qualité de l'eau de la zone Humide d'El Hammam

II.3.2.L'indice de la pollution organique

Tableau IX : Variation de l'indice de pollution organique (IPO) dans les stations de la zone humide d'El Hammam.

Stations	Classes IPO	Niveau de pollution organique
S1	1,75	pollution organique très forte
S2	1,75	pollution organique très forte
S3	2,25	pollution organique forte
S4	2,75	pollution organique forte
S5	2,5	pollution organique forte
S6	1,75	pollution organique très forte
S7	2	pollution organique forte
S8	1,25	pollution organique très forte

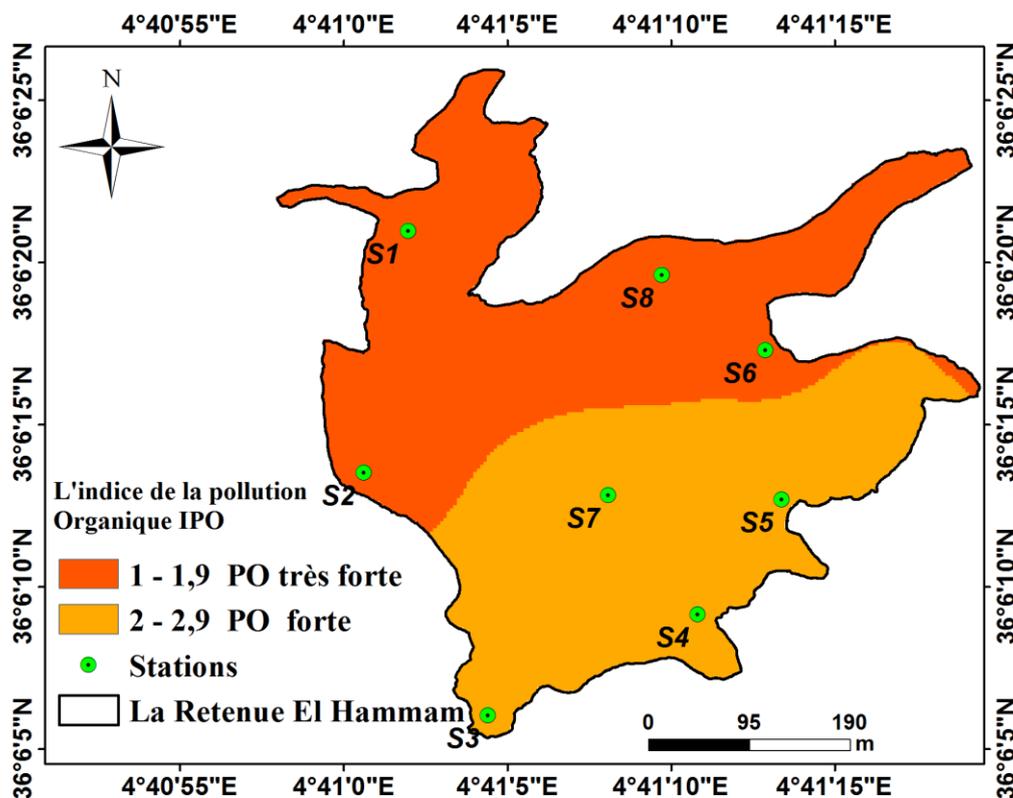


Figure28: Variation Spatiale de L'IPO dans la zone humide d'El hammam.

L'interprétation de la carte d'indice de pollution organique des eaux de surface de la de l'écosystème humide d'El Hammam (Figure, 28) indique le degré d'altération des eaux de la zone d'étude. On note, selon les classifications de L'IPO présentées dans le tableau (Tableau , IX), que les stations S1, S2, S6 et S8 ont un IPO compris entre 1,25 et 1,75, qui classe ces eaux dans la catégorie de très forte pollution organique. Cependant, les valeurs de l'IPO (IPO = 2, 2,25, 2,5 et 2,75) qui montrent une forte pollution organique ont été retrouvées dans les autres stations. En effet, les faibles valeurs de cette indice obtenues aux stations situées en amont du lac confirment également les teneurs élevées des paramètres physico-chimiques relevées à ce niveau, Cette pollution est surtout liée aux concentrations relativement élevées en DBO₅ enregistrées dans la plupart des stations au cours de la période d'étude .Cela indique que la qualité de l'eau de la zone humide d' El Hammam est soumise à un niveau élevé de pollution organique dégradant sa qualité en raison de la variation des rejets, telle que les eaux usées industrielles et urbaines sans aucun traitement préalable et des déchets solides (Serge et Ernest, 2020) en relation avec les activités agricoles par lessivage des sols très chargés en fertilisants azotés (l'utilisation du fumier comme engrais) .**D'après mezbour et al., (2018)** une telle pollution organique par les nutriments notamment les composés azotés : les nitrites et le phosphate et l'ammonium sont nocifs pour la vie aquatique.

II.3.4. Traitement statistique des données

II.3.4.1. Matrice de corrélation

Tableau X : La Corrélation de Pearson entre les différents paramètres physico chimiques des eaux :

	T	PH	CE	TDS	Salinité	NO3	NO2	NH4	PO4	Turbidité	Cl-	MES	HCO3	TH	DBO5	DCO
T	1															
PH	-0,253	1														
CE	0,448	-,751*	1													
TDS	0,412	-0,601	,931**	1												
Salinité	0,428	-,786*	,757*	0,622	1											
NO3	0,605	-0,602	,775*	,741*	0,511	1										
NO2	0,244	-0,652	0,49	0,276	0,586	0,674	1									
NH4	0,601	-0,51	,842**	,747*	0,423	,827*	0,399	1								
PO4	0,473	-0,576	,751*	0,687	,726*	,764*	0,497	0,687	1							
Turbidité	,813*	0,167	0,131	0,16	-0,147	0,384	-0,107	0,52	0,09	1						
Cl-	-0,494	0,019	-0,067	-0,184	0,071	-0,512	0,009	-0,348	-0,48	-0,532	1					
MES	0,015	-0,297	0,292	0,175	0,16	0,639	,845**	0,346	0,349	-0,078	-0,104	1				
HCO3	0,331	-0,011	-0,132	-0,212	-0,293	-0,125	-0,252	0,158	-0,42	0,589	-0,048	-0,375	1			
TH	0,343	-0,035	0,48	0,44	-0,11	0,597	0,152	,833*	0,349	0,582	-0,332	0,383	0,199	1		
DBO5	0,586	-0,452	,708*	0,692	0,202	,831*	0,304	,926**	0,511	0,625	-0,495	0,333	0,315	,830*	1	
DCO	0,391	-0,151	0,534	0,604	-0,034	,792*	0,234	,795*	0,48	0,539	-0,577	0,489	0,011	,885**	,887**	1

*. La corrélation est significative au niveau de 0,05 (bilatéral). **. La corrélation est significative au niveau de 0,01 (bilatéral).

La matrice de corrélation de Pearson des paramètres mesurés durant notre étude pour chaque paramètre est donnée dans le ci- dessus (Tableau X). La température a montré une corrélation positive avec la turbidité ($r = 0,813$, $p < 0,05$), indique que la forte turbidité ,peut également provoquer la modification et l’augmentation de la température de l’eau (G3E, 2013; Bensafia et Remini,2014) . Alors que, Le pH a montré une corrélation négative avec les TDS ($r = -0,751$, $p < 0,05$) et la salinité ($r = -0,786$, $p < 0,05$).Cela implique que plus les matières inorganiques sont présentes dans l’eau leur PH devient faible.

La conductivité électrique a montré une relation positive significative avec :la salinité ($r = 0,757$, $p < 0,05$), TDS ($r = 0,931$, $p < 0,01$), Nitrates ($r = 0,775$, $p < 0,05$) et NH_4^+ ($r = 0,842$, $p < 0,01$), PO_4^{2-} ($r = 0,751$, $p < 0,05$), DBO_5 ($r = 0,708$, $p < 0,05$) qui indique que la conductivité électrique de l’eau liée avec la concentration d’ions et leur charge en nutriments (Joshi *et al.*, 2009).

Les TDS est positivement corrélé avec la salinité ($r = 0,741$, $p < 0,05$) et l’ammonium ($r = 0,747$, $p < 0,05$), cependant la salinité a exprimé une corrélation positive avec l’ortho-phosphates ($r = 0,726$, $p < 0,05$), Ceci confirme la présence importante des solides inorganiques dissous liés avec les activités anthropiques.

La dureté totale de l'eau a montrée des corrélations positives avec DBO₅ ($p < 0,01$; $r = 0,830$) et la DCO ($p < 0,01$; $r = 0,885$). Les nitrates dans notre étude ont révélés une corrélation positive significative avec la DBO₅ ($p < 0,01$, $r = 0,831$; $p < 0,05$), la DCO ($p < 0,05$, $r = 0,792$), l'ammonium ($p < 0,05$, $r = 0,827$) et avec l'ortho-phosphates ($p < 0,05$, $r = 0,764$), ainsi, les nitrites également présentent une relation significative positive avec les matières en suspension (MES) ($p < 0,01$, $r = 0,845$). D'autre part, nous avons constaté qu'il existe une corrélation positive significative entre NH₄⁺ et la BDO₅ ($p < 0,01$, $r = 0,926$), la DCO ($p < 0,05$, $r = 0,795$), TH ($p < 0,05$, $r = 0,833$). La demande biologique en oxygène est fortement corrélé avec la DCO ($r = 0,887$ $p < 0,01$), cette relation significative indique la présence des concentrations élevées de nutriments provenant a partir des ruissellements agricoles et le déversement des eaux usées dans ce lac, ce qui favorise la dégradation bactérienne de la matière organique, et par la suite l'augmentation du DBO₅ et de la DCO (Sanyal *et al.*, 2019).

La matrice de corrélation de Pearson des paramètres mesurés durant notre étude pour chaque paramètre est donnée dans le ci-dessus (Tableau X). La température a montré une corrélation positive avec la turbidité ($r = 0,813$, $p < 0,05$), indique que la forte turbidité peut également provoquer la modification et l'augmentation de la température de l'eau (G3E, 2013; Bensafia et Remini, 2014). Alors que, Le pH a montré une corrélation négative avec les TDS ($r = -0,751$, $p < 0,05$) et la salinité ($r = -0,786$, $p < 0,05$). Cela implique que plus les matières inorganiques sont présentes dans l'eau leur PH devient faible.

La conductivité électrique a montré une relation positive significative avec : la salinité ($r = 0,757$, $p < 0,05$), TDS ($r = 0,931$, $p < 0,01$), Nitrates ($r = 0,775$, $p < 0,05$) et NH_4^+ ($r = 0,842$, $p < 0,01$), PO_4^{2-} ($r = 0,751$, $p < 0,05$), DBO_5 ($r = 0,708$, $p < 0,05$) qui indique que la conductivité électrique de l'eau liée avec la concentration d'ions et leur charge en nutriments (Joshi *et al.*, 2009).

Les TDS est positivement corrélé avec la salinité ($r = 0,741$, $p < 0,05$) et l'ammonium ($r = 0,747$, $p < 0,05$), cependant la salinité a exprimé une corrélation positive avec l'ortho-phosphates ($r = 0,726$, $p < 0,05$), Ceci confirme la présence importante des solides inorganiques dissous liés avec les activités anthropiques.

La dureté totale de l'eau a montrée des corrélations positives avec DBO_5 ($p < 0,01$; $r = 0,830$) et la DCO ($p < 0,01$; $r = 0,885$). Les nitrates dans notre étude ont révélés une corrélation positive significative avec la DBO_5 ($p < 0,01$, $r = 0,831$; $p < 0,05$), la DCO ($p < 0,05$, $r = 0,792$), l'ammonium ($p < 0,05$, $r = 0,827$) et avec l'ortho-phosphates ($p < 0,05$, $r = 0,764$), ainsi, les nitrites également présentent une relation significative positive avec les matières en suspension (MES) ($p < 0,01$, $r = 0,845$). D'autre part, nous avons constaté qu'il existe une corrélation positive significative entre NH_4^+ et la DBO_5 ($p < 0,01$, $r = 0,926$), la DCO ($p < 0,05$, $r = 0,795$), TH ($p < 0,05$, $r = 0,833$). La demande biologique en oxygène est fortement corrélé avec la DCO ($r = 0,887$ $p < 0,01$), cette relation significative indique la présence des concentrations élevées de nutriments provenant à partir des ruissellements agricoles et le déversement des eaux usées dans ce lac, ce qui favorise la dégradation bactérienne de la matière organique, et par la suite l'augmentation du DBO_5 et de la DCO (Sanyal *et al.*, 2019).

Conclusion

L'objectif de notre travail est de déterminer les principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de surface de la zone humide d'El hammam, ainsi que l'évaluation de l'état de santé de cet écosystème humide dans le but de la préservation de ce milieu et ses composantes.

L'évaluation spatiale de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de la zone humide de Medjana, nous a permis de situer le niveaux de pollution et le degré de contamination de ces eaux par les différents éléments chimiques et microbiologiques en particulier , la conductivité électrique, les nitrates, les nitrites, les orthophosphates, la demande biologique en oxygène et demande chimique en oxygène, les germes témoignant de contamination fécale.

