

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Protection de la ressource sol-eau et d'environnement

Présenté par : M^{elle} HAMMOUDA Nadjia

Thème

*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)*

Soutenu publiquement le : /06/2013

Devant le jury :

IDDER Taher	(MCA)	Président	UKM Ouargla
Mlle KOULL Naima	(Chargé de reche.)	Encadreur	CRSTRA, Touggourt
HAMDI- AISSA Belhadj	(Professeur)	Co-encadreur	UKM Ouargla
HASSINI Messaoud	(MCA)	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2012/2013



REMERCIEMENT

Dieu merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Je suis très remercié chaleureusement :

*Les encadreurs, le professeur **HAMDI- AISSA Belhadj** et **M^{lle} KOULLE Naïma** qui n'ont ménagé aucun effort pour nos fournir les conseils et remarques utile et nécessaire. A l'accomplissement de ce travaille ayant abouti à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude, sur triple plan de :*

Préparation et recueil de données, Etude, Analyse, synthèse et contrôle et rédaction.

-Tous les travailleurs du Laboratoire de Bio-géochimie des

*Milieux Désertiques, en particulier : **Mr. HADJ MAHAMMED Mahfoud**, **Mr TOUIL Yousef** et **MESSROUK Houria** et les laborantines **M^{lle} Habiba** et **M^{me} Amoura**.*

- Tout les travailleurs aux laboratoires du Faculté des Sciences de la nature et la vie (université Kasdi Merbeh Ouargla).

- Tous les travailleurs de l'Algérienne des eaux Direction d'unité Ouargla.

-Tous les professeurs du département Agronomique et Biologique et mes collègues de 2^{ème} année Master promotion de Protection des ressources de sol et l'eau, l'environnement.

*- Et n'oublie pas aussi : **M^{me} BADWI Nabîha** et **Mr RAKBIA Mohamed** et **HAMMOUDA A. Alghani** et **Mr BENLIFA Ferhat**.*

-Tous ceux qui nous ont aidés de près de loin pour arriver à réaliser ce travaille.

HAMMOUDA NADJIA



Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Données climatiques de la région de Touggourt (2003-2012)	10
02	Coordonnées géographiques des stations d'études	24
03	Les résultats des analyses physiques et chimiques des eaux des lacs étudiés	31

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Situation géographique et administrative de l'Oued Righ	6
02	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Touggourt (2003-2012)	12
03	Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Touggourt(2003-2012)	13
04	Les zones humides de la région de l'Oued Righ	15
05	Situation géographique des stations d'étude de l'Oued Righ	21
06	Méthodologie de travail	23
07	Variation de la température des eaux des lacs étudiés	32
08	Variation du pH des eaux des lacs étudiés	33
09	Variation de la Conductivité électrique des eaux des lacs étudiés	34
10	Variation du TAC des eaux des lacs étudiés.	34
11	Variation de la turbidité des eaux des lacs étudiés	35
12	Variation de résidu Sec des eaux des lacs étudiés	36
13	Variations des concentrations en sodium des eaux des lacs étudiés	37
14	Variations des concentrations en potassium des eaux des lacs étudiés	38
15	Variations des concentrations en calcium des eaux des lacs étudiés	39
16	Variations des concentrations les magnésiums des eaux des lacs étudiés	39
17	Variations des concentrations la dureté totale des eaux des lacs étudiés	40
18	Variations des concentrations des Chlorures des eaux des lacs étudiés	41
19	Variation des concentrations de Sulfate des eaux des lacs étudiés	42
20	Variation des concentrations des Bicarbonates des eaux des lacs étudiés	42
21	les teneurs en sels solubles dans les eaux des stations d'études (Prélèvement 01)	43
22	les teneurs en sels solubles dans les eaux des stations d'études (Prélèvement 02)	43
23	Diagramme de piper des eaux analysées des lacs (Ayata, Sidi Slimane, Mégarine, Témacine, Merdjaja).	45
24	Variation de la matière en suspension des eaux des lacs étudiés	46
25	Taux de matière organique des eaux des lacs étudiés	47
26	Variation de DBO ₅ des eaux des lacs étudiés	48
27	Evacuation des déchets urbains et les eaux usées dans lac Mégarine	48
28	Evacuation le déchet urbain domestique dans les lacs	49
29	Variation de DCO des eaux des lacs étudiés	50
30	Relation entre la DBO ₅ et DCO et MO des eaux des lacs étudiés	50
31	Evacuation les eaux usées et les eaux urbaines domestiques dans les lacs et les chotts	50
32	Variation l'indice DCO/ DBO ₅ des eaux des lacs étudiés	51
33	Diagramme de Richards	52

Plan de travail

-Remerciement

-Liste de tableau

-Liste des figures

Introduction générale 2

CHAPITRE(I) : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

I.1-Situation géographiques et administrative	5
I.2- Reliefs	5
I.3-Géologie de l'Oued Righ	7
I.4-Hydrogéologie de la région de l'Oued Righ	7
I.4.1-Nappe de continentale intercalaire (CI)	7
I.4.2-Nappe de complexe terminale (CT)	8
I.4.3-Nappe phréatique	8
I.5-Topographie	8
I.6-Pédologie de région de l'Oued Righ	9
I.7-Climatologie	9
I.7.1-Etude des paramètres climatiques	10
I.7.2-Synthèse climatique	12
I.7. 2.1-Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS	12
I.7.2.2-Diagramme d'Embergie	12
I.8-Végétation	14
I.9-Les zones humides de la région d'Oued Righ	14
I.9.1-Les chotts	15
I.9.2-Les lacs	16
I.9.3-Le processus de formation des chotts et sebkhas	16
I.9.4-Les problèmes qui menacée la stabilité des zones humides de l'Oued Righ	16
I.9.5-Relation entre la nappe phréatique et les lacs de l'Oued Righ	17

CHAPITRE(II) : MATERIELS ET METHODE D'ETUDE

II.1-Objectif	19
II.2-Critères de choix des stations d'étude	19
II.3-Présentation et caractérisation des stations d'étude(les lacs –les chotts)	19
II.4-Matériels d'étude	22

II.4.1-Sur terrain	22
II.4.2-sur laboratoire	22
II.5-Méthode utilisée	22
II.5.1- Méthodologie de travail	22
II.5.2- Méthode de prélèvement	24
II.6-Les analyses des eaux	24
II.6.1-Les analyses sur terrain	24
II.6.2-les analyses au laboratoire	25

CHAPITRE(III) : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1-Introduction	30
III.2-Paramètres physiques	32
III.3- Paramètres chimiques	36
III.4-Représentation graphique des faciès hydro-chimiques	43
III.5- Indicateurs de la pollution DBO, DCO.....etc.	46
III.6-Aptitude des eaux à l'irrigation	52
III.7- Conclusion	53
Conclusion générale	54
-Références bibliographiques	57
-Annexe	61

Introduction générale

Introduction générale

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, il existe des formations géomorphologiques offrant des conditions plus ou moins favorables pour la survie et la prolifération d'une flore spontanée saharienne caractéristique et adaptée au milieu désertique (**CHEHMA et al, 2006**). Parmi ces formations les zones humides présentées par des chotts et Sebkhas, qui retenues d'eau artificielles ou barrages remaniés ou créés par l'homme (**RAMSAR, 1994**)

Les zones humides sont toutes zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques où la nappe phréatique est proche de la surface du sol, ou dans laquelle cette surface est recouverte d'eau peu profonde de façon permanente ou temporaire. Ce sont des étendues, de marécage de tourbières, d'eau naturelle ou artificielle, permanentes ou temporaires où l'eau est stagnante ou courante, douce ou saumâtre eau salée y compris des étendues d'eau marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas 6m (**RAMSAR, 1994**).

Les zones humides représentent les meilleurs exemples d'écosystème du point de vue de leurs fonctions biologiques : productivité biologique, habitat et richesse écologique pour les espèces animales et végétales, leurs fonctions écologiques et hydrologiques et de leur importance socio-économique (**RAMSAR, 1994**).

L'homme est une partie de l'écosystème de la terre, influence son environnement et réciproquement : l'homme utilise l'environnement et le transforme à travers l'économie, la technique...etc. ainsi il crée son espace vital et assure ses besoins.

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 a une grande influence sur ces écosystèmes. De nombreuses de ces zones dégradées voire menacées de disparition suite aux actions anthropiques (rejet des eaux usées et de drainage) sans négliger les effets de la sécheresse très fréquente 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 conséquent sur la biodiversité.

L'objectif de notre travail est la contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur cinq zones humides (lac Ayata, lac Sidi Slimane, lac Mégarine lac Témachine, lac Merdjaja) qui paraient représentatives des zones humides de la région de l'Oued Righ par la connaissance de la qualité physico-chimique et les indices de la pollution de ces eaux. On développera dans cette étude les chapitres suivant :

Chapitre 1 : présentation de la région d'étude.

Chapitre 2 : matériels et méthodes d'étude

Chapitre 3 : résultats et discussion.

Chapitre (I)

Présentation de la région d'étude

1- Situation géographique et administrative de l'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 km², 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 Mio-pliocène, 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 (**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 Gouge à, +70m à Touggourt, +30m à Djamaa ,0 m à Mghaïer, -37 m au milieu du chott Mérouane (**DUBOST, 1991**).

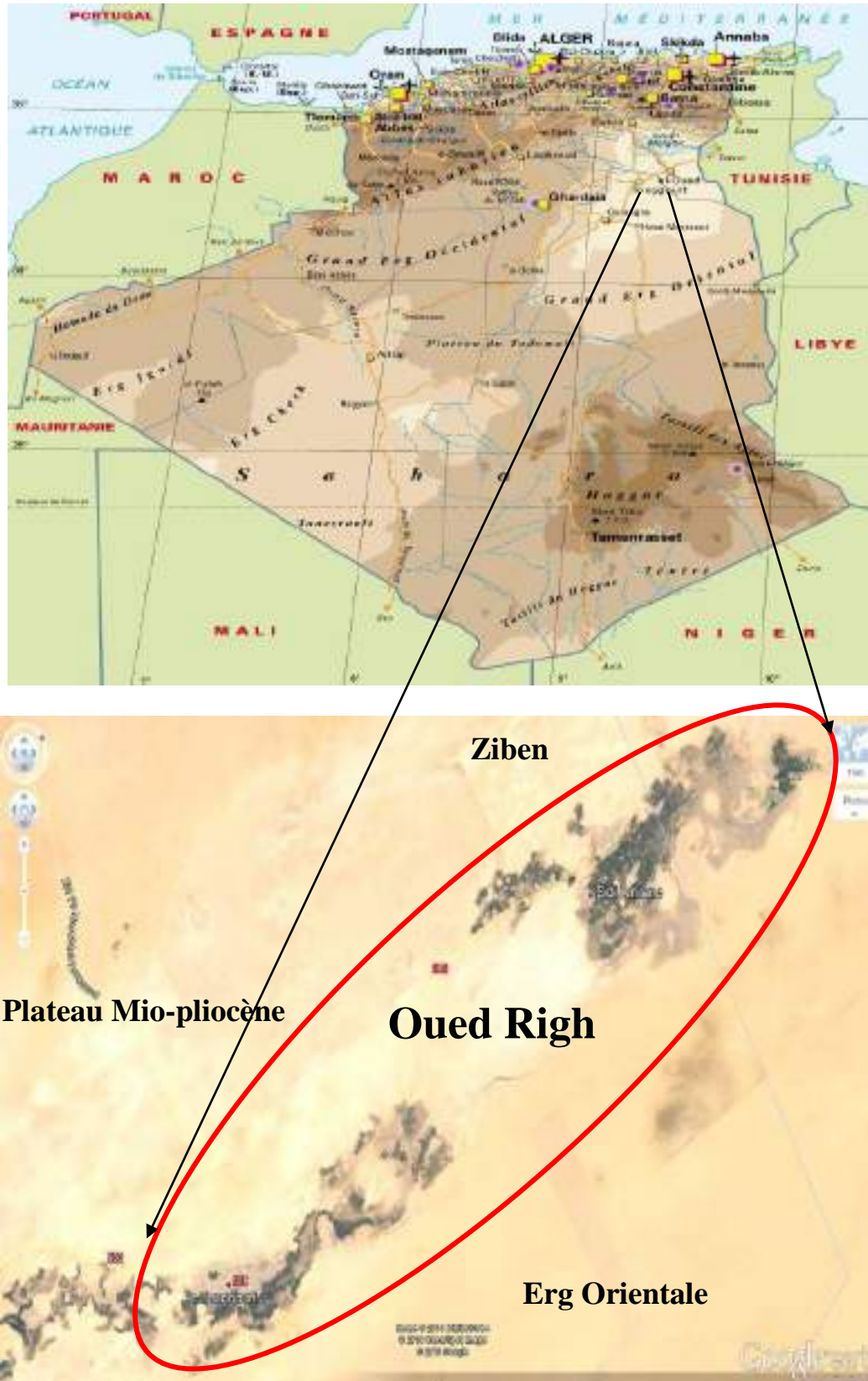


Fig.01 : Situation géographique et administrative de l'Oued Righ (Google Earth 2012)

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 synclinale 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 Km². 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 Km², 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 grés, 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 LEMBAREK, 2008)**.

4.2- Complexe Terminal (CT)

Le Complexe Terminal contient plus d'une nappe (Mio-pliocène, sénonien carbonates et l'Eocène) d'extension considérable de 350 000 Km², 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 de 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 à conduit à l'utilisation de pompes visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation. (SAYAH LEMBAREK, 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

La région de l'Oued Righ est topographiquement plus ou moins aplatie (plaine). Le point le plus élevé (105m) est situé à Touggourt et de -35m El Méghaier pour le point le plus bas, sa pente est régulièrement faible qui est d'environ 1‰ (SAYAH LEMBAREK M, 2008).

6-Pédologie de la région de l'Oued Righ

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**).

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 de 10ans (2003-2012) (**Tableau 01**).

Tableau 01: Données climatiques de la région de Touggourt (2003-2012)

Paramètres Mois	T m (°C)	T M (°C)	T moy (°C)	P (mm)	H (%)	V (m/s)	E (mm)	I (h/mois)
Janvier	4,79	17,41	10,79	17,23	64,85	2,18	74,2	225,36
Février	5,85	19,48	12,69	1,34	53,66	2,58	99,8	216,44
Mars	10,46	24,4	17,23	5,04	46,83	3,08	141,99	244,69
Avril	14,51	28,68	21,31	7,96	42,38	3,4	176,5	255,12
Mai	19,24	33,58	26,38	1,44	33,86	3,44	213,7	319,34
Juin	24,09	38,81	31,68	5,55	30,5	3,29	288,22	318,68
Juillet	28,19	42,49	34,33	0,07	29,1	3,65	323,45	358,64
Aout	26,6	41,17	33,92	1,19	31,15	2,56	288,99	317,5
Septembre	22,58	35,67	29,04	12,5	43,8	5,26	203,19	268,2
Octobre	17,37	30,37	23,62	6,63	50,36	2,38	158,48	268,98
Novembre	9,81	23,12	16,13	1,42	58,51	2,01	115,68	252,1
Décembre	6,9	18,01	11,35	6,07	63,98	1,94	75,55	238,05
Moyenne	15,86	29,43	22,3725	*66,44	*548,98	2,98	*2159,8	*3283,1

Source : O.N.M. Station Touggourt (2013)

Légende :**T M** : Moyenne mensuelle des températures maximales, exprimée en degrés Celsius.**T m** : Moyenne mensuelle des températures minimales, exprimée en degrés Celsius.**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.

* le cumule

7.1-Etude des paramètres climatiques**➤ Température**

La région de l'Oued Righ est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 22.37°C, avec 34.33°C en juillet pour le mois le plus chaud et 10,79°C en janvier pour le mois le plus froid, avec des extrêmes de **TM**=42.49°C en juillet et en **Tm** =4.79°C en janvier (**Tableau 01**).

➤ **Précipitation**

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rare et irrégulières à travers les saisons et les années, elle reçoit un cumule annuelle de l'ordre de 66.44mm, La répartition est marquée par une sécheresse presque absolue au mois juillet de l'ordre 0.07mm et le maximum en janvier avec 17.23mm (**Tableau 01**).

➤ **Vents**

D'après l'O.N.M pour la période (2003-2012), les vents sont fréquents sur toute l'année, avec une moyenne annuelle de 2.98 m/s. Le maximum de vitesse du vent annuelle est enregistré au mois de mai avec une valeur de 3.44 m/s et le minimum en mois décembre avec 1.94 m/s. ces vents soufflent suivant des directions différentes (**Tableau 01**).

➤ **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 323.45mm enregistré au mois de juillet et le minimum est marqué au mois de janvier avec 74.2mm. La moyenne annuelle de l'ordre de 180 mm (**Tableau 01**).

➤ **Humidité de l'aire**

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 29% et 64%, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 45.75%. Juillet est le mois le plus sec et janvier est le mois le plus humide (**Tableau 01**).

➤ **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 358.64 heures et le minimum au mois de janvier avec une durée de 225.36 heures (**Tableau 01**).

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 **figure 02** montre que le climat de la région de Touggourt est caractérisé par une sécheresse permanente pendant toute l'année (climat saharien).

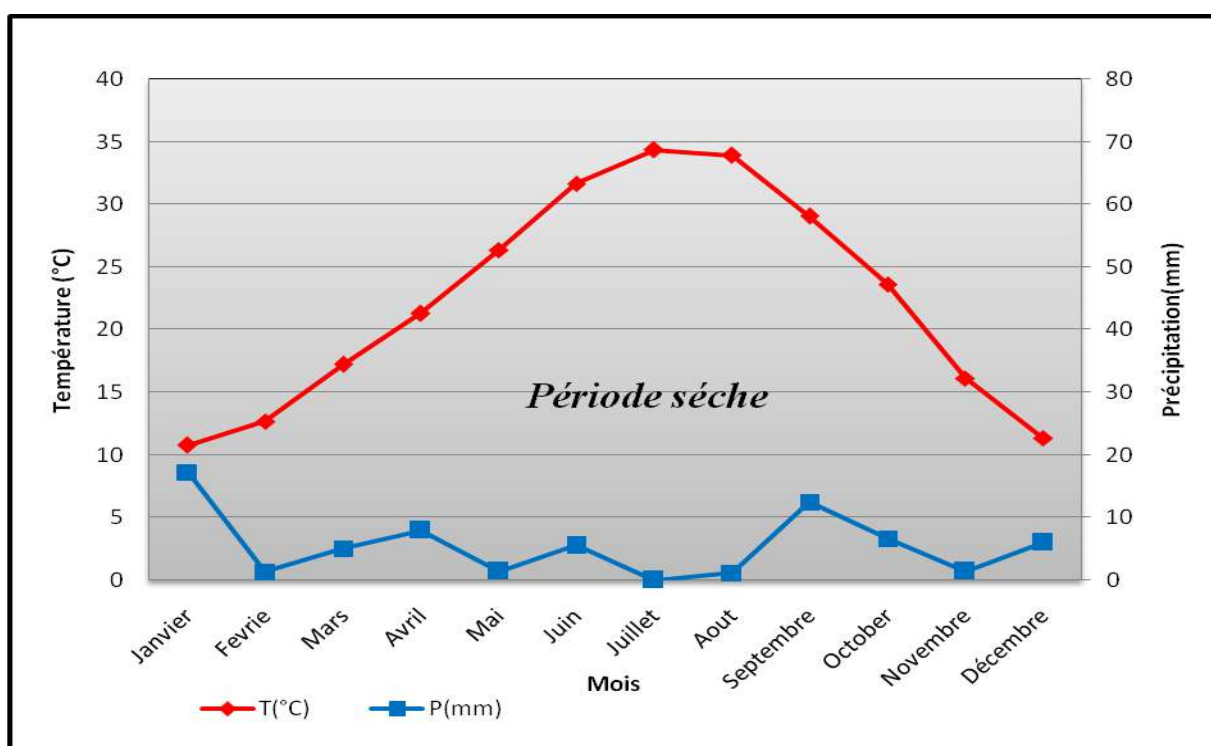


Fig. 02: Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS de la région de Touggourt (2003-2012)

7.2.2-Climagramme pluviométrique d'emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_3) 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 pluviothermique 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 « $Q3 = 6.09$ » sur le Climagramme pluviothermique d'Emberger, la région de Touggourt est situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (**Fig.03**)

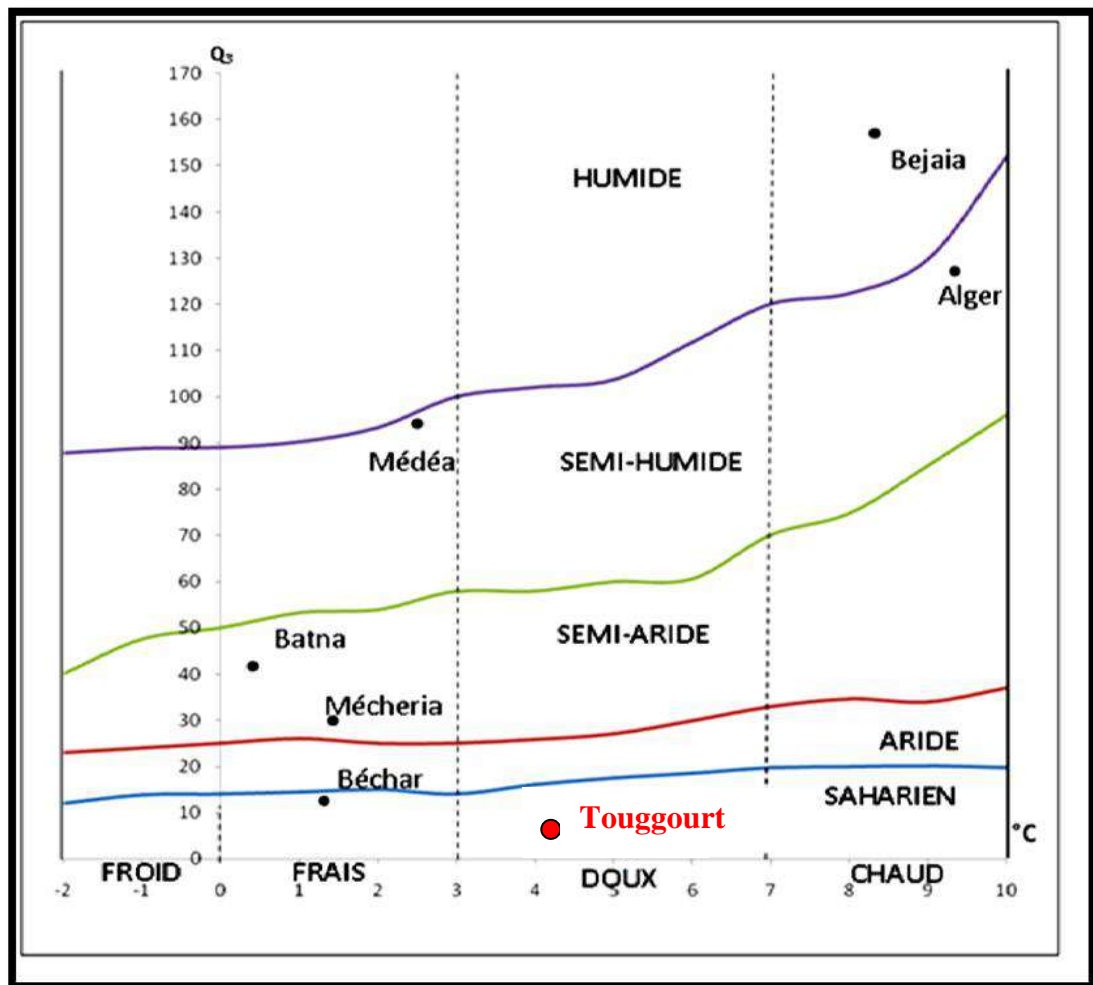


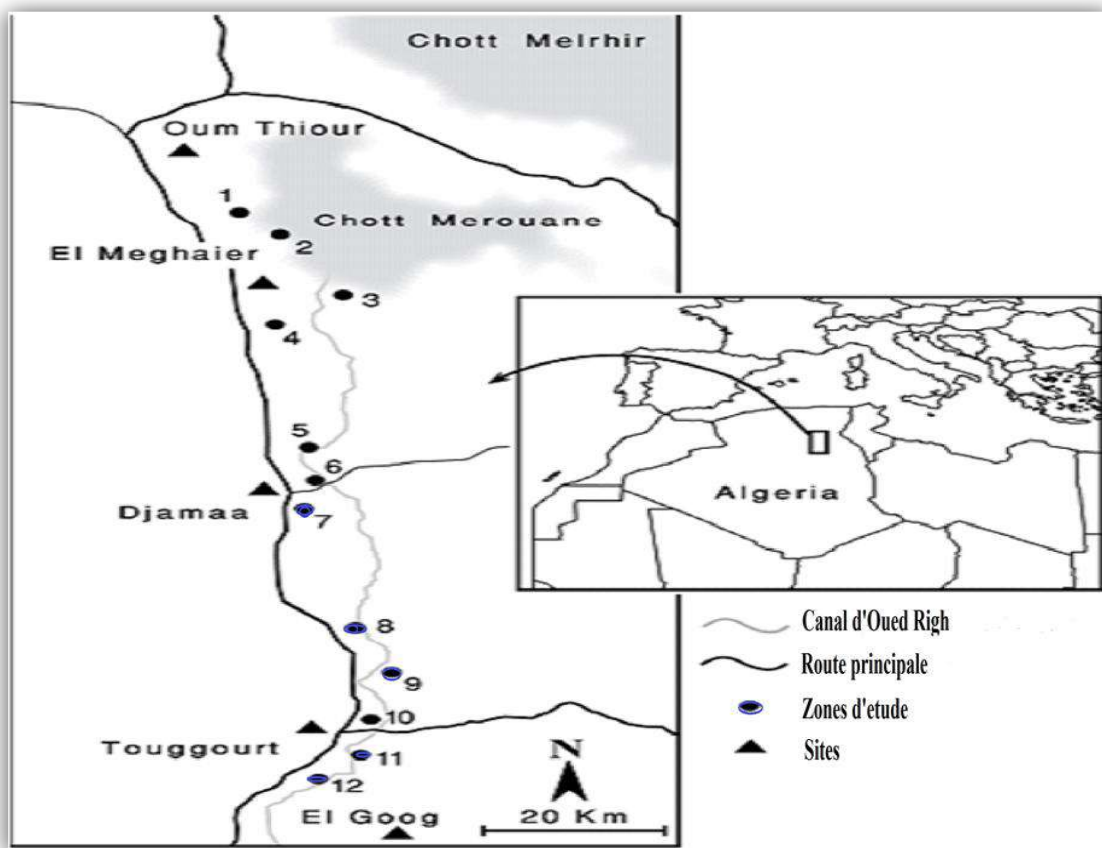
Fig. 03: Climagramme pluviométrique d'Emberger de la région de Touggourt (2003-2012)

8-Végétation

La flore saharienne considérée comme très pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (**OZENDA ,1991**). Le 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-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 Khilile ; Tindla; Lac Ain Zerga; Lac Ayata; Lac Sidi Slimane; Lac Mégarine; Lac TataouineLac Merdjaja; Lac Témachine (**Fig.04**). 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.

Fig.04 : Les zones humides de la région de l'Oued Righ (HALIS *et al*, 2012)

9.1-Les chotts

Les caractéristiques principales de la région d'Oued Righ est son inclinaison vers le Nord ou vers les grands chotts (DUBOST, 1991 in LEBDI ,2003) 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 chottes 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).

9.2-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).

9.3-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, 2002).

9.4-Les problèmes qui affectent les lacs de l'Oued Righ

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.

2. Anthropiques

➤ 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, soient au contraire les enrichir excessivement en éléments nutritifs (DEBBEKH, 2012).

➤ **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).

➤ **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).

➤ **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).

➤ **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).

9.5-Relation entre la nappe phréatique et les lacs de la région

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).

Chapitre(II)

Matériels et méthode d'étude

1-Objectif

L'objectif de notre travail est la contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur la qualité des eaux des zones humides de la région de l'Oued Righ afin de les protéger.

2-Critères de choix des stations d'étude

L'Oued Righ constitue la zone la plus riche en zones humide 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 réalisation de notre travail nous avons choisi 05 zones humides (**Fig.05**) paraient représentatives des zones humides de l'Oued Righ qui sont : lac Ayata, lac Sidi Slimane, lac Mégarin, lac Témacine, lac Merdjaja.

3-Présentation et caractérisation des stations d'étude

➤ **Ayata**

Le lac Ayata est situé dans la commune de Sidi Amrane ; daïra de Djamaa, Wilaya d'El Oued. D'après HAROUN (2010), le lac se trouve à coté de le route nationale N°3 qui relie Skikda à Djanet ainsi sur le chemin de fer reliant Biskra à Touggourt, environ 6Km après Djamaa en direction vers Touggourt. Le site est limité par les coordonnées géographiques suivantes :

-Longitude : 33°29'17"Nord et 33°29'48"Nord.

-Latitude : 05°59'10"Est et 05°59'37" Est.

➤ **lac Sidi Slimane**

C'est un très beau site de par de sa situation géographique, sa proximité immédiate d'un Zaouïa, c'est un lac saumâtre permanent durant toute l'année même en été avec une profondeur plus ou moins important. La zone est située à proximité d'une route à environ 500 m de la commune de Sidi Slimane dont elle dépend, le lac es situé sur à une altitude de 50m en moyenne avec, une superficie de 6.16 ha. La profondeur d'eau varie de 2 à 4m avec une altitude moyenne est égal 50 m, Ces coordonnées géographiques sont:

-Longitude : 06°05'44"Est

-Latitude : 33°17'10"Nord

➤ **lac Mégarine**

Le lac de Mégarine se trouve dans la commune de Mégarine au centre de la région de Touggourt ; bordé des palmeraies et d'une route à cotés. Cette lac est alimenté par l'excès d'eau d'irrigation prévenant des palmeraies voisines à travers deux collecteurs secondaires de drainage liés directement au lac Le lac couvre une superficie d'environ de 1.8 ha avec une profondeur de 2 à 4m. Ces coordonnées géographiques sont :

-Latitude : 33°12'24Nord

-Longitude : 006°05°Est

-Altitude : 76 m.

➤ **Lac Témacine**

Le lac Témacine ou «El Bhours » se trouve au Nord de la commune, il est entouré par des palmerais, les eaux évacuées par le réseau de drainage de ces oasis aliment ce lac, le canal d'Oued Righ qui se trouve à l'Est du lac, constitue un exutoire naturel. Ils sont en liaison direct avec distance intermédiaire de 10m. Le lac couvre une superficie de 1.5 ha avec une profondeur de 2 à 7m. Ces coordonnées géographiques sont :

-Latitude : 33°00'46 Nord

-Longitude : 006°01'24 Est

-Altitude : 76m.

➤ **Le Merdjaja**

Le lac Merdjaja est le lac le plus réputé de Touggourt, son accès est très facile, situé à 03Km au Sud de Touggourt par la route communale qui conduit à l'aéroport de Sidi Mehdi dans la commune de Nezla, sa superficie est variable selon les