



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 زيان عاشور بالجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

## Mémoire de fin d'étude

En Vue De l'obtention Du Diplôme De Master en sciences  
Agronomiques Spécialité : Eaux et environnement

### Thème

**les zones humides dans le Sahara septentrional orientale**

Présenté par : KHARKHACHE Ahmed Amine

Membres de jury :

M. Azouzi B. Pr

U. Z.A Djelfa

Président

M. Bouleknafet Zohir. MCB

U. Z.A Djelfa

Promoteur

Mme. Khadri S. MCB

U. Z.A Djelfa

Examinatrice

M. Bouteldjaoui F. MAA

U. Z.A Djelfa

Examineur

Année Universitaire 2018/20



## **Dedicaces:**

*Il m'est agréable de dédier ce modeste travail :*

🌸 *A mon maître, mon guide, mon soutien, mon livre dans la grande école dans la vie...toi ; ma Mère **Aouda**.*

🌸 *Au grand coeur rempli d'amour, de tendresse et de pardon...toi; mon Père **Med**.*

🌸 *A ma chère ; grands-mères **Zohra***

🌸 *A mes frères et leurs enfants.*

🌸 *Mes dédicaces s'adressent aussi à : Toute la famille **kherkhache**.*

🌸 *Toute la promotion d'agronomie 2013*

🌸 *Mes très chers amis **khaled, naas, Amer, Abdenoure, Hamza,** , pour leurs tendresses et leurs soutiens continus.*

🌸 *Toute l'équipe de département d'Agronomie.*

🌸 *Toute l'équipe d'enseignants de département d'Agronomie.*

🌸 *Tous mes amis (es), en témoignages des années passées ensemble, je leur souhaite beaucoup de courage, de réussite et brillant avenir.*

🌸 *Tous ceux que j'aime.*

**Ahmed**

# REMERCIEMENTS

*En tout premier lieu, je tiens à remercier mon Dieu, qui ma donné la force de continuer mes études et atteindre un jour pour l'exposition d'un mémoire d'e Master*

*En préambule à Ce mémoire, je souhaitais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire mon promoteur Monsieur.*

***Bouleknafet Zohir**, je dis Merci, et je n'oublierai jamais ses qualités humaines et son aide.*

*Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury :*

*M. Azouzi B., Pr. faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université de Djelfa*

*Mme. Khadri S. M.C.B. faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université de Djelfa*

*M. Bouteldjaoui F. M.A.A. faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université de Djelfa*

*Qu'ils trouvent ici toute notre gratitude et nos remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

*K. Amine*

# Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Introduction	

## Chapitre I : Généralités sur les zones humides

1. Notion de zone humide .....	1
2. Les zones humides selon Ramsar .....	1
3. La Convention de Ramsar .....	1
4. Reconnaissance pratique .....	3
5. La répartition des zones humides .....	3
5.1. Zones humides dans le monde .....	3
5.2. Zones humides en Algérie .....	4
6. Les zones humides sahariennes .....	5
6.1. Les Chotts et Sebkhia .....	6
6.2. Les lacs salés .....	6
8. Typologie des habitats de zones humides d'Algérie .....	7
9. Fonctions des zones humides .....	7
9.1. Fonctions hydrologiques .....	7
9.2. Fonctions biologiques .....	8
9.3. Fonction d'alimentation .....	8
9.4. Fonctions climatiques .....	8
9.5. Fonctions pédologiques .....	8
9.6. Fonctions écologiques .....	9
10. Valeur de la zone humide .....	10
10.1. Produits des zones humides .....	10
10.2. Réservoir de diversité biologique .....	11
10.3. Valeur économique .....	11
10.4. Valeur touristique et récréatives .....	11
11. Facteur de menace et de dégradation de la zone humide .....	12
11.1. Assèchement et drainages .....	12
11.2. Pression démographique .....	12
11.3. Pollutions et eutrophisation .....	12
11.4. Surpêche .....	13
11.5. Chasse .....	13
11.6. Introduction des espèces exotiques envahissantes .....	13
11.7. Dérangements .....	14
12. Utilisation des zones humides Algériennes .....	14

## Chapitre II: Qualité des eaux

1. Généralité sur les eaux .....	15
1.1. Définition d'eau .....	15
1.2. Les états de l'eau .....	15
1.2.1. L'eau sous forme solide .....	15
1.2.2. L'eau sous forme liquide .....	15
1.2.3. La croissance .....	15
1.2.4. L'eau sous forme de gaz .....	15
1.3. Cycle de l'eau .....	15
1.3.1. Acquisition de la minéralisation au cours du cycle de l'eau .....	16
1.4. Ressources hydriques naturelles .....	18

1.4.1. Eaux superficielles.....	18
1.4.2. Eaux souterraines.....	18
1.4.3. Ressources en eaux dans la vallée d'Oued Righ.....	18
1.4.4. Relation entre la nappe phréatique et les lacs de la région d'Oued Rihg.....	19
2. Paramètres physico-chimiques et biologiques.....	20
2.1. Paramètres physiques.....	20
2-1-1. Température.....	20
2.1.2. Potentille d'hydrogène.....	20
2.1.3. Turbidité.....	20
2.1.4. Conductivité électrique.....	20
2.1.5. Salinité.....	21
2.1.6. Oxygène dissous.....	21
2.1.7. Les Matières en suspension.....	22
2.2. Paramètres chimiques.....	21
2.2.1. Titre Alcalimétrique Complet (TAC).....	21
2.2.2. Dureté totale (Titre Hydrométrique TH).....	22
2.2.3. Calcium.....	22
2.2.4. Chlorure.....	22
2.2.5. L'azote nitrique (NO <sub>3</sub> ).....	22
2.2.6. L'azote nitreux (NO <sub>2</sub> ).....	22
2.2.4. L'azote ammoniacal (NH <sup>+4</sup> ).....	22
2.2.4. Le phosphore minérale (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ).....	22
2.3. Paramètres biologiques et bactériologiques.....	23
2.3.1. Paramètres biologiques.....	23
2.3.1.1. Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	23
2.3.1.2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO).....	23
2.3.2. Paramètres bactériologiques.....	23
2.3.2.1. Germes totaux.....	23
2.3.2.2. Coliformes totaux.....	24
2.3.2.3. Coliformes fécaux.....	24
3. Généralités sur la pollution des eaux.....	25
3.1. Définition.....	25
3.2. Sources de pollutions.....	25
3.3. Formes de pollutions.....	25
<b>Chapitre III: Présentation générale de la zone d'étude</b>	
1. Situation géographique et administrative d'Oued Righ.....	27
2. Reliefs.....	27
3. Géologie de l'Oued Righ.....	28
4. Hydrogéologie de la région de l'Oued Righ.....	29
4.1. Continental Intercalaire.....	29
4.2. Complexe Terminal (CT).....	29
4.3. La nappe phréatique.....	30
5. Topographie et géomorphologie.....	30
6. Pédologie.....	33
7. Climatologie.....	33
7.1. Etude des paramètres climatiques.....	34
7.1.1. Température.....	34
7.1.2. Précipitation.....	36
7. 1.3. Vents.....	37
7.1.4. Humidité de l'aire.....	37
7.1.5. Evaporation.....	38
7.1.6. Durée de l'insolation.....	38
7.2. Synthèse climatique.....	38
7.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.....	38

7.2.2. Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	39
8. La Richesse floristique.....	40
9. Richesse faunistique.....	41
10. Les zones humides de la région de l'Oued Righ.....	42
11. Les problèmes qui affectent les lacs de l'Oued Righ.....	46
11. 1.Climatiques.....	46
11.2. Anthropiques.....	46

## Chapitre VI: Résultats et discussion

1. Introduction.....	48
2. Critères de choix des stations d'étude.....	48
3. Chott Merouane.....	49
3.1. Paramètres physiques.....	49
3.1.1.Température.....	49
3.1.2. Potentiel Hydrogène.....	50
3.1.3. Conductivité électrique.....	51
3.1.4 .Salinité.....	52
3.1.5. Turbidité.....	52
3.1.6. Résidu Sec.....	53
3.1.7. Oxygène dissous.....	54
3.2. Paramètres chimiques.....	54
3.2.1. Sodium ( $\text{Na}^+$ ).....	56
3.2.2. Le potassium ( $\text{K}^+$ ).....	56
3.2.3. Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ).....	56
3.2.4. Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ).....	57
3.2.5. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	57
3.2.6. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ).....	57
3.2.7. Le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	58
3.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).....	58
3.3. Indicateurs de la pollution.....	59
3.3.1. Matière en suspension (MES).....	60
3.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	60
3.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO).....	60
4. Lac Ayata.....	61
4.1. Paramètres physiques.....	62
4.1.1. Température.....	62
4.1.2. Potentiel hydrogène.....	63
4.1.3. Conductivité électrique.....	64
4.1.4. Salinité.....	64
4.1.5. Turbidité.....	65
4.1.6. Résidu Sec.....	66
4.1.7.Oxygène dissous.....	66
4.2. Paramètres chimiques.....	67
4.2.1. Le sodium $\text{Na}^+$ .....	69
4.2.2.Le potassium $\text{k}^+$ .....	69
4.2.3.Le calcium.....	70
4.2.4. Le magnésium.....	70
4.2.5. Chlorure.....	70
4.2.6. Les sulfates.....	71
4.2.7 .Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	71
4.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).....	71
4.3. Indicateurs de la pollution.....	72
4.3.1. Matière en suspension (MES).....	72
4.3.2. Demande biochimique en Oxygène (DBO5).....	73
4.3.3.Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	73

5. Lac Témacine.....	74
5.1. Les paramètres physiques .....	75
5.1.1. Température .....	75
5.1.2. Potentiel d'hydrogène.....	76
5.1.3. Conductivité électrique .....	76
5.1.4. La Turbidité.....	77
5.1.5. Salinité.....	78
5.1.6. Oxygène dissous .....	78
5.1.7. Résidu sec .....	79
5.2. Paramètres chimiques.....	80
5.2.1. Le sodium $\text{Na}^+$ .....	81
5.2.2. Le potassium $\text{k}^+$ .....	81
5.2.3. Le magnésium.....	81
5.2.4. Le calcium.....	82
5.2.5. Chlorure.....	82
5.2.6. Les sulfates .....	82
5.2.7. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	82
5.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	83
5.3. Indicateurs de la pollution.....	83
5.3.1. Matière en suspension (MES).....	84
5.3.2. Demande biochimique en Oxygène (DBO5).....	84
5.3.3. Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	84
6. conclusion .....	85
<b>Conclusion générale</b> .....	86
<b>Références bibliographiques</b> .....	88
<b>Annexe</b>	



## List des abbreviations

---

**ANRH:** Agence National des **R**essources **H**ydraulique

**C °:** Degré Celsius

**CF:** Coliformes **F**écaux

**CNRDPA :** Le **C**entre **N**ational de **R**echerche et **D**éveloppement de la **P**êche et de l'**A**quaculture

**CNRS:** Centre National de **R**echerche **S**cientifique

**CT:** Coliformes **T**otaux

**DBO<sub>5</sub>:** Demande **B**iochimique en **O**xygène mesuré au boue de **5** jours

**DCO:** Demande Chimique en **O**xygène

**E:** Est

**Fig.:** Figure

**I.N.R.A :** Institut **N**ational de la **R**echerche **A**gronomique

**MES:** Matière **E**n **S**uspension

**MVS:** Matière **V**olatile **E**n **S**uspension

**mg/l:** Milligramme par **L**itre

**ms/cm:** Milli Siemens par centimètre

**µs/m:** Micro Siemens par mètre

**N:** Nord

**OD:** **O**xygène **D**issout

**O<sub>2</sub>:** Dioxygène

**O.M.S.:** Organisation **M**ondiale de la **S**anté

**RFU :** Réserve en eau **F**acilement **U**tilisable

**STEP:** Station d'**E**puration

**SF:** Streptocoques **F**écaux

**SEQ-Eau:** Système d'**É**valuation de la **Q**ualité de l'**E**au

**T:** Température

**TDS:** Taux **D**e **S**alinité

**UTN :** Unité de Turbidité **N**éphélométrique.

## Liste des figures

- Figure 01:** Carte de répartition des zones humides d'Algérie classées sur la liste RAMSAR à ce jour
- Figure 02:** Principales catégories d'habitats des zones humides en Algérie
- Figure 03 :** Cycle général de l'eau
- Figure 4:** Carte. piézométrique de référence en 1950 (*OSS, 2003*) et principales directions d'écoulement, zones de recharges et d'exutoires majeurs.
- Figure 05 :** Situation géographique et administrative d'Oued Righ
- Figure 06 :** Histogramme des températures moyennes mensuelles,
- Figure 07:** Courbe de variation des températures moyennes annuelles, station de Touggourt
- Figure.08 :** Répartition moyenne mensuelle des précipitations (1975-2016).
- Figure 09 :** Variations interannuelles des précipitations station de Touggourt (1975-2016).
- Figure 10:** Diagramme Ombrothermique de *GAUSSEN et BAGNOULS* de la région de Touggourt (1975-2016)
- Figure 11:** Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Touggourt (1975-2016)
- Figure 12:** Les zones humides de la région de l'Oued Righ
- Figure 13 :** Variation de la température des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure14 :** Variation du potentiel hydrogène des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure 15 :** Variation de la Conductivité électrique des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure16 :** Variation de la salinité des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure17 :** Variation de la Turbidité des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure18 :** Variation du Résidu Sec des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure19 :** Variation de l'oxygène dissous des eaux Chott Merouane en fonction de temps
- Figure20 :** Variation des paramètres chimiques de des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure 21. :** Variation Indicateurs de la pollution des eaux de Chott Merouane en fonction de temps
- Figure22:** Variation de la température des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure23 :** Variation du potentiel hydrogène des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure24:** Variation du potentiel hydrogène des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure25:** Variation de la salinité des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure26 :** Variation de la turbidité des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure27 :** Variation du résidu sec des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure 28 :** Variation de l'oxygène dissous des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure 29 :** Variation des paramètres chimiques des eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure30 :** Variation des Indicateurs de la pollution eaux de lac Ayata en fonction de temps
- Figure 31 :** Variation temporelles de la température des eaux de lac Témacine
- Figure32 :** Variation temporelles du potentiel d'hydrogène des eaux de lac Témacine
- Figure33 :** Variation temporelles de la conductivité électrique des eaux de lac Témacine
- Figure 34 :** Variation temporelles de la turbidité des eaux de lac Témacine
- Figure 35 :** Variation temporelles de la salinité des eaux de lac Témacine
- Figure 36 :** Variation temporelles de l'oxygène dissous des eaux de lac Témacine
- Figure 37:** Variation temporelles du résidu sec des eaux de lac Témacine
- Figure 38:** Variation temporelles des paramètres chimiques des eaux de lac Témacine
- Figure39 :** Variation temporelles des Indicateurs de la pollution des eaux de lac Témacine

*Liste des photos*

**Photo 01:** Canal d'Oued Righ

**Photo 02:** Chott Merouane(Oued Righ)

**Photo 03:** Lac Témacine (Oued Righ).

**Photo 04:** Lac Merdjaja (Oued Righ).

**Photo 05:** Lac Mégarine (Oued Righ)

**Photo 06:** Chott Sidi Slimane (Oued Righ).

**Photo 06:** Lac Ayata (Oued Righ).

**Photo 07:** Lac d'Oued Khrouf. (Oued Righ).

*Liste des tableaux*

**Tableau.1** : Caractéristiques du Canal d'Oued Righ :

**Tableau 02:** Données climatiques de la région de Touggourt (1975-2016)

**Tableau 03** : Coordonnées géographiques des stations d'études :

**Tableau 04:** Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés des Chott Merouane

**Tableau 05:**Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés de Lac Ayata :

**Tableau 06:** Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés de Lac Témacine :

### *Introduction générale*

Les zones humides sont des milieux d'une importante richesse, elles fournissent l'eau et les aliments à d'innombrables espèces de plantes et d'animaux (*M.E.A., 2005*). Ces milieux, très différents de par leur nature et leur fonctionnement, jouent un rôle considérable dans la préservation de la biodiversité et la gestion des ressources en eau (*Demnati, 2013*).

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant. Les zones humides représentent les meilleurs exemples d'écosystème du point de vue de leurs fonctions biologique : productivité biologique, habitat et richesse écologique pour les espèces animale et végétale, leur fonctions écologique et hydrologique et de leur importance socio-économique (*Hubert P. et Marin M., 2001*).

L'Algérie recèle un grand nombre de zones humides, qui sont représentées sous forme de marais d'eaux douces ou marines, les oueds, les barrages et les retenues (*Samraoui et De Bélair, 1997; Samraoui et Samraoui, 2008; Demnati, 2013*), 1451 zones humides sont recensées, dont 762 naturelles et 689 artificielles. Elle compte également 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, s'étendant sur une superficie de près de 3 millions d'hectares. Un classement de 18 autres sites sur la liste de Ramsar est en cours de réalisation, selon la *DGF*, d'après *AEWA (2007)*.

En Algérie, en dépit des efforts déployés et des résultats obtenus, l'utilisation rationnelle des zones humides est encore loin d'être atteinte. Il nous faudra, avec l'aide de tous, progresser un peu plus pour que nos lacs, chotts, sebkhas, gueltas et dayas, soient dotés de plans de gestion, à même de garantir leurs utilisations durables et ne soient plus des dépositaires à ciels ouverts et le réceptacle des eaux usées. Malheureusement, de nombreuses menaces pèsent sur les zones humides, où elles sont privées de leurs eaux par des pompages excessifs ou par la construction de barrages. Elles sont même complètement drainées au profit de l'agriculture (*Merabet (2011)*).

Le Sahara Septentrional est soumis à l'extrême du climat méditerranéen, où les pluies surviennent toujours en hiver. Malgré ces conditions environnementales très rudes et très contraignantes, le Sahara septentrional algérien renferme plusieurs zones humides. Ce sont des systèmes hydrologiques positifs à la fois dans l'espace et dans le temps, comparativement à leurs environnements plus secs. Ils sont caractérisés par des eaux et des sols salés impropres à la croissance de la plupart des plantes et seules persistent les espèces susceptibles de supporter la salure (*Ozenda, 1982*). La végétation des terrains salins et gypso-salins du Sahara septentrional est relativement variée et plus riche du point de vue floristique (*Quézel, 1955*).

## **Introduction générale**

---

L'Oued Righ est l'une des régions les plus riches en zones humides d'importance internationale et nationale, L'excès des sels solubles dans ces milieux à une grande influence sur ces écosystèmes. De nombreuses de ces zones dégradées voire menacées de disparition suite aux actions anthropiques (rejeté les eaux usées et de drainage) sans négliger les effets de la sécheresse très fréquent en région désertiques ; La dégradation de ces zones se traduit par la détérioration de la qualité de ces eaux par la pollution ce qui influe sur la qualité des sols et par conséquence sur la biodiversité.

Quelques études, déjà réalisées sur la région d'Oued Righ (Hacini, 2006),(DemnatiF, 2013), (Terbakh, 2005), (Hamzi et Reguibi., 2010), (BEN Abderrazzak, 2010),(Merabet, 2011), (Debbakh, 2012), (Hammouda, 2013).

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'ampleur des dégâts causés à ces zones humides en transmettant la qualité de l'eau au fil du temps car c'est la source de la vie pour tous les organismes vivants. sur trois zones humides (chottMerouane, lac Ayata, lac Témachine) qui paraient représentatives des zones humides de la région de l'Oued Righ par la connaissance de la qualité physico-chimique de ces eaux. On développera dans cette étude les chapitres suivants :

Chapitre 1 :Généralités sur les zones humides ;

Chapitre 2 : Qualité des eaux ;

Chapitre 3 : Présentation générale de la zone d'étude ;

Chapitre 4: Résultats et discussion.

## **I. Chapitre I: Généralités sur les zones humides**

### **1. Notion de zone humide**

Les zones humides sont généralement définies comme des espaces de transition entre terre et eau, elles constituent en effet une catégorie particulière de systèmes écologiques ou écosystèmes qui se différencient par leurs caractéristiques et leurs propriétés des deux autres grandes catégories représentées par les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. (Barnaud G., 2009).

Les zones humides, espaces de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques constituent, un patrimoine naturel exceptionnel, en raison de leur richesse biologique et des fonctions naturelles qu'elles remplissent, elles sont des régions où l'eau est le principal facteur qui contrôle le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Elle apparaît là où la nappe phréatique arrive près de la surface (Annani F., 2013).

### **2. Les zones humides selon Ramsar**

Au sens de la convention de **RAMSAR** (article 1.1): "Les zones humides sont définies comme étant des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eau naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres" (Davis, 1996).

Selon le code de l'environnement, les zones humides sont définies comme étant des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les zones humides ou milieux humides sont des écosystèmes particuliers : ce sont des intermédiaires entre les écosystèmes terrestres et les écosystèmes aquatiques. Il existe une grande variété de milieux humides sur la planète. L'eau qui les alimente peut être douce, saumâtre ou salée. Les conditions climatiques et géologiques, le pH et les conditions d'hydro-morphologie sont très variables (Barnaud et Fustec, 2007).

### **3. La Convention de Ramsar**

La Convention de Ramsar est le seul accord international pour la protection d'un écosystème particulier, les zones humides, a été adoptée le 2 février 1971 dans la ville iranienne de Ramsar. Conçue comme un moyen d'attirer l'attention internationale sur le rythme de la disparition ou de la dégradation des habitats des zones humides naturelles et l'effet sur les oiseaux d'eau et oiseaux migrateurs. Leur disparition et déclin sont dus, en

partie, à l'ignorance de leurs importantes fonctions et valeurs et des biens et services précieux qu'elles fournissent. La convention a pour mission «La conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier» (*Ramsar, 2013*).

Entrée en vigueur en 1975, elle compte aujourd'hui 169 parties contractantes, ou États membres, partout dans le monde. Les gouvernements qui adhèrent à la Convention expriment ainsi leur volonté de contribuer activement à inverser la tendance historique à la perte et à la dégradation des zones humides (*Ramsar, 2013*).

En adhérant à ce traité, les pays membres s'engagent en particulier à :

- Assurer l'utilisation rationnelle de leurs zones humides
- Inscrire des sites sur la Liste de Ramsar des zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar) et veiller à leur conservation
- Coopérer pour les zones humides transfrontières et autres intérêts communs.

La convention possède un outil clé : la liste des zones humides d'importance internationale (Liste Ramsar). A ce jour, les parties y ont inscrit 2217 sites couvrant 214 101 757 hectares, s'engageant ainsi à maintenir « les caractéristiques écologiques » de ces sites. La convention a établi des critères pour l'inscription de sites sur la liste, et des procédures garantissant que les parties respectent leurs engagements une fois ces sites inscrits (*Med Wet, 2016*). A travers la conférence des parties (COP) organisée tous les trois ans, les pays membres discutent et valident des résolutions qui permettent d'adapter les actions aux évolutions du monde. Elle est devenue aussi au fil des ans un instrument de gestion des ressources des zones humides dans le cadre élargi d'une gestion intégrée des ressources en eau, pour le bien de l'homme et de la nature. Au niveau international, la Convention entretient des relations de travail actives avec d'autres accords multilatéraux sur l'environnement (AME) et est membre du Groupe de liaison des conventions liées à la biodiversité établi par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Le Secrétariat de la Convention est administré par l'Union Internationale pour la conservation de la nature (UICN), sous la supervision d'un Comité permanent composé de Parties des cinq régions Ramsar nommées par la Conférence des Parties. (*MedWet, 2016*) La convention a progressivement incorporé et associé des objectifs internationaux et des axes transversaux à l'enjeu de protection et de gestion des zones humides, tels que les Objectifs de développement durable liés à : l'éradication de la pauvreté, l'alimentation et la nutrition, un mode de vie sain, l'égalité hommes-femmes, la qualité et l'approvisionnement en eau, la sécurité hydrique, l'approvisionnement énergétique, la



réduction des catastrophes naturelles, l'innovation et le développement d'infrastructures appropriées, des établissements humains durables, l'adaptation aux changements climatiques, les océans, les mers et les ressources marines, la biodiversité et l'utilisation durable des écosystèmes. (*Med Wet, 2016*)

#### **4. Reconnaissance pratique**

La reconnaissance pratique des zones humides s'opère par l'utilisation de deux types de critères. Cette détermination se fait principalement par l'observation de la végétation (critères botaniques) et par l'étude des sols par creusement de profil pédologique ou des sondages à la tarière (critères pédologiques). Dans certains cas ces deux types de critères se complètent.

Pour les critères botaniques, il existe des espèces indicatrices de la présence d'eau de façon permanente ou temporaire telles que les joncs, les saules, les peupliers, les nénuphars, les salicornes, les roseaux ...

Concernant les critères pédologiques, il est connu qu'un sol gorgé d'eau devient asphyxiant. Cet état d'hydromorphie laisse le fer prendre la forme réduite  $Fe^{+2}$  de couleur grise (présence de Gley) et au contraire dans un sol humide mais non gorgé d'eau (présence d'oxygène) le fer se trouve sous la forme oxydée  $Fe^{3+}$ , de couleur ocre (rouille), le fer ainsi observé, en présence d'eau ou d'oxygène, indique si la zone est humide (gorgée d'eau) ou pas (*Duchaufour 1988*).

### **5. La répartition des zones humides**

#### **5.1. Zones humides dans le monde**

Les zones humides font partie des régions du monde qui sont de plus en plus peuplées, à l'échelle mondiale, cette augmentation démographique s'accompagne très souvent d'un développement des activités agricoles, économiques et touristiques.

Dans la plupart des pays où il existe des zones humides, l'un des facteurs limitant les activités humaines est la quantité d'eau douce disponible.

En conséquence, dans ces milieux ou à leur périphérie, les nappes d'eau souterraines connaissent pour certaines d'entre elles, une surexploitation qui entraîne des déséquilibres environnementaux majeurs accentués ces dernières années par une évolution climatique défavorable (*Zaafour, 2012*).

## 5. 2.Zones humides en Algérie

L'Algérie est riche en zones humides, ces milieux qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. L'ensemble de zones humides classées couvre une superficie de 2,99 millions d'hectares. En outre, 10 autres sites sont en cours de classement, ce qui permettra d'atteindre une superficie de 3,5 millions d'hectares d'espaces classés. L'Algérie dispose au total de 1451 zones humides dont 762 naturelles et 689 artificielles (*DGF, 2004*).

Le nombre des zones humides d'importance internationale en Algérie atteindrait 42 avec une superficie de près de 3 millions d'hectares, soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie.

La position géographique stratégique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confère d'importantes zones humides :

- ✓ La partie Nord renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais, des plaines d'inondation.
- ✓ Nord-ouest et les hautes plaines steppiques se caractérisent par des plans d'eau salés tels que les chotts, les sebkhas et les dayas.
- ✓ Le Sahara renferme les oasis et les dayas et dans le réseau hydrographique fossile des massif montagneux du Tassili et du Hoggar, des sites exceptionnels alimentés par des sources permanentes appelées Gueltas (fig,01) (*Zaafour, 2012*).



**Figure 01:** Carte de répartition des zones humides d'Algérie classées sur la liste RAMSAR à ce jour (Doudou, 2002).

## 6. Les zones humides sahariennes

Les milieux humides sont extrêmement divers mais la convention de Ramsar définit celles-ci comme «des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres» (Matthews, 1993).

De point de vue environnemental, le facteur de détermination des zones humides est l'eau. En grande partie, l'hydrologie détermine la chimie du sol, la topographie, et la végétation. Toutes les zones humides ont des entrées d'eau qui dépassent les pertes, au moins de façon saisonnière. Il est difficile de dire exactement combien d'eau par secteur doit avoir à un moment donné afin d'être une zone humide (Mitsch et Gosselink, 2000).

Malgré les conditions environnementales très rudes au Sahara septentrionale, il existe toujours des formations géomorphologiques caractérisées par des conditions plus ou moins favorables pour la survie et la prolifération d'une flore spontanée saharienne caractéristique et adaptée au milieu désertique parmi ces dernières, les zones humides.

Dans le Sahara Algérien, l'eau de surface y est rare et insignifiante, elle est pérenne et se limite seulement dans les zones de sebkhas, chotts, gueltas situées généralement dans les fonds des bassins endoréiques auprès des Oasis (*A.N.R.H, 2005*).

### 6.1. Les Chotts et Sebkha

En pays désertique ou subdésertique, les chotts sont des terres salées ou parfois un pâturage qui entoure une dépression fermée à lac éphémère (Sebkha). Les Sebkhas sont des dépressions permanentes ou presque temporairement occupées par un lac, en général salé, et où se déposent des évaporites. Les eaux proviennent du ruissellement, mais aussi des nappes souterraines (*Foucault et Raoult, 2003*).

Au Bas Sahara, les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5g/l de résidu sec et bien souvent trois fois plus. Elles sont inutilisables pour l'irrigation. L'hydromorphie entraînant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter et on entre dans un processus de désertification par le sel, dû, non au manque d'eau mais à son excès. L'étape finale du processus est une sebkha dont les sédiments sont complètement stériles, noyés par quelques dizaines de centimètres d'eau en hiver et recouverte en été d'une couche blanche de sels cristallisés. Pendant la saison sèche ces zones sont soumises à l'érosion éolienne qui accentue la topographie en cuvette (*Côte M., 2002*).

### 6.2. Les lacs salés

C'est uniquement sous climat sec et chaud que se forment les lacs salés. Ils portent des noms divers : mers (morte, caspienne, Aral), Sebkhas, Chotts, Soltpans, Levirs. L'eau amenée par les cours d'eau ou les sources s'évaporent à la surface du lac. Il se fait une auto-régulation, la surface du lac se réduit jusqu'à ce que le rapport évaporation/alimentation soit égal à 1 (*Badoux, 1989*).

## 7. Types des zones humides

*Benkaddour (2010)*, on distingue deux grands types des zones humides soit naturelles ou artificielles. On reconnaît, en général, cinq types principaux des zones humides naturelles :

- **Marines** : zones humides côtières comprenant des lagunes côtières, des berges rocheuses et des récifs coralliens.
- **Estuariennes**: (y compris des deltas, des marais cotidaux et des marécages à mangroves).
- **Lacustres** : zones humides associées à des lacs.
- **Riveraines** : zones humides bordant des rivières et des cours d'eau.
- **Palustres** : marécageuses -marais, marécages et tourbières .

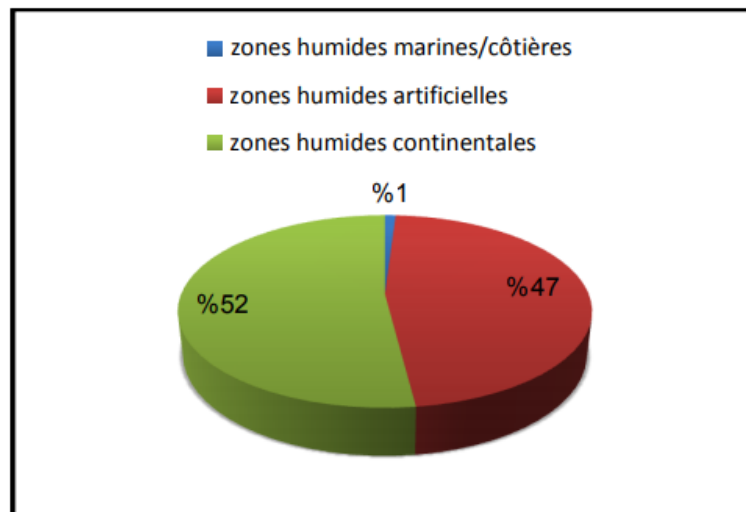
- **Les zones humides artificielles** ; telles que des étangs d'aquaculture, des étangs agricoles, des terres agricoles irriguées, des sites d'exploitation du sel, des zones de stockage de l'eau, des gravières, des sites de traitement des eaux usées et des canaux.

La Convention de Ramsar a adopté une classification des types de zones humides qui comprend 42 types regroupés en trois catégories : zones humides marines et côtières, zones humides continentales et zones humides artificielles, de Ramsar des zones humides d'importance internationale (RAMSAR, 2013).

## 8. Typologie des habitats de zones humides d'Algérie

La proportion des différents types de zones humides algériennes selon la typologie Ramsar, par ordre d'importance décroissant fig , 02:

- Zones humides continentales 52%.
- Zones humides artificielles 47%.
- Zones humides marines/ côtières 1% (Djouadi b , 2011).



**Figure 02:** Principales catégories d'habitats des zones humides en Algérie (Benkaddour, 2010)

## 9. Fonctions des zones humides

Du point de vue fonctionnel, les zones humides participent à l'équilibre physique et écologique de l'ensemble de cet écosystème.

### 9.1.Fonctions hydrologiques

Les zones humides fonctionnent comme un filtre épurateur, (filtre physique et biologique) ; elles favorisent le dépôt des sédiments y compris le piégeage d'éléments

toxiques (les métaux lourds) et l'absorption de substances indésirables ou polluantes par les végétaux (nitrates et phosphates) ; contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau.

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques, le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles « absorbent » momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse (*Oudihat K.,2011*).

### **9.2. Fonctions biologiques**

Les zones humides constituent un réservoir de biodiversité et une source de nourriture pour divers organismes. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante, elles se caractérisent par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux. Parmi les fonctions biologiques nous citons les plus utiles à la vie des oiseaux d'eau (*Oudihat K., 2011*).

### **9.3. Fonction d'alimentation**

La richesse et la concentration en éléments nutritifs dans les zones humides, assurent les disponibilités de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales telles que: les poissons, les crustacées, les mollusques et les oiseaux d'eau (*Djouadi B, 2011*).

### **9.4. Fonctions climatiques**

Les zones humides participent à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau, et de la végétation par le phénomène d'évapotranspiration. Elles peuvent ainsi tamponner les effets de sécheresse au bénéfice de certaines activités agricoles, donc elles jouent un rôle dans la stabilité du climat (*Annani F., 2013*).

### **9.5.Fonctions pédologiques**

Elles jouent enfin un rôle dans la stabilisation et la protection des sols. Ainsi, la végétation des zones humides adaptée à ce type de milieu fixe les berges, les rivages, et participe ainsi à la protection des terres contre l'érosion (*Annani F., 2013*).

## 9.6 .Fonctions écologiques

### A. Des habitats pour la végétation

De nombreuses espèces de plantes annuelle vivant pendant de courtes périodes lors des inondations saisonnières, et d'autres pour lesquelles la profondeur ou la salinité de l'eau revêt une importance critique. Beaucoup d'espèces sont également très adaptées aux conditions extrêmement calcaires typiques de nombreuses zones humides méditerranéennes

Les principales formations végétales sont représentées par : plantes halophytes, Grandes émergentes des marais d'eau douce, prairies humides, forêts riveraines, plantes d'eau douce submergées et flottantes et Jonchaies (*Pearce et Crivelli, 1994*).

### B. Une diversité d'habitats complémentaires pour les oiseaux "Si différentes catégories d'oiseaux fréquentent "

régulièrement les milieux humides (rapaces, passereaux..), les espèces véritablement emblématiques sont celle que l'on désigne comme " les oiseaux d'eau ". Ils regroupent des Anatidés (oies, canard, sarcelle, cygnes), des grands échassiers (hérons, aigrettes, spatule blanche, cigognes,..) des petits échassiers ou limicoles (vanneaux, pluviers, chevaliers, bécasseaux, courlis,...), des Rallidés (poules d'eau, foulques,...), et des Laridés (goéland, mouettes, ...) (*Barnaud et Fustec, 2007*).

De nombreuses espèces d'oiseaux utilisent les zones humides pendant une ou plusieurs phases de leur cycle biologique. Certaines d'entre elles, à vrai dire peu nombreuses, restent sédentaires et habitent tout au long de l'année dans le même marais ou le même étang. Beaucoup d'autres, au contraire se déplacent au fil des saisons d'une zone humide à une autre et certaines fréquentent même temporairement, les prairies, les cultures ou d'autres milieux secs. Tous ces oiseaux trouvent dans les zones humides la nourriture, l'abri ou le site de reproduction (*Fustec et Lefevre 2000*).

### C. Des habitats conformes aux besoins des amphibiens et de certains reptiles

Toutes les espèces d'amphibiens se reproduisent dans l'eau et y demeurent le plus souvent au stade larvaire. A l'âge adulte, des espèces passent le plus clair de leur temps dans l'eau, contraintes de venir respirer régulièrement en surface tandis que d'autres (les crapauds, la grenouille agile...) ne rejoignent l'eau que pour s'y reproduire. La plupart des espèces, qui ont une peau fin à travers laquelle ils absorbent l'eau et respirent, doivent demeurer dans des milieux humides (marais, prairies, boisements humide). Des serpents, notamment la Couleuvre à collier et la Couleuvre vipérine sont les hôtes des rives de cours d'eau, de marais,

de mares et d'étangs ou ils se nourrissent d'amphibiens, de poissons et de lombrics (*Barnaud et Fustec, 2007*).

#### **D. Une multitude de micro-habitats pour les invertébrés**

La faune d'invertébrés (insectes, mollusques, crustacés, ...) est extrêmement riche et variée dans les milieux humides qui offrent une grande diversité de micro-habitats aquatiques, semi-aquatiques et terrestres, sur les différentes strates de la végétation vivante ou détritique. Beaucoup de ces organismes, dont la plupart des insectes, sont aquatiques durant leur vie larvaire et aérienne à l'âge adulte. On sait cependant qu'ils interviennent de manière fondamentale à différents niveaux du fonctionnement des écosystèmes humides et qu'en raison de leur omniprésence et du découpage très fin de leurs habitats, ils représentent d'excellents indicateurs de l'état écologique de ces milieux (*Barnaud et Fustec, 2007*).

#### **10. Valeur de la zone humide**

Outre des biens et des services, la plupart des milieux humides offrent aussi de multiples avantages aux habitants proches ou aux touristes qui viennent en bénéficier temporairement. Plusieurs activités récréatives (chasse, pêche, activités, nautiques, ou de découverte, ...) peuvent donner lieu à des évaluations économiques, mais celles-ci ne recouvrent que partiellement la valeur que chacun peut attribuer aux attraits et aux avantages que procurent ces écosystèmes si particulier (*Barnaud et Fustec, 2007*).

##### **10.1. Produits des zones humides**

Les zones humides fournissent une variété d'avantages à l'homme sous forme de produits qui peuvent être exploités : fruits, poissons, coquillages, gibiers, résines, bois de construction, bois de chauffage, roseaux pour les toits et la vannerie, fourrage pour les animaux, etc. l'exploitation a lieu à tous les niveaux (subsistance, industrie communautaire et échelle commerciale) et partout dans le monde (*Turner et al 2008 ; Mea, 2005*).

En Afrique du Nord, une grande quantité du sel de table est extraite des sebkhas qui constituent des zones humides à grand potentiel productif (*Sadoul et al. 1998*). Aussi, les zones humides d'eau douce sont utilisées pour le pompage de l'eau dans le but d'irriguer les surfaces agricoles qui se développent de plus en plus au voisinage de ces sites. (*Mitsch et Gosselink, 2007*). Dans certaines régions, des activités d'élevage se basent sur la végétation qui se développe aux abords des zones humides (*Futec et Lefevre, 2000*).



### 10.2. Réservoir de diversité biologique

La biodiversité des zones humides est un important réservoir génétique au potentiel économique considérable pour l'industrie pharmaceutique et la culture de plantes commerciales telles que le riz (*Barbier et al, 1997*). Les zones humides abritent une très riche collection de plantes et d'animaux. Seule une toute petite proportion de leurs vastes ressources génétiques a pu être étudiée et une part plus modeste encore se trouve dans la consommation humaine. Par ailleurs de nombreuses espèces rares et en danger vivent dans les zones humides ou en dépendent particulièrement. Tandis que d'autre n'y passent qu'une partie de leur cycle vital, ou les visitent à des fins particulières, afin de s'y reposer, frayer ou se nourrir (*Futec et Lefeuvre, 2000*).

### 10.3. Valeur économique

Les zones humides offrent un rôle économique par ses nombreux services et fonctions rendus et qui possède une valeur économique avérée (*MEA, 2005*). Toutefois, l'évaluation économique d'une zone humide est difficile à réaliser car il faut attribuer à cette évaluation une quantification chiffré des ressources, des bénéfices et des qualités du système, pour rendre ces valeurs explicites, les économistes ont décomposé la valeur monétaire des zones humides en trois composantes principales, dont la plus facile à intégrer dans les systèmes économiques courants : c'est la valeur de l'utilisation directe qui englobe tous les bénéfices issus de la vente des produits des zones humides comme, par exemple, les poissons ou les roseaux ainsi que l'exploitation touristique (*Skinner et Zalewski, 1995*).

### 10.4. Valeur touristique et récréatives :

Les zones humides, par leur beauté naturelle ainsi que par la diversité de la vie animale et végétale que l'on y trouve, sont des destinations touristiques idéales. Les sites les plus beaux sont protégés dans des parcs nationaux ou des biens du patrimoine mondial et peuvent générer un revenu considérable du tourisme et des utilisations pour les loisirs.

Dans certains pays, ce revenu est un poste non négligeable de l'économie nationale (*Mea, 2005*). Aux activités récréatives telles que la pêche, la chasse et la navigation participent des millions de personnes qui dépensent des milliards de dollars (*Ramsar, 2000*).

De nombreux visiteurs de zones humides viennent y chercher la tranquillité, ou une source d'inspiration pour l'écriture, la peinture ou la photographie (*Skinner et Zalewski, 1995*).

## 11. Facteur de menace et de dégradation de la zone humide

Les fonctions, valeurs et caractéristiques particuliers des zones humides ne peuvent se perpétuer que si les processus écologiques à l'oeuvre dans les zones humides se déroulent normalement (*Skinner et Zalewski, 1995*), malheureusement, ces écosystèmes restent parmi les écosystèmes les plus menacés du monde (*Mitsch et Gosselink, 2007*) et ceci est dû principalement aux facteurs suivants :

### 11.1. Assèchement et drainages

Afin d'étendre la superficie des terres cultivables, les zones humides étaient souvent drainées et asséchées pour les convertir à l'agriculture. Actuellement, la conquête de nouvelles terres cultivables ne se justifie plus et c'est maintenant le développement urbain, industriel et touristique qui est à l'origine de nombreux projets de drainage et d'assèchement. En effet les sites se trouvant en aval des barrages sont privés de l'eau qui les alimentait autrefois (*Mitsch et Gosselink, 2007*), sans oublier l'action accentuant la sécheresse générée par les changements climatiques globaux. Les statistiques concernant la perte des zones humides au cours des cents dernières années sont impressionnantes. A titre d'exemple, *Pearce et Crivelli (1994)* estiment que 60% de l'ensemble des zones humides françaises ont disparu et un grand nombre de ce qui subsiste est menacé de la sécheresse du début des années 90.

### 11.2. Pression démographique

La poussée démographique est à l'origine de la plupart des projets de développement qui menacent les zones humides soit par destruction ou par perturbations. Une augmentation rapide de la population résidente ou bien du nombre de visiteurs au cours des décennies à venir, tend à accentuer et à accélérer le processus de dégradation des zones humides et de changer leur vocation principale. Ceci sera plus marqué en particulier dans les régions côtières où se localise la plupart des villes les plus peuplées du monde (*Pearce et Crivelli, 1994*).

### 11.3. Pollutions et eutrophisation

L'eutrophisation se manifeste lorsque les eaux reçoivent un apport exagéré de substances nutritives (eaux usées ou engrais agricoles), qui augmentent la production d'algues et de plantes aquatiques. Dans les conditions actuelles de pression démographique et de développement urbain, l'eutrophisation représente la principale menace de pollution aux zones humides d'eau douce ou salées (*Dodds et al, 2009*). La putréfaction des eaux usées est une grande consommatrice d'oxygène dissous. Les engrais quant à eux peuvent provoquer des proliférations d'algues qui gênent la circulation de l'eau et empêchent la lumière de pénétrer

en profondeur. Ces algues peuvent également libérer des toxines et lorsqu'elles meurent et commencent à pourrir, elles consomment alors de grande quantité d'oxygène dissous (*Dodds, 2002*). Les conditions qui prévalent dans les lagunes, les étangs et les lacs méditerranéens, où la température élevée de l'eau accélère la croissance des algues et où la stratification empêche un réapprovisionnement en oxygène par des eaux "propres" pourraient difficilement être plus propices à l'eutrophisation (*Pearce et Crivelli, 1994*).

#### 11.4. Surpêche

La surpêche désigne la pêche excessive, elle constitue un problème permanent car les technologies en matière des captures progressent plus vite que les méthodes de gestion durable des processus halieutiques (*Daan N et al, 2005*). Toutefois il n'est pas toujours facile de précisément distinguer quand le seuil critique de surpêche est dépassé ; ni les rôles de la pêche et respectifs d'autres facteurs environnementaux (surtout climatiques ou ceux liés à la pollution ou à l'introduction d'espèces invasives ou de parasites) dans la baisse de certains stocks de poisson (*Rosechit et Charpentier, 1996 ; Rochet et Trenkei, 2009*).

#### 11.5. Chasse

La chasse de gibier d'eau est très variée selon les types de sites et les espèces. Les zones humide où se pratique la chasse ont fortement régressées, les chasseurs aussi (*Auroy et Hargues, 2009*), mais on peut tour à tour soutenir que la chasse constitue l'une des utilisations les plus inoffensives et les plus rationnelles des zones humides et de leur faune lorsqu'elle est rationalisée et régularisée d'une part ; ou que cette activité constitue une cause importante de dégradation de ces écosystèmes quand elle est abusivement exercé d'autre part. Par ailleurs, bon nombre des plus grandes zones humides de la méditerranée n'existeraient plus si elles n'avaient pas fait l'objet d'une exploitation cynégétique. Malgré cela, la chasse continue à être pratiquée avant la fin de la période de reproduction et jusqu'au début de la migration pré-nuptiale (*Pearce et Crivelli, 1994 ; Auroy et Hargues, 2009*).

#### 11.6. Introduction des espèces exotiques envahissantes

Issues à la fois d'introductions accidentelles et délibérées d'espèces «exotiques » qui perturbent l'abondance et la survie des espèces indigènes ainsi le fonctionnement globale de l'écosystème . En effet, l'introduction de nouvelles espèces, de poissons ou de plantes aquatiques par exemples, peut être aussi préjudiciable aux zones humides que la surpêche ou l'eutrophisation (*Mitsh et al, 2009*).

### 11.7. Dérangements

En 1990, le bureau de Ramsar a effectué une analyse des menaces pesant sur les zones humides d'importance internationale; les dérangements (chasse, activités récréatives et nautiques comprises) figurent en première place et menacent 112 des 318 sites européens et méditerranéens de Ramsar.

La pollution n'occupe que la deuxième place, avec 105 sites affectés, et les projets agricoles la troisième place, avec 64 sites affectés (*Prearce et Crivelli, 1994*).

## 12. Utilisation des zones humides Algériennes

Les zones humides algériennes, offrent aux communautés locales de nombreuses ressources, elles fournissent gratuitement des biens pour les riverains, grâce à différentes activités qui y sont menées:

### A. Agriculture et pâturage

Les zones humides du Nord et des Hauts plateaux, sont le siège d'une agriculture. Elles assurent une ressource en eau (pour la consommation humaine, pour l'agriculture et les besoins industriels). Elles permettent aussi la production de végétaux (plancton, roseaux, bois) et d'animaux (poissons, coquillages, oiseaux), capitale pour le maintien de la pêche, la chasse ou l'élevage. Elles fournissent aussi des matériaux de construction du fourrage et du pâturage pour l'agriculture (*Benkaddour, 2011*).

### B. Pêche

Plusieurs zones humides algériennes connaissent des activités de pêche. C'est le cas notamment des zones de la région d'El-Kala. Citons le cas du lac Tonga, où l'on pêche principalement l'anguille. La lagune du lac Mellah et le lac Ouberia, sont également des lieux de pêche importants sur le plan économique, en raison de leur productivité primaire élevée, Au du lac Mellah, se trouve une station de pêche et d'aquaculture halieutique qui exploite plusieurs espèces dont certaines sont destinées à l'exportation (*Benkaddour, 2011*).

### C. Extraction de sel

On utilise ces catégories des zones humides (les Chotts et les Sebkhass), principalement pour l'extraction du sel, notamment; comme chott Merouane occupe une zone d'exploitation de sel sur superficie de 70 ha avec une production annuelle de 100.000 tonnes, destiné à la consommation locale et à l'exportation (*Benkaddour, 2011*).

## Chapitre II : Qualité des eaux

### 1. Généralité sur les eaux

#### 1.1. Définition d'eau

L'eau liquide ( $H_2O$ ) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité (*Graini L., 2011*). Il est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques.

#### 1.2. Les états de l'eau

L'eau est un constituant fondamental de notre environnement. Elle se présente sous différents états : solide, liquide et gazeuse.

##### 1.2.1. L'eau sous forme solide

L'eau est solide quand la température est inférieure à  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . C'est la glace de la banquise au niveau des pôles, celle des glaciers alpins, la neige sur laquelle nous pouvons skier, le givre qui se forme par temps froid sur les arbres en hiver. Les calottes glaciaires et les glaciers représentent 2,1 % de l'eau présente sur la Terre (*Merouani M. et Bouguedah A., 2013*).

##### 1.2.2. L'eau sous forme liquide

Les plus grands réservoirs d'eau liquide sont les océans et les mers constitués d'eau salée ; ils représentent 97,2 % de l'eau sur la Terre. Les autres réservoirs d'eau liquide sont les lacs, les rivières et les eaux souterraines. Ils sont constitués d'eau douce. Les lacs et les rivières correspondent à 0,01 % de l'eau présente sur Terre et les eaux souterraines à 0,06 % de cette eau (*Graini L., 2011*).

##### 1.2.3. L'eau sous forme de gaz

Dans l'atmosphère, l'eau existe sous forme de gaz. C'est la vapeur d'eau présente dans l'air humide. Elle ne correspond qu'à 0,001 % de l'eau de la Terre (*Merouani M. et Bouguedah A., 2013*).

### 1.3. Cycle de l'eau

Les eaux de surface résultent des précipitations. Une partie de cette eau s'évapore et retourne dans l'air sous forme de vapeur d'eau. La deuxième durcit à cause du froid, ou s'écoule à la surface du sol et pénètre jusqu'à la nappe phréatique. Le cycle de l'eau se fait

donc, par évaporation permanente des eaux de mer ou de rivière, formant des nuages et des brouillards, puis retombent sous forme de précipitations (pluie ou neige) dans les lacs, rivières et océans fig,3 (Djoghla A. et Anada T. M., 2010 et Sigg L. et al., 2014).

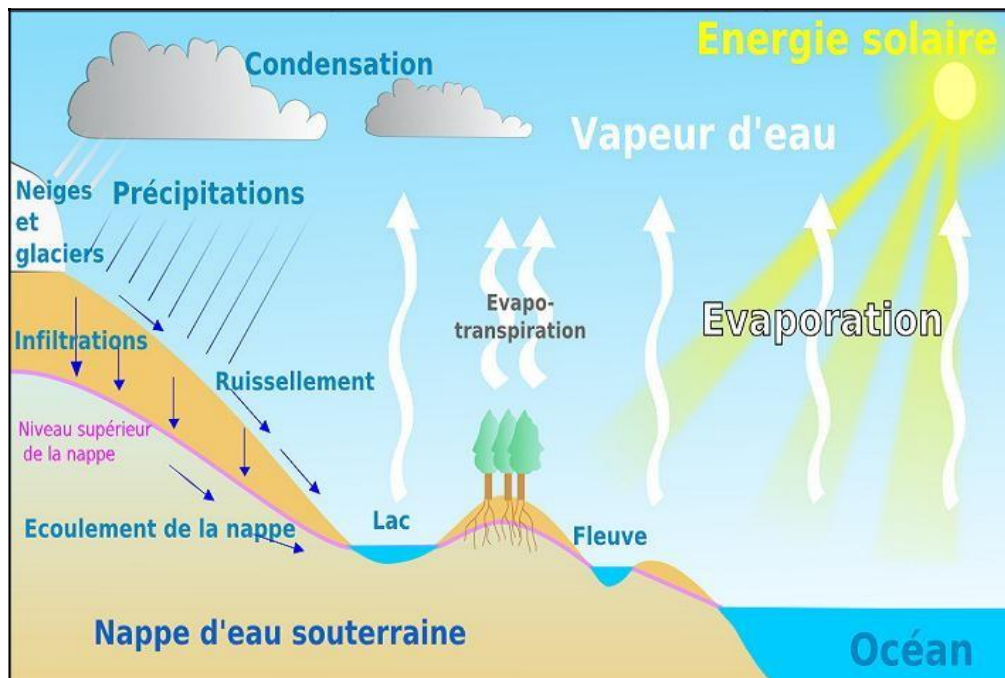


Figure 03 : Cycle général de l'eau (Sari H., 2014).

### 1.3.1. Acquisition de la minéralisation au cours du cycle de l'eau

#### A. Évaporation

L'évaporation désigne le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Elle nécessite un apport énergétique (énergie solaire) et peut être importante si l'étendue d'eau est vaste. Au cours de ce processus, les molécules d'eau ( $H_2O$ ) de l'étendue (mer, lacs...) sont vaporisées vers l'atmosphère. L'évaporation partielle laisse la phase liquide enrichie en éléments solubles, augmentant ainsi la minéralisation de cette dernière. Ce processus peut aller jusqu'à la formation de saumures et engendrer, si la saturation vis-à-vis de certaines phases minérales est atteinte, la précipitation de minéraux évaporitiques (Debbakh A., 2012).

#### B. Condensation et précipitation

Lorsque les conditions de pression et de température favorables à la condensation sont réunies, les molécules d'eau passent de l'état gazeux à l'état liquide. Cette transformation nécessite la présence de grains de poussières atmosphériques qui agissent comme noyaux de condensation.

La minéralisation de la gouttelette initiale dépend donc directement de la nature du noyau sur lequel elle se forme. Ce phénomène est à l'origine de la formation des nuages. Les gouttelettes interagissent avec la phase gazeuse et dissolvent les gaz atmosphériques en fonction de leur pression partielle et la température selon la loi de Henry. Lorsque le poids de la goutte d'eau est suffisamment important, celle-ci est entraînée par gravité vers la surface terrestre (Debbakh A., 2012).

On parle de précipitation. Pendant sa chute, l'eau de pluie lessive les couches basses de l'atmosphère, interagit avec les aérosols qui s'y trouvent et s'enrichit considérablement en éléments dissous, les eaux de pluie participent ainsi à la minéralisation des eaux de surface (rivières, lacs, zones humides). Globalement, les concentrations en Chlorures des eaux pluies décroissent de la côte vers le continent et diminuent avec l'altitude (Meybeck., 1989 et Debbakh A., 2012).

### **C. Ruissellement et l'infiltration**

Au cours de l'évènement puéluvieux l'eau météorique est retenue dans les dépressions du sol. L'interaction eau-roche commence dès l'arrivée des premières gouttes sur le sol. Les réactions avec le réservoir géologique dépendent directement du caractère agressif de la pluie qui est en conditions naturelles, essentiellement lié à sa teneur en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dissous. Dans un milieu pollué, les composés du soufre et azotés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) peuvent jouer un rôle déterminant dans la formation de pluies acides. Les eaux de ruissellement et d'infiltration interagissent avec les minéraux, les gaz, la matière organique, les végétaux et la microbiologie du sol et de la zone non saturée. Sur tout le trajet du transfert sol-rivière et sol-aquifère, la minéralisation des eaux est influencée par les gaz du sol et par la minéralogie des ensembles pédologiques et lithologiques traversés (Debbakh A., 2012).

### **D. Influence du réservoir géologique**

Une fois en contact avec l'aquifère, l'eau de la nappe peut s'enrichir d'éléments nouveaux provenant du réservoir géologique. Cette interaction est d'autant plus importante que le temps de résidence est long et les minéraux des roches aquifères solubles. De plus, la nappe peut être contaminée par d'autres systèmes hydrologiques contigus ou sous-jacents au moyen de processus comme la convection, la diffusion ou la dispersion.

La minéralisation/salinisation de la nappe peut également être imprégnée par des systèmes plus profonds, à travers des phénomènes de drainance, de migration de saumures (primaires ou secondaires) et de remontées de gaz profonds (CO<sub>2</sub>, He, Rn...) ou de fluides hydrothermaux (Vengosh., 2003 et Debbakh A., 2012).

### 1.4.Ressources hydriques naturelles

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins (production d'eau pour la consommation humaine) et permettre l'usage de l'eau dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à deux types de ressources naturelles :

- Les eaux superficielles ou de surface ( rivières, fleuves et lacs...)
- Les eaux souterraines

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge très rapidement de divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. Ces éléments peuvent être présents dans l'eau sous les trois états (gaz, solide, liquide), posséder un caractère organique ou minéral et à l'état particulaire à voire des dimensions très variables (*Merouani M. et Bouguedah A., 2013*).

#### 1.4.1.Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ) (*Sari H., 2014*).

#### 1.4.2.Eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (*Merouani M. et Bouguedah A., 2013*).

#### 1.4.3. Ressources en eau dans la vallée d'Oued Righ

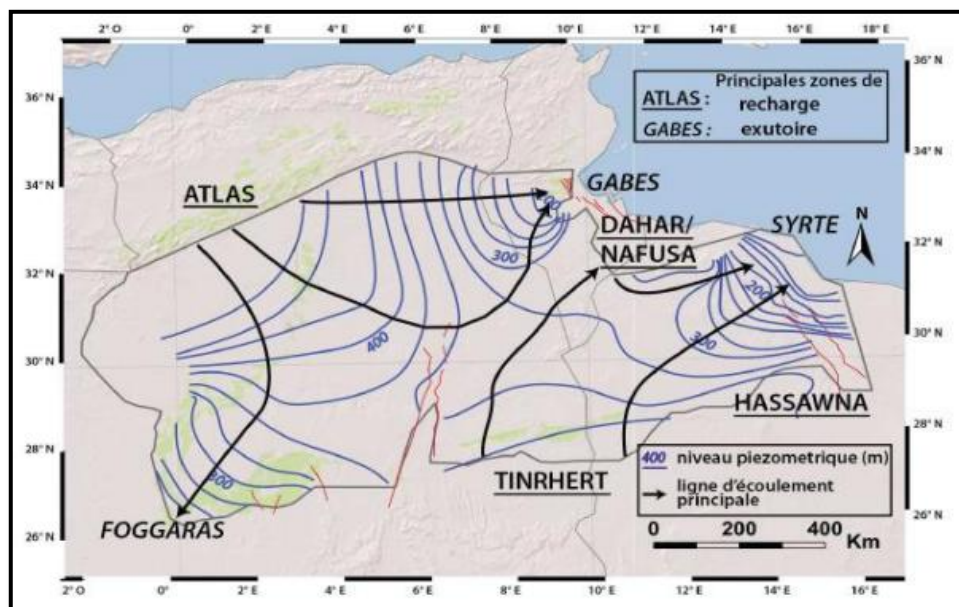
Les ressources en eau dans la région sont considérables, surtout depuis la découverte de l'albien. Le débit est estimé à 10097 l/s en 1990 « *Bneder, 1994* ».



Cependant, la qualité de ces eaux peut poser certains problèmes, il s'agit d'eau sulfaté, calcimagnésique plus ou moins prononcée. Les résultats des analyses effectuées à l'I.N.R.A. de Sidi Mehdi montrent que l'eau provenant de l'Albien est moins salée, avec un résidu sec de 2 à 2.7 g/l, mais chaude « plus de 50°C », par contre celle provenant du Miopliocène est froide, mais plus salée, avec un résidu sec de 5 à 7 g/l.

#### 1.4.4. Relation entre la nappe phréatique et les lacs de la région d'Oued Rihg

La géométrie de la nappe ainsi que la géologie du substratum imposent le sens d'écoulement des eaux de cette aquifère et facilitent l'ascension des eaux en surface. Ceci a accéléré la genèse de nouveaux chotts à cette région, mais cette hypothèse ne s'applique pas au cas des lacs parce que ces derniers prennent leurs origines des eaux d'irrigation à travers des collecteurs secondaires de drainage liés directement aux lacs d'une part, et l'observation de la carte piézométrique, résulte que le niveau de la nappe est inférieur de quelques mètres à celui du lac, crée un gradient orienté vers l'intérieur des terres sur tout le pourtour du lac d'une autre part. De même, Les lacs situés au cœur de la cuvette de la région d'étude, sont en position perchée au-dessus de la nappe phréatique, les gradients hydrauliques soient favorables à l'alimentation par les eaux du lac (Debbekh, 2012).



**Figure 4:** Carte. piézométrique de référence en 1950 (OSS, 2003) et principales directions d'écoulement, zones de recharges et d'exutoires majeurs, (in J.O.Petresen, 2014).

## 2. Paramètres physico-chimiques et biologiques

### 2.1. Paramètres physiques

#### 2-1-1. Température

La mesure de la température de l'eau et même de l'air sur le lieu du prélèvement de l'échantillon est une partie de l'analyse des eaux, car de cette température dépend la solubilité de gaz et la vitesse des réactions dans l'eau. Elle a une influence sur la densité de l'eau et joue un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et de la mer (CNRDPA, 2009; Henni Z, 2009).

#### 2.1.2. Potentille d'hydrogène

Le pH mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau, Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C (Gharmouli et Talha, 2012). Certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas, un indice de pollution (Aminot et Chausse-Pied, 1983). Les organismes sont très sensibles aux variations du pH et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si la valeur est comprise entre 6 et 9 (Gharmouli et Talha, 2012).

#### 2.1.3. Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes, une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Lounnas, 2009).

La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspension grossières (Lounnas, 2009).

#### 2.1.4. Conductivité électrique

La conductivité ( $\mu S/cm$ ) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais approximativement la minéralisation globale de l'eau Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre (Mbeukam K. E., 2013 et Sari H., 2014).

### 2.1.5. Salinité

La salinité (S‰) est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composés solides séchés à poids constant à 480°C, obtenue à partir de 1 kg d'eau de mer. Il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leur équivalent en chlore et les carbonates convertis en oxydes (Rodier, 2005).

Une classification faisant le consensus de la majorité des auteurs méditerranéen, et assez similaire à celle du Système de Venise (1958), a été proposée par Pora et Bacescu(1977).

Différentes catégories d'eau sont définies dans cette classification. On appelle une eau mixo-oligohaline une eau dont la salinité est comprise entre 0,5 et 5 g/l, limite maximale de salinité totale pour une eau douce.

Les eaux ayant une salinité allant de 5 à 18 g/l sont des eaux mixo-mésohalines; au-dessus ce sont des eaux mixo-polyhalines, jusqu'à une isohalinité de 30 g/l. De 30 à 40 g/l les eaux marines sont dites euhalines. Au-dessus de 40 g/l les eaux sont qualifiées d'hyperhalines, telles sont les eaux de surface de certaines parties de la mer Rouge qui peuvent atteindre 45-46 g/l (Rezazga et Hamlaoui, 2009).

### 2.1.6. Oxygène dissous

Ce paramètre détermine la qualité du milieu (Aminot et Chausse-Pied, 1983; Gharmouli et Talha, 2012), et gouverne la plupart des processus biologiques des écosystèmes aquatiques (Aminot et Kérouel, 2004).

Sa concentration et sa saturation dans l'eau de surface est régie par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques:

- Echange à l'interface air-eau;
- Oxydation chimique;
- Respiration et photosynthèse;
- Diffusion et mélange au sein des masses d'eau.

Les processus biologiques permettent soit:

- ✓ Sa saturation dans les eaux eutrophies (accroissement important du phytoplancton).
- ✓ Ou sa sous-saturation les zones riches en matières carbonés (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) Lorsque les niveaux d'oxygène dissous dans l'eau tombent au-dessous de 5mg/l, la vie aquatique est menacée (Aminot et Chausse-Pied, 1983; Gharmouli et Talha, 2012).

### 2.1.7. Les Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (*De Villers et al, 2005*).

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les Matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l (*De Villers et al, 2005*).

## 2.2. Paramètres chimiques

### 2.2.1. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau (*Rodier J., 2005*).

### 2.2.2. Dureté totale (Titre Hydrométrique TH)

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène Diamin tetracétique (EDTA) (*Melghit M., 2012*).

### 2.2.3. Calcium

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de  $Mg(OH)_2$  vers un pH = 12, par addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium (*Rodier J., 1984*) (*Medfouni S., 2007*).

### 2.2.4. Chlorure

Méthode de Mohr 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 (*Sari H., 2014*).

### 2.2.5. L'azote nitrique (NO<sub>3</sub>)

Les nitrates stimulent la flore aquatique en présence d'autres éléments indispensables et donc augmente la productivité des cours d'eau. Il constitue un support principale dans la

croissance du phytoplancton est régénéré à partir des formes organiques par les bactéries (Henni Z, 2009).

### 2.2.6. L'azote nitreux (NO<sub>2</sub>)

C'est la plus toxique des formes minérales de l'azote pour les organismes marins et l'homme. Les ions nitrites, ils sont dans la plus part des cas et en dehors des situations de pollution extrêmes, rapidement oxydés dans le milieu naturel (CNRDPA, 2009; Henni Z, 2009).

### 2.2.4. L'azote ammoniacal (NH<sup>+</sup><sub>4</sub>)

Cette forme est la plus toxique pour la vie aquatique car l'ammoniaque stimulé les poussées planctoniques de se forme de gaz il diffuse facilement à travers les membranes surtout en milieu alcalin. Il provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des éléments organiques azotés et oxydés par les bactéries nitrifiantes (Henni Z, 2009).

### 2.2.4. Le phosphore minérale (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

Les fortes concentrations des ions phosphores représentent un indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole et sont considérées comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation (Henni Z, 2009).

## 2.3. Paramètres biologiques et bactériologiques

### 2.3.1. Paramètres biologiques

Les paramètres biologiques et bactériologiques identifient les micro-organismes présents dans le milieu et donnent une estimation de leur Concentration (Sari H., 2014).

#### 2.3.1.1. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le dichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (Brenda X., 2008).

On a toujours un DCO > DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables (Moumouni M. et Djermakoye H., 2005).

#### 2.3.1.2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

La DBO exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation. L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène

(O<sub>2</sub>), La DBO<sub>5</sub> indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène (*Moumouni M. et Djermakoye H., 2005*) (*Merabet S., 2011*).

### 2.3.2. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, ces organismes possèdent plusieurs caractéristiques telles que :

- la provenance exclusive des matières fécales des animaux à sang chaud ;
- la résistance aux antiseptiques voisins de ceux des bactéries pathogènes ;
- leur non prolifération anarchique dans la nature ;
- la production des réactions simples et spécifiques au cours de leur étude ;
- leur apparition en très grand nombre dans le milieu par rapport aux germes

pathogènes.

En général, les germes utilisés sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (*Mbeukam K. E., 2013*).

#### 2.3.2.1. Germes totaux

Germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C (*Merabet S., 2011*).

#### 2.3.2.2. Coliformes totaux

Coliformes sont des bâtonnets, anaérobie facultatif, gram (-) non sporulant, Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37° C. Ils regroupent les genres *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxell* (*Joly et Reynaud., 2003*).

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (*Rodier J. et al., 2005*).

#### 2.3.2.3. Coliformes fécaux

Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de

24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes. (Rodier J. et al., 2005 ; Joly et Reynaud., 2003).

Les Coliformes fécaux thermo-tolérants (44°C) sont considérés d'origine humaine, les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est leur survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires) (Gaujous D., 1995).

### **3. Généralités sur la pollution des eaux**

#### **3.1. Définition**

Selon la Directive Européenne 23 octobre 2000, la pollution désigne une dégradation de l'environnement liée généralement à l'activité humaine par l'introduction directe ou indirecte des substances exogènes de nature chimiques, physiques ou biologiques. Ces dernières sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants, et perturbent de manière plus ou moins importante le fonctionnement naturel des écosystèmes (Chaoui, 2013).

#### **3.2.Sources de pollutions**

Les rejets des activités domestiques, urbaines, agricoles et industrielles constituent la principale source de pollution des eaux de surface et souterraines. Le vecteur de transport et de dissémination idéale de ces rejets est l'eau. On peut classer donc les différentes sources de pollution en trois grandes catégories : la pollution domestique et urbaine, pollution agricole et pollution industrielle. Les sources naturelles peuvent également contaminer le milieu aquatique dans certains cas (Chaoui, 2013).

#### **3.3. Formes de pollutions**

##### **A. Pollution d'origine domestique et urbaine**

Elle provient des habitations et elle est, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux, et détergents. Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (Aissaoui, 2013).

### B. Pollution d'origine agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, des pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$  et  $\text{Cl}$ ) vers la nappe phréatique (Chaoui, 2013).

### C. Pollution d'origine industrielle

C'est la plus importante pollution, générée principalement par les industries minières au niveau des différentes étapes du traitement des minerais métalliques. Ces derniers libèrent une grande variété de substances métalliques, qui contribuent de façon cruciale à la mise en circulation des ETM et à leur distribution dans les sols, les sédiments, les nappes d'eaux et les végétaux (Chaoui, 2013).

### D. Pollution naturelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution (éruption volcanique, etc.). (Aissaoui, 2013)

## 3.3. Formes de pollutions

Selon l'origine et la manière avec laquelle les polluants sont transportés vers les milieux aquatiques on distingue (Chaoui, 2013):

- A. Pollution ponctuelle:** souvent liée à des sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels...). Ce type de pollution peut être éliminé par traitement dans des stations d'épurations,
- B. Pollution diffuse :** due aux épandages des pesticides et des engrais sur les terres agricoles, elle concerne l'ensemble d'un bassin versant en mettant plus de temps pour atteindre les milieux aquatiques, et ne peut être traitée qu'à la source en diminuant l'usage de substances responsables,
- C. Pollution permanente :** ce type de pollution est la plus répandue, il s'agit des rejets domestiques de grande agglomération.
- D. Pollution périodique:** celle qui apparait périodiquement suite à l'augmentation des rejets lié au tourisme et aux crues.
- E. Pollution accidentelle ou aigue:** liée au déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle, agricole, ou de lessivage des sols urbains.



**Chapitre III : Présentation générale de la zone d'étude****1. Situation géographique et administrative d'Oued Righ**

Notre étude expérimentale concerne la région d'Oued Righ. L'Oued Righ est une entité économique bien précise, puisque l'on désigne sous ce terme, une vallée de palmeraies constituée d'un chapelet de 50 oasis; il est situé au Nord-est du Sahara algérien.

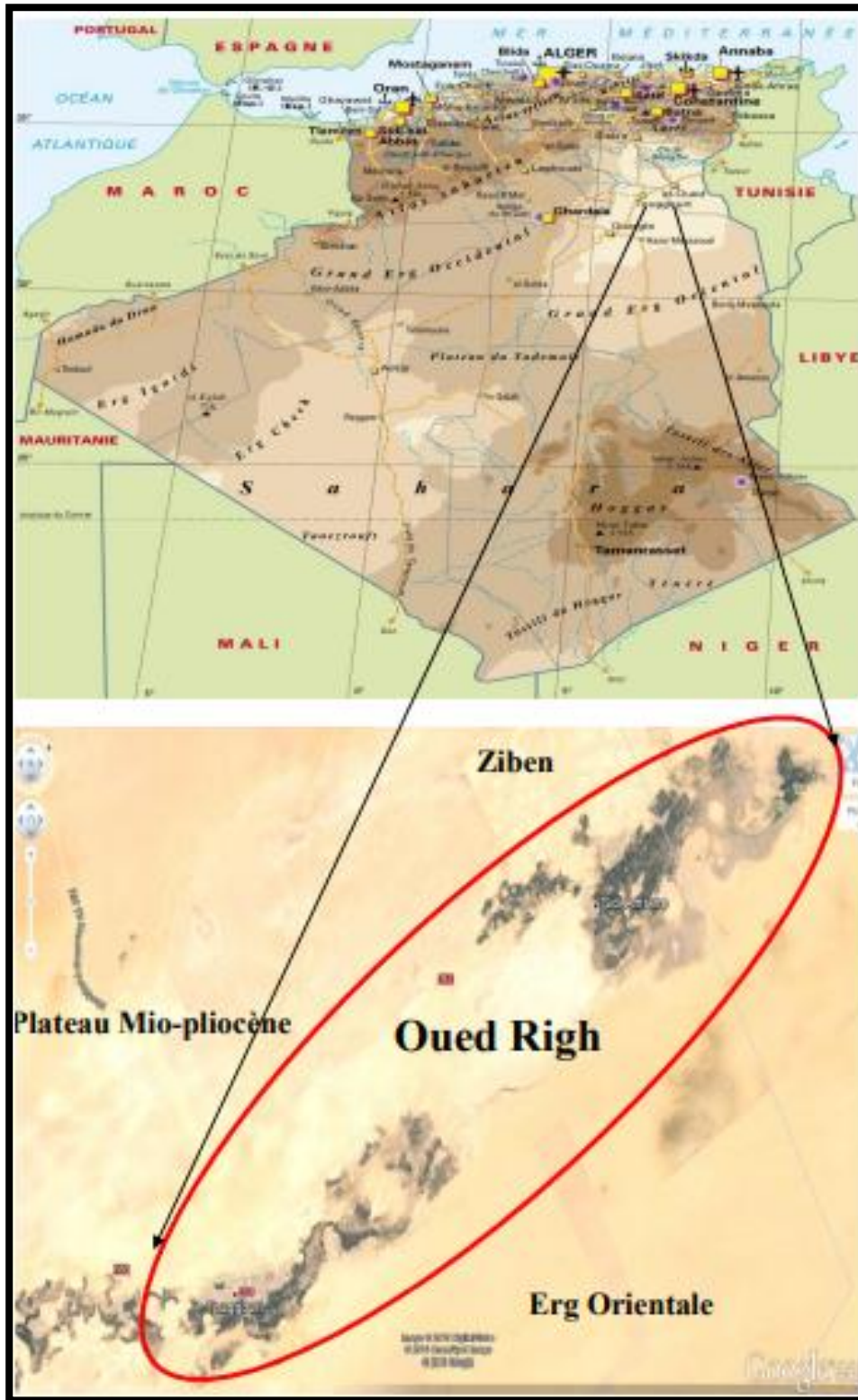
Géographiquement, la région de l'Oued Righ fait partie de l'ensemble de bassin du bas Sahara avec une superficie de 600.000 km<sup>2</sup>, cette région se situe au Sud-est du pays, plus précisément au Nord-est du Sahara sur la limite Nord du Grand Erg Oriental, et la bordure Sud massif des Aurès.

La région de l'Oued Righ est une vaste dépression allongée entre El Goug (32°54 N) au Sud et Oum El Thiour (34°9 N) au Nord, elle est bordée à l'Ouest par le plateau Miopliocène, à l'Est par le grand alignement dunaire de l'Erg Orientale, au Nord par le Ziben et au Sud par les Oasis d'Ouargla, la largeur de la vallée varie entre 15 et 30 Km suivant les endroits (Fig.01). Elle est scindée administrativement en 05 grands Daïras, à savoir : Daïras d'El Mghaïer et Djamaa qu'ils font parties de la Wilaya d'El Oued et les daïras de Mégarine et Touggourt et Témacine, qui dépendant de la wilaya d'Ouargla fig, 04 (*Debbekh, 2012*).

**2. Reliefs**

La morphologie de la région est homogène, elle se présente comme une dépression de large fossé orienté Sud-Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur la plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions.

Cette région est connue sous le nom de Bas-Sahara, à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone des chotts au Nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer. L'altitude passe très progressivement de +100m à El Goug à, +70m à Touggourt, +30m à Djamaa, 0 m à Mghaïer, -37 m au milieu du chott Mérouane (*Dubost, 1991*).



**Figure 05 :** Situation géographique et administrative d'Oued Righ (*Google Earth 2012*)

### 3. Géologie de l'Oued Righ

Du point de vue géologique, la région de l'Oued Righ appartient à la plate forme saharienne, elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents totalement aplatis au

début de l'Ere secondaire; elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable. La région de l'Oued Righ apparaît dans se schéma comme un vaste fossé synclinal dissymétrique. qui est limité :

- ✓ Au Nord, par l'accident Sud Atlasique ; et les premiers contreforts des monts des Aurès
- ✓ Au Sud, par la falaise méridional du TINHERT.
- ✓ A l'est par les affleurements crétacés du DAHAR.
- ✓ A l'Ouest par la dorsale du Mzab.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara, s'étend des pieds de l'Aurès au Nord jusqu'au Tassilis au Sud .Une grande partie du bassin est recouverte par le Grand Erg Oriental, soit 125000 Km<sup>2</sup>. La vallée de l'Oued Righ fait partie de cet ensemble (*Berguiga et Bedoui, 2012*).

#### 4. Hydrogéologie de la région de l'Oued Righ

##### 4.1. Continental Intercalaire

C'est un aquifère de 1500m et plus de profondeur; composé de sables gréseux ou argileux qui s'étend sur plus de 600 000 Km<sup>2</sup>, son épaisseur peut atteindre 1000 m au Nord Ouest du Sahara. Il se situe entre 700 et 2000 m de profondeur. De point de vue lithologique, le continental intercalaire est formé par une succession de couches de sables, de grès, de grès argileux et d'argile.

La qualité de l'eau du Continental Intercalaire est bonne (la minéralisation totale est généralement < 3,5 g/l). L'eau d'Albien est relativement peu minéralisée de conductivité électrique de 3 mmhos/cm, mais dont la température est supérieure à 50 °C quand elle jaillit, ce qui pose des problèmes de refroidissement préalable à l'irrigation. Cette eau provoque des dépôts abondant de carbonate de calcium qui rendent sa distribution délicate. (*Sayah L, 2008*).

##### 4.2. Complexe Terminal (CT)

Le Complexe Terminal content plus d'une nappe (Mio-pliocène, sénonien carbonates et l'Eocène) d'extension considérable de 350 000 Km<sup>2</sup> , une puissance moyenne de 50 à 100 m et une profondeur varient entre 200 à 500 m. Il est Composé de trois aquifères principaux, on distingue de haut en bas la nappe des sables, la nappe des sables et grès et la nappe des calcaires

On distingue trois aquifères principaux :

- ✓ **La première nappe** : dans les sables et argiles du pliocène, qui est en fait un réseau des petites nappes en communication.
- ✓ **La deuxième nappe** : dans les sables grossiers à graviers du Miocène supérieurs.
- ✓ **La troisième nappe** : dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocène inférieur.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région de l'Oued Righ; cette région est caractérisée par la présence de la nappe sénonien carbonaté et le Turonien; mais l'exploitation croissante de ces nappes a conduit à l'utilisation de pompes visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation. (Sayah L., 2008)

#### 4.3. La nappe phréatique

C'est une nappe libre dont la profondeur varie entre 0-60m. Elle affleure sur le sol en plusieurs endroits de la vallée ; la lithologie dominante est constituée de sables ou sables argileux avec gypse. Son eau est généralement très salée et excessivement chargée dans les zones mal drainées ; le résidu sec dépasse 13g/l ; l'alimentation de cette nappe provient essentiellement de l'excédent d'eau d'irrigation et avec un très faible pourcentage des précipitations, elle est rarement exploitée dans l'Oued Righ, Sauf dans les zones hors vallée ou on l'utilise comme par exemple, Berkadjia (El-Meghaier) et Taibet pour l'irrigation des petits périmètres éloignés de la palmeraie (Berguiga et Bedoui, 2012).

#### 5. Topographie et géomorphologie

La région d'Oued Righ est topographiquement plus ou moins aplatie. Le point le plus élevé (105m) est situé à Touggourt et le point le plus bas (-31m) au Chott Merouane, la pente est de 1‰. (Ballais.J.L, 2005).

Dans la partie nord de la vallée d'Oued Righ, la succession des niveaux de glacis est bien observable. Par contre à l'Est, ce sont les dunes du Grand Erg oriental qui envahissent la jonction entre les Chotts Merouane et Melrhir (Ballais.J.L, 2005).

##### A. Les versants

Ce terme serait valable pour l'ensemble des formations tertiaires continentales et serait justifié par l'existence d'un âge attribué au Pliocène à des dépôts situés au-dessus des formations fluviolacustres miocènes (Ballais.J.L, 2005).

##### B. Les glacis

Dans la vallée d'Oued Righ, les glacis sont parallèles au front montagneux et offrent l'aspect de surfaces uniformes (Ballais.J.L, 2005).

##### C. Les Chotts

Les caractéristiques principales de la région d'Oued Righ est son inclinaison vers le

Nord ou vers les grands chotts (*Dubost, 1991*) qui sont en fait des dépressions plus ou moins grands en surface et en profondeur, la dépression la plus importante est située à la fin de la vallée (un endroit pertinent) appelé « chott Mérouane ». Les premières oasis se sont greffées pratiquement tout autour des chotts, en choisissant toujours les points les plus culminants, afin que les eaux de drainage et de lessivage des sols de chaque palmeraie et des ménages y déversent. En résumé, les chotts permettent l'accumulation de tout les eaux usées, c'est ainsi en hiver, ces chotts sont des grandes étendus, l'origine est à base des eaux usées dont une petite seulement s'évapore (température bases) et de la nappe phréatique par le phénomène de la remontée, ce que l'on peut appeler « lac » ; en été ces chotts se transforment en étendus blanches qui sont les sels déposés suite à une forte évaporation due aux grandes chaleurs, l'épaisseur des couches dépend de la quantité d'eau déversée et de sa concentration en sels, on les appelle alors «chotts» ou «sebkhas» (*Boutelbe, 2010*)

#### **D. Les lacs**

Ce que les gens des régions nomment communément «Bhours», c'est tout simplement une étendue d'eau dont l'origine est une source naturelle, provenant de la nappe phréatique souterraine, les Bhours existant durant toute l'année, dans la région de l'Oued Righ, on en compte trois : un dans l'oasis de Témacine, un seconde à Mégarine et un dernier à Sidi Amrane (*Boutalbe, 2010*).

#### **E. Le canal d'Oued Righ :**

L'irrigation des palmeraies de la vallée d'Oued Righ est le principe pratiqué depuis des millénaires. Les eaux d'irrigation proviennent des sources naturelles, par des puits exploités par pompage. Avant 1910, ces eaux d'irrigation ont provoqué la remontée des eaux, en surface et l'apparition de plusieurs lacs, soit permanents ou temporaires. Pour résoudre ces problèmes épineux, la population de la vallée de l'Oued Righ, en 1926 a créé un canal artificiel, à partir d'El Goug, jusqu'au Chott Merouane (exutoire naturel), d'une largeur de 10 m, selon les endroits, d'une profondeur de 4m et d'une pente d'environ 1‰ : c'est le canal d'Oued Righ (*ANRH, 2010*). Les trois premiers kilomètres du canal sont des conduites enterrées en béton armé, d'un mètre de diamètre. Le reste du canal est à ciel ouvert et de forme trapézoïdale (*Sayah L., 2008*).

**Tableau.1** : Caractéristiques du Canal d'Oued Righ :

Date du début de creusement du canal	1926
Longueur totale (km)	136
Largeur moyenne (m)	10
Profondeur moyenne (m)	4
vitesse d'écoulement moyenne (m/s)	0.7
pente d'écoulement (%)	1/1000
débit moyenne (m <sup>3</sup> /s)	4
salinité moyenne des eaux du canal (g/l)	15
Nbr de points de rejet le long du canal	36
débit des eaux usées rejetées (L/s)	320
débit du canal en amont (L/s)	260
débit du canal en aval (L/s)	5000
Volume annuel d'eau transilé (m <sup>3</sup> /an)	155.52 . 10 <sup>6</sup>
Qualité de sels prélevés (T/an)	577.365

Source : (ANRH, 2010)/Ouargla.

**Photo 01:** Canal d'Oued Righ (Koull.N.,,2011)

## 6. Pédologie

Les sols de la vallée de l'Oued Righ sont d'origine alu colluviale, à partir du niveau quaternaire ancien encroûté, avec des apports éoliens sableux, essentiellement en surface. Ce sont des sols meubles et bien aérés en surface, en majorité salés, l'influence de la nappe phréatique est déterminante et on observe parfois un horizon hydro-morphe ou un encroûtement gypso-calcaire; dans les sols non encroûtés, les propriétés hydrodynamiques sont bonnes, améliorées par des apports de sable en surface et la réserve facilement utilisable RFU varie entre 78 et 106 mm. La salure est du type sulfaté calcique dans les sols les moins salés ( $CE < 6$  mmhos/cm) et de type chlorure sodique pour les sols les plus salés (*Serrai, 2009 in Ben Hamida et Talbi, 2004*).

### ✓ Le processus de formation des chotts et sebkhas

Au bas Sahara, les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 g/l de résidu sec et bien souvent trois fois plus. Elles sont inutilisables pour l'irrigation. L'hydromorphie entraînant l'évaporation, la salinité ne fait qu'augmenter et on entre dans un processus de désertification par le sel, dû non au manque d'eau mais à son excès. L'étape finale du processus est une sebkha dont les sédiments sont complètement stériles, noyés par quelques dizaines de centimètres d'eau en hiver et recouverts en été d'une couche blanche de sels cristallisés. Pendant la saison sèche ces zones sont soumises à l'érosion éolienne qui accentue la topographie en cuvette (*Cote M., 2002*)

## 7. Climatologie

De sens large, le Sahara algérien est caractérisée par des périodes de sécheresse prolongées, il correspond à un désert zonal dans la typologie des zones désertiques. (*Faurie et al, 1980*).

Le climat de la vallée de l'Oued Righ est un climat désertique, caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, et par des températures accusant des amplitudes journalières et annuelles importantes et par une faible humidité de l'aire et par des vents de sable parfois très violents. Pour décrire le climat de la vallée, nous avons fait une synthèse climatique suivent :

**Tableau 02:** Données climatiques de la région de Touggourt (1975-2016)

	<b>T Moy (c°)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>V ( km/h)</b>	<b>Hr (%)</b>	<b>E(mm)</b>	<b>I(h)</b>
<b>Janvier</b>	10.93	13.04	11.41	60.57	82.93	248.82
<b>Février</b>	13.4	3.97	10.77	50.66	111.86	237.78
<b>Mars</b>	17.34	8.65	13.2	46.03	146.66	274.51
<b>Avril</b>	21.91	6.54	15.14	40.95	184.75	271.22
<b>Mai</b>	26.88	3.26	14.92	37.44	231.31	328.93
<b>Juin</b>	32.1	0.77	13.5	32.74	290.5	312.26
<b>Juillet</b>	35.13	0.6	12.04	30.23	324.04	360.51
<b>Aout</b>	34.6	1.68	11.23	31.93	282.97	340.21
<b>Septembre</b>	29.88	5.9	10.63	41.09	213.45	272.74
<b>Octobre</b>	23.76	4.89	10.37	47.78	168.93	270.8
<b>Novembre</b>	16.66	8.96	10.3	57.5	124.65	255.74
<b>Décembre</b>	11.95	5.95	8.75	62.21	75.5	237.08
<b>Moyenne annuelle</b>	22.88	5.35	11.85	44.93	186.46	284.19

Source : O.N.M. Station Touggourt

### Légende :

**T Moy** : Températures moyenne annuelle, exprimée en degrés Celsius.

**P** : Précipitation mensuelle en millimètre.

**H** : Moyenne mensuelle d'humidité relative exprimée en pourcentage.

**V** : Moyenne mensuelle de la vitesse du vent en mètre par seconde.

**E** : Evaporation mensuelle en millimètre.

**I** : Insolation mensuelle en millimètre.

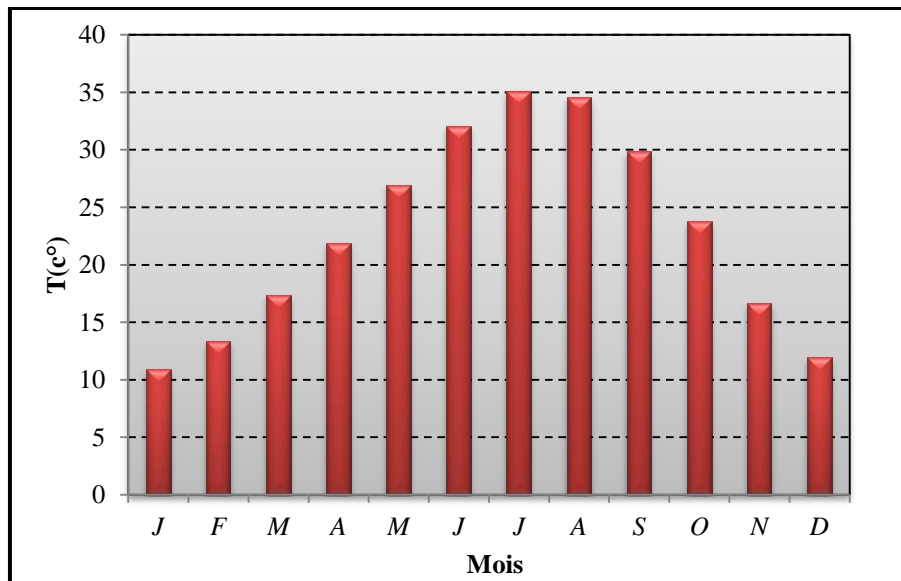
## 7.1. Etude des paramètres climatiques

### 7.1.1 Température

#### A. Températures moyennes mensuelles

Les températures moyennes mensuelles sont reportées au tab ,02.



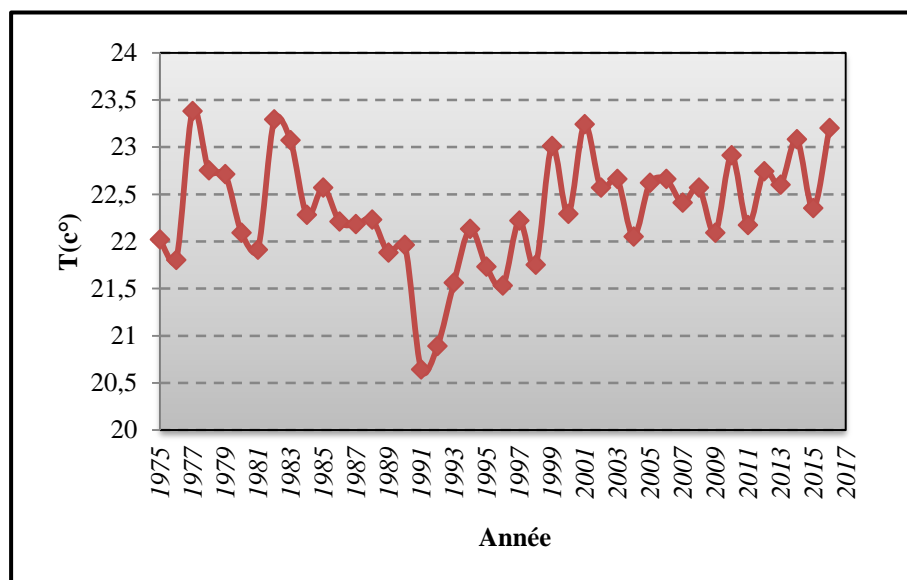


**Figure 06 :** Histogramme des températures moyennes mensuelles, station de Touggourt (1975-2016).

D'après la fig,05 la région de l'Oued Righ est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 22.88°C, avec 35.13°C en juillet pour le mois le plus chaud et 10.93°C en janvier pour le mois le plus froid.

**B. Températures moyennes annuelles:**

Les valeurs Les températures moyennes annuelles de la station sont reportées en annexes 1et 2



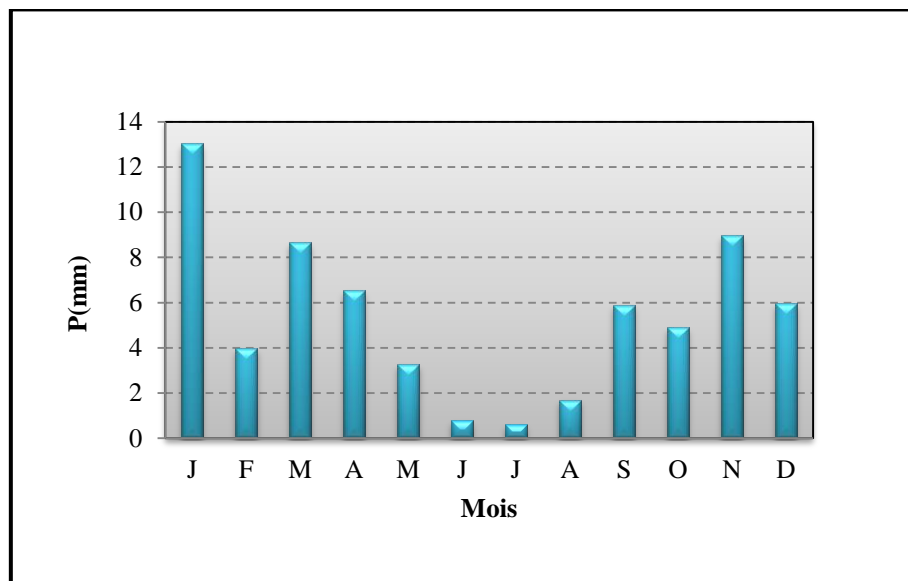
**Figure 07:** Courbe de variation des températures moyennes annuelles, station de Touggourt (1975-2016).

La fig, 06, montre que les températures moyennes annuelles durant cette période ne portent pas de grandes variations. Elles sont comprises entre 20.64°C en 1991, comme valeur minimale à 23.38°C en 1977, comme valeur maximale, avec un écart entre l'année la plus chaude et la plus froide de 2,74°C.

### 7.1.2. Précipitation

#### A. Précipitations moyennes mensuelles

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles sont regroupées dans le tab,02.



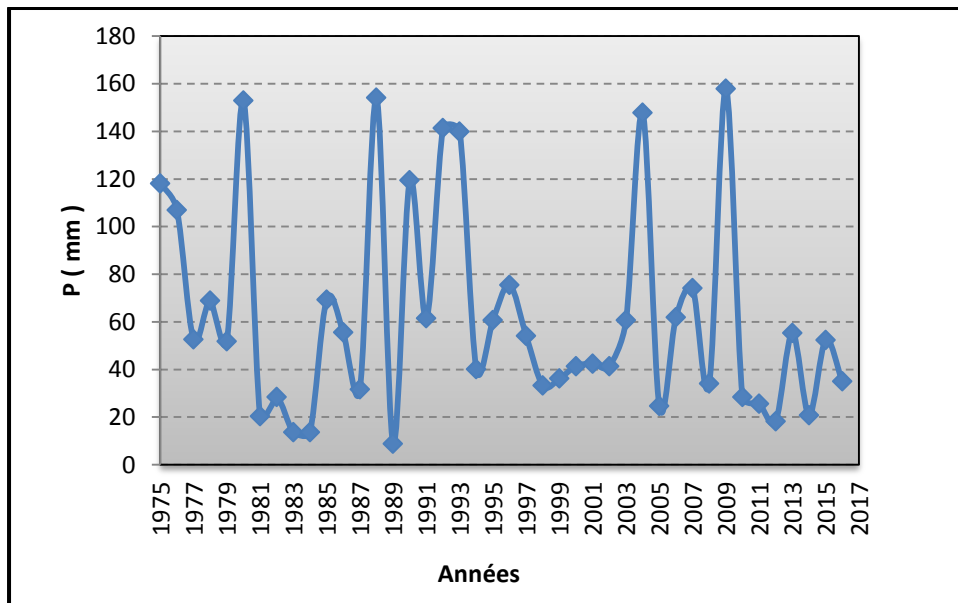
**Figure.08** : Répartition moyenne mensuelle des précipitations (1975-2016).

La fig, 07 et le Tableau 02 .représentant l'évolution des précipitations mensuelles relevées au niveau de la station d'étude, montre que le mois le plus humide est celui de janvier (13.04 mm) et le plus sec est celui de juillet (0.60 mm).

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rare et irrégulières.

#### B. Précipitations moyennes annuelles

Les valeurs Les précipitations moyennes annuelles de la station sont reportées en annexes 3et 4



**Figure 09** : Variations interannuelles des précipitations station de Touggourt (1975-2016).

La représentation graphique (**Fig,08**) montre une variabilité dans le temps de la distribution de la précipitation, nous pourrions résumer cette irrégularité comme suite :

- ✓ au-dessus de la moyenne : des périodes humides irrégulières sont enregistrées, avec une précipitation de 157.99 mm en 2009, ce sont les plus pluvieuses.
- ✓ au-dessous : des périodes sèches. L'année 1989 est la plus sèche, avec une valeur de 8,89mm.
- ✓ La moyenne interannuelle est de 64,20 mm que cette valeur ne permet pas de tirer des conclusions à cause des variations irrégulières de la pluie. Les fluctuations pluviométriques sont importantes et se situent dans la plus part des années au-dessous de la moyenne.

### 7. 1.3.Vents

L'évolution des vitesses moyennes mensuelles du vent (Tab,02 ) montre que les vitesses les plus importantes s'observent au mois d'Avril (15.14Km/h) et les plus faibles sont enregistrées au mois de Décembre (8.75Km/h) avec une moyenne annuelle de 11.85 Km/h. La vitesse du vent importante favorise le processus de l'évaporation des marres d'eau, chotts et le nappes phréatiques et joue un rôle important dans les régions hyperarides.

### 7.1.4. Humidité de l'aire

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 30% et 62%, sachant que la moyenne annuelle est de

l'ordre de 44.93%. Juillet est le mois le plus sec et janvier est le mois le plus humide (Tab, 02)

### **7.1.5 .Evaporation**

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'aire et l'agitation de cet air. Dans le Sahara algérien l'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 mètres environ suivant les localités, c'est-à-dire une valeur infiniment plus forte que la quantité d'eau qui tombe sur le sol lors des pluies (*Ozenda, 1983*)

Dans la région de l'Oued Righ l'évaporation est très importante, le maximum est de l'ordre de 324.04mm enregistré au mois de juillet et le minimum est marqué au mois de janvier avec 82.93mm. La moyenne annuelle de l'ordre de 186.46 mm (Tab,02).

### **7.1.6.Durée de l'insolation**

L'insolation est la durée d'apparition du soleil .Elle varie en fonction de l'altitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires. La vallée de l'Oued Righ reçoit une durée d'ensoleillement relativement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée de 360.5 heures et le minimum au mois de janvier avec une durée de 248.82 heures (Tab, 02).

## **7.2. Synthèse climatique**

### **7.2.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS**

Pour Gausсен un mois « sec » si le quotient des précipitations mensuelles « P » exprimé en (mm), par la température moyenne « T » exprimé en (°C) est inférieur à deux (02). La représentation sur une même graphique de la température et des précipitations moyennes mensuelle, avec en abscisse les mois, permet d'obtenir les diagrammes Ombrothermique qui mettant immédiatement en évidence les saisons sèches et les saisons pluvieuse (*Gerard, 1999*)

La fig,09 montre que le climat de la région de Touggourt est caractérisé par une sécheresse permanente pendant toute l'année (climat saharien).

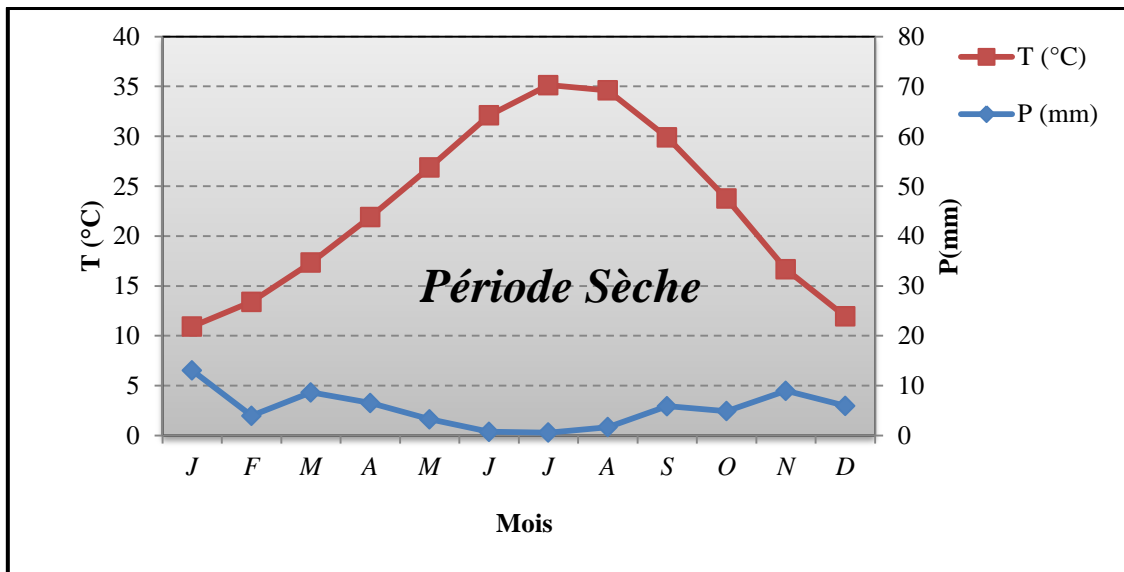


Figure 10: Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Touggourt (1975-2016)

### 7.2.2. Climagramme pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q3) élaboré en 1990 est spécifique Méditerranéen, il tient compte des précipitations et des températures, et nous révèle l'étage bioclimatique de la région d'étude et de donner une signification écologique du climat. Nous avons utilisés la formule établit par Stewart (1969) adaptée pour l'Algérie et le Maroc, comme suit :

$$Q3 = 3.43 * P / M - m$$

Avec :

**Q3** : Quotient pluviométrique d'Emberger.

**P** : Précipitation annuelle en mm.

**M** : Température maximale moyenne du mois le plus chaud en

°C. **m** : la température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

Après l'emplacement de « Q3 = 7.36 » sur le Climagramme pluviométrique d'Emberger avec la moyenne des minimas du mois le plus froid (7.9°C), nous constatons que la région de Touggourt est situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig.07)



peuplement dans la région, est soit une relique des périodes les plus humides qui ont réussi à se maintenir soit des espèces méditerranéennes ou tropicale qui se sont adoptées au désert grâce à l'apparition de caractères physiologiques ou morphologiques, l'essentiel de la végétation à l'exception des oasis se rencontre dans les lits des oueds ,les dayas et les sebkhas , les familles les plus rencontrées sont : la Graminée, les Composées , les Papilionacées , les Chénopodiacées , les Tamaricacées , les Plombaginacées ( *Beggar, 2006* ).

### 9. La Richesse faunistique

Les zones arides et même semi-arides sont en effet caractérisées par des précipitations très réduites et une forte évapotranspiration d'où résulte en général une grande rareté des eaux de surface, et bien souvent l'absence de cours d'eau ou de lacs permanents, notamment dans les régions sahariennes, à l'exception des points particuliers où existent des Chotts ou des Sebkhass qui abritent une faune aquatique très originale (*Boutin et al., 2009*). De point de vue hydrologique, les Chotts et Sebkhass constituent un milieu favorable pour le développement des Branchiopodes. Selon *Mouelhi et al. (2000)*, l'Algérie regroupe un peuplement plus riche et plus diversifié de crustacées avec 121 espèces.

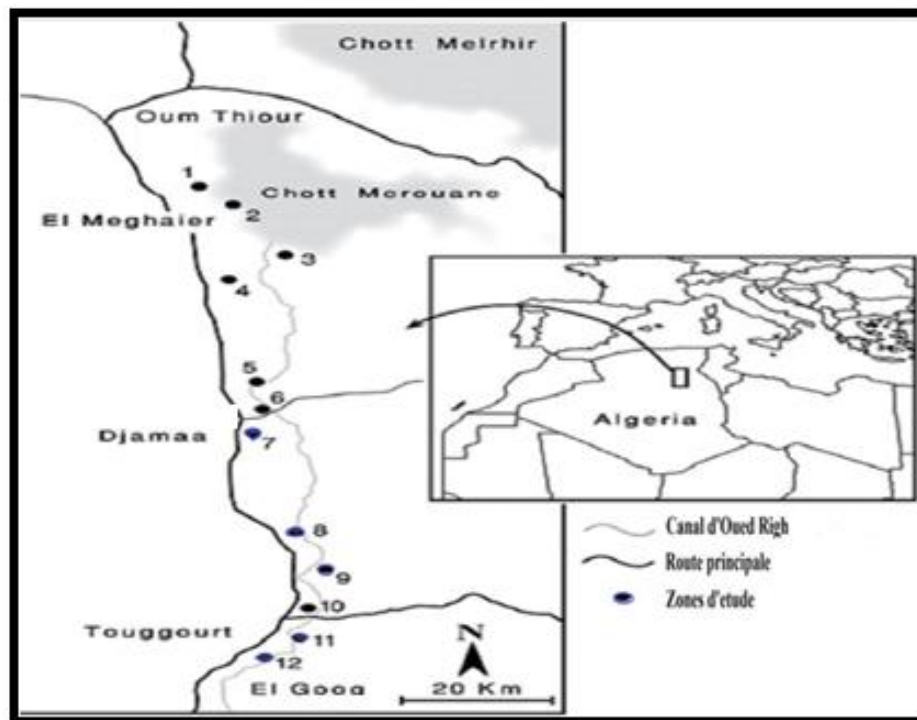
Dans ce cadre , *Samraoui et al. (2006)*, ont recensé un nombre important de Crustacées, regroupant de grandes familles (Anostraca, Nostraca et Spinicaudata) au niveau des Chotts. De même *Kaiser et al. (2006)*, citent la présence du genre *Artemia (Crustacea, Anostraca)* au niveau de plusieurs Chotts. Dans ce cadre, *Kara et Amarou A (2012)*, signalent la présence d'*Artemia spinosa* au niveau du chott Merouane. .

La diversité floristique et la présence non permanente des eaux, sous forme des espaces libres et leurs phytocénoses, favorisent l'installation des peuplements faunistiques diversifiés; principalement les insectes et les oiseaux. D'après *Dijkema et al. (1984)*, les prés salés sont de bons biotopes pour la reproduction, l'alimentation et la perchée des oiseaux migrateurs notamment. En effet, d'après les travaux *d'Isenmann et Moali (2000)*, *Samraoui et al. (2006)*, *Samraoui (2008)*, et *Samraoui et al. (2010)*, le dénombrement des oiseaux d'eau qui intervient le mois de janvier de chaque année par les services des forêts, on note que ces dépressions constituent d'une part, un lieu d'habitat pour l'avifaune migratrice et d'autre part un lieu de nidification pour les oiseaux d'eau. La dépendance des populations de Flamants roses des lacs salés est largement connue dans le monde entier y compris d'autres espèces comme les Mouettes, Grèbes, Phalaropes, Pélican et le Pluvier. Dans cet optique *Houhamdi et al. (2008)*, montrent que le chott Merouane héberge des concentrations les plus importantes de Flamants roses de tout l'est algérien. Par ailleurs *Samraoui (2008)*, signale que *Himantopus himantopus*,

*Recurvirostra avosetta*, *Charadrius alexandrinus*, *Tadorna tadorna*, *T. ferruginea* et *Ciconia ciconia* parmi les espèces nicheuses dans la zone d'étude. Les mêmes auteurs révèlent que ces milieux accueillent un nombre important d'espèces Kara et al. (2004) et Amarou A et al. (2012),

### 10. Les zones humides de la région de l'Oued Righ

La région d'Oued Righ est l'une des régions les plus anciennement cultivées et l'une des mieux connues du Sahara septentrional, encore appelée bas-Sahara, se présente comme une vaste fosse synclinale dissymétrique caractérisé par l'existence de plusieurs zones humides (environ 12 entre lacs et chotts), on nomme Chotte Merouane ; Chotte N'Sigha ; Oued Khrouf ; Sidi Khlile ; Tindla; Lac Ain Zerga; Lac Ayata; Lac Sidi Slimane; Lac Mégarine; Lac Tataouine Lac Merdjaja; Lac Témacine (Fig,11). Les zones humides de la région de l'Oued Righ sont vulnérables, car elles s'alimentent de l'eau provenant des écoulements des oueds, de sources, de drainage des palmeraies ou de remontée des nappes phréatiques.



1 : Chotte Merouane ; 2 : Chotte N'Sigha ; 3 : Oued Khrouf ; 4 : Sidi Khlile ; 5 : Tindla ; 6 : Lac Ain Zerga ; 7 : Lac Ayata ; 8 : Lac Sidi Slimane ; 9 : Lac Mégarine ; 10 : Lac Tataouine ; 11 : Lac Merdjaja ; 12 : Lac Témacine.

**Figure 12:** Les zones humides de la région de l'Oued Righ (Halis et al, 2012)



### A. Chott Merouane

La région de Chott Merouane fait partie de l'ensemble des étendues lagunaires de l'Afrique du Nord. Où les chotts Melghir et Merouane constituent avec l'ensemble des chotts tunisiens la plus grande dépression fermée. Chott Merouane est situé au Nord-est du Sahara septentrional, qui fait partie administrativement de la Wilaya d'El-Oued et la Daira d'El-Maghaire, situé à environ 9Km du chef lieu de la Daïra, dans le village de N'sigha, au dessous de niveau de la mer d'environ 37m. Elle couvre de grande superficie de 337700 ha. Ce chott est classé parmi les zones humides, d'importance internationale (Merabet, 2011). D'après CSW EL-OUED (2015), ses coordonnées géographiques sont:

- Altitude : moins de 40m.
- Latitude : 33° 58' 27" Nord.
- Longitude : 6° 03' 31" Est.

Le Chott est alimenté par trois principales sources d'eau à savoir le canal de Oued Righ qui draine aussi les eaux urbaines locales, des eaux souterraines provenant de l'aquifère du complexe terminal et des précipitations (photo 02) (Hacini et al., 2009). Ce chott est classé parmi les zones humides d'importance internationale de la liste Ramsar en 2001.

### B. Lac Témacine

Ce lac est une dépression remplie d'eaux saumâtres, le niveau de ses eaux varie en fonction des facteurs climatiques. Le site est limité au Nord par des palmeraies, à l'Est par le canal de l'Oued Righ et au Sud et à l'Ouest par l'agglomération de Témacine. Il est alimenté principalement par les eaux de la nappe phréatique et les eaux de drainage. Le lac s'étend sur une superficie de 5 ha avec une latitude de 33°00'54.28" Nord, une longitude de 6°01'24.23" Est et une altitude de 77m (photo 03). C'est une très bonne zone touristique.

### C. Lac Merdjaja

Se trouve au Sud-Est de la ville de Touggourt, limité à l'Est par les dunes de sables et au Nord, à l'Ouest et au Sud par les palmeraies. La superficie du lac est d'environ de 3 ha. Le lac se situe sur une longitude de 6°03'56.67" Est et une latitude de 33°03'11.69" Nord et une altitude de 65m en moyenne (photo 04). L'eau de ce lac est saumâtre provient des eaux de drainage et de la nappe phréatique, elle est permanente durant toute l'année.

### D. Lac Mégarine

Le lac se trouve au milieu d'une palmeraie, la profondeur est environ de 20m et une superficie

de 1,25 ha, les eaux de drainage et de la nappe phréatique constituent la principale source des eaux. Le lac se situe sur une longitude de 6° 5'56.71'' Est et une latitude de 33°12'18.27''Nord et une altitude de 59m en moyenne (photo 05).

### **E. Chott de Sidi Slimane**

Très beau site de par sa situation géographique, sa proximité immédiate d'une Zaouia, la présence tout autour du plan d'eau d'une palmeraie, la présence d'une très dense roselière et la qualité de ses eaux. C'est un lac saumâtre permanent. L'Eau est permanente durant toute l'année même en été avec une profondeur plus ou moins importante (0,5m).

La zone est située à proximité d'une route, à environ 500m de la commune de Sidi Slimane dont elle dépend (longitude 3°44'44'' E, Latitude 38°17'10''Nord). Le Chott est situé à une altitude de 50m en moyenne avec une superficie de 6.16 ha (photo 06). Ce chott est classé parmi les zones humides d'importance internationale de la liste Ramsar en 2004.

### **F. Lac Ayata**

Le lac Ayata est localisé près de la route nationale N° 3 à environ 6km après Djamaa en direction vers la ville de Touggourt (photo 07). Le site a une superficie d'environ 155ha avec une altitude moyenne de 31m. Il est délimité par les coordonnées géographiques suivantes : Longitude 33°29'17' et 33°29'48''Nord ; Latitude 05°59'10''et 05°59'37''Est. Le site est situé près de la commune de Sidi Amrane (Daïra de Djamaa) à 150km à l'ouest de la wilaya (département) d'El Oued (Souf) (*Chenchouni ., 2012*).

Le plan d'eau du lac Ayata (~ 6±0,5 ha de surface) a une profondeur maximale variant de 60 à 90cm; il est alimenté par les excédents hydriques d'irrigation venant d'un canal qui draine les palmeraies de Chemora et Tamerna vers le canal principal de l'Oued Righ. Ce dernier évacue les eaux de la Vallée de l'Oued Righ et les rejette dans Chott Merouane qui communique avec Chott Malghir (*Chenchouni ., 2012*).

### **G. Lac d'Oued Khrouf**

Cette zone humide appartenant à la commune de Ain Chikh (25 km au sud de la ville d'El-Méghaier de la wilaya d'El-Oued est classée site Ramsar depuis le 02 février 2001. Elle représente l'extrémité atteinte par les eaux de la vallée de l'Oued Righ. C'est en réalité une immense phragmitaie à *Phragmites australis* d'environ 1,200 ha qui s'ouvre sur le Chott Merouane. Ce milieu saumâtre est un quartier d'hiver très important pour l'avifaune aquatique (photo08) (*Houhamdi et al, 2008*). Ce chott est classé parmi les zones humides d'importance internationale de la liste Ramsar en 2001.

Ses coordonnées géographiques sont:

- Latitude: 33°53.332' Nord;
- Longitude: 06°01.125' Est;



**Photo 02:** Chott Merouane((*Koull.N.,2011*)



**Photo 03:** Lac Témacine (*Koull.N.,2011*)



**Photo 04:** Lac Merdjaja (*Koull.N.,2011*).



**Photo 05:** Lac Mégarine (*Koull.N.,2011*)



**Photo 06:** Chott Sidi Slimane (*Koull.N.,2011*)



**Photo 06:** Lac Ayata (*Koull.N.,2011*)



**Photo 08:** Lac d'Oued Khrouf (*Koull.N.,.2011*).

## 11. Les problèmes qui affectent les lacs de l'Oued Righ

### 11. 1.Climatiques

Le climat de la région de Oued Righ est typiquement saharien qui se caractérise par des précipitations très faibles, une température élevée et une humidité relativement faible. Où la précipitation ne dépasse pas 70mm, un ensoleillement qui est de plus de 3000 heures par an, les températures sont très élevées pouvant dépasser 45°C, Compte tenu de ces conditions climatiques difficiles il est impératif de préserver et de reconstituer les zones humides (*Debbekh, 2012*).

### 11.2. Anthropiques

#### A.L'agriculture

La plupart des zones humides de la région de l'Oued Righ sont alimenté par l'eau de drainage, les produits phytosanitaires (engrais, pesticides) sont à l'origine des phénomènes dits d'eutrophisation. En effet, les sols lessivés par les eaux d'irrigation peuvent véhiculer des produits phytosanitaires qui viennent soit directement détruire la flore et donc la faune des milieux humides s'il s'agit de pesticides, soit au contraire les enrichir excessivement en éléments nutritifs (*Debbekh, 2012*).

#### B. La pollution

Dans notre région l'homme déverser beaucoup plus des substances chimiques toxiques, antibiotiques utilisés dans l'élevage, eaux usées domestiques non traitées, pesticides, qui sont de potentiels (*Debbekh, 2012*).

**C. Gestion des déchets**

La plupart des zones humides accentuées par les déchets urbains, ou sont utilisés comme un exutoire d'évacuation des déchets solides. L'augmentation de la population est des activités urbaines c'est faite au détriment des zones humides dont la superficie a connu une réduction sensible, d'autre parle L'évolution de la ville a contribué à l'accroissement des déchets urbains et domestiques dans les lacs et dans les chotts (*Debbekh, 2012*)

**D. Régression de la superficie des zones humides**

L'absence et/ou le non application d'une législation en matière d'urbanisme et d'architecture ainsi que l'occupation du sol de manière anarchique ont été à l'origine de l'apparition des risques sérieux sur les zones humides, surtout dans les zones limitrophes aux agglomérations (*Debbekh, 2012*)

**E. Le feu**

Les zones humides de la région de l'Oued Righ subissent des dégradations du fait des actions anthropiques telles que les feux. Le feu est un moyen traditionnel utilisée pour défrichage les terres ou lutte contre certaines mauvaises herbes, ils peuvent cause des effets catastrophiques sur la faune et flore de la zone humide (*Debbekh, 2012*).

## Chapitre IV : Résultats et discussions

### 1. Introduction

On a étudié le comportement des paramètres physique et chimique des eaux en fonction du temps des 3 stations étudiée de la région d'Oued Righ (en période hivernale) dont le but est d'interpréter les résultats et comprendre le fonctionnement géochimique des écosystèmes aquatiques les signes de dégradation de ces derniers ont étaient l'objet d'un traitement graphique et statistique.

### 2. Critères de choix des stations d'étude

L'Oued Righ constitue la zone la plus riche en zones humides dans le Sahara algérien à savoir les maries salant, les lacs salés, les chotts, les canaux, les réseaux de drainage...etc. Créant des habitats à haute appropriés pour les espèces sauvages, par rapport aux zones environnante.

Pour la réalisation de notre travail nous avons choisis 03 stations, paraissent représentatives dans la zone humide de l'Oued Righ qui sont : Chott Merouane, lac Ayata et lac Temacine..

En raison de la difficulté à prélever et à analyser les échantillons dans les stations étudiées de la région d'Oued Righ et en raison de notre objectif, nous nous sommes basés sur les études précédentes disponibles et analysées.

**Tableau 03** : Coordonnées géographiques des stations d'études :

Stations	Coordonnée Géographiques	Latitude (Nord)	Longitude (Est)	Altitude (m)
<b>Chott Merouane</b>		33° 58' 27"	6° 03' 31"	-41
<b>Lac Ayata</b>		33°29'34.2"	005°59'19.9"	38
<b>Lac Temacine</b>		33°01'00.0"	006°01'26.4"	82

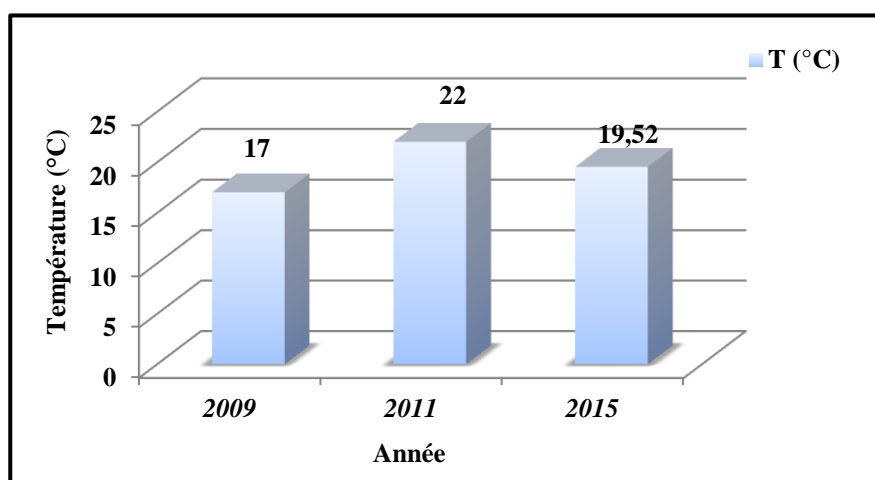
### 3. Chott Merouane

**Tableau 04:** Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés des Chott Merouane

Stations	Chott Merouane		
	Étude de Abdelaziz B. ; 2009	Étude de MERABET S. ; 2011	Étude de Djennati K. ; 2015
<b>Paramètres</b>			
T (°C)	17	22	19.52
PH	7.9	8.07	8.9
CE (ms/cm)	179	184.2	241.9
O <sub>2</sub> (mg/l)	1.47	0.35	0.73
Turbidité (NTU)	9.2	9.35	9.5
Résidu Sec (mg/L)	33482	380000	52084
Salinité (‰)	5.96	30	70
Na <sup>+</sup> (mg/l)	114079	112000	862.23
K <sup>+</sup> (mg/l)	19202	1940	8.48
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	875	18000	351.29
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	15396	8499.2	7412.71
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )(mg/l)	5	0	2.086
Cl(mg/l)	151278	178230	7970
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	17985	9931	312268.8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	21	439	49
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	100	500	24
DCO (mg/l)	42.71	2024	40.1
MES (mg/l)	3266	1594	4160

#### 3.1. Paramètres physiques

##### 3.1.1. Température

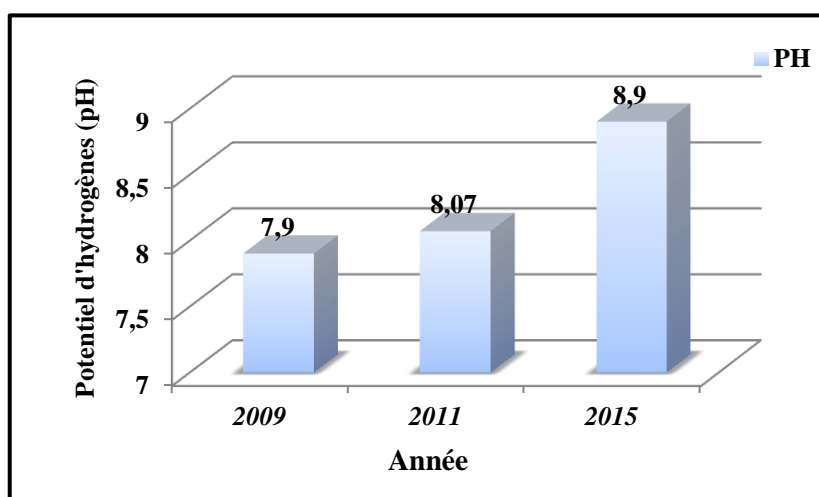


**Figure 13 :** Variation de la température des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

On observe des variations de la température entre les différentes années, ils sont variés entre 17°C en 2009 et 22 °C en 2011 et cette variation est presque plus proche et dans la norme des eaux d'irrigation (fig,13).

*Aminot A. et Kerouel R.(2004)*, montrent que la mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement des autres paramètres. Ainsi que, la saturation des gaz dissous est en fonction de la température et de la mesure du PH obligée la connaissance de la température. Selon *Bouchlegem S. (2014)*, la température étant un facteur très important pour la fonction des écosystèmes, pour les eaux superficielles elle est due aux influences atmosphériques et particulièrement les changements de la température de l'air. *Rhee G. Y. et Gothman I. J. (1981)et EL Hachemi O. (2012)*, ont révélé que la fluctuation thermique a un impact sur le développement, la dominance et la croissance des populations algales, et donc, il y a une grande influence sur le taux de photosynthèse, la circulation des masses d'eau, et aussi, le processus d'assimilation et de recyclage des nutriments.

### 3.1.2. Potentiel Hydrogène



**Figure14** : Variation du potentiel hydrogène des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

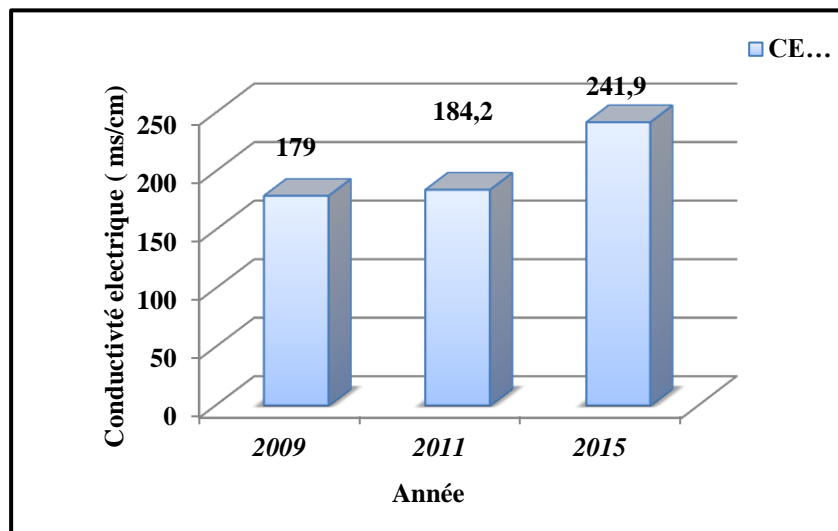
Le pH correspond à la concentration d'ions d'hydrogène, il mesure l'acidité ou la basicité d'une solution, les résultats d'analyses des eaux obtenues de chott Marouane montrent qu'il existe une augmentation de la valeur de pH en fonction du temps, 7.9 en 2009 et 8.9 en 2015 (fig, 14).

Ces valeurs dépassent les normes algériennes à savoir 6.5 - 8.5 pour l'eau potable et qui peut classés selon l'échelle comme des eaux à pH très alcalins (*Soltner, 1989*)



selon *Bouchlegheme S. (2014)*. Cette alcalinité peut être expliquée par la nature géologique des terrains et par la concentration des chlorures riche en  $\text{Na}^+$  dans chott Marouane .

### 3.1.3. Conductivité électrique



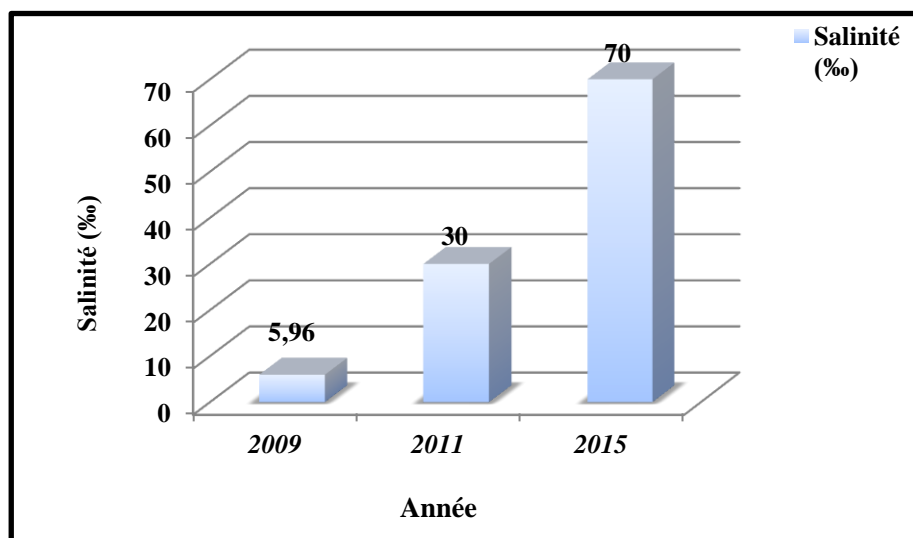
**Figure 15 :** Variation de la Conductivité électrique des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

La conductivité électrique augmente avec la teneur en sels dissous, elle augmente encore avec la mobilité des ions et avec la température. Cette teneur augmente donc quand des terrains en contact avec l'eau sont chargés en sels en fonction de la durée de contact de la surface et parfois de la vitesse d'écoulement.

Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 179 ms/m (enregistrée en 2009) et 241.9ms/cm (enregistrée en 2015). On remarque que la CE augmente en fonction de temps pour les eaux de Chott Merouane (Fig,15).

Les résultats obtenus dans ces études sont dépassés les deux normes d'eau potable 2800  $\mu\text{s} / \text{cm}$  (2.8 ms /cm )

### 3.1.4 .Salinité

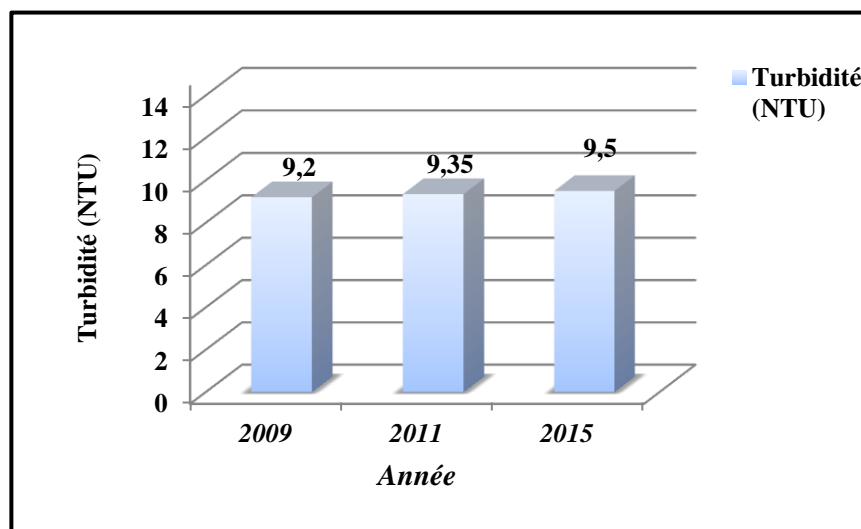


**Figure16** : Variation de la salinité des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

Les teneurs en sels dans les eaux de chott Merouane augmente avec le temps elle sont varié entre 5.96‰ en 2009 et 30 ‰ en 2011 et une grande valeur 70 ‰ en 2015 (Fig,16). Selon *Pora et Bacescu (1977)* les eaux de chott Merouane sont hypersaline.

Donc elles sont caractérisées par une teneur élevée en sels. Car les conditions oxiques des eaux ont, vraisemblablement, minimiser les fluctuations de la conductivité de l'eau. En effet, les conditions anoxiques peuvent provoquer un relargage d'éléments contenus dans les sédiments, éléments qui contribuent alors à faire augmenter la quantité des sels et minéraux dissous dans l'eau (*Trembly R et al., 2001;Chahboune et al., 2013*).

### 3.1.5.Turbidité

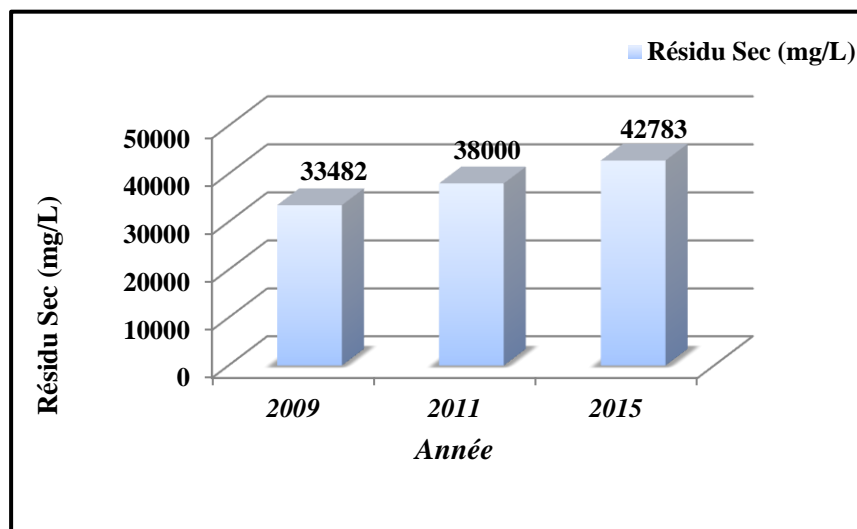


**Figure17** : Variation de la Turbidité des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

Les valeurs enregistrées de la turbidité des eaux sont très proches les unes des autres dans le temps et varient entre 9.2et 9.5 NTU, et nous remarquons qu'elles dépassent l'intervalle de la norme d'eau d'irrigation  $\leq 5$  NTU(fig,17)

*SHUVAL et al. (1986)*, ont confirmé que la turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure le degré de turbidité. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de qualité des eaux. La valeur élevée de la turbidité dans chott Marouane est peut-être expliquée par les précipitations enregistrées en ces périodes sachant que qu'il est une source de sel.

### 3.1.6. Résidu Sec

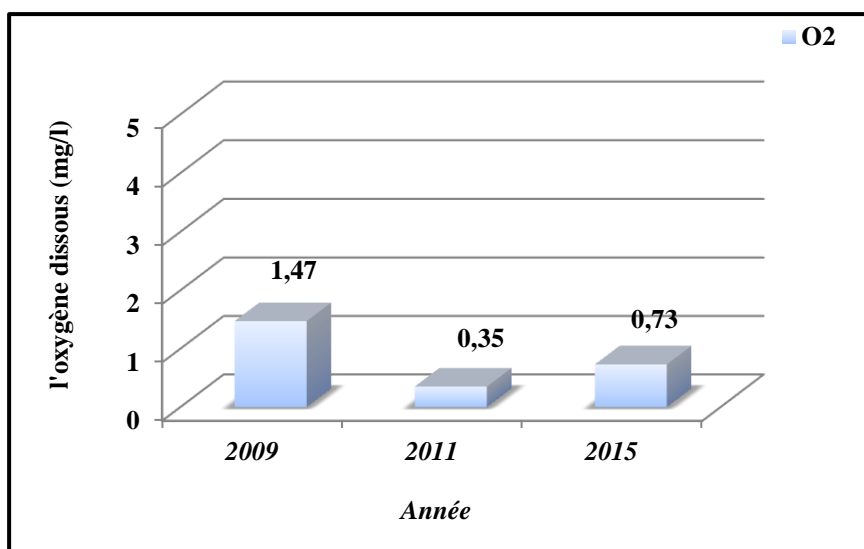


**Figure18** : Variation du Résidu Sec des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

On remarque que la quantité croissent dans le temps au niveau des eaux de chott Merouane et pour tous les étudiées sont dépassé la norme d'eau potable  $\leq 500$  mg/l. L'analyse des échantillons en 2009 a donné la valeur de 33482 mg / L cette valeur est augmenté en 2015 avec 42783 mg/L.(fug, 18 ).

Selon *Rodier J.(2005)*, la détermination du résidu sec dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau On remarque que les fortes concentrations est due au phénomène d'évaporation et relativement avec la température.

### 3.1.7..Oxygène dissous

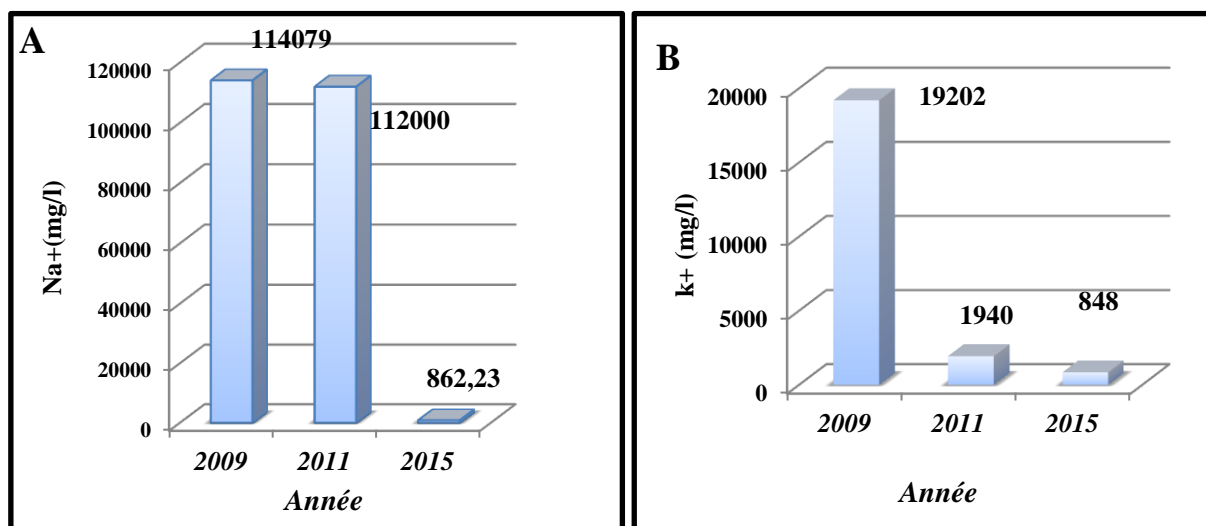


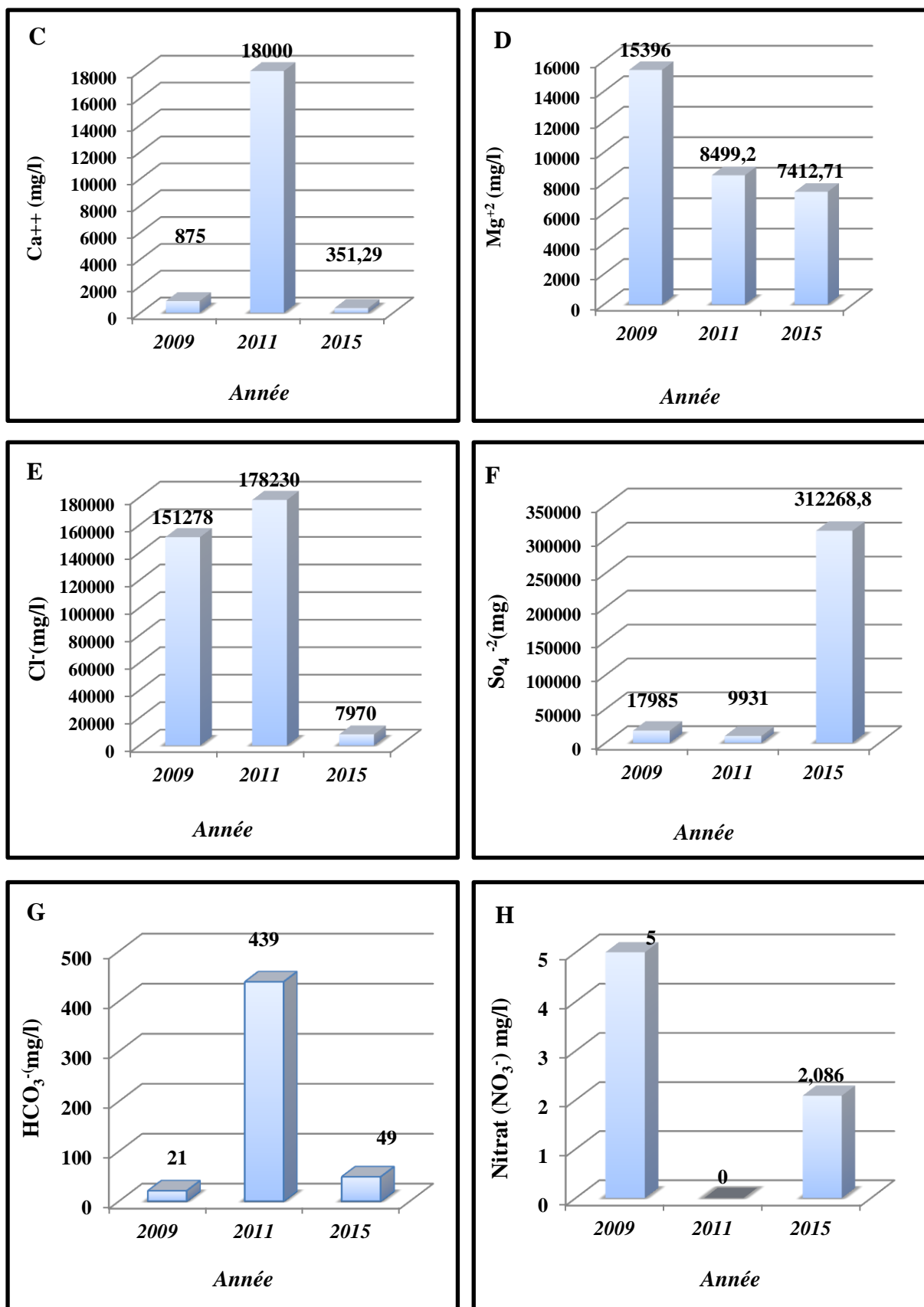
**Figure19** : Variation de l’oxygène dissous des eaux Chott Merouane en fonction de temps

L’oxygène dissous est un composé essentiel de l’eau il permet la vie de la faune, il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l’épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobie (*Claud C et Arnaud G ., 2013*)

Les teneurs en oxygène dissous est presque homogène sur l’ensemble des années (Fig,19), Les valeurs ont également changé entre 1,47 mg/l en 2009 et diminué à 0.35 mg/l en 2011. On remarque que la teneur en oxygène dissous est très faible dans les eaux de chott Merouane. Selon (*Belifert et al, 2001*) ont classé les eaux de chott Merouane est hors classe, niveau 2, relevant du domaine anoxique.

### 3.2. Paramètres chimiques





**Figure20** : Variation des paramètres chimiques des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

### 3.2.1. Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables (Rodier, 1976)

Dans chott Merouane la teneur en sodium est diminuée en fonction de temps, les études de 2009 ont enregistré la plus grande valeur de 114079 mg / L, qui a diminué de manière significative à 862.23 mg/l en 2015 (Fig, 20, A)

Selon les normes de l'OMS des sodiums est de 200 mg/l. Les valeurs en  $\text{Na}^+$  dans chott Merouane dépassent les normes. Cette élévation est d'origine géologique ; liée avec l'augmentation des chlorures ; d'autres facteurs tels que les facteurs édaphiques (Lessivage des engrais chimiques des eaux de drainages et d'irrigations) et physico-chimique caractérisant les eaux du chott, et ses alimentation. mais aussi le comportement de sodium est géré sensiblement par plusieurs facteurs; climatiques (température élevée, évaporation intense) et hydrologiques

### 3.2.2. Le potassium ( $\text{K}^+$ )

A travers les résultats étudiés décrits dans la (Fig 20, B) on remarque une diminution très significative de la concentration de  $\text{K}^+$  en fonction de temps, les valeurs varient entre 19202 mg/l (enregistrée en 2009) et 848 mg/l (enregistrée en 2015). Cette diminution de la teneur en  $\text{K}^+$  peut être expliquée par le fait que le potassium est l'élément le moins répandu dans les eaux du fait de sa forte capacité à être absorbé par le sol et les argiles.

Il provient essentiellement des lessivages des engrais, des argiles et des roches volcaniques. Ainsi que des eaux usées domestiques et industrielles (les industries traitant les sels de potassium, et des industries du verre et des engrais chimiques (NPK) retrouvés dans les eaux de drainage agricole. (Anonyme In Berkani et Benarfa, 2005).

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

Le calcium est l'un des éléments qui contribuent à la minéralisation des eaux. Les résultats enregistrés de la teneur en  $\text{Ca}^{+2}$  représentent l'importance de cet élément dans les eaux superficielles. L'origine de  $\text{Ca}^{+2}$  est liée, en générale, au terrain traversé et les eaux d'alimentation et de type de formation géologique. La concentration de calcium est plus importante pendant l'année 2011 par une valeur de 18000 mg/L. En comparaison avec les autres périodes 875 mg/l et 351.29 mg/l en 2009 et 2015 respectivement (Fig, 20, C), mais toutes les valeurs ont dépassé les normes Algérienne d'eau potable 200 mg/l et d'irrigation 100 mg/l. Cette augmentation est expliquée par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des

températures. Selon *Baziz N.(2008)*, et *Merouani M. et Bouguedah A B. (2013)*,  $\text{Ca}^{+2}$  est un élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc.

#### 3.2.4. Magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ )

Selon *Rodier J. (2005)*, le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies).

D'après ces études, Les valeurs des ions magnésium varient d'une année à l'autre, et dépassent la norme Algérienne d'eau potable 150 mg/l. Selon ces études, les valeurs sont démunies en fonction de temps ces valeurs variée entre 15396 mg/l et 7412.71 mg/l . (Fig,20, D)

On notons également que l'eau de chott Merouane est très riche en magnésium Ces résultats peuvent être interprétés par la relation directe avec l'évaporation. Dans la nature de conditions climatique de la région étudiée ; l'augmentation de la température on aura une évaporation très importante des eaux, ce qui favorise la teneur élevé et la densité, (*Rodier J., 2005*)

#### 3.2.5. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les teneurs en ion chlorure des eaux naturelles est essentiellement associée à celle du sodium (*Ghazali, 2013*), qui se fait selon la relation suivante :  $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

La Fig 20, E montre que la concentration de chlorure dans Chott Merouane est trop élevé (de **178230** mg/l en 2011 à 7970 mg/l en 2015) et variée à un année à l'autre,. Les teneurs en chlorure et dépasse les normes >250 mg/l,

Selon *Rodier (1976)*, les teneurs en chlorure des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Elévation des concentrations des chlorures est généralement liées à des apports de lessivage superficiel en cas de pluies; les eaux de drainage et aussi par des pollutions liées à des eaux usées. L'existence d'une proportion élevée du chlorure influence sur la végétation et d'animaux de ce milieu.

#### 3.2.6. Les sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse ( $\text{CaSO}_4$ ), mais également de la pyrite ( $\text{FeS}$ ) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende), (*Ghazali et al., 2013*).

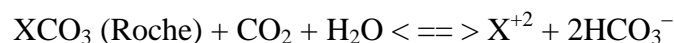
Les teneurs en  $\text{SO}_4^{-2}$  sont largement augment en fonction de temps , allant de 9931 mg/l en 2011 et 312268.8 mg/l en 2015 (Fig 20, F)

Pour la classification des normes de l'OMS suggérant un maximum de 250 mg/L en sulfates, donc les valeurs ne sont pas conformes aux normes. L'augmentation considérables de sulfates dans les eaux de chott Merouane peut être liée à la dissolution de gypse et calcaires, selon la relation :  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{-2} + 2\text{H}_2\text{O}$  Enfin des concentrations élevées (plusieurs centaines milligrammes par litre) peuvent par ailleurs poser des problèmes en agriculture, pour abreuvement et l'irrigation.

### 3.2.7. Le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

D'après la Fig 20, G La valeur maximale est enregistrée en 2011 avec 439 mg/l cette valeur et diminuée en 2009 avec 21mg/l et en 2015 avec 49 mg/l . Les normes algériennes de potabilité ne fixent aucune valeur limite pour cet élément.

La source principale de ces teneurs est liée à des interactions eau/roche et le gaz carbonique, selon l'équation générale



L'augmentation de la teneur des bicarbonates dans les eaux de chott étudiée due à la nature des eaux résiduaires et la composition des formations géologiques ; la présence des bicarbonates dans l'eau de la zone d'étude est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomite.....etc.) et par des eaux chargées en gaz carbonique (Merabet, 2011), aussi ces teneurs ont en relation avec le pH et la conductivité, laquelle est en relation direct avec l'évaporation. Lorsque le taux d'évaporation est faible. La concentration des bicarbonates dans l'eau est fonction des paramètres:

- Tension du  $\text{CO}_2$  dissous
- Température de l'eau.
- Concentration de l'eau en sel et nature lithologique des terrains (Chetti, 2006).

### 3.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

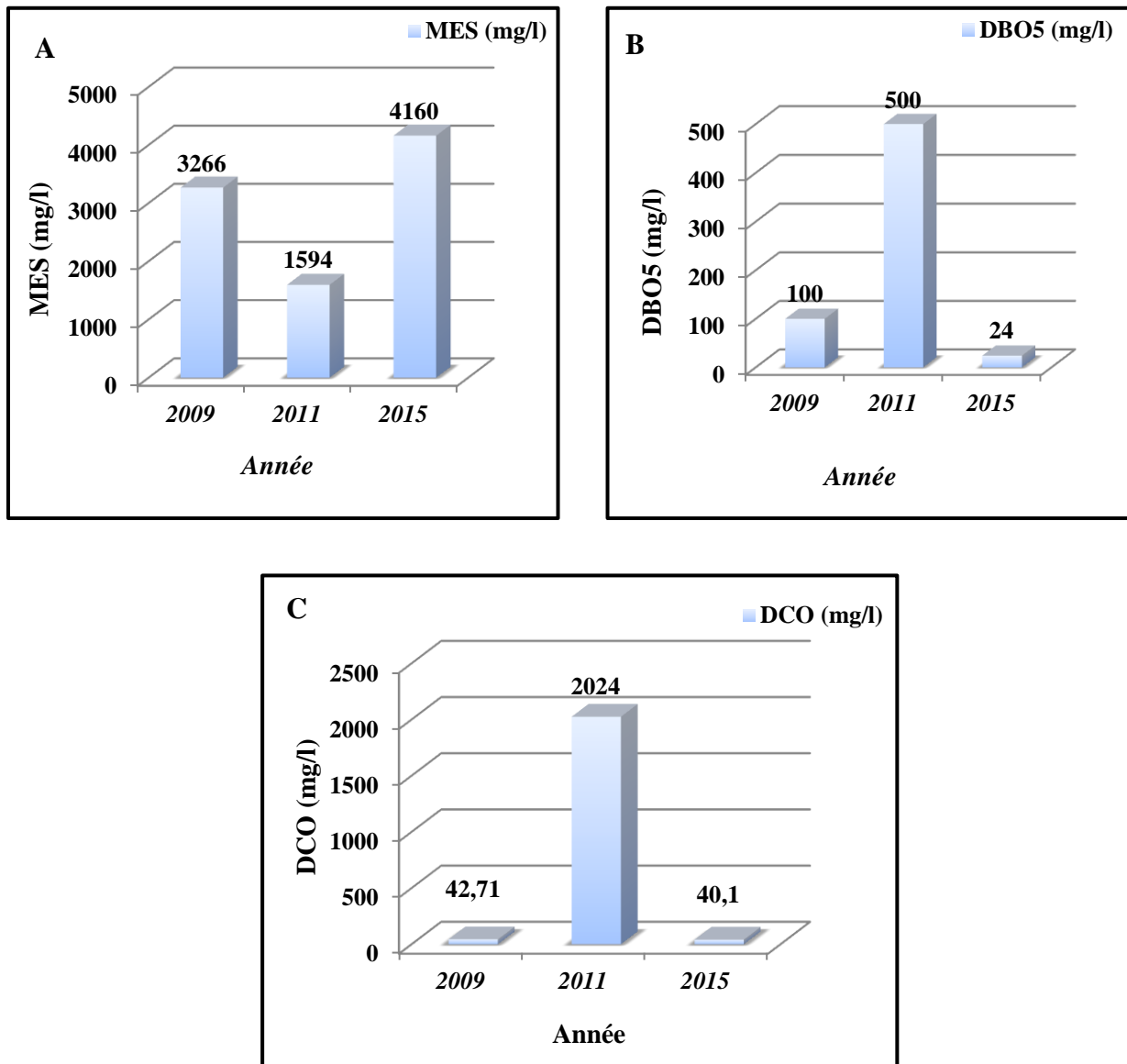
Les résultats obtenus à partir la Fig20, H indiquent la présence de nitrate en quantité faible entre 5 mg/l et 2.086 mg/l ce résultat sont conforme aux normes d'eau d'irrigation 10 mg/l et d'eau potable 50 mg/l.

Selon Samake H. (2002), les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels, , l'azote existe sous forme moléculaire ( $\text{N}_2$ ) ou ionisée : Nitrates ( $\text{NO}_3$ ), Nitrites



(NO<sub>2</sub>) et ammonium (NH<sup>4+</sup>) ainsi que sous forme organique dissoute ou particulaire (protéine, acides aminés, urée.... etc).

### 3.3 .Indicateurs de la pollution



**Figure 21. :** Variation Indicateurs de la pollution des eaux de Chott Merouane en fonction de temps

### 3.3.1. Matière en suspension (MES)

La teneur en matières en suspension des eaux est très variable selon les cours d'eau, elle est en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, les travaux et des rejets, etc... (Rodier, 1976). Les concentrations de matières en suspension dans chott Merouane dépasse celle de la norme de (SEQ-Eau 1990) avec les valeurs ; 3266 mg/l en 2009 et 4160 mg / l en 2015 et 1594 mg/l en 2011. (Fig 21,A)

Les teneurs élevés de matières en suspension dans les eaux de chott Merouane proviennent de canal d'Oued Righ et les drainages. Ceci témoigne d'une pollution par les activités anthropiques. La présence élevée de la matière en suspension provoque la mort de poissons par l'asphyxie et empêche la pénétration de la lumière dans les eaux. Les matières oxydables consomment l'oxygène dissous et entraînent l'asphyxie des êtres vivants donc le phénomène de bioturbation.

### 3.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de micro-organismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO5 (Rodier, 1976).

Les concentrations des DBO5 dans chott Merouane sont variées de l'année à l'autre, la valeur élevée est de 500mg/l en 2011 et les faibles valeurs enregistrées sont : 24 mg/l en 2015 et 100 mg/l en 2009 Fig 21 ,B. Donc sont classés les eaux de chott Merouane en état médiocre. (Laurent Fet Dupont N, 2011).

Selon Chumbin (1988) le phénomène d'eutrophisation causé la mort des organismes de milieu, les bactéries chargées de leur décomposition et de la minéralisation de la matière organique consomment, pour assurer ces fonctions, une grande partie de l'oxygène dissous dans l'eau. A partir d'un certain seuil, l'oxygène vient à manquer et la matière organique provenant des végétaux morts, qui ne peut être minéralisée, s'accumule sur le fond, sous forme de vase. Il se produit alors des fermentations anaérobies dégagent de l'hydrogène sulfureux, qui donne une odeur putride à certaines eaux.

### 3.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la teneur en O<sub>2</sub> consommée pour la dégradation des matières organiques par voie chimique. D'après les résultats obtenus Fig 21,C nous remarquons que la valeur maximale de DCO est enregistrée durant l'année 2011 avec

2024mg/l, suivi par des valeurs minimums durant les années 2009 et 2015 avec des valeurs presque les même 42.71 mg/l et 40.1 mg/l respectivement .

La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO5, car de nombreuses substances organiques peuvent être oxydées chimiquement mais ne peuvent s'oxyder biologiquement. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l (Ghadbane N., 2003).

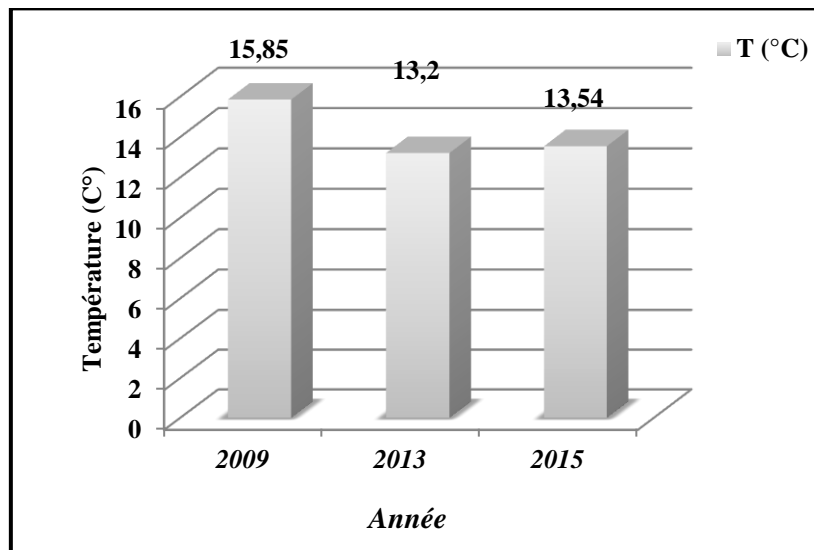
#### 4. Lac Ayata

**Tableau 05:** Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés de Lac Ayata :

Stations  Les paramatres	Lac Ayata		
	Etude de Koull. N .et al . ; 2009	Etude de Hammouda N.,2013	Etude de Djennati K .; 2015
T (°C)	15.85	13.2	13.54
PH	7.59	8.1	7.79
CE (ms/cm)	124	132.8	168
O <sub>2</sub> (mg/l)	6.3	5.51	4.7
Turbidité (NTU)	0.3	0.5	1.665
Résidu Sec (mg/L)	26000	14300	9905
Salinité (‰)	8.2	7.71	21.68
Na <sup>+</sup> (mg/l)	34.45	254.5	157.46
K <sup>+</sup> (mg/l)	34.93	17.75	6.36
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	398.52	689.37	2385
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	1560	739.2	443.566
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2	7.11	9.52
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	12160	7346.1	1231
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg/l)	1880	984	282308.8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	171.37	3614.3	243
DBO5 (mg/l)	22.58	10	140
DCO (mg/l)	66.97	288	253
MES (mg/l)	1800	1260	286.8

## 4.1. Paramètres physiques

### 4.1.1. Température



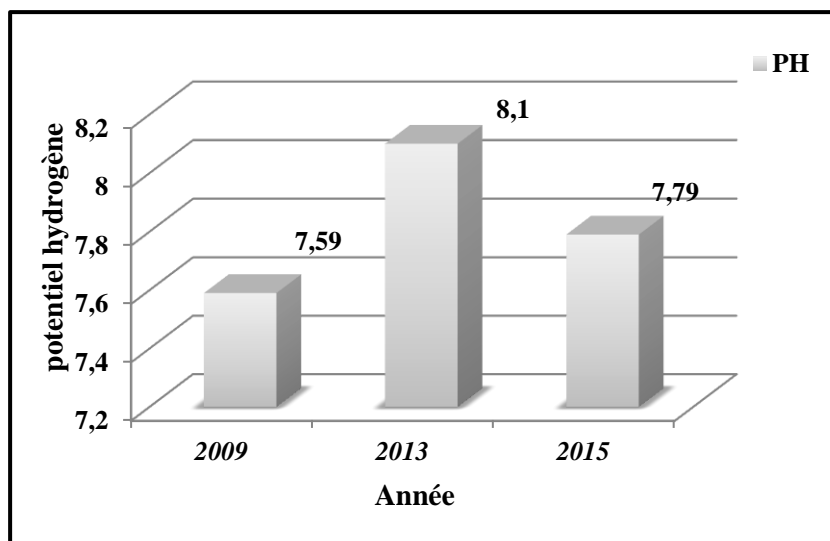
**Figure22:** Variation de la température des eaux de lac Ayata en fonction de temps

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques et du point de vue industriel pour les calculs d'échanges thermiques. (Rodier J. et al., 2005).

Les variations temporelles de la température de l'eau sont illustrées dans la fig,22 Dans lac Ayata , les valeurs sont très proches avec un maximum en 2009 avec 15.85 °C et des minima en 2013 avec 13.2 °C . Ces valeurs sont presque plus proche avec la norme d'eau d'irrigation.

Les variations de ces résultats obtenus sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau qui en résultent quant cette dernière augmente.

#### 4.1.2. Potentiel hydrogène



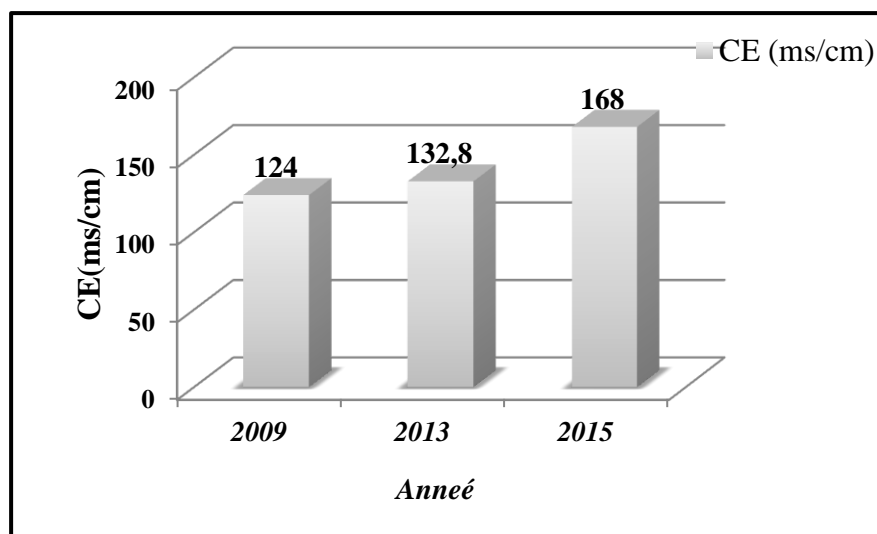
**Figure23** : Variation du potentiel hydrogène des eaux de lac Ayata en fonction de temps

Le pH permet de connaître l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau, par la mesure de sa concentration en ion  $H^+$  (Chapman D et Kimstach V., 1996). Le pH est exprimé par la relation:  $pH = -\log [H_3O^+]$  (Ravomanana, 2014). Il dépend de l'origine des eaux, de nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966 ; Bermond et Vuichard, 1973) in (Belghiti et al, 2013),

D'après ces études, la plupart des périodes présentent des valeurs de pH allant de 7.59 à 8.1 (Fig. 23), Selon l'OMS (2004) ; Le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5 ; les valeurs sont conformes aux normes .

Dans lac Ayata ces variations s'expliquent par les fluctuations probables de la salinité qui suivent le cycle géochimique et/ou les fluctuations de la charge en  $CO_2$  suivant la photosynthèse. Aussi l'augmentation du pH en 2013 s'explique par l'augmentation des concentrations des bicarbonates sous l'effet des fortes évaporations.

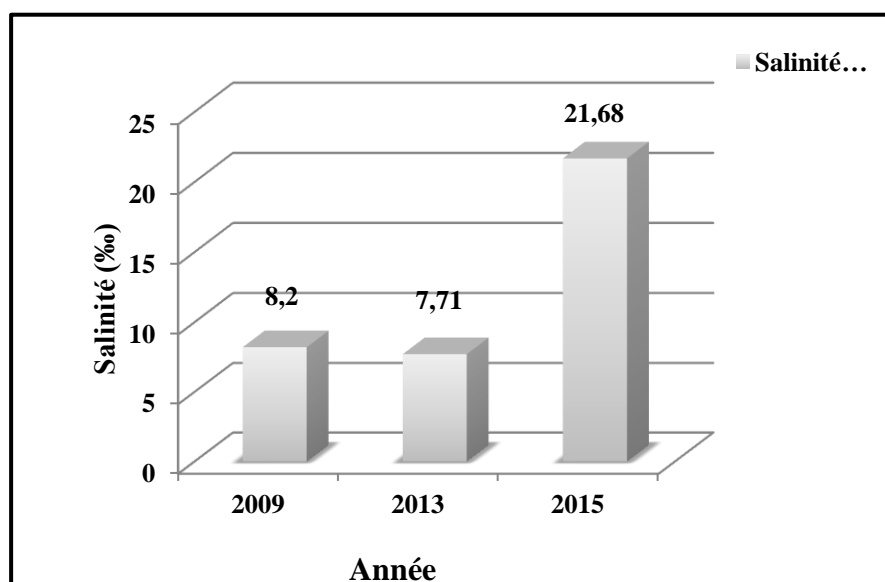
### 4.1.3. Conductivité électrique



**Figure23:** Variation du potentiel hydrogène des eaux de lac Ayata en fonction de temps

La conductivité électrique est mesurée pour évaluer la minéralisation globale des eaux des zones humides. dans le lac Ayata les résultats des analyses de la CE des eaux montrent qu'elles sont chargées en sels (fig, 23). Elles sont variées de 124 ms/cm en 2009 à 168 ms/cm en 2015 et sont élevées dans le temps. Ces valeurs sont dépassé les normes d'eaux 2800  $\mu$ s /cm (2.8 ms /cm ) Il parait que ces eaux sont des eaux salés,

### 4.1.4. Salinité



**Figure25:** Variation de la salinité des eaux de lac Ayata en fonction de temps

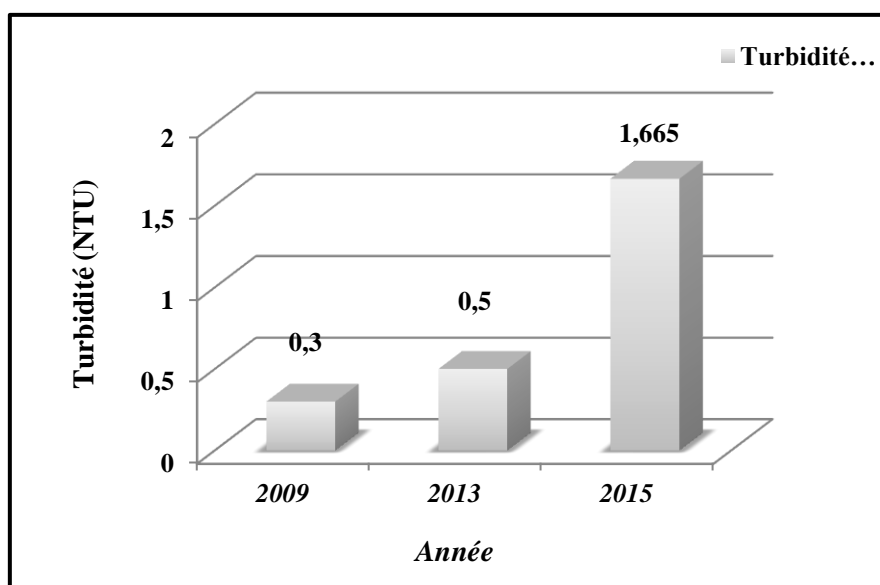
Les mesures de la salinité de l'ensemble des études temporelles montrent qu'elles sont comprises entre 8.2 à 21.68 ‰ en 2015 que est l'année le plus salin dans lac Ayata que les autres années, globalement la teneur dépassé les normes d'eau d'irrigation 6.06 ‰.(Fig.25)

Cette teneur en sel peut être expliquée par la nature du terrain et la qualité des eaux phréatiques qui est parmi les principales sources d'alimentation de cette zone, ainsi que la profondeur de ces eaux sont les plus exposées à l'évaporation et par conséquence, l'augmentation de leur charge en sels.

Selon *Pora et Bacescu (1977)* les eaux de lac Ayata ayant une salinité allant de 5 à 18 g/l sont des eaux mixo-mésosalines .

D'après *Frederic B (2010)*, La diminution de la salinité d'un année à l'autre peut être expliquée par les apports en eau douce des pluies qui diluent l'eau du lac, et la faible évaporation de l'eau qui augmente

#### 4.1.5. Turbidité

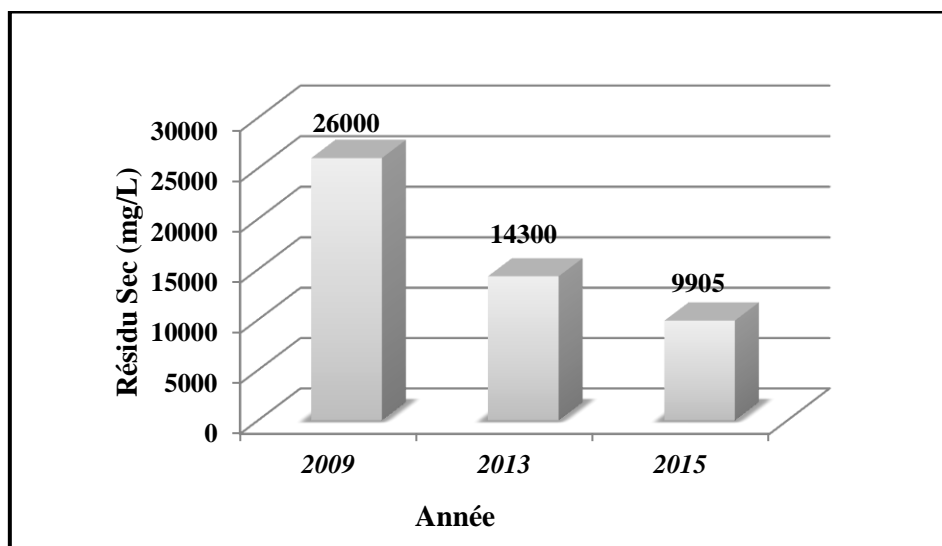


**Figure26** : Variation de la turbidité des eaux de lac Ayata en fonction de temps

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence des substances minérales et/ou organiques en suspension ou en solution colloïdale. La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée. (*Czys W. et al, 1990*).

Selon les résultats obtenus les valeurs de la turbidité oscillent entre 0.3 NTU et 1.665 NTU (Fig.26). Les résultats montrent que les eaux de lac sont des eaux claires selon les classes de turbidité (*SEQ-Eau, 1990*). Cela indique que la turbidité se considère comme un paramètre de dégradation de qualité de l'eau.

#### 4.1.6. Résidu Sec



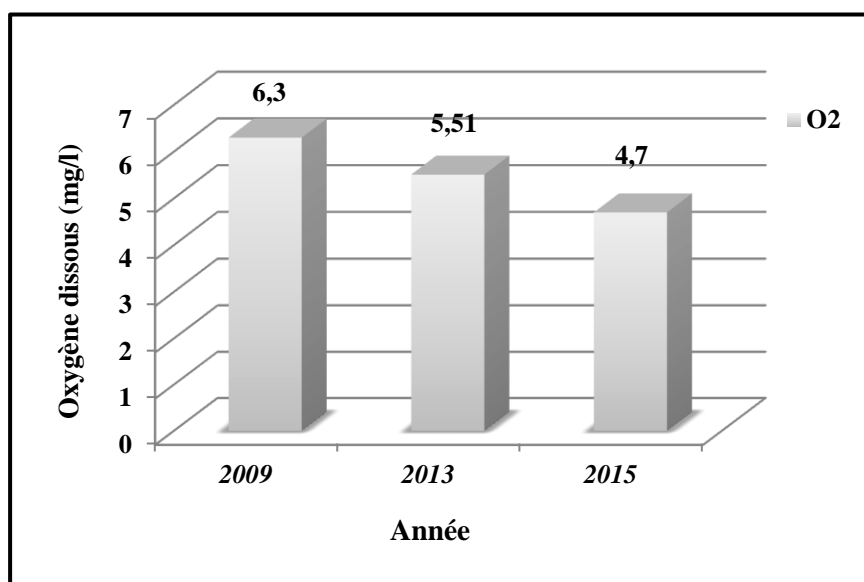
**Figure27** : Variation du résidu sec des eaux de lac Ayata en fonction de temps

Sa détermination permet de l'estimer essentiellement en matières dissoutes (Rodier J., 2009)

La fig,27 montre du fort teneur en résidu sec dans lac Ayata durant l'année 2009 par une valeur de 26000 mg/l ce teneur diminuée avec le temps par un valeur de 9905 mg/l en 2015

Selon les classes de résidu sec (Hafouda, 2005) on peut classées les eaux de lac Ayata comme eaux salées.

#### 4.1.7.Oxygène dissous



**Figure 28** : Variation de l'oxygène dissous des eaux de lac Ayata en fonction de temps

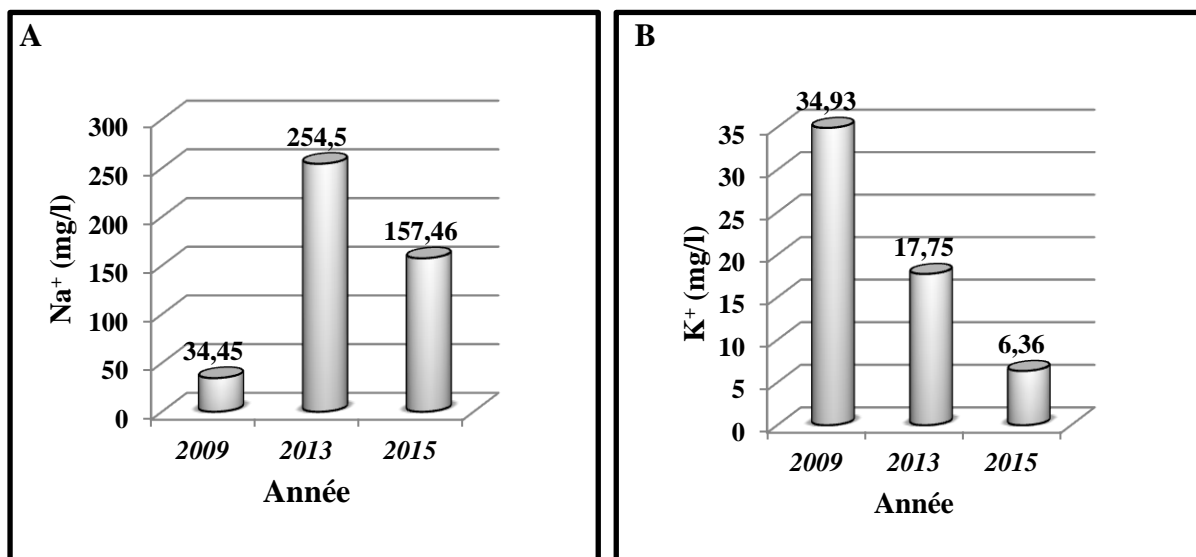


Le taux d'oxygène dissous détermine directement la nature de l'écosystème aquatique et constitue le paramètre le plus sensible à la pollution organique, c'est un élément important pour le bon déroulement de l'autoépuration (Yahiaoui S. et Baghdali Z., 2000 *In* Sassoui, 2006).

Les teneurs en oxygène dissous est presque homogène sur l'ensemble des périodes dans lac Ayata(Fig28), les valeurs varient entre 4,7 mg/l et 6.3 mg/l. D'après (Belifert et al, 2001) ont classé les eaux de lac Ayata eau de qualité moyenne à médiocre pouvant ainsi générer un stress biologique,

Selon Bouchlegem S.(2014),les phytoplanctons se diffèrent de la vie des zooplanctons à cause de leur mode de respiration : elles libèrent plus d'oxygène durant la journée qu'elles en utilisent, et absorbent plus de dioxyde de carbone qu'elles n'en relâchent, alors que les animaux et les organismes photosynthétiques libèrent le dioxyde de carbone et absorbent l'oxygène de leur environnement La concentration élevée d'oxygène dissous de lac Ayata proviennent de la croissance des phytoplanctons qu'elles libèrent plus d'oxygène durant la journée. La diminution de cette concentration provient de la croissance des phytoplanctons qu'elles absorbent plus d'oxygène durant la journée.

#### 4.2. Paramètres chimiques



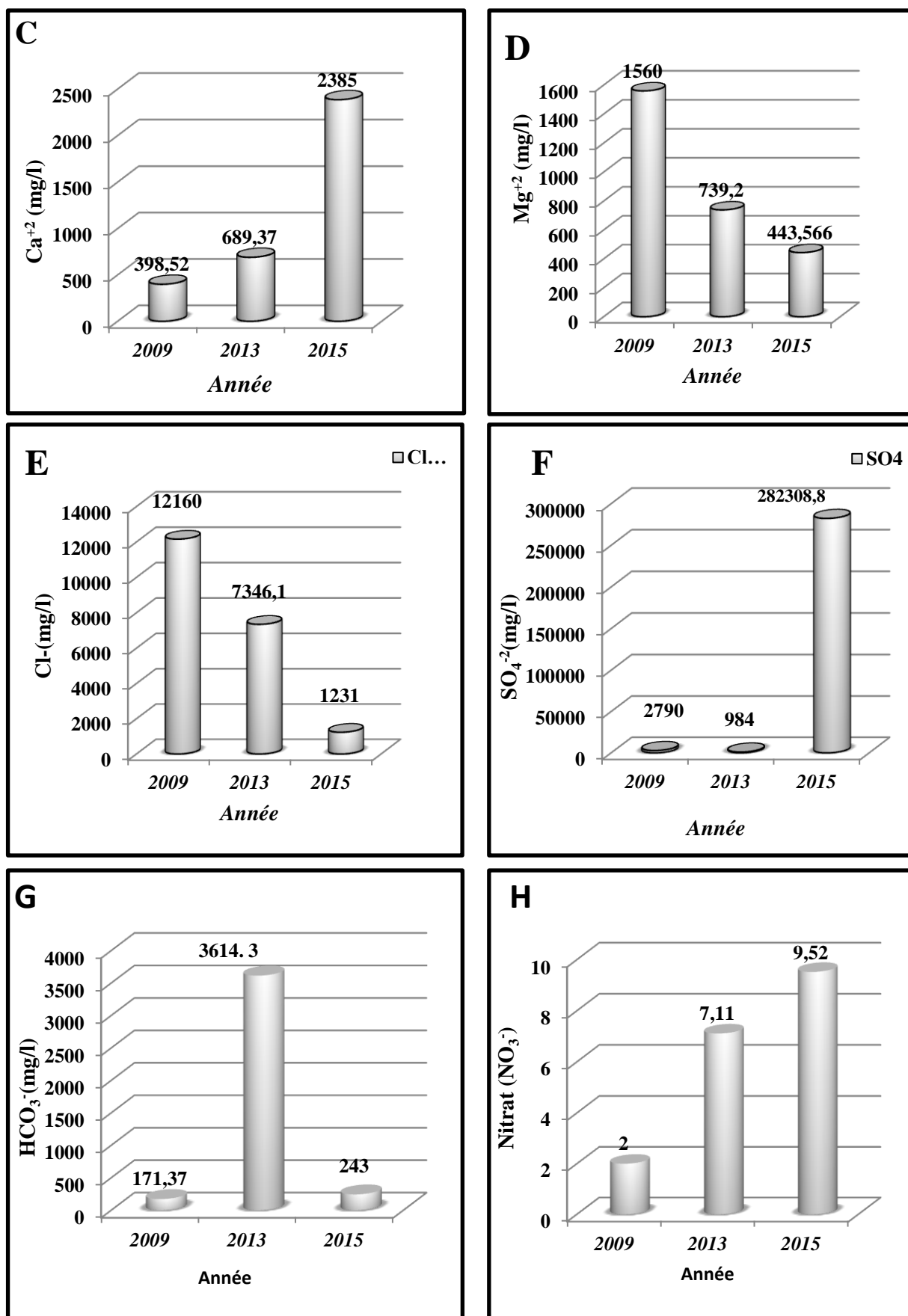


Figure 29 : Variation des paramètres chimiques des eaux de lac Ayata en fonction de temps

#### 4.2.1. Le sodium Na<sup>+</sup>

En raison de sa solubilité, le sodium est un élément fréquemment rencontré dans les eaux. Il présente plusieurs origines indépendamment du lessivage des formations géologiques riches en NaCl. Il peut provenir de la décomposition des sels minéraux tels que les silicates, des eaux salées et surtout des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et domestiques (*Anonyme In Berkani et Benarfa, 2005*).

Selon les normes de l'OMS des sodiums est 200 mg/l. Les teneurs de lac Ayata sont convenables avec les normes durant les années 2009 et 2015 avec 34.45 mg/l et 157.46 mg/l respectivement et dépassée les normes durant l'année 2013 de 254.5mg/l Fig29, A.

Le comportement de sodium est géré sensiblement par plusieurs facteurs ; climatiques (température élevée, évaporation intense) et hydrologiques. L'élévation de sodium des eaux est liée avec l'augmentation des chlorures est peut-être due à d'autres facteurs tels que les facteurs édaphiques (Lessivage des engrais chimiques des eaux de drainages et d'irrigations) et physico-chimique caractérisant les eaux du lac, et ses alimentations.

#### 4.2.2. Le potassium K<sup>+</sup>

Une allure générale montre qu'il y'a une diminution des teneurs de potassium en fonction de temps de 34.93mg/l en 2009 et 6,36 mg/l en 2015, des eaux de lac Ayata. Fig29, B.

Selon *Rodier (1976)*, dans les eaux naturelles le K ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. Les valeurs de potassium des eaux du lac Ayata dépassent les normes pendant les deux ans 2009 et 2013.

Le potassium est un élément chimique, sa réaction avec l'eau est d'ailleurs bien plus forte que celle du sodium. On le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double (Sylvite KCl), ou par suite d'altération des argiles potassiques (*Houari, 2012*).  $KCl = K^+ + Cl^-$ .

La présence de cet élément dans lac Ayata peut être également liée au déversement des eaux usées domestiques et des engrais chimiques (NPK) retrouvées dans les eaux de drainage agricole.

Le potassium existe dans toutes les types des eaux naturelles avec des faibles concentrations, parce qu'il entre dans la construction de la croûte terrestre de 2.59% sa composition est facilement dissociable dans l'eau,

### 4.2.3. Le calcium

A partir des résultats obtenus, on peut voir une augmentation moyenne des  $\text{Ca}^{+2}$  avec le temps et en comparaison avec la norme de l'eau, on observe que le lac Ayata est plus riche en  $\text{Ca}^{+2}$  et toutes les valeurs ont dépassé les normes algériennes d'eau potable 200 mg/l et d'irrigation 100 mg/l. La valeur la plus élevée enregistrée en 2015 est de 2385 mg/l (Fig. 29, C). Cette augmentation est expliquée par le changement climatique plus précisément le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures. *Lechaari M. (1990)* montre que l'origine du calcium est liée généralement au terrain traversé et aux eaux d'alimentation. Plusieurs types de formations géologiques sont à l'origine du calcium parmi lesquelles nous citons : les roches carbonatées et les roches gypseuses. (Les roches carbonatées libèrent le calcium par l'attaque des eaux en présence de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et par dissolution dans le cas des roches gypseuses).

### 4.2.4. Le magnésium

Toutes les teneurs en magnésium ont dépassé les normes nationales (150 mg/L), elles sont comprises entre 1560 mg/L en 2009 et 443.566 mg/L en 2015 et elles sont diminuées avec le temps (Fig. 29, D).

Le magnésium dans l'eau provient ; soit de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite), soit des formations salifères riches en magnésium «  $\text{MgSO}$  ». (*Anonyme In Berkani et Benarfa, 2005*).

### 4.2.5. Chlorure

Les résultats des analyses effectuées sur les échantillons des eaux présentent des teneurs en chlorures très variables dans le temps, dont la valeur de 12160 mg/l est la plus élevée enregistrée en 2009 par rapport aux autres périodes. Aussi elles ont réalisé une diminution plus forte jusqu'à 1231 mg/l en 2015 (Fig. 29, E), et tous les échantillons des eaux étudiées ont dépassé la norme d'eau potable 250 mg/l.

Selon *Debbakh A. (2012)*, les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables. Ils proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères, des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle. La variation quantitative temporelle de chlorure montre que la concentration de chlorure dans le lac Ayata est plus élevée et peut être liée principalement à la nature des terrains, .

#### 4.2.6. Les sulfates

Les teneurs en  $\text{SO}_4^{-2}$  (Fig29, F) sont largement variables dans le lac Ayata, elles atteignent une valeur maximale de 282308,8 mg/l durant l'année 2015 et des valeurs minimales varient entre 2009 et 2013 de 2790 mg/l et 984mg/l respectivement.

Pour la classification des normes de l'OMS suggérant un maximum de 250 mg/L en sulfates, donc les valeurs de la zone étudiée ne sont pas conformes à la norme.

L'augmentation considérable de sulfates dans les eaux de lac Ayata est principalement provoquée par l'origine naturelle, les pluies et l'origine anthropique bien que les rejets des eaux usées et l'utilisation des engrais chimiques dans l'agriculture et le lessivage.

Les sulfates proviennent essentiellement de la dissolution du gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) dans les terrains gypseux ou du lessivage des terrains contenant des pyrites dont les sulfures entraînés s'oxydent en sulfates à l'air. (*Anonyme In Berkani et Benarfa, 2005*).

#### 4.2.7. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les résultats obtenus dans la Fig, 29, G montrent que les concentrations des eaux en bicarbonates sont élevées et varient en fonction du temps. Les valeurs de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans les eaux de lac Ayata passent de 171.37 mg/l en 2009 à 3614.3 mg/l, en 2013. Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre. Les bicarbonates dans l'eau proviennent des eaux de drainage (évacuation des eaux agricoles dans les lacs et les chotts de l'Oued Righ) et de la dissolution des calcaires.

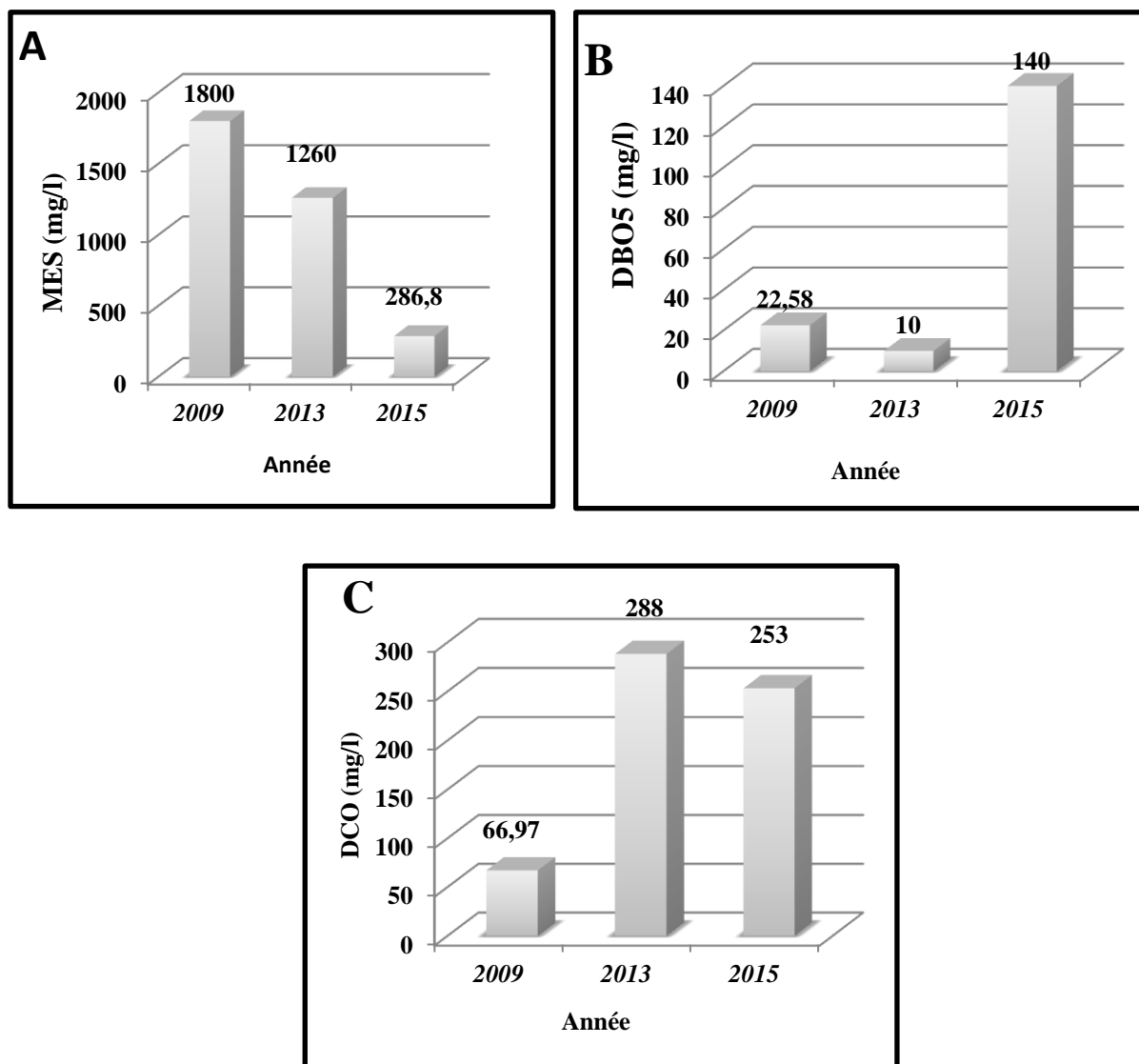
#### 4.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Les valeurs de nitrates augmentent avec le temps de 2 mg/l en 2009 à 9.52 mg/l en 2015 qui sont conformes aux normes d'eau potable 50 mg/l, Fig29, H.

D'après *Chaïbi R., 2014* Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme  $\text{NO}_3^-$ . Dans certaines régions ce sont les rejets azotés d'origine animale excessifs qui sont en cause,

Les variations temporelles des teneurs des nitrates obtenus apparaissent comme négligeables dans la zone durant les périodes d'études, Dans le cas de cette zone les ions nitrates peuvent être assimilés par les plantes aquatiques.

### 4.3. Indicateurs de la pollution



**Figure 30 :** Variation des Indicateurs de la pollution eaux de lac Ayata en fonction de temps

#### 4.3.1. Matière en suspension (MES)

Les eaux de surface contiennent de nombreuses particules constituées de débris des végétaux, limons, de biomasse ...etc, ces matières particulières sont quantifiées par la mesure des matières en suspension. Les valeurs de MES dans les eaux de lac Ayata oscillent entre 1800 mg/l et 286.8 mg/l pendant les périodes d'études et elles diminuent dans le temps (Fig30, A), la teneur en MES mesurée dans les eaux de lac d'étude dépasse les normes (200mg/l) (SEQ-Eau 1990). La variation temporelle de la teneur liée à des apports d'évacuations des eaux usées,

On classe les eaux de lac comme une eau de très mauvaise qualité, ceci témoigne d'une pollution à ce lac par l'activité anthropique. La quantité de matières en suspension varie notamment selon le temps et le régime d'écoulement des eaux. Par ailleurs, les matières en

suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales) D'une façon générale les MES interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption .

#### **4.3.2. Demande biochimique en Oxygène (DBO5)**

La Demande biochimique en oxygène (DBO5) est la quantité d'oxygène en (mg/l) consommée par les microorganismes de l'eau en 05 jours à 20°C, pour dégrader la matière organique biodégradable.

Les concentrations des (DBO5) augmentent en fonction de temps et varient entre 10 mg/l en 2009 à 140 mg/l en 2015 dans les eaux de lac Ayata.

La (DBO5) prend une valeur important en 2015 dans les eaux du lac (Fig,30 B) et elles sont classées comme des eaux très polluées à très mauvaise qualité selon les normes de qualité des eaux de surface (*Laurent et Dupont, 2011*) .Ceci est expliqué par la richesse des eaux en matières biodégradables déversées par les habitants dans les lacs (évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les eaux et les déchets urbaines domestiques). Aussi cette augmentation temporelle peut être liée au changement climatique sous l'effet de la température qui affecte tous les processus biologiques (*Djermakoye, 2005*).

#### **4.3.3.Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

Les résultats obtenus (fig,30 C) montrent une variation temporelle de DCO des eaux analysées du lac Ayata, Elles présentent des valeurs de DCO très élevées, varient de 66.97mg/l en 2009 à 288 mg/l en 2013 et 253 mg/l en 2015. Alor les eaux du lac sont très polluées à qualité très mauvaise suivant (*Laurent Fet Dupont N, 2011*). Les valeurs de DCO dans les eaux de lac traduisant l'importance de l'oxydation des matières organique par voie chimique (l'augmentation de la DCO est liée à l'augmentation du taux de la MO) et sont liées à la qualité des eaux usées et les eaux urbain domestiques évacuées dans le lac (utilisée comme exutoire de déversement de différents déchets).L'élévation de DCO en 2013 et 2015 est expliquée par l'augmentation de la température (changement climatique)qui accélère les réactions de dégradation des matières organique (*Djermakoye, 2005*).

### 5.Lac Témacine

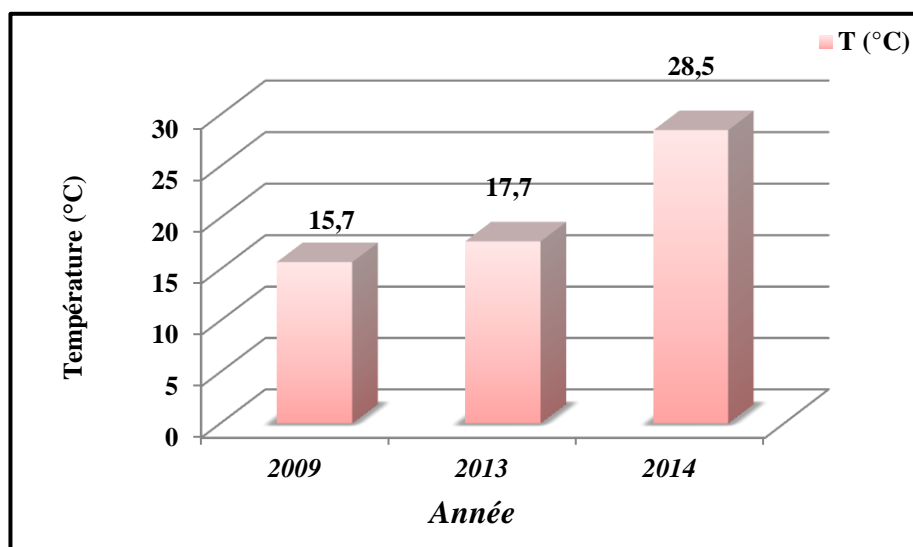
**Tableau 04:** Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux étudiés de Lac Témacine :

Stations  Les paramatres	Lac Témacine		
	Etude de Koull.N.et al. 2009	Etude de HammoudaN; 2013	Etude de Bouchlarems; 2014
T (°C)	15.7	17.7	28.5
PH	7.37	8.3	7.65
CE (ms/cm)	173.4	150	185.5
O <sub>2</sub> (mg/l)	2.64	10.5	6
Turbidité (NTU)	2.6	0.48	2.5 3
Résidu Sec (mg/L)	23000	12800	12050
Salinité (‰)	12.18	13.52	15.65
Na <sup>+</sup> (mg/l)	41.97	255	3376.6
K <sup>+</sup> (mg/l)	81.13	17.75	133
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	575	432.9	828
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	1476	734.4	655.9
Nitrat (NO <sup>-3</sup> )	2.25	14.5	25.7
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	5660	7851	5161.5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2230	600	1193.6
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	305.4	2265.7	732
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	15.56	20	13
DCO (mg/l)	40.45	273.6	110
MES (mg/l)	400	800	1600



## 5.1. Les paramètres physiques

### 5.1.1. Température



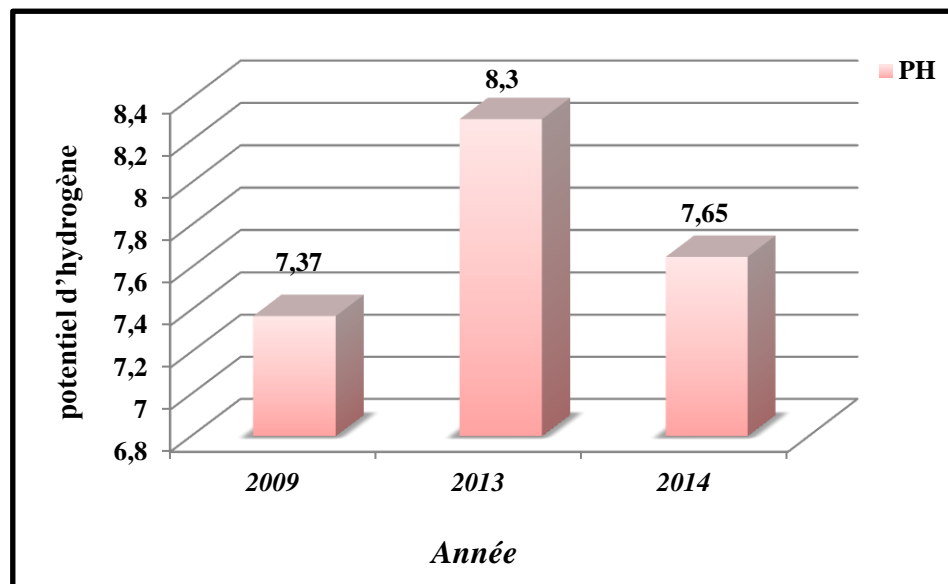
**Figure 31 :** Variation temporelles de la température des eaux de lac Témacine

Les mesures de la température de l'ensemble des résultats montrent que les valeurs augmentent en fonction du temps et qu'elles sont comprises entre 15.7°C en 2009 et 28.5°C en 2014. (Fig 31) Les eaux de surface sont caractérisées par une température inférieure à 25°C

La température est due aux influences atmosphériques et particulièrement les changements de la température de l'air.

Les fluctuations de ce paramètre abiotique sont en relation avec les conditions climatiques locales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau qui en résultent lorsque cette dernière augmente. Cette forte influence de la température de l'air sur celle de l'eau a été rapportée par de nombreux auteurs qui signalent l'existence de période chaude et de période froide.

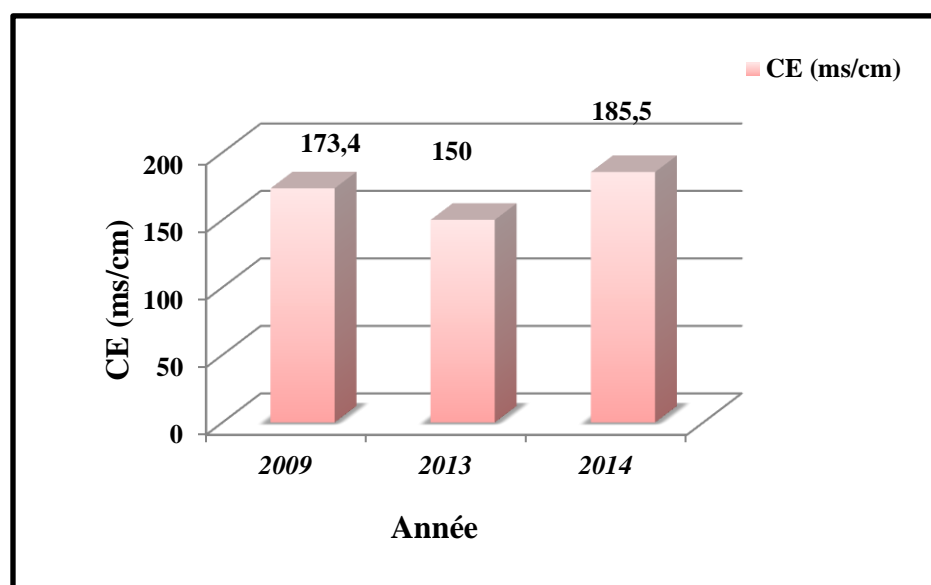
### 5.1.2. Potentiel d'hydrogène



**Figure32** : Variation temporelles du potentiel d'hydrogène des eaux de lac Témacine

Les valeurs de pH obtenues dans la fig,32 sont comprises entre 7,37 et 8,3 Pour l'ensemble des périodes. Le pH de l'eau de lac Témacine est légèrement alcalin selon l'échelle de pH de l'eau (Soltner, 1989) ; Cette alcalinité peut être expliquée par la nature géologique des terrains, aussi elle peut être liée à la qualité des eaux usées et de drainage évacué dans le lac.

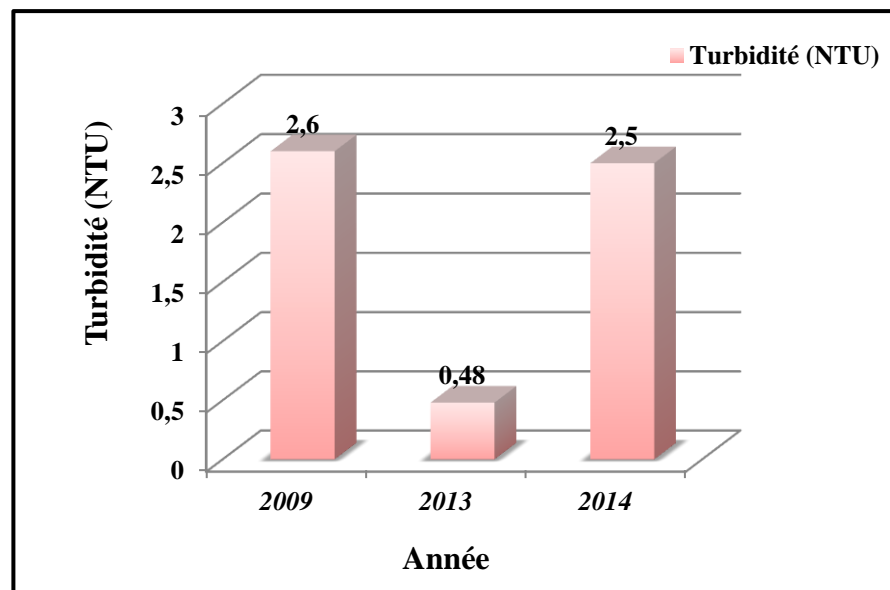
### 5.1.3. Conductivité électrique



**Figure33** : Variation temporelles de la conductivité électrique des eaux de lac Témacine

Selon la fig, 33 les valeurs de la conductivité du lac presque très proches les uns de l'autre en fonction de temps elles sont variées entre 150 ms/cm en 2013 et 185.5 ms / cm en 2014 les valeurs enregistrées sont  $>2800 \mu\text{s} / \text{cm}$  (2.8 ms /cm ) . démontrent une minéralisation élevée de l'eau du lac (Rodier J., 2009). La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

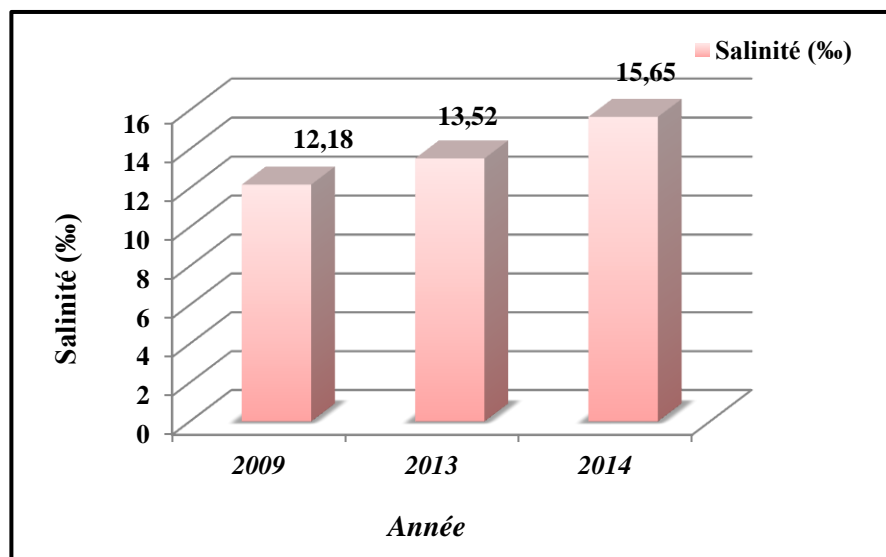
#### 5.1.4.La Turbidité



**Figure 34 :** Variation temporelles de la turbidité des eaux de lac Témacine

Selon les résultats obtenus dans la fig, 34 les valeurs de la turbidité oscillent entre 0,48 NTU et 2 ,6 NTU ( $< 5\text{NTU}$ ). Le résultat montre que les eaux de lac Témacine sont des eaux claires selon la classe de turbidité (SEQ-Eau, 1990) .

### 5.1.5 .Salinité

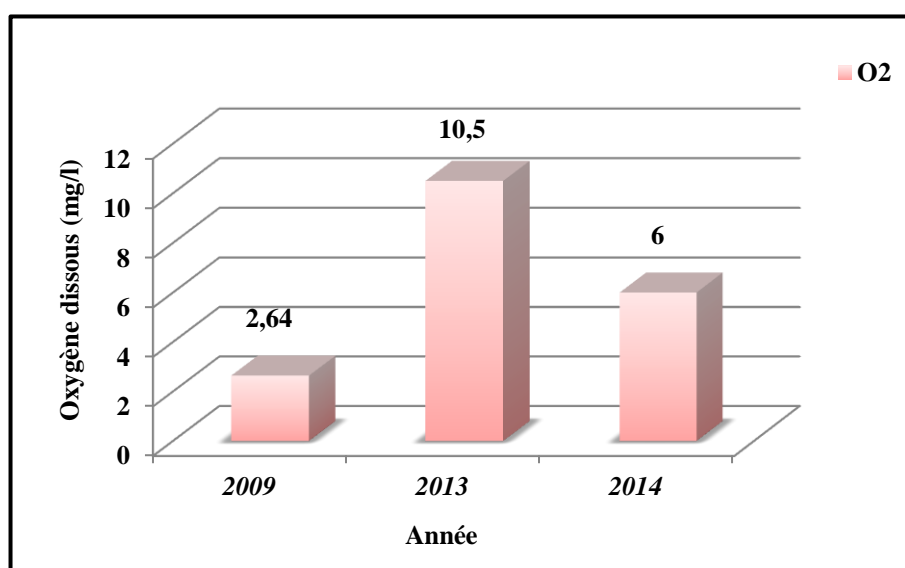


**Figure 35 :** Variation temporelles de la salinité des eaux de lac Témacine

Les mesures de la salinité de l'ensemble des études montrent qu'elles sont comprises entre 12,18‰ à 15,65‰ ce qui montre le caractère de la salinité de l'eau. Les valeurs sont très proches, et elles dépassent les normes d'eau d'irrigation 6.06 ‰.(Fig. 35)

Les niveaux de la salinité élevés enregistrer surtout en 2014 peut être liée du fait de l'action combinée des fortes températures engendrant de fortes évaporations et la baisse des précipitations à l'origine de la baisse des apports en eau douce.

### 5.1.6.Oxygène dissous

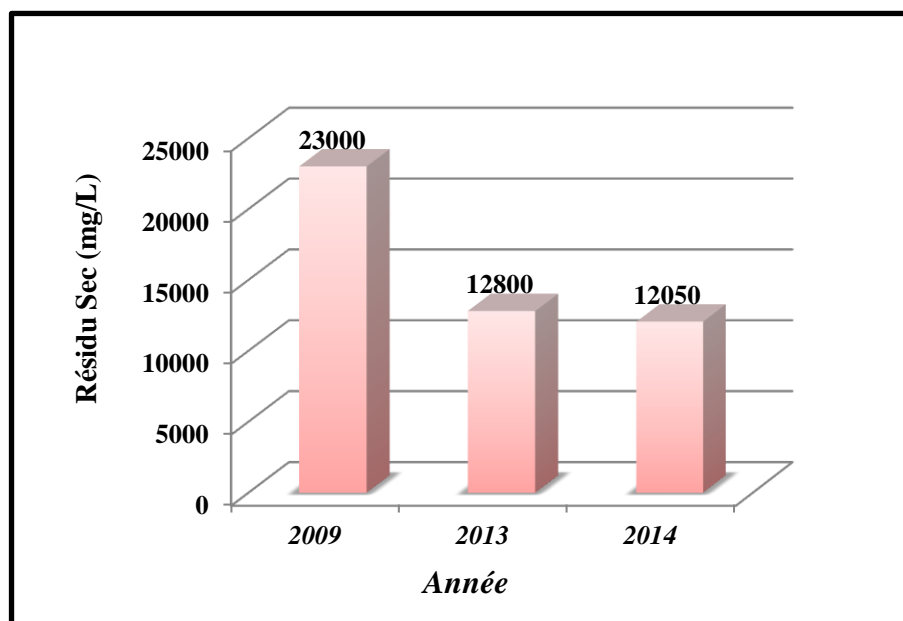


**Figure 36 :** Variation temporelles de l'oxygène dissous des eaux de lac Témacine

Les résultats d'analyses montrent que l'oxygène dissous des eaux le lac Témacine varie entre 2.64 mg/l et 10.5 mg/l pour l'ensemble des périodes (fig , 36).

Ces concentrations relativement faibles reflètent le taux de la charge organique existante réellement dans l'eau, ceci pourrait être expliqué par la dégradation des matières organiques biodégradables déversées dans les plans d'eau par les microorganismes entraînant une consommation de l'oxygène dissous dans l'eau. Ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques (Chaibi R., 2014).

### 5.1.7. Résidu sec

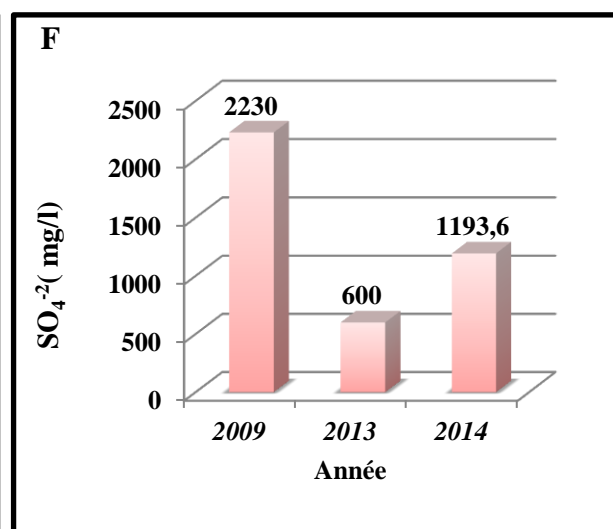
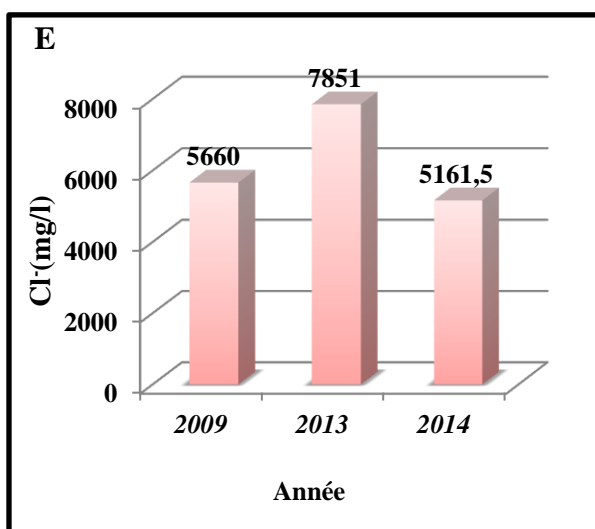
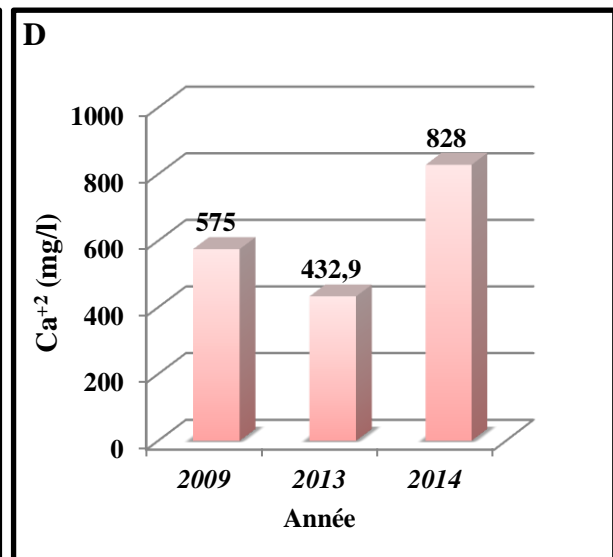
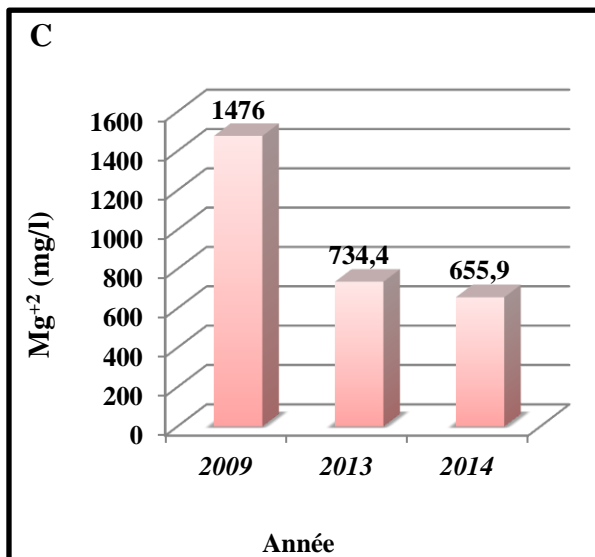
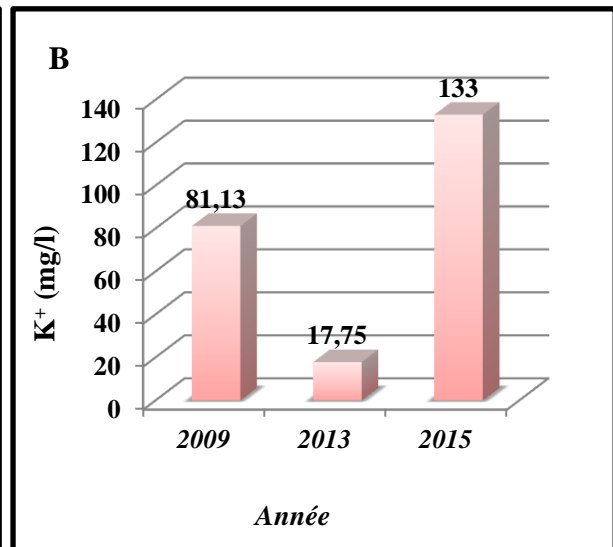
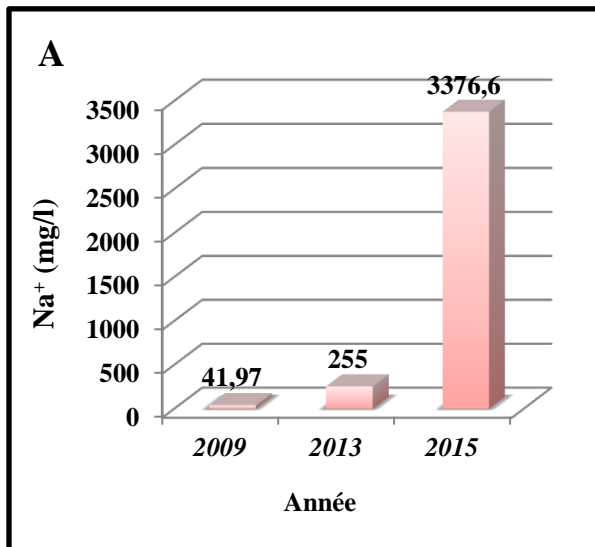


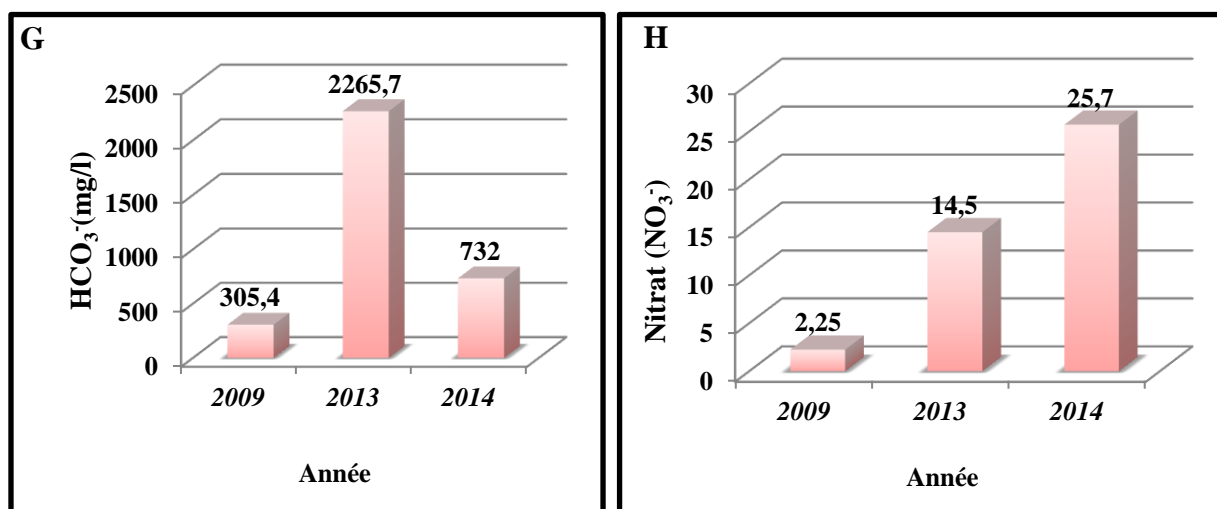
**Figure 37:** Variation temporelles du résidu sec des eaux de lac Témacine

Les résidus secs exprimés en gramme par litre (g/l) ou milligramme par litre (mg/l). Il représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenus dans l'eau, obtenue par dessiccation de l'eau à 110°C.

Les analyses des résidus secs montrent que toutes les valeurs sont supérieures à 100mg/l par des variations temporelles entre 12050mg/l en 2014 et 23000 mg/l en 2009. (Fig, 37). Le résidu sec est plus de 1500 mg/l. indique que Les eaux de lac Témacine fortement minéralisées (riche en minéraux : magnésium, calcium, sodium, bicarbonate.) , cette valeur reste très élevée et peut être due à l'évaporation qui est intense dans la région d'étude

5.2. Paramètres chimiques





**Figure 38:** Variation temporelle des paramètres chimiques des eaux de lac Témacine

### 5.2.1 Sodium Na<sup>+</sup>

Les concentrations enregistrées sur la fig.,38, A, montrent que la teneur en Na<sup>+</sup> augmente en fonction du temps et est très élevée et dépasse largement la norme de l'OMS 200 mg/l par une valeur maximale de 3376.6 mg/l durant l'année 2014 à l'exception de la valeur de 41.97 mg/l qui se trouve conforme avec les normes.

L'augmentation des valeurs est due aux eaux chargées provenant de la dissolution des sels de la croûte superficielle par les eaux d'irrigations, et par les rejets des eaux usées. Aussi l'augmentation de la température aura une évaporation très importante des eaux, ce qui favorise l'augmentation de la densité.

### 5.2.2. Potassium K<sup>+</sup>

Les valeurs des ions potassium (K<sup>+</sup>) varient en fonction de temps de 17.75 mg/l en 2009 jusqu'à 133 mg/l en 2014 fig, 38,B ces résultats peuvent être interprétés par le fait que la présence de cet élément peut être également liée au déversement des eaux usées domestiques où due à l'altération des formations argileuses des alluvions quaternaires et des engrais chimiques (NPK) retrouvés dans les eaux de drainage agricole.

### 5.2.3. Magnésium Mg<sup>+2</sup>

Ces ions proviennent de la dissolution des roches magnésiennes du gypse et des minéraux ferromagnésiens et surtout de la mise en solution des dolomies et des calcaires dolomitiques. Donc les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium.

La fig, 38,C. montre que la concentration du magnésium est diminuée avec le temps et on note que ces valeurs du magnésium dépassent la norme de l'OMS qui a été fixée à 150 mg/l. par une valeur maximale atteinte 1476 mg/l en 2009 et une minimale de 655.9mg/l

#### 5.2.4. Calcium (Ca<sup>+2</sup>)

Le calcium provient soit de la dissolution des formations carbonatées CaCO<sub>3</sub>, soit de la dissolution des gypses CaSO<sub>4</sub> (H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>. La dissolution qui s'en suit est favorisée par le gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol.

Les valeurs de la concentration du calcium présentées dans la fig, 38,D montrent que les teneurs en calcium de lac Témacine varient en fonction de temps par une maxima de 828 mg/l. en 2014 et une minima de 432.9 mg/L pondant 2013 ces valeurs sont élevées et dépassent largement la norme fixée par l'OMS qui est de l'ordre de 200 mg/l. . Cette augmentation est expliquée par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures.

#### 5.2.5. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)

Les concentrations en ions chlorure (Cl<sup>-</sup>) dans la fig,38,E variaient entre 5161.5 mg/L et 7851 mg/L. Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. La présence de ces ions dans l'eau peut être considérée comme un indice de pollution. Il est plus important de constater la constance ou l'évolution du taux de cet anion que sa valeur intrinsèque des eaux du lac sont classées comme eaux polluées parce qu'elles dépassent (>250mg/l) selon les normes de qualité de base pour les eaux de surface.

#### 5.2.6. Sulfates SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

Les concentrations en ions sulfates variaient entre 600 mg/L et 2230 mg/l en 2009, fig,38,F, ces valeurs varient d'une année à l'autre la teneur en sulfates des eaux doit être liée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. (Rodier, 2005). Les valeurs sont dépassées (>150mg/l) les normes de qualité de base pour les eaux de surface. Ces valeurs sont dues peut-être au lessivage des dépôts évaporitiques (phénomène dissolution/évaporation).

#### 5.2.7. Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

On remarque que la teneur en alcalinité varie au cours des études fig, 38,G de 305.4 mg/l à 2265.7 mg/l. Ces résultats peuvent être interprétés par le fait que le bicarbonate est en relation avec la densité, laquelle est, à son tour, en relation directe avec l'évaporation. Pendant



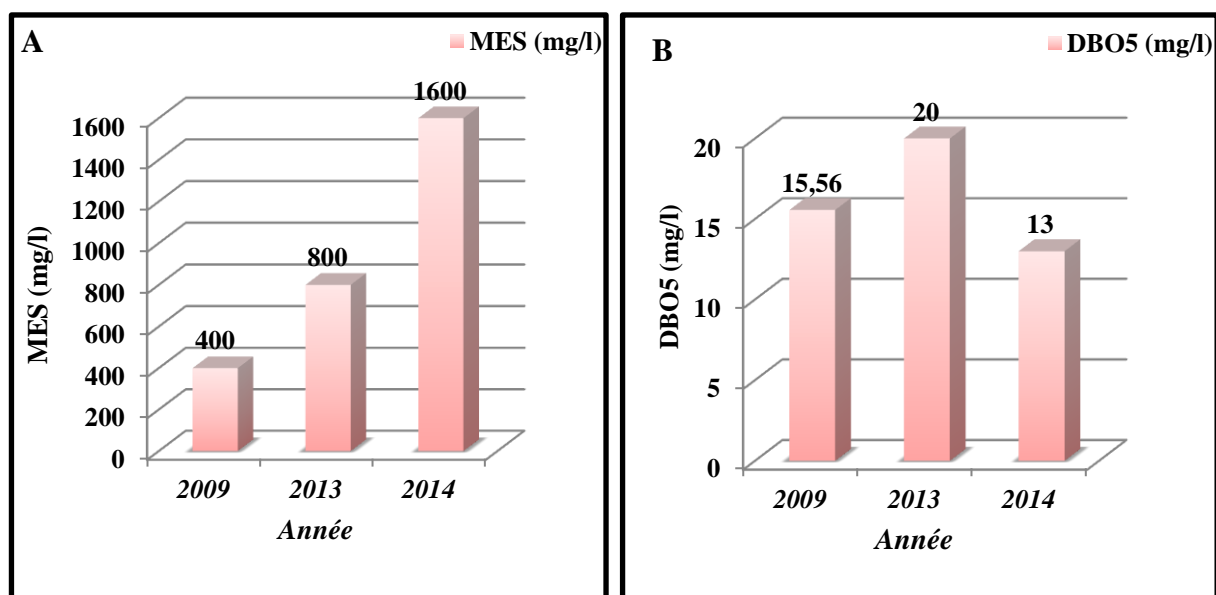
les périodes chaudes, l'augmentation de la température on aura une évaporation très importante des eaux, ce qui favorise l'augmentation de la densité.

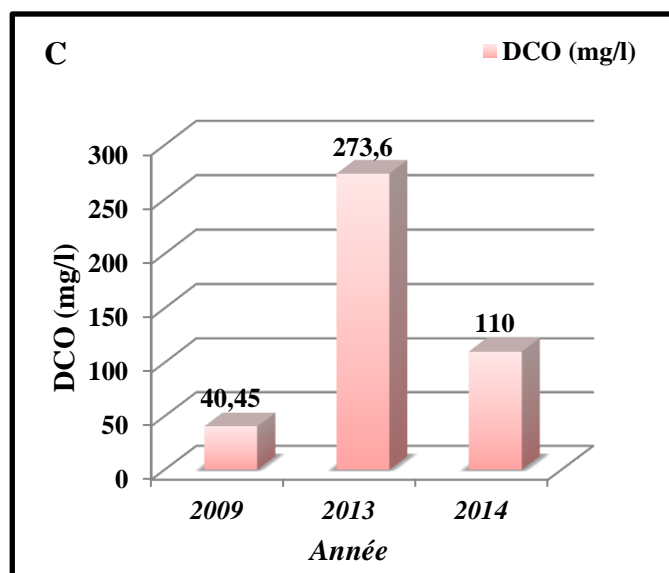
### 5.2.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

On constate que les teneurs en nitrate augmentent dans le temps et varient de 2,25mg/L à 25.7 mg/L durant 2009 et 2014 respectivement fig, 38,H. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant le temps et l'origine des eaux ; il peut être varié de 1 à 15 mg/l et une concentration de 2 ou 3 mg/l peut être considérée comme normale. À l'origine du cours d'eau, la teneur en nitrates est très souvent comprise entre 0.05 et 0.2 mg/l, puis elle s'élève progressivement jusqu'à quelques mg/l le long du parcours au fur et à mesure que croît la distance aux sources.

Les teneurs relativement élevées sont dues au fait que les nitrates sont régénérés à partir des formes organiques par les bactéries et que la vitesse de régénération semble être supérieur à la vitesse d'utilisation ; car les nitrates entrent dans le cycle de l'azote comme support principal de croissance du phytoplancton.

### 5.3. Indicateurs de la pollution





**Figure 39 :** Variation temporelles des Indicateurs de la pollution des eaux de lac Témacine

### 5.3.1. Matière en suspension (MES) :

Les concentrations enregistrées sur la fig, 39 ,A. montrent que la teneur en MES augment en fonction de temps est très élevées et dépassent largement la norme 200 mg/l (*SEQ-Eau 1990*) par une valeur maximale de 1600 mg/l durent l'année 2014 et une valeur minima de 400 mg/l en 2009. Cette variation temporelle de la teneur liée à des apports d'évacuations des eaux usées.

### 5.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5 )

La DBO5 de l'eau du lac Témacine est comprise entre 13 mg/L et 20 mg/L et ces teneurs varient en fonction de temps fig, 39 , B. Globalement les valeurs de DBO5 enregistrés sont moyennes et les eaux sont classées à mauvaise qualité selon les normes de qualité des eaux de surface (*Figarella et Leyral, 2002*)

Donc ce lac est légèrement pollué (DBO5 comprises entre 5 et 20 mg/l), Ainsi les microorganismes ne peuvent pas se développés dans ces milieux à cause des fortes salinités qui défavorisent la vie microbienne.

Ce teneur peut être expliqué par la richesse des eaux en matières biodégradables déversées par les habitants dans le lac (évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les eaux et les déchets urbaines domestiques).

### 5.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

Globalement les valeurs de la DCO sont largement supérieures à 80 mg/L. de 273.6 mg/L en 2013 et de 110 mg/l en 2014(fig ,39 C).Cela montre une pénurie d'oxygène dans ces milieux. Lorsque nous savons que l'oxygène est indispensable à la vie, on doit se poser

beaucoup de questions sur le devenir de ce plan d'eau. Cette valeur élevée de la DCO correspond à une forte teneur de matière organique présente dans le lac lié aux dépôts des eaux usées. Dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO5 Les eaux des lacs sont très polluées à qualité très mauvaise, (SEQ-Eau 1990). Les valeurs de DCO dans les eaux des lacs traduisant l'importance de l'oxydation des matières organique par voie chimique (augmentation la DCO est liée à augmentation du taux de MO), les valeurs de DCO sont liées à la qualité des eaux usées et les eaux urbaines domestiques évacuées dans les lacs et les chotts (utilisée comme exutoire de déversement les différents déchets)

## 6. Conclusion

L'étude des eaux des lacs et de chotts d'Oued Righ a montré l'impact des facteurs climatiques (les précipitations, l'évaporation et la température) et les facteurs géologiques et les effets anthropiques ( l'évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les déchets urbaines et domestiques dans quelques lacs de la vallée et surtout dans le canal d'Oued Righ ) sur la qualité physique et chimique des eaux qui traduit par la forte minéralisation des eaux des lacs et de chaut et sa teneur en matière organique .

### *Conclusion générale*

Les zones humides représentent les meilleurs exemples d'écosystème du point de vue de leurs fonctions biologique : productivité biologique, habitat et richesse écologique pour les espèces animale et végétale, leur fonctions écologique et hydrologique et de leur importance socio-économique (RAMSAR, 1994). Les Sebchas et les chotts sont des écosystèmes fragiles, soumis à des conditions sévères. Ils sont des écosystèmes continentaux qui jouent un rôle primordial dans le fonctionnement écologique et protégeant la biodiversité.

La région d'Oued Righ, est la partie la plus riche du Sahara en écosystèmes aquatiques, est située dans le nord-est du Sahara Algérien. Sur le plan climatique, cette zone s'inscrit dans le domaine aride, caractérisée par une température importante, un apport des pluies et humidité faibles et des vents fréquents. Ces conditions influent directement sur l'évaporation des eaux. Ils constituent un facteur influant directement ou indirectement sur le fonctionnement de ces écosystèmes.

Notre étude a concerné trois zones humides de la vallée d'Oued Righ dans le but d'une caractérisation physico-chimique des eaux de ces écosystèmes particuliers. On se basant sur la détermination de la qualité physique et chimique des eaux qui se fait par l'ensemble des analyses des paramètres physiques ( $T^{\circ}$ , pH, CE,  $O_2$ ...) et chimiques (cations et les anions) et paramètre de pollution (DCO,  $DBO_5$ , MES...).

À la lumière des résultats obtenus les eaux de chott Marouane sont troubles est très salés (salinité jusque à 70 ‰) moyennement minéralisées accentuées avec une conductivité électrique supérieure à 179 ms/m, et le pH de eaux généralement très alcalin. Les eaux sont très chargées en sels solubles (Sulfates, Chlorures, Sodiums) les teneurs en chlorures et sulfates dans chott Marouane, l'élévations des Chlorures est généralement d'origine géologique.

L'oxygène est inférieur à la norme de qualité 7mg/l qui attestent à l'incapacité de ces milieux à maintenir la vie aquatique et à la faible assurance de l'autoépuration des charges polluantes, Les analyses des résidus secs montrent que toutes les valeurs restent très élevées et peut être due à l'évaporation qui est intense dans la région d'étude. Permettant de classer les eaux de chott Marouane comme eaux de très mauvaise qualité

L'étude effectuée a montré que la qualité des eaux des lacs Ayata et Temacine sont influencées par des facteurs climatiques (les précipitations et l'évaporation, la température) et les effets anthropiques (utilisée comme exutoire pour évacuation des eaux usées et les eaux de drainage et les déchets urbaines et domestiques).

## Conclusion générale

---

Les eaux des lacs sont claires, salées avec une conductivité électrique supérieure à 120 ms/cm. Le pH est généralement alcalin. Les eaux sont chargées en sel solubles (chlorures, sulfates, calcium, magnésium.....etc.).

Les concentrations de bicarbonates et de sulfates sont très importantes dans lac Ayata due à la nature des eaux résiduaires et la composition des formations géologiques.

Les taux de matières en suspensions, DBO5 sont importants dans les lacs, il s'agit de la présence d'une pollution excessives, et les résultats de DCO (288 mg/l à Ayata et 273.6 mg/L à Temacine) et reflètent l'importance de la teneur en matière organique, donc elles sont classées comme des eaux très polluées à très mauvaise qualité

En effet, les zones humides de la région d'Oued Righ connaissent ces dernières années une grande menace de dégradation de la qualité des eaux en raison de l'activité anthropique, les rejets des déchets des eaux usées et des eaux de drainage. Et par conséquence la dégradation du sol, et la végétation et les oiseaux de ces zones humides.

La protection de ces écosystèmes fragiles contre la pollution est obligatoire pour sa préservation et sa durabilité. Les recommandations ci-dessous visent à élucider certains problèmes qui ont été observés, à préciser les incertitudes résultant de l'étude actuelle et à proposer des interventions en conséquence : Il faut :

- ✓ Une campagne prolongée de vulgarisation sur l'utilisation des engrais est à prévoir.
- ✓ L'implantation des stations de traitement des eaux à la sortie des agglomérations importantes est souhaitable pour épurer les eaux avant leurs rejets des déchets des eaux usées et des eaux de drainage.
- ✓ Assurer une exploitation rationnelle et une gestion durable, dynamique et participative des zones humides (ressources naturelles)
- ✓ La protection de l'environnement est l'affaire de tous ainsi il est souhaitable de sensibiliser et convaincre les associations pour arriver à ce but.

*Références bibliographiques*

- Abdelaziz Bellaoueur , 2017-** Contribution à l'étude des indices de dégradation et de quelques Éléments traces dans les écosystèmes lacustres chotts et sebkhas du Bas Sahara Algérien, Thèse de Doctorat. Université d'Ouargla, 143 p.
- AEWA, 2007** - Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie. Modèle type de présentation des rapports nationaux. 9p.
- Ahmed DJOGHLAF et Anada TIEGA., 2010-** Eau potable, biodiversité et développement. Secrétariat de la convention sur la diversité biologique. Un guide des bonnes pratiques. P48.
- Aissaoui A, 2013** - Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister en biologie, Université Kasdi Merbah Ouargla, 6-7 p
- Amarouyache M., Derbal F., Kara H., 2012-** Biological data on *Artemia salina* (*Branchiopoda, Anostraca*) from Chott Marouane (Northeast Algeria). *Crustaceana*, 82: 997- 1005.
- Aminot A.; Chaussied M., 1983** - Manuel des analyse chimique en milieu marin. Ed, Paris.
- Aminot A.; Kerouel R, 2004** - Hydrologie des écosystèmes marines paramètres et analyses. Ifremer Brest, Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral, France, 336-11 p.
- Annani Fouzi., 2013-** Essai de biotypologie des zones humides du constantinois. Département de biologie. Thèse doctorat. Université Annaba. P227.
- ANRH, (2010)** - Note sur l'exploitation de la ressource hydrique dans la vallée d'Oued Righ. Rapport. Agence Nationale des Ressources Hydriques, Ouargla. 17
- Auroy F., et Hargues R., 2009-** Zones humides et chasse : Tour d'horizon des pratiques. Colloque Zones humides, chasse et conservation de la nature, 17-19 juin 2009, Fédération Nationale de la Chasse (FNC), France.
- Badoux., 1989-** Cours de géologie générale. DUNOD. Paris. 144 p.
- Ballais. JL, (2005)** - Les villes sahariennes et les ressources en eau. In : La ville et le désert - Le Bas-Sahara algérien, Édit. Karthala, Paris, M. CÔTE édit., p. 73-93.
- Barbier, E.B., Acreman M.C. & Knowler, D. 1997-**Évaluation économique des zones humides : guide à l'intention des décideurs et planificateurs. Bureau de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
- Barnaud G, Fustec E., 2007-** conserver les milieux humides : pourquoi ? comment ? Educagri éditions / Quae éditions, 2007 Paris, 80-91p
- Barnaud Geneviève., 2009-** Evaluation de trois propositions de sites RAMSAR (France) analyse des critères d'identification de zones humides d'importance internationale. Service du patrimoine naturel. Edition n°5. P43.
- Baziz Nafissa., 2008-**Étude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire magister. Université colonel ELHADJ LAKHDAR BATNA.. P154.
- Beggar H., 2006-** La biomasse phoeniciocole, un savoir-faire locale à promouvoir (Cas de la région de l'Oued Righ). Mémoire. Ing. Uni. Kasdi Merbah Ouargla. 126P.

- 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-Quaternaire dans la région de Meknes (Maroc).Lahryss Journal, ISSN 1112-3680, n° 14,juin 2013,pp. 21-36.
- Belifert et al., 2001-**Chimie de l'environnement AIR, EAU, Sol, déchet. Espagne 271-302 p
- Ben hamida R .et Talebi E ., 2004.** Bilan hydrique de la vallée de l'Oued Righ.Mém. Ing. D'Etat en Hydraulique. Uni. Ouargla, 5.6.96 P
- Benkaddour S., 2010-**Approche écologique des zones humides et des oiseaux d'eau de la région d'El-Oued. Memoire d'ingénieur d'état en Agronomie. Ecole superieure ElHarrach. 62p.
- Berguiga N et Bedoui R., 2012.** Contribution à l'étude phytoédaphique des zones humides de l'Oued Righ. Mém. Ing. Bio. Uni. Kasdi Merbah Ouargla. PP8-17. BERGUIGA N et BEDOUI R., 2012. Contribution à l'étude phytoédaphique des zones humides de l'Oued Righ. Mém. Ing. Bio. Uni. Kasdi Merbah Ouargla. PP8-17.
- Berkani I. et Benarfa N. (2005):** Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation des zones semi-arides cas de la région de Deldoul (Plaine de l'Ouled Tolba) W. de Djelfa. Mémoire de PFE. Université de Djelfa.
- Bermond R., Vuichaard R., (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- Bneder 1992.** Hydrogéologie, Mission n°2. TIPAZA, 25P.
- Bouchelaghem Sabrina., 2014-**Suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau du lac TEMACINE (région de TOUGGOURT). Article. Université d'El-TARF. P13.
- Boutalleb A., 2010-**Contribution à l'étude de l'impact de l'aménagement hydroagricole sur la dégradation de l'environnement hydro-édaphique à Oued Righ. Mém. Ing. Bio. Uni. Kasdi-Merbah Ouargla.76P.
- BRENDAXIOMARAOCHOA-SALAZAR., 2008 -** Etude conjuguée géochimique /hydrologique des relations nappe-rivière dans une zone humide: cas de la zone humide alluviale de mannequin, France. Thèse doctorat. Université TOULOUSE III - paul sabatier .France. P243.
- Chahboune M et al., 2013 -** Contribution a la caractérisation physico-chimique des eaux du lac reservoir du barrage HASSAN II (province de MIDELT, MAROC). 69 p. **CHAPMAN D., Kimstach V. (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.
- Chaoui M, 2013 -** la qualité physico-chimique et métallique des eaux de surface (Oued Moulouya/Barrage Hassan II) au voisinage de la mine abandonnée Zeïda (Haute Moulouya). Mémoire de stage de fin d'études, Université Cadi Ayyad Marrakech. 12-13-52-53 p.
- Chenchouni H., 2012-** Diversité floristique d'un lac du bas Sahara algérien. Acta Botanica Malacitana, 37 : 33-44
- Chetti R, 2006 -** Fonctionnement géochimique et écologique su chott Ain El-Beïda (Ouargla) évolution et dégradation. Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université Kasdi Merbah Ouargla, 123 p.
- Claude C.; Arnaud G, 2013-** Analyse des eaux: Réglementation, analyse volumétrique et spectrophotométrique, statistique. Cours et exercices corrigés. Paris. 95 p

- Chunbin Ge, 1988-** Mémoire de Thèse. Université de Montpellier 2. Contribution à la modélisation physico-chimique de l'étang de Thau : 324 p.
- Cote M., 2002-** Méditerranée, revue géographique des pays méditerranés. CNRS. Cote d'Asur.17P.
- Czysz W. et al., (1990).** Technologie des eaux résiduaires (production, collecte, traitement et analyse des eaux résiduaires). Edition Springer-Verlag Paris-France, p945, 946 et 947.
- Daan N., Christensen V., et Cury P., 2005:** Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. ICES Journal of Marine Science, 62: 307-614.
- Davis T.J., 1996-**[The Manual of the Ramsar Convention]. TJ Davis Ed. - RAMSAR Convention Office, Switzerland, p.185. [In French]
- Debbakh Abderrezak., 2012-**Qualité et dynamique des eaux des systems Lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire magister. Université de KASDI MERBAH. Spécialité: hydraulique. P176
- Demnati F, 2013-** Biodiversité et Enjeux Socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas du Chott Merouane et Melghir. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider- Biskra, 1-2 p
- De Villers J et al., 2005 –** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Paris, 3 p.
- DGF, 2004-** Atlas des zones humides d'importances internationales, Wilaya de Ouargla, chott Ain El Beida. Direction générale des forêts. Alger. pp33.402.
- Dijkema K.S., Beeftink W.G., Doody J.P., Gehu J.M., Heydemann B., Rivas Martinez S., 1984-** La végétation halophile en Europe (prés salés). Strasbourg: Council of Europe edition.
- Djennati.K et Drissi.A, (2015) -**Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques des eaux de quelques zones humides de la région d'El Oued. Mémoire de Master. Université d'Ouargla, 61p.
- Djermakoye H., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries; Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thés Doctorat en Pharmacie. Université BAMAKO. P210
- Djouadi B.F., 2011-**Recherche sur la dimension humaine dans la conservation des écosystèmes lacustres cas de Chott Merouane et Oued Khrouf, daïra de Meghaier, wilaya d'El-Oued-Algérie. Thèse de Magister en sciences agronomiques. Université Biskra. 65p.
- Dodou M., 2002-** Atlas des 26 zones humides algérienne d'importance internationale ; Direction générale des forêts, Ben Aknoun, Alger.
- Dubost D., 1991.** Ecologie, aménagement des oasis algérienne, Thèse Doctorat de Géographie, Université François Rebellais, Tours, 548P.
- Duchaufour P., 1988 -**Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement. Second édition, Masson, 224 p.
- El Hachemi Ouafae., 2012-** Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (OASIS DE FIGUIG): performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Thèse doctorat en Spécialité : ecologie végétale. P140
- Emberger L., 1955-** Une classification biogéographique des climats. Recueil des Travaux du Laboratoire de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, série Botanique, 7: 3-43.



- Faurie C, Ferra.C, Médori. P, Dévaux. J, 1980-** Ecologie. Ed. Ed. JB.BAILLIRE. Paris.168P.
- Figarella et Leyral, 2002.** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p
- Foucault et Raoult., 2003-** Dictionnaire de Géologie. 5ème édition. DUNOD MASSON SCIENCE. Paris 100p.
- Frederic Bouchar., 2010.** Mesure de salinité -réalisation d'un conductimètre. Version 1.0 (TENUM TOULOUSE).Ed3. P15.
- Fustec E et Lefeuvr E. JC (2000) -** Fonction et valeurs des zone humides. Ed. Dunod, Paris, p 426.
- Gaujous D., 1995-** La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris. P17
- Ghadbane N. (2003):** Les eaux usées urbaines; Cas d'étude: ville de M'sila. Mémoire demagister, université de Mohamed Boudiaf. p 21,26.
- Chaibi Rachid., 2014-**Connaissance dell'ichtyofaune des eaux continentals de la region des aures et du sahara septentrional avec sa mise en valeur. Thèse doctorat en biologie Université Mohamed Khider –Biskra. P237
- Gharmouli F.; Talha Z, 2012 –** Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques du lac Hassi Ben Abdallah (Ouargla). Mémoire d'ingénieur d'état en Aquaculture, Université Kasdi Merbah Ouargla, 5-6 p.
- Ghazali D et al., 2013 -** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES –MAROC). 31 p.
- Gerard G, 1999-** L'eau milieu naturel et maîtrise.Tome I, Institut national de la recherche agronomique, Paris, 173-181 p.
- Graini Lazhar., 2011-** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique Mémoire magister. Université FERHAT ABBAS-SETIF . P106.
- Hacini M., Kherici N., Oelkers H.E., 2009-** Mineral precipitation rates during the complete evaporation of the Merouane Chott ephemeral lake. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72: 1583-1597
- Hafouda L ,2005-**Caractérisation et quantification de la salinité de sol et de la nappe dans la vallée de l'Oued Righ .Thèse de Magister INA, Alger. 100P
- Halis Y., Benhaddya M.L., Bensaha H., Mayouf R., Lahcini A., Belhamra M., 2012-** Diversity of halophyte desert vegetation of the different saline habitats in the Valley of Oued Righ, Low Sahara basin, Algeria. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 4(3): 308-315.
- Hammouda Nadjia , 2013 -** Contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur les zones humides du Sud-est du Sahara (Cas de l'Oued Righ). Mémoire de Master. Université d'Ouargla,71p.
- Henni Zurgui N, 2009-** Caractéristiques physico-chimiques et inventaire des cyanobactéries et des Phycophytes au niveau du lac El-Goléa. Mémoire d'ingénieur d'état en Aquaculture, Université Kasdi Merbah Ouargla, 15-16 p.
- Houari I, 2012 -** Contribution à l'étude de l'évolution géochimique des eaux de la nappe du complexe terminal du Sahara septentrionale.Thèse de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, 56 p

- Houhamdi M., Bensaci T., Nouidjem N., Bouzegag A., Saheb M., Samraoui B., 2008-** Écoéthologie du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*) hivernant dans les oasis de la Vallée de l'Oued Righ (Sahara algérien). *Aves*, 45: 15-27.
- Hubert P. et Marin M., 2001-** Quelle eau boirons-nous demain ? Edition: Fabienne Travers. P: 64-124.
- Isemann P., Moali A., 2000-** Oiseaux d'Algérie. Birds of Algeria. Paris : SEOF édition.
- Joly B., Reynaud A., 2003.** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edit. Techniques et Documentation. Paris. P356.
- Koull Naïma, 2015-** Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ). Thèse de Doctorat. Université d'Ouargla, 185 p.
- Laura Sigg, Philippe Behra et Werner Stumm., 2014-** Chimie des milieux aquatiques. Illustration de couverture : canal du MIDI © PHILIPPE BEHRA. 5e édition. PARIS. P30..
- Laurent F et Dupont N., 2011-** L'eau dans le milieu. Uni. Maine / Uni. Michel de Montagne /Uni. Renne/Uni. Vertuelle. PP17-37.
- Lechaari M., 1990.** Contribution a l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la MANUEL DE BERGEY., 1984. Systematique bactériologie ; 9th edition. P533.
- Lounnas A., 2009-** Amélioration des Procédés de Clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister, Université du 20 Août 1955 Skikda, P 15
- Matthews G.V.T., 1993-** The Ramsar Convention ; Its History and Development. Gland, Switzerland. Ramsar Convention Bureau, 180p.
- Mbeukam Kamgang Elisabeth., 2013-** Evaluation de la qualité bactériologique et physico – chimique des eaux du lac municipal d'akonolinga. Département des sciences biologiques. (DI.P.E.S. II). Université de YAOUNDE I. P60.
- M.E.A. (Millennium Ecosystem Assessment), 2005.** Ecosystems and human well-being: wetlands and water: Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute edition.
- Medfouni Samir., 2007-** Adoucissement des eaux géothermales de l'oued R'hir. Etude comparative de deux types de chaux (cao et ca (oh)<sub>2</sub>). Mémoire magister. Departement de genie des procedes-ouaregla. P62.
- Melghit Meriem., 2012-** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau / sédiments de l'oued rhumel, et des barrages HAMMAM GROUZ ET BENI HAROUN. Mémoire magister. Université MENTOURI CONSTANTINE . P175.
- Merabet Soumia, 2011-** Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrionale (Chott Merouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation. Thèse de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, 56-171 p.
- Merouani Mahdi et Bouguedah Abd El baki., 2013-** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH OUARGLA. P59.
- Meybeck M. R., et Helmer., 1989-** La qualité des cours d'eau : de l'état vierge au niveau mondial pollution. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* (Global Section Planète Change). P309.
- Mitsch, W.J and Gosselink J.G., 2000-** Wetlands. 3rd Edition. John Wiley and Sons, New York.

- Mouelhi S., Balay G., Kraïm M., 2000.** Branchiopodes (Cténopodes et Anomopodes) et Copépodes des eaux continentales d'Afrique du Nord : Inventaire et biodiversité. *Zoosytema*, 22: 731-748.
- Moussa Moumouni Djermakoye Hamsatou., 2005-** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie. 3ème édition BAMAKO. P536.
- O.M.S., 2004** -Prévention et lutte contre l'hépatite virale. P32
- Oudihat K., 2011-**Ecologie et structure des Anatidés de la zone humide de Dayet El Ferd (tlemcen).Thèse de Magister En Ecologie et Biologie des Populations. Université Tlemcen. 92 p
- Ozenda P., 1982-** Les végétaux dans la biosphère. Edition Doin, Paris. 431p.
- Ozenda P., 1983-**Flore du Sahara. Ed. Centre Nationale des Recherches Scientifique, Paris, 39P.
- Ozenda P (1991)-** Flore de sahara (3 édition mise à jour et augmentée ) Paris , Editions du CNRS. 662 pages. + Cartes.
- Pearce F. et Crivelli A. J. (1994)** - Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Bouklet Med Wet / Tour de Valat, N°1. France, 88p
- Pora, A.E. et M. Bacescu, 1977-** Biologie des eaux saumâtres de la Mer Noire. In6t. *Raum. Re.eh. Malt. Can6.:tanza.* 1 7-16.
- Quezel P., 1955-**La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie. Gustav Fisher Verlag, Stuggart, 328p.
- RAMSAR., 2000-** Background papers on Wetland Values and Functions. Document d'information Ramsar, Secrétariat de la Convention Ramsar, Gland, Suisse, Disponible au : <http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp/>
- RAMSAR., 2013-** Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971). 6 e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, gland, Suisse. 120p
- Ravomanana F., (2014)-** Chimie générale- UE1. 4eme Edition : Dunod,Paris p.160.
- Rezazga A.; Hamlaoui M, 2009** – Inventaire du plancton et du benthos dans le lac de Sidi Amrane (Ayata). Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie, Université Kasdi Merbah Ouargla, 8 p.
- Rhee G.Y. et Gothman I.J., 1981-**L'effet des facteurs environnementaux sur la croissance du phytoplancton: la température et l'interaction de la limitation de la température et des nutriments, *Limnol. . Oceanogr.* P648.
- Rochet. M.J., et Trenkel V.M., 2009-** Why and How Could Indicators Be Used in an Ecosystem Approach to Fisheries Management? in BEAMISH R. J. et ROTHSCILD B. J (Eds.). *The Future of Fisheries Science in North America. Fish & Fisheries Series*, vol. 31, Springer Netherlands, 209-226pp.
- Rodier J et coll., 1976** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Dunod technique, Volume 2, Paris. 125-130-138-162 p
- Rodier J et coll., 2005** –L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8 Ed, Dunod, Paris, VII-189-245 p.

- Rodier J, 2009.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9eme édition: Dunod, PARIS. Livre. P1579.
- Roseccht E., et Charpentier B., 1996-** L'aquaculture en milieux lagunaire et marin côtier. Station Biologique de la Tour du Valat .Arles. France. 94 p.
- Samake H., 2002-** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. P77
- Samraoui B.; De Bélaïrg.,1997 -** The Guerbes-Senhadjawetlands: Part I. An overview. *Ecologie* 28: 233–250.
- Samraoui B., Chakri K., Samraoui F., 2006.** Large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salts lakes of Algeria. *Journal of Limnology*, 65: 83- 88.
- Samraoui B.; Samraoui F., 2008 -** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71-96.
- Samraoui F., Boukhssaim M, Bouzid A., Baaziz N., Ouldjaoui A., Samraoui B., 2010.** The breeding of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria (2003-2009). *Alauda*, 78: 15-25
- Sari Hassiba., 2014-** Contribution a l'étude de la qualité chimique et bactériologique de l'eau de la source « ATTAR» (TLEMCEN). Mémoire magister. Université ABOUBEKR BELKAID TLEMC . P92.
- Sassoui A., (2006)-**Etude de la pollution et de l'autoépuration des eaux de oued Mellah (Rejets de la ville de Djelfa). Mémoire de magister. Université de Djelfa Ziane Achour,p2- 8.
- Sayah Lembarek M., 2008.** Etude hydraulique du canal Oued Righ. Mémoire de Magister Hydraulique Université Kasdi Merbah Ouargla. PP35-42
- Skinner J. et Zalewski S., 1995-** Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Conservation des zones humides méditerranéennes MedWet, Tour du Valat, France, 78p.
- Soltner d., 1989-**Les bases de la production végétale. Tome I: le sol, 17eme Ed. C.S.T.A.,Angers, 468p.
- Tremblay R et al., 2001-** Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac SAINT-HARLES, réservoir d'eau potable de la communautés urbaine de Quebec. *Revue des Sciences de l'Eau*, 14/4 : 489-510
- Vengosh, A., 2003 -**Treatise de geochemistry, Chapitre: 9, P365
- Zaafour Mohamed Djalil., 2012-** Impact des décharges sauvages sur les zones humides de la région D'EL-TARF. Mémoire du magister. Université BADIJIMOKHTAR ANNABA. P166.

**Tableau N°7 : les valeurs des précipitations mensuelles à la station de Touggourt (mm).**

Années Mois	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jun.	Juil.	Aout.	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
1975	50.2	12.9	0	39	0	0	0	0	1.4	0	12.7	1.9
1976	19.7	16.5	34.5	0	1.6	0	0	0	7	5.3	21.4	1
1977	16	0	11.8	0.6	5.6	0	0	0	0.3	0	10.4	8
1978	12.6	18	0	32	1.8	0	0	3	0	1.5	0	0
1979	7.9	22.8	1.8	3.5	0.8	0	0	0	4.8	8	2.3	0
1980	10.1	14	64.7	10	0	0	0	0	0	0	50.2	4
1981	0	1.02	5.08	6.1	0.51	0	0	0	0	0	6.6	1.02
1982	0	2.03	7.11	0	2.03	1.02	0	0	0	0.25	2.03	13.97
1983	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0	0	0	6.09	1.53
1984	0	0	5.59	0.51	0	0	0	0	0	0	6.09	1.53
1985	57.6	0	1.02	3.05	1.53	0	0	0	0	0	0	6.1
1986	1.02	0.25	19.3	9.91	3.3	0	0	0	0.51	6.09	6.1	9.15
1987	4.06	1.27	1.53	0	2.04	5.207	2.03	0	0	13.97	0	1.53
1988	0	0	2.03	0	1.78	4.57	0	0	5.04	6.096	83.32	51.3
1989	1.52	0	0	2.04	0	0	0	0	0	0	5.33	0
1990	56.13	0	6.61	10.42	30.21	0	0	16.15	0	0	0	0
1991	0	0	12.96	0	20.06	2.03	0	0	4.58	16	5.59	0.25
1992	34.7	0	48.01	12.95	22.35	0	11.41	0	0	0	2.03	9.91
1993	0	14.99	6.1	0	1.02	0	0	1.02	62.7	32.7	17.27	4.06
1994	0	0	16.51	3.05	0.51	1.02	0	0	8.89	10.16	0	0
1995	3.05	0	0	0	0	0	0	0.51	29	1.02	2.04	25.15
1996	40.39	12.45	17.28	0	0	0	1.09	0	4.07	0.25	0	0
1997	0	0	0	18.03	0	1.02	0	0	14	0	12.95	8.13
1998	0	0	1.02	0	0	7.87	0	0	3.05	19.3	2.03	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1.25
2000	0	0	1.25	1.52	14.99	1.02	0	0	1.52	19.31	0	1.78
2001	4.07	0	2.04	1.02	0	0	0	0	5.08	1.02	2.03	27.17
2002	5.08	0	0	0	4.06	0	9.39	3.55	3.56	7.11	8.65	0
2003	18.28	4.57	11.94	0	0	0	0	5.08	0	12.7	4.06	4.07
2004	59.94	0.76	16.52	11.94	0	1.53	0	0	10.9	0	39.12	7.12
2005	0	3.56	0.76	0	0	3.05	0	6.1	6.1	3.05	0	2.03
2006	19.82	1.02	0	2.03	0	0	0	2.04	15	13.97	2.03	6.1
2007	0	1.02	0.76	40.13	0	0	0	20.07	0	1.02	0	11.18
2008	7.11	1.02	0	0	1.02	2.79	0	0	4.07	8.89	3.05	6.1
2009	89.66	0	25.66	11.94	5.33	0	0	0	23.4	1.02	0	1.02
2010	7.12	0.76	0	10.16	2.03	0	0	0	5.08	1.27	2.03	0
2011	1.02	0	7.87	2.04	6.09	0	0	2.03	0	6.1	0	0.51
2012	2.04	0	0	7.87	0	0	0	0	3.3	3.05	2.04	0
2013	3.56	1.53	0	16	0	0	0.51	8.13	0	0.25	6.1	19.31
2014	2.03	0	4.06	0	0.25	0.25	0	0	5.33	0	7.12	1.78
2015	0	29.97	12.19	0	0	0	0	1.02	8.13	1.02	0	0
2016	0	2.54	3.05	11.68	4.57	0.25	0	0	5.08	0	1.78	6.1

Tableau N°8 : les valeurs des températures mensuelles à la station de Touggourt (C°)

Mois Années	Jan.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Jun.	Juil.	Aout.	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
1975	9.2	11.7	15.9	22.8	25.3	31.4	35.1	33.8	30.4	21.4	14.4	12.8
1976	10.1	13.7	14.7	21.2	25.6	29.8	34.4	32.9	29.1	22.6	14	13.5
1977	13.1	16.8	19.3	22.7	24.9	31.4	36.4	32.5	29.1	23.4	18	13
1978	10.8	18.9	17.8	22.1	26.5	31.8	34.3	31.9	29.6	20.1	14.6	14.6
1979	15	12.5	18.9	20.4	25.5	31.4	33.3	36.1	26.2	26.6	14.5	12.1
1980	12.1	14.2	17.7	20	25.4	31.6	33.4	34.2	30	20.5	17.3	8.7
1981	7.9	10.2	18.9	22.8	27.1	31.6	31.4	30.1	28.1	23.3	16.6	14.9
1982	12.5	14.3	15.9	20.9	25.9	35	37.4	35.4	30	23.9	16.9	11.4
1983	9.3	12.6	17.3	23.6	28	32.2	35.6	35.3	29.4	23.3	18.9	11.3
1984	11.5	13	16.7	22.7	26.4	31	33.8	33.7	29.5	22.1	16.7	10.2
1985	9.6	15.2	14.6	21.8	24.9	31.8	35.1	34.1	29.4	22.8	19.1	12.4
1986	10.2	13	15	19.5	26.5	29.8	34.3	35.5	30.5	24.6	15.7	11.9
1987	9.7	13	15.7	21.8	24.8	31.6	33.9	34	29.8	23.8	15.1	12.9
1988	12.1	13	16	21.8	28.2	30.4	34.7	33.5	26.8	23.7	16.6	9.9
1989	9.2	12.6	17.3	20.1	25.2	28.8	32.5	34.5	29.8	21.9	17.1	13.5
1990	11.5	14	16.3	19.9	23.4	31.8	32.9	31.4	31.9	24.2	16.1	10.1
1991	8.9	11.5	17.2	18.6	21.9	29.1	33.4	32.7	28.5	22.2	14	9.7
1992	8.6	11.4	15.2	19.5	24	28.9	31.2	32.9	29.3	22.9	15.8	11
1993	8.7	11.1	14.9	20.6	26.2	32.5	33.8	33.2	28.2	23.1	15.9	10.5
1994	11.3	14.5	16.9	18.6	27.9	31.2	33.6	33.8	28.7	22.1	16.5	10.5
1995	9.6	14.6	15.9	18.7	26.5	30.4	33.8	33	27.1	22.2	15.8	13.2
1996	12.9	11.8	16.4	20.6	25.5	28.4	32	34.5	27.2	20	16.1	13
1997	11.8	13.8	15.3	18.8	26.1	33.4	35.1	33.2	27.9	22.6	16.1	12.5
1998	10.7	13.3	15.9	21.7	25.4	31.1	33.8	33.4	30.3	20.4	15.1	9.9
1999	10.5	11.3	16.9	22.1	29.4	33.9	34.3	36.4	30.5	25.3	15.1	10.4
2000	7.9	12.5	17.6	22.9	28.7	30.8	34.2	32.9	29.6	21.4	16.4	12.6
2001	11.3	12.5	21.2	21.4	26.7	32.4	36.2	34.2	30	26.7	15.9	10.4
2002	9.2	13.5	18.5	22.3	26	31.6	34.6	33.8	28.8	22.5	17.1	12.9
2003	11.8	11.6	16.2	22.4	27.2	31.7	36.1	33.6	28.7	25.4	16.2	11
2004	10.9	14.3	17.6	21	23.7	30.4	33.1	35	27.8	24.8	14.3	11.7
2005	8.4	10.4	17.7	21.3	28.2	31.6	35.8	33.5	28.6	23.8	21.9	10.2
2006	8.7	12.3	18.5	24	28.5	32.1	34.4	33.7	27	24.4	16.2	12.1
2007	11.2	15	16.3	20.4	26.8	32.9	32.9	34.1	30.5	23.7	14.6	10.5
2008	10.9	12.9	17.6	23.1	27.4	30.5	35.9	34.2	30	23	14.8	10.5
2009	11.3	12.5	16.6	19.3	26	31.5	35.2	34.4	27.3	21.8	15.6	13.6
2010	12.2	15.9	18.8	22.5	24.9	32.1	34.7	34.4	28.6	22.2	16.3	12.3
2011	11.1	12	16.1	22.2	25.4	30.1	34.9	33.8	31.2	21.4	16.3	11.5
2012	10	9.7	16.6	21.5	27	34.3	36.3	34.7	29.3	24.4	18.3	10.8
2013	11.5	11.5	19.9	22.5	26.1	30.1	34.5	32.3	29.8	26.3	15.9	10.8
2014	11.9	14.4	16.3	22.5	27	30.6	34.5	34.6	31.6	24	18.2	11.4
2015	10.1	11.7	16.1	22.6	28.1	31.1	33.5	34.1	29.7	23.8	16.6	10.8
2016	12.8	14.6	16.7	23.3	27.7	32.1	33.9	33.1	29.3	25.5	16.4	13

**Tableau N°9 :** Echelle de pH de l'eau (SOLTNER, 1989)

pH	Eau
6,75<PH<7,25	NEUTRE
7,25<PH<8,5	ALCALIN
PH>8,5	TRES ALCAIN

**Tableau N°10 :** Classification des eaux d'après leurs le Résidusec (HAFOUDA, 2005)

Résidus secs en g/l	Différents types d'eau de
RS < 0,5	Eau douce
0,5 < RS < 4,5	Eau très faiblement salée
4,5 < RS < 10	Eau faiblement salée
10 < RS < 25	Eau moyennement salée
25 < RS < 45	Eau fortement salée
45 < RS < 100	Eau très fortement salée
RS > 100	Eau excessivement salée

**Tableau N°11:** Echelle de la classification de l'état des eaux (SEQ-Eau, 1990)

Taux de saturation en O <sub>2</sub>	110	130	150	200			qualité très bonne
pH	8,0	8,5	9,0	9,5			bonne
ΔO <sub>2</sub> (mini-maxi) (mg/l O <sub>2</sub> )	1	3	6	12			passable
<b>PARTICULES EN SUSPENSION</b>							mauvaise
MES (mg/l)	25	50	100	150			très mauvaise
Turbidité (NTU)	15	35	70	100			
Transparence SECCIII (cm)	200	100	50	25			

**Tableau N°12 :** Le Système d'Évaluation de la Qualité (SEQ) des eaux superficielles (LAURENT Fet DUPONT N, 2011)

Classes de qualité	Code couleur		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Très bonne	Bleu	Oxygène dissous (mg/l)	8	6	4	3	
		Taux de saturation en oxygène (%)	90	70	50	30	
Bonne	Vert	DCO (mg/l O <sub>2</sub> )	20	30	40	80	
		DBO <sub>5</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3	6	10	25	
Passable	Jaune	COD (mg/l C)	5	7	10	15	
		Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3	5	8	10	
Mauvaise	Orange	Ammonium (mg/l)	0,5	1,5	2,8	6	
		Azote Kjeldahl (mg/l)	1	2	4	6	
Très Mauvaise	Rouge						

**Tableau 13:** La relation existant entre la minéralisation et la conductivité (RODIER, 1976)

Conductivité électrique	La minéralisation
Conductivité < 100 μS/cm	Minéralisation très faible
100 μS/cm < conductivité < 200 μS/cm	Minéralisation faible
200 μS/cm < conductivité < 333 μS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 μS/cm < conductivité < 666 μS/cm	Minéralisation moyenne
666 μS/cm < conductivité < 1000 μS/cm	Minéralisation importante
conductivité > 1000 μS/cm	Minéralisation excessive

**Tableau N 14** : Caractéristiques de qualité d'une eau minérale naturelle et d'une eau de source

Paramètres	Teneur	Unité
<b>PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>		
Couleur	25	mg/l
Odeur	Doit être accessible	Taux de dilution
Turbidité	1 – 2	NTU
Saveur	Doit être accessible	Taux de dilution
<b>PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
Température	25	°C
pH	6,5 – 8,3	-
Conductivité électrique	2800	µS/cm
Résidu sec (110 °C)	2200	mg/l
Calcium	75 – 200	mg/l
Magnésium	150	mg/l
Sodium	200	mg/l
Potassium	20	mg/l
Chlorure	200 – 500	mg/l
Sulfate	200 – 400	mg/l
Carbonate – bicarbonate	-	-
<b>SUBSTANCES INDESIRABLES</b>		
Aluminium	0,2	mg/l
Nitrate	50	mg/l
Nitrite	0,1	mg/l
Ammonium	0,05 – 0,5	mg/l
Phosphate	0,5	mg/l
MO (permanente)	3,5	mg/l
Bore	0,3	mg/l
Fer	0,3	mg/l
Cuivre	0,05 - 1,5	mg/l
Zinc	1 – 5	mg/l
Manganèse	0,5	mg/l
Baryum	0,7	mg/l
Phénol	-	-
Fluorure	0,8 – 2	mg/l
Argent	-	-
COT	-	-
Azote Kjeldahl	2	mg/l



## Résumé

Les zones humides de la région d'Oued Righ au Sud-Est du Sahara algérien constituent des milieux très particulière. Elles jouent un rôle écologique très important, rôle hydrologique et un rôle économique pour les acteurs locaux. Ces zones humides de faible extension connaissent souvent une dégradation générale, liée en particulier à la détérioration temporelle de ces ressources notamment l'eau, Notre étude établie sur trois zones humides de la vallée (chott Marouane, lac Ayata, et Lac Temacine) dans le but de la caractérisation physico-chimique de ses eaux. Les analyses des eaux des zones étudiées montrent qu'elles sont des eaux troubles, très salées surtout dans chott Marouane, avec une conductivité électrique supérieure à 120 ms/cm. Le pH est généralement alcalin. Les eaux sont très chargées en sel dissous (chlorures, sulfates, calcium, magnésium.....etc.). Les taux de MO et les MES sont importants surtout dans les lacs. Il s'agit de la présence d'une forte pollution organique des eaux des lacs. Temporellement ces lacs sont dégradés voire menacés de disparition suite à l'action anthropique sans négliger les effets climatique et géologique, qui influent directement sur l'eau, le sol, la végétation et les faunes. A cet effet, la protection de ces écosystèmes sensibles est une nécessité pour sa préservation et sa durabilité.

**Mots Clés :** Zones humides, Oued Righ, chott Marouane, lac Ayata, Lac Temacine, Eau, Caractéristiques physico-chimiques, Pollution.

## ملخص

المناطق الرطبة في منطقة وادي ريغ في جنوب شرق الصحراء الجزائرية تشكل أوساط خاصة جدا كما تلعب دورا بالغ الأهمية إيكولوجيا، هيدرولوجيا، بالإضافة إلى الدور الاقتصادي على الصعيد المحلي. هذه المناطق الرطبة المحدودة المساحة غالبا ما تعرف تدهورا شاملا، ويرتبط بشكل خاص بالتدهور الزمني لهذه الموارد، لا سيما المياه.

هذه الدراسة الخاصة بثلاث مناطق رطبة في وادي ريغ (شط مروان، بحيرة أياتا، بحيرة تيماسين) بهدف تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهاته المياه. تحليل مياه المناطق المدروسة بينت إنها متعكرة ومالحة جدا خاصة في شط مروان، الموصلية كهربائية أعلى من 120 م س /سم. المياه ودرجة الحموضة قلوية وغنية بالأملاح الذائبة خاصة الكلور والكالسيوم. نسبة المواد العضوية والمواد العالقة جذ مرتفعة خاصة في البحيرات، هذا ما يوافق تواجد تلوث في مياه بحيرات وادي ريغ. هذه البحيرات آلت إلى التدهور وبل مهددة بالزوال بسبب تدخل الإنسان دون تجاهل التأثيرات المناخية والجيولوجية والتي تؤثر مباشرة على المياه، التربة، النبات والحيوانات. وتعد حماية هذه الأنظمة البيئية من خطر التلوث ضروري من أجل الحفاظ عليها واستمراريتها.

الكلمات المفتاحية: الأراضي الرطبة، وادي ريغ، شط مروان، بحيرة أياتا، بحيرة تيماسين، ماء، الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتلوث.

## Abstract

The wetlands of the Oued Righ region in the south-east of the Algerian Sahara are very special environments. They play a very important ecological role, hydrological role and economic role for local actors. These shallow wetlands often suffer from a general deterioration, linked in particular to the temporal deterioration of these resources, particularly water. Our study is based on three wetlands in the valley (Chott Marouane, Ayata Lake, Lac Temacine). for the principle of the physicochemical characterization of its waters.

The analyzes of the waters of the studied areas rise whatever they are troubled waters, very salty in chott Marouane, the waters of the lakes are clear, salty with an electrical conductivity higher than 120 ms / cm. The pH is generally alkaline. The waters are very high in soluble salts (chlorides, sulphates, calcium, magnesium, etc.). MO levels and SS are important especially in lakes. It is the presence of a strong organic pollution of the waters of the lakes. Temporarily these lakes are degraded or even threatened with extinction as a result of human activity without neglecting the climatic and geological effects, which directly affect water, soil, vegetation and fauna. To this end, the protection of these sensitive ecosystems is a necessity for its preservation and sustainability.

**Keywords.** Wetlands, Oued Righ, Chott Marouane, Lake Ayata, Lake Temacine, Water, physicochemical characteristics, Pollution.