L'évaluation de la qualité des eaux de notre zone d'étude a été effectuée par l'indice (IPO) qui montre que les eaux de surface de lac de Medjana passent d'une qualité à une autre , de pollution organique forte (IPO varient de 2 et 2,75) à pollution organique très forte (IPO compris entre 1,25 et 1,75) .

Les valeurs de ces indices indiquaient clairement l'ampleur de la pollution dans laquelle les rejets domestiques, industriels et lessivage agricole constituaient une menace majeure pour ce hydro-système.

Pour cela nous suggérons quelques actions pour protéger cette zone humide :

- La construction d'une station d'épuration par lagunage au niveau des agglomérations;
- Une gestion efficace des déchets industriels.
- Sensibilisation des agriculteurs et l'ensemble de la population sur l'importance des zones.
- Lancement des études sur la qualité physique, chimique et biologique des eaux de surface , et intensifier les efforts pour classer la zone humide D'El hammam sur la liste de Ramsar.

***Références
bibliographiques***

- A.G.R.F.U.(2016).** Agence de Gestion et de Régulation foncières urbaines de Bourdj
- Abdo M. H., (2010).** Environmental and water quality evaluation of Damietta branch, River Nile, Egypt. *African J. Biol. Sci*, 6(2), 143-158.
- Acharya S., Sharma S.K .andKhandegar V. (2018).**Hydrogeochemical assessment of groundwater quality in vicinity of Dwarka, Delhi’ *journal of Pollution Research*, Vol.37 No.1,pp. 209-220.
- Adamou R., Alhou B .& Garba Z. (2015).** Impact de la pollution anthropique du fleuve Niger sur la prolifération de la jacinthe d’eau. *Journal des Sciences, I*, 25-38.
- Aliat T., (2018).** Les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes Biodiversité: Préservation et Valorisation .Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1.p156.
- Amel F., (2021).** *Effets des activités humaines sur les ressources en eaux dans les régions semi-arides et arides d’Algérie* , Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M’sila . 136p.
- Amira W., (2008).** Degré de contamination des eaux de la mare Redjla (Taher, Jijel)par les nitrates: détermination de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau, mémoire magister, université de Jijel ,103p. approche scientifique et pratique .5 ème édition .Lavoisier Pp 168.
- Ayad W. &Kahoul M. (2016).** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puitsdans la région d'El-Harrouch (NE-Algérie)[Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (NE-Algeria)]. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7, 1288-1297.
- Bachari H.F., (2009)** .Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrieà partir de l’imagerie satellitaire. Thèse de Doctorat. Université de Valde Marne, ParisXII.257p.
- Belghiti M. L., CHAHLAOUI A., Bengoumi D.& El Moustaine R. (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).

- Belhadj M. Z., (2006).** Etude de la pollution du barrage de Zit-Emba Commune de Bekkouche Lakhdar Wilaya de Skikda. Mémoire de Magister. Université de Batna, 107p.
- Bender., (2008).** Bureau National d'étude pour le développement Rural, Alger. Rapport : Etude préliminaire, option : étude agro-pédologique sur 80000 hectares dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.
- Bendjama A., (2014).** Variations de la qualité des eaux et son impact sur le sol, des zones humides de PNEK. Thèse de Doctorat. Univ. Badji. Mokhtar. Annaba, 213p.
- Benkaddour B., (2018).** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie). Thèse de doctorat. Université de Perpignan via Domitia, et Université de Mostaganem, 193p.
- Bensaci E., Bendjama S., Telli S., Reguig S., Zoubiri A. & Houhamdi M. (2014).** Contribution à l'étude de la pollution des eaux des zones humides
- Bensafia, D., & Remini, B. (2014).** Le rôle de la vase dans l'accélération de l'eutrophisation des eaux de barrages. Étude expérimentale. LARHYSS Journal P- (ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (19
- .Groupe d'éducation et d'écovigilance de l'eau (G3E), 2013
- des régions arides d'Algérie. *Int J Environ Water*, 3, 61-68.
- Bhasin S., Shukla A. N. & Shrivastava S. (2015).** Observations on physicochemical and microbiological parameters of Kshiprariver with special reference to water quality.
- Bhateria R. & Jain D. (2016).** Water quality assessment of lake water: a review.
- Bordjah A., (2011).** Analyse physico-chimique et microbiologie de lait UHT demi-écrémé. Centre de formation professionnelle El Hidhab. Sétif. Algérie - BTS en contrôle de qualité dans les industries agroalimentaires, Pp 76. Bou Arreridj.
- Bouahim S., Rhazi L., Ernoul L., Mathevet R., Amami B., Er-Riyahi S. & Grillas P. (2015).** Combining vulnerability analysis and perceptions of ecosystem services in sensitive landscapes: A case from western Moroccan temporary wetlands. *Journal for Nature Conservation*, 27, 1-9.
- Bouaroudj S., Menad A., Bounamous A., Ali-Khodja H., Gherib A., Weigel D. E. Bouldjedri M., de Bélair G., Mayache B. & Muller S. D. (2011).** Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes rendus biologiques*, 334(10), 757-772.

- BRIKI Zahra., (2010).**Contribution à l'étude des sources de pollution d'une zone humide d'importance internationale : cas du Chott El Hodna (M'sila); université Mohamed boudiaf M'sila,mémoire Master,pp77
- Brown R.M., McCleiland N.J., Deininger RA. And O'Connor,M.F. (1972).** Awater quality index-crossing the psychological barrier(Jenkis, S.H.,Ed.). Proceeding of .International conference on Water, Jerusalem, Isreal. Poll. Res. 6 : 787-797
- Brraich O.S and Saini S.K.(2015).** Water Quality Index of RanjitSagar WetlandSituatd on the Ravi River of Indus River System' ,*International*
- Boufedji, D., Guessoum, Z., Brandão, A., Ziadi, T., & Mokhtari, A. (2017, May). Towards a mas product line engineering approach. In International Workshop on Engineering Multi-Agent Systems (pp. 161-179). Springer, Cham.
- Journal of Advanced Research*, Vol.3 No.12,pp. 1498-1509.
- C.C.M.E. (Canadian Council of Ministers of Minister of the Environment)(2007).**A. protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of aquatic life 2007. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg.
- céréaliculture dans la région de Ras El Oued –Bordj Bou Arreridj. Mémoire de Master. Département des sciences biologiques. Univ de Bordj Bou Arreridj, 10.
- CF BBA . (2009).** Conservation des forets de Bordj Bou Arreridj.
- Chaouki L., Mouhir ., M. Fekhaoui ., A. El Abidi A ., Bellaouchou A . & El Morhit M. (2015).** Application de l'analyse en composantes principales(ACP) pour l'évaluation de la qualité des eaux usées industriellesde Salam Gaz – Skhirat (Application of the principal component analysis (PCA) for the assessment of the wastewater industrial qualityof the Salam Gas – Skhirat). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (2) 455-464.
- Chaurasia M., and Pandey G.,Indian J(2007).**of Environmental protection. 27(11) 1019-1023.
- Chettibi A., (2020).** Utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans les zones humides du Nord-Est Algérie (Doctoral dissertation,Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M'sila . 145p. Congre. Int. Bot., Paris, Sect. 27 : 125- 130.
- Cronk J. K., Fennessy M.S.(2001).** Wetlandplants: biology and ecology. Lewis

- De Belair G.(2005).** Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique de doctorat. Ecole nationale supérieure d'hydraulique, Blida, Algérie 179p.
- Dekhil S., (2013).** Traitement des eaux usées urbaines par des boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA. Algérie: Université Mohamed El Bachir Elibrahimi.
- DGF, 2004.** Atlas IV des zones humides Algériennes d'importance internationale. Ed. Direction Générales des Forêts, Alger. 107p.
- DGF., (2016) .** Direction Générale Des Forêts de Bordj Bou Arreridj
- Diab W.,(2016).** Etude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (France), 2016, 214 p.
- Djamai S., (2020).** Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala– Wilaya El-Tarf). Thèse de doctorat. Université Mohamed Boudiaf, M'sila . 145p.
- DRE., (2016).** Direction De Ressources En Eau.
du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). *Ecologia mediterranea* 311-18
- Edokpayi Joshua N., ODIYO John O., MSAGATI Titus AM . et al.** Temporal variations in physico-chemical and microbiological characteristics of Mvudi River, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 2015, vol. 12, no 4, p. 4128-4140.
- Effendi H .& Wardiatno Y. (2015).** Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 228-237.
- El Amiri B., Sibaoueih M., Hadarbach D., Cohen N. et Chriyaa A .(2009).** *Impact de l'utilisation des eaux usées sur le bovin dans la commune des Mzamza*, Province de Settat. Les Technologies de Laboratoire, Pp79.
- El Morhit M. (2009).** Hydrochimie, Eléments Traces Métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-Agdal, 232 p.

- El Morhit M., (2009).** Hydrochimie, Eléments Traces Métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-Agdal, 232 p.
- Elzanfali H.T., Eltonsey N.D. (1989).** Studies of the bacteriological water quality for intokes of differents water treatment in Geatcairo. Actat Res, P: 305.
- et Chenchouni H. (2019).** Assessment of water quality at the largest dam in Algeria (BeniHaroun Dam) and effects of irrigation on soil characteristics of agricultural lands. Chemosphere, 219, 76-88.
- EURL SERTF., (2008).** Etude d'aménagement de la forêt domaniale de Beni yadel.
- Ezzat S. M. &Mahdy H. M., Abo-State MA.,Abd-Elshakour EH., El-Bahnasawy MA. (2012).** Water quality assessment of River Nile at Rosetta branch Middle East. *J SciRes*, 12, 413-23.
- F.A.O (Food and Agriculture Organazation). (1994).** Water quality for agriculture irrigation.
- Farid I., Zouari K .&Kallali A. (2012).** Origine de la salinité des eaux du bassin Chougafiya (Tunisie). Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, 25(3), 255-274.
- Faurie C ., Ferra C ., Médori P ., Dévaux J .,Hemtinne L .(2003)** Ecologie
- Frochot B. & Roché J. (2000).** Les fonctions des zones humides pour les iseaux. *Fonctions et valeurs des zones humides*, 261-276.
- Gausсен H., (1954).** Théorie et classification des climats et microclimats, C.R. VIII°
- Gideon Y.B., Fatoye F.B. andOmada J.I. 2013.**Quality assessment of physico-chemical characteristics of Okura River, Kogi State, Nigeria. *Int. J. Sci. Technol.*2(12) : 891- 899.
- Guergueb S. (2016).**Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf). Thèse de doctorat.Univ.BadjiMokhtar, Annaba, 127p.
- Guyot G., (1999).** Climatologie de l'environnement. Ed. Dunod, Paris, 507p.
- Hade A., (2002).** Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Editions FIDES 59.
- Hamadi F., (2017).** Contribution à l'inventaire des adventices inféodées à la

- Ilavarasan N., Ilangovan R. & Prasanna P. R. (2016).** Water quality assessment on Ooty Lake in Nilgiris district. *Journal of Environmental Biology*, 37(6), 1463.
- Jahan S. & Strezov V. (2017).** Water quality assessment of Australian ports using water quality evaluation indices. *PloS one*, 12 (12), e 0189284.
- Jeong H., Park J., Kim H. (2013).** Determination of NH₄⁺ in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method', *Journal of Chemistry* Vol.2013. pp.1-9.
- Joshi D. M., Bhandari N. S., Kumar A. & Agrawal N. (2009).** Statistical analysis of physicochemical parameters of water of River Ganga in Haridwar district. *Rasayan Journal of Chemistry*, 2(3), 579-587.
- Journal officiel de République Algérienne Démocratique et populaire.** Décret exécutif n°11-219 du 20 Rabie El Aouel 1432, correspondant au 12 avril 2011. Normes Algériennes de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations. Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire.
- Khalik W. M. A. W. M., Abdullah M. P., Amerudin, N. A. & Padli N. (2013).** Physicochemical analysis on water quality status of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. *J. Mater. Environ. Sci*, 4(4), 488-495.
- Krishna Kumar S., Hari Babu S., Eswar Rao P., Selvakumar S., Thivya C., Lamare R. E. & Singh O. P. (2015).** Localised effect of artisanal and small scale mining of limestone mining on water quality in Meghalaya, India. *Pollution Research*, 34(2), 321-329.
- León J. G. & Pedrozo F. L. (2015).** Lithological and hydrological controls on water composition: evaporite dissolution and glacial weathering in the south central Andes of Argentina (33–34° S). *Hydrological Processes*, 29(6), 1156-1172.
- Madaci et Madadi., 2017** -Contribution a l'identification et a la caractérisation de la zone humide El Hammam Medjana cartographie de la zone detude. Mémoire master .
- Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A. & et Van Clooster M. (2011).** Contribution a l'étude physico-chimique des eaux

- superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (9). 149-169 .
- Mebarki A.,(2005).** Hydrologie Des Bassins de l'Est Algérien : Ressource en eau, Aménagement Et Environnement. Thèse Doctorat. Université Mentouri de Constantine, 54.
- Medjani F., (2016).** Variation des paramètres physicochimiques des eaux des sebkhas de la région Ouargla-Touggourt (sud-est algérien). Thèse de Doctorat .Univ. Badji Mokhtar. Annaba, 113p.
- Megharbi A., Abdoun F., &Belgherbi B. (2016).**Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (ouest d'algérie). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 71(2), 142-155.
- Merdas S., (2007).** Bilan des incendies de forêts dans quelques wilayas de l'Est algérien ; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Argeridj. Thèse Doctorat. Université de CONSTANTINE, 4.
- Mezbour R., Reggam A., Maazi M. C .&Houhamdi M. (2018).**Evaluation of organic pollution index and the bacteriological quality of the water of the Lake of birds (ELTarf East-Algerian). *J. Mater. Environ. Sci.*, 9(3), 971-979.
- Mishra G.S., James A., PaliwalH.B .& Kumar H. (2017).**Physico-chemical,Biological Properties and Biodeversity of Aquatic plant Species in Macferon lake Allahabad, Up India. *Current World environment*, 12(3),630.
- Mitsch W. J . et Gosselink J. G., 2000:** Wetlands, 3rd edition. New York. 920.
- Mohan R.R.,nages T.S., Das A., Sahu S., Reddy D.R.K. &Paturi A.P. (2019).**Physico-chemical.Characteristics of NalbanWetlend of East Kolkata Wetlends,ARamsar Site, West Bengal, india. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(4), 1264-1275.
- Mounjid j., Cohen n. Fadlaoui . S., Bbelhouari a. & Oubraim S. (2015).** Contribution a l'évaluation de la qualité physico-chimique du cours d'eau merzeg (périurbain de Casablanca, Maroc). *Larhyss Journal ISSN 1112-3680* , pp. 31-51.

- Muralidharan S. &Jeyabal G. (2017).**Evaluation of water quality and hydrogeochemistry of surface and groundwater, Tiruvallur District, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 7(5), 2533-2544.
- Ouhmidou M., Chahlaoui A., KharroubiA .etChahboune M. (2015).** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Hassan Addakhil d'Errachidia (Maroc) Study of the physico-chemical and bacteriological quality of the barrage Hassan Addakhil of Errachidia (Morocco) , *J. Mater. Environ. Sci*, 6 (6), 1663-1671.
- OULAD HADJ YUCEF, K. (2021).** Identification et activités biologiques de quelques souches d'actinobactéries.
- Oms, J. L. (1991).** Identification des paramètres thermiques d'un milieu poreux réactif déformable: application aux pompes à chaleur chimiques solide-gaz. *Revue générale de thermique*, 30(354-55), 394-400.
- Partrick S., (2003).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition Techni-cités, PP: 109-193.
- Perennou C., Beltrame C., Guelmami A., Tomàs Vives P. &Caessteker P.(2012).**Existing areas and past changes of wetland extent in the Mediterranean region: an overview. *Ecologia mediterranea*, 38(2), 53-66.
- Perumal N. V., Rajkumar M., Perumal P. &Rajasekar K. T. (2009).**Seasonal variations of plankton diversity in the Kaduviyar estuary, Nagapattinam, southeast coast of India. *J. Environ. Biol*, 30(6), 1035-1046.
- Phase 1: Etat des lieux, direction générale des forêts (DGF), pp7.
- Pradeep V., Deepika C., Urvi G. & Hitesh S. (2012).**Water quality analysis of an organically polluted lake by investigating different physical and chemical parameters. *Int. J. Res. Chem. Environ*, 2(1), 105-111.
- Publishers, CRC Press,USA. 482.
- Rafai N., Khattabi A., Moukrim S., Arabou M. &Rhazi L. (2018).** Évaluation de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone humide RAMSAR de Tahaddart (Nord-Ouest du Maroc) revue d'Ecologie, Terre et vie, 73(2), 142-152.
- Ramteke K. K. (2013).**Assessment of seasonal variations of water quality parameters of Savitrireservoir, Poladpur, Raigad district, Maharashtra. *ASSESSMENT*, 8(4), 1337-1342.
- Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Edition CRDP d'aquitaine. Scéren, PP : 21- 295.

- Rodier J ., Bazin C ., Broutin J. p., champsaur H. & RodiL . (2005).**L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico - chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Edition. Dunod, Paris, 1384.
- Rodier J., (1996).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition, 1357p.
- Rodier J., Legube B. Merlet N. et coll (2009).** *L'analyse de l'eau*. Dunod, 9^{ème} édition, 1526.
- Rouissi M., Muller S. D., Ben Haj Jilani I., Ghrabi-Gammar Z., Rhazi L., Paradis L . & Daoud- Bouattour.(2016).** Conservation issues of an exceptional freshwater Mediterranean wetland in Northwest Tunisia: Garâa Sejenane. *Revue d'écologie*.
- Saadali B., Khedidja A., Mihoubi N., Ouddah A., Djebassi T. & Kouba Y. (2020).** Water quality assessment and organic pollution identification of Hammam-Grouz dam (Northeastern Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(20), 1-9.
- Sanyal, S., Paul D.K. (2019).** Monthly variation and interrelationship of physicochemical characteristics of a perennial pond at a biological park in Patna, Bihar, India. *Journal of Applied and Natural Science*, 11(2), 492-502
- Serge Y. K. & Ernest A. K. (2020).** Caractérisation PhysicoChimique Des Eaux De Surface Dans Un Environnement Minier Du Centre-Ouest De La Côte d'Ivoire : Cas Du Département De Divo. *European Scientific Journal*, ESJ, 16(12), 293-315. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n12p293>
- Shib A., (2014).** Seasonal variations in physico-chemical characteristics of rudrasagar wetland-a Ramsar site, Tripura, North East, India. *Research Journal of chemical sciences*, 4(1), 31-40
- Singh R.P. and Mathur P.(2005)** Investigation of variations in physicochemical characteristics of a fresh water reservoir of Ajmer city, Rajasthan, *Ind. J. Environ. Science*, 9, 57-61.
- Singh S. and Hussian A.(2016)** 'Water quality index development for groundwater quality assessment of Greater Noida sub-basin, Uttar Pradesh, India' *Journal of Civil & Environmental Engineering*. Cogent'. Vol .3 No. 1, pp 1-17.
- Sirajudeen J., & Vahith A. R. (2014).** Applications of water quality index for groundwater quality assessment on Tamil Nadu and Pondicherry, India. *Journal of Environmental Research and Development*, 8(3), 443.

- Souidi H., (2009).** Evaluation de la pollution bactériologique chez un échinoderme L'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1818) dans la côte Oranaise Orientale (Doctoral dissertation, Université d'Oran 1-Ahmed Ben Bella).
Sustainable Water Resources Management, 2(2), 161-173.
- Tfeil H., Mahfoudh M., Mhamed B. A. M., Aliyen A., Yarba L. & Hmeyada A.M. V. (2018).** Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie.
- Touhari F., (2015).** Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff. Thèse
- Yang Z., Bai J. & Zhang W. (2021).** Mapping and assessment of wetland conditions by using remote sensing images and POI data. *Ecological Indicators*, 127, 107485.
- Yao Q. & Peng D. C. (2017).** Nitrite oxidizing bacteria (NOB) dominating in nitrifying community in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants. *AMB Express*, 7(1), 25.
- Zekri R. & Khaled-Khodja S. E. (2020).** *Comparaison de la qualité physico-chimique des eaux du Lac de Béni Bélaid et du Marais d'El Kennar*, mémoire de Master, Université Mohamed-Seddik Ben Yahia – Jijel, 40p.
- Zorrilla-Miras P., Palomo I., Gómez-Baggethun E., Martín-López B., Lomas P. L. & Montes C. (2014).** Effects of land-use change on wetland ecosystem services: a case study in the Doñana marshes (SW Spain). *Landscape and Urban Planning*, 122, 160-174.

ANNEXES

I .Préparation des solutions et modes opératoires pour les analyses physico-chimiques

I.1. Dosage des chlorures

Réactifs:

- Acide nitrique pur;
- Carbonate de calcium pur;
- Solution de chromate de potassium à 10 %;
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire:

- Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire);
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %;
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes;
- Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

Expression des résultats

- Pour une prise d'essai de 100 ml;
- $V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau;
- $V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

I.2 Dosage La Dureté Totale

Réactifs:

- Solution d'EDTA
- Sel disodique de l'acide ethylene diamine tetracetique..... 3,725 g;
- Eau desionisee.....q.s.p.....1000ml;

Solution denoir d'eriochromeT a 0.5% :

- Noird'eriochromeT0.5g
- Triethanolamine.....q.s.p..... 100ml
- Solution tampon pH=10.
- Chlorure d'ammonium(NH_4Cl)67.5 g
- Ammoniaque concentree (d=0.925).....570ml
- Sel disodique de magnesium de l'EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2\text{Mg}$).....5g
- Eau desionisee.....q.s.p.....1000 ml

Mode opératoire:

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu et s'exprime par le TH ou la dureté. Nous avons procédé selon les étapes suivantes :

- Une quantité de 4 ml de la solution tampon (pH 10) est ajoutée a 100 ml d'eau a analyser dans une fiole conique de 250 ml;
- Ajouter 3gouttes de solution de noir ériochrome T, La solution se colore en rouge foncé ou violet, En maintenant une agitation;
- Le mélange a été titre immédiatement avec la solution d'EDTA et le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml la dureté totale, exprimée en degrés français sera égale à V .

➤ **Remarque**

Si au cours du dosage le volume de solution d'EDTA utilisé est inférieur à 2ml utilisé un plus grand volume d'échantillon ; s'il est supérieur à 20ml diminuer la prise d'échantillon.

I.3. Dosage des nitrates

Matériels:

- Capsules de 60ml environ,
- Bain marie ou étuve
- Verrerie : fioles (1000 ml, 50 ml), pipettes (2ml, 5ml, 10ml), bechers 100 ml.

Toute la verrerie doit être soigneusement lavée avec une solution d'acide chlorhydrique a 2 mol/l et rincée abondamment a l'eau distillée.

Réactifs:

- Solution de salicylate de sodium a 10g/l (a renouveler toutes les 24h),
- Acide sulfurique concentre (d=1.84),
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et de tartrate double de sodium et de potassium :
- NaOH.....200g.
- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracetique.....50g.
- Eau desioniséeq.s.p.....1000ml.
- Faire dissoudre les sels dans de l'eau desionisee. Laisser refroidir et compléter a 1000ml et conserver cette solution dans un flacon en polyéthylène
- Solution d'azoture de sodium:
- Azoture de sodium.....50mg.
- Eau déionisee.....q.s.p.....100 ml.

• **Solution mere etalon d'Azote nitrique a 0,1 g/l :**

Nitrate de potassium anhydre.....722mg.

• Eau distillee.....q.s.p.....1000 ml.

A renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'Azote nitrique a 0,005 g/l :
- Amener 50ml de solution mère a 1000ml avec de l'eau deionisee.
-

Dans une séries de capsules de 60ml environ, introduire successivement les réactifs comme défini dans le tableau I.1

N° des	T	1	2	3	4
Béchers					
Solution fille étalon d'azote nitrique à 5	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer a sec au bain-marie ou dans une étuve portée a 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentre ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10min, ajouter 15ml d'eau démonisée puis 10ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre a la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$.

Dosage des échantillons :

- Introduire 10ml d'eau à analyser dans une capsule de 60ml ou bécher;
- Alcaliniser faiblement avec la solution de NaOH;
- 0.5ml de la solution d'azoture de sodium;
- 0.2ml d'acide acétique;
- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium;
- Evaporer à sec (étuve à 75-80°C ou au bain-marie), laisser refroidir;
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré;
- Attendre 10min ajoute 15ml d'eau déionisée puis 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium;
- Effectuer la lecture au spectromètre à $\lambda = 415 \text{ nm}$. Pour avoir la teneur en azote nitrique exprimée en mg/l d'eau;
- Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau déionisée.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en ions nitrates (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4,43.

I.3. Dosage des Nitrites

Matériels :

- Fioles jaugées, 1L (2);
- Bêchers, (3);
- Eprouvettes, 500ml (1), 1000ml (1), 25ml (1) et 10ml (1);
- Pipettes, 10ml (1), 5ml (1), 2 ml (1);
- Tubes à essai, 15ml (1).

Réactifs :

- Ammoniaque pur ($d = 0,925$) ;

Solution mère étalon de NO_2 0,23g/l (détailler ce calcul dans le rapport) :

- Nitrite de sodium.....0,345g;
- Eau fraîchement distillée.....1000ml;

(Cette solution se conserve mieux si l'on prend la précaution d'y ajouter 1 ml de chloroforme)

- Solution fille étalon d'ion NO_2 à 0,0023g/l ;

- Préparer cette solution dans une fiole jaugée de 100 ml à partir de la solution mère avec de l'eau distillée.

réactif de ZAMBEILLI:

- HCL pur ($d = 1,19$).....260ml;
- Acide sulfanilique.....5g;
- Phénol cristallisé7,5g;
- Chlorure d'ammonium.....135g;
- Eau distillée (exempte de NO_2^-)625ml

Préparation du réactif de ZAMBEILLI :

- Introduire dans une fiole jaugée d'un litre, l'eau distillée et l'HCL ;
- Dissoudre dans le mélange l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie jusqu'à dissolution complète ;
- Ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution ;
- Après refroidissement ajuster jusqu'à 1L avec l'eau distillée.

(N.B: Le nitrite est un produit qu'il faut manipuler avec délicatesse vue sa toxicité et son impact sur la santé de l'homme)

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes à essai (15ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition (**tableau:I.2**):

Numéro de tube	T 1	1	2	3	4	X 1	X2
Solution fille étalon (ml)	0	2	3	4	5	10	10
Eau distillée (ml)	10	8	7	6	5	0	0
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2	2

ATTENDRE 10 MINUTES, PUIS AJOUTER

Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2	2	2	2
---------------------	---	---	---	---	---	---	---

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO_2^- , exprimée en mg/l d'eau. Cette valeur multipliée par 0.305 donne la teneur en azote nitreux exprimée par mg/l.

I.4 Dosage des ortho phosphates**Réactifs:**

- Acide sulfurique (d =1,84);
- Molybdate d'ammonium;
- Acide ascorbique;
- Eau distillée;
- Tartrate double d'antimoine et de potassium;

Préparations des dosages**- Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.**

-Filtrer si- Solution d'acide sulfurique (d =1,84) à 15%environ en volume.

-Nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C .

• Solution d'acide ascorbique à 20g/L :

-Acide ascorbique 2g;

Eau permutée q.s.p. 100 ml (À préparer chaque jour).

• Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/l :

-Tartrate double d'antimoine et de potassium 0,28 g;

-Eau permutée q.s.p 100ml.

• Réactif 1 :

- Solution d'acide sulfurique 50 ml;

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium 5 ml;

- Solution de molybdate d'ammonium 15 ml;

- Eau permutée q.s.p 100 ml;

- Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

• Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore :

-Dihydrogénophosphate de potassium des séché au préalable a l'étuve à 100°C 219,1 mg

- Eau permutée q.s.p 100ml
- Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.
- **Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore:**
 - Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.
 - **Établissement de la courbe d'étalonnage**

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25ml :

Tableau(I.3) : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions orthophosphates.

Concentration en phosphate	0 mg.L ⁻¹	0.5 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2 mg.L ⁻¹
Eau distillée (mL)	20	15	10	5	0
Solution étalon de phosphates à 2 mg.L ⁻¹	0	5	10	15	20
Solution d'acide ascorbique (mL)	1	1	1	1	1

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4ml de réactif 1, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre 30minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Dosage des échantillons

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 700 ou 800 nm). 2. Déterminer graphiquement la concentration en ortho phosphate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en ortho phosphates, exprimée en milligrammes par litre d'eau (mg/l)

1.5. Dosage de l'ammonium:

Réactifs:

Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique2 g;
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g;
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml;

Réactif II (coloré) :

- Trictrate de sodium 130 g;
- Salicilate de sodium 130 g;
- Nitropruciate de sodium 0.97 g;
- H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml;

Mode opératoire :

- A prendre 40 ml d'eau à analyser;
- Ajouter 4 ml du réactif I;

-Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h.30.

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺

• **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en «mg/l», $\lambda = 655 \text{ nm}$.

Etablissement de la courbe d'étalonnage (Tableau:I.4)

Solution fille 1	0	1	2.5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II	4	4	4	4	4	4
Attendre 1 h.30						

1.6. Détermination de la demande biochimique en oxygène

➤ Description de l'appareil : OXITOP

L'OXITOP est un appareil qui permet de mesurer la DBO₅ à une température constante de 20°C, c'est une enceinte thermostatique avec un système d'agitation.

Cette appareil est sous forme des flacons bruns de Winkler qui se ferment avec des têtes qui contiennent des microprocesseurs qui ont pour rôle convertir la valeur digit en DBO.



Figure 1: flacons bruns de Winkler

Mode opératoire :

- Rincer le flacon avec l'échantillon ;
 - Mesurer exactement la quantité de l'échantillon (bien homogénéiser) pour remplir le flacon;
 - Mettre le barreau magnétique dans le flacon;
 - Insérer le godet à soude dans le goulot de la bouteille;
 - Mettre 2 comprimés de soude dans le godet à soude avec une pince;
(Attention : les comprimés ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon);
 - Fermer hermétiquement le flacon avec l'OXITOP;
 - Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 2 seconds. L'afficheur indique 00;
 - Garder le flacon avec l'OXITOP 5 jours à 20°C (dans un incubateur) en assurant une bonne agitation;
 - L'OXITOP démarre automatiquement la mesure de consommation en oxygène;
 - Pendant 5 jours, l'échantillon est agité en continu. L'OXITOP enregistre automatiquement une valeur toute les 24h;
- Pour connaître la valeur actuelle presser la touche M;
- Après 5 jours, lire les valeurs mémorisées : presser sur la touche S;
 - Convertir les valeurs affichées (digit) en valeur DBO suivant la relation et selon la table de dilution:

$$\text{digits} \times \text{facteur} = \text{DBO5 en mg/l}$$

Tableau I.5 : la table de dilution :

BBO5 en mg/l	Volume de l'échantillon en ml	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50
0-8000	22.7	100

1.7 Détermination de la demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène quantifie l'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie des composés et sels minéraux oxydables. Informent sur le degré et la nature des pollutions et les risques d'asphyxie du milieu.

- Méthode instrumentale (DCO mètre).

Mode opératoire :

- Introduire 2 ml d'échantillon dans un tube de DCO avec réactifs de digestion et sulfate de mercure achetés commercialement dont la gamme de concentrations se situe entre 20 et 1500 mg/l O₂
- Placer les tubes dans le DCO mètre à 148 °C pendant 120min;
- Laisser refroidir;
- Passer à la lecture au spectrophotomètre à 600 nm.

Tableau (II.1). Poids unitaire (W_i) des paramètres physico-chimiques et Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation utilisée pour l'évaluation des eaux de surface de la zone humide d'El Hammam .

paramètres	Normes de L' FAO (1994) pour l'eau d'irrigation	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
PH	8,5	0,11764706	0,72056047	1,38780858	0,1632716
CE($\mu\text{s}/\text{cm}$)	3000	0,00033333			0,0004626
HCO ₃ ⁻	610	0,00163934			0,0022751
Cl ⁻ mg/l	1063	0,00094073			0,00130556
NO ₃ ⁻ mg/l	10	0,1			0,13878086
PO ₄ ⁻² mg/l	2	0,5			0,69390429
TDS	2000	0,0005			0,0006939
					$\Sigma W_i=1$

Tableau (II.2). Poids unitaire(W_i) des paramètres physico-chimiques et Les Normes de recommandé pour La vie aquatique utilisée pour l'évaluation des eaux de surface la zone humide d'El Hammam .

	Norme de	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
T C°	28	0,03571429	17,5079795	0,05711681	0,00203989
TDS	500	0,002			0,00011423
pH	9	0,11111111			0,00634631
DBO	5	0,2			0,01142336
DCO	7	0,14285714			0,00815954
Cl ⁻ mg/l	120	0,00833333			0,00047597
NO ₃ ⁻ mg/l	2,93	0,34129693			0,01949379
NO ₂ ⁻	0,06	16,6666667			0,95194689
					$\Sigma W_i=1$

Tableau (II.3). Poids unitaire(W_i) des paramètres physico-chimiques et Les Normes Algériennes des eaux superficielles destinées à la consommation humaine utilisée pour l'évaluation des eaux de surface la zone humide d'El Hammam.

	Norme de	$1/S_i$	$\Sigma 1/S_i$	$k=1/\Sigma 1/S_i$	$WI=k/S_i$
Cl- mg/l	600	0,001666667	0,6993254	1,429949498	0,002383249
pH	9	0,111111111			0,158883278
CE(μ s/cm)	2800	0,000357143			0,000510696
T C°	25	0,04			0,05719798
NH ₄ ⁺	4	0,25			0,357487374
NO ₃ ⁻ mg/l	50	0,02			0,02859899
PO ₄ ⁻² mg/l	10	0,1			0,14299495
DBO ₅ mg/l	7	0,142857143			0,2042785
DCO mg/l	30	0,033333333			0,047664983
$\Sigma W_i=1$					

II.4 Tables de Mac Grady

Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP	Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP
000	< 0,3	230	2,9
001	0,3	300	2,3
010	0,3	301	4
020	0,6	302	6
100	0,4	310	4
101	0,7	311	7
110	0,7	322	12
111	1,1	320	9
120	1,1	321	15
121	1,5	322	21
200	0,9	323	29
201	1,4	330	20
210	1,5	331	50
211	2,0	332	110
220	2,1	333	>110
221	2,8		



Station 1



Station 2



Station 3



Station 4



Station 5



Station 6



Station 7



Station 7



Station 8

Résumé

Résumé

Les zones humides sont l'une des ressources naturelles les plus précieuses de la planète et jouent un rôle important dans la préservation de la biodiversité, mais ils sont affectés et menacés par des activités anthropiques. La présente étude a pour objectif principal d'évaluer la qualité de l'eau de surface de la zone humide d'El-Hammam, wilaya de Bordj Bou Arreridj. Dans notre étude, nous avons basé sur les paramètres physico-chimiques: Conductivité, température, potentiel d'hydrogène, total des solides dissous, demande chimique en oxygène DCO, demande biologique en oxygène à 5 jours DBO₅, Les matières en suspension (MES), bicarbonates, nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺) et ortho-phosphates (PO₄⁺) .

D'autre part, les analyses microbiologiques ont porté sur les germes à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux, la flore mésophile et les streptocoques.

Les résultats obtenus montrent généralement que l'altération de la qualité physico-chimique des eaux de surface de la zone étudiée influencée par les facteurs climatiques (évaporation), la nature des sols adjacents, ainsi que les différents facteurs anthropiques. (Pollution urbaine, industrielle et agricole).

Pour les analyses bactériologiques ont révélé leur richesse en germes de contamination fécale.

L'évaluation de la qualité des eaux a été effectuée par l'indice de qualité (IPO) montrent que les différents types de pollution (ruissellement des terrains agricoles , évacuation des eaux usées urbaines et industrielles) affectent la qualité de l'eau de cet écosystème aquatique et par conséquent sa biodiversité et leur santé publique.

Mots clés :

Zone humide de wilaya de Bordj Bou Arreridj , pollution, Analyses physico chimiques, Analyses bactériologiques, indice de la pollution organique, Activités anthropiques,.

Wetlands are one of the planet's most precious natural resources which play an important role in preserving biodiversity, but they are affected and threatened by human activities. This study aims to assess the quality of surface water in the wetland of El-Hammam, which is situated in Bordj Bou Arreridj. This study is based on the Physico-chemical parameters: Conductivity, temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, dry residues, total dissolved solids, chemical oxygen demand COD, biological oxygen demand at 5 days BOD₅, nitrate (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺), Phosphate (PO₄⁻), and suspended matter (MES). On the other hand, the microbiological analyzes focused on the following terms: total coliforms, fecal coliforms, and streptococci. The results generally show that the alteration of the Physico-chemical quality of the surface waters of the studied region is influenced by climatic factors (evaporation), the nature of the adjacent soils, as well as the various anthropogenic factors. (Urban, industrial and agricultural pollution). Bacteriological analyzes revealed their richness in fecal contamination germs. The evaluation of water quality was carried out by several quality indices (OPI index) which show that the different types of pollution (runoff from agricultural land, evacuation of urban and industrial wastewater) affect the water quality of this aquatic ecosystem, and its public health.

Key words : Wetland in the province of Bordj Bou Arreridj, pollution, physico-chemical analyses, bacteriological analyses, IPO, anthropogenic activities.

ملخص

تعد الأراضي الرطبة واحدة من أثنى الموارد الطبيعية على كوكب الأرض وتلعب دوراً مهماً في الحفاظ على التنوع البيولوجي ، ولكنها تتأثر وتهدد بالأنشطة البشرية. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم جودة المياه السطحية في المنطقة الرطبة "حمام" بدائرة مجانية - ولاية بروج بوعريج.

ركزنا في دراستنا في دراستنا على العناصر الفيزيائية والكيميائية التالية؛ مجموع المواد الصلبة الذائبة، المواد الموصالية، درجة الحرارة، درجة الحموضة، الصلابة العالقة، الطلب الكيميائي على الأكسجين ، الطلب البيولوجي على الأكسجين، النتريت، النتريت، الأمونيوم و الفوسفات.

من ناحية أخرى ، ركزت التحليلات المكرر وبيولوجية على الجراثيم التالية: القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، مجموع القولونيات، البكتيريا العقدية البرازية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها بشكل عام أن الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه السطحية للمنطقة المدروسة تتأثر بالعوامل المناخية (التبخّر) ، وطبيعة التربة المجاورة ، وكذلك العوامل البشرية المختلفة. (التلوث الحضري والصناعي والزراعي). بالنسبة للتحليل البكتريولوجية ، أظهرت وجود عدد كبير من البكتيريا الدالة على عدوى برازية.

تم تقييم جودة المياه من خلال العديد من مؤشرات الجودة (IPO) بينت هذه الأخيرة أن أنواع التلوث المختلفة (الجريان السطحي للأراضي الزراعية ، إخلاء مياه الصرف الصحي الحضرية والصناعية) تؤثر على جودة المياه لهذا النظام البيئي المائي، التنوع البيولوجي وصحته العامة.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، التحليلات الفيزيائية والكيميائية ، التحليلات المكروبيولوجية، الأنشطة البشرية، التلوث, IPO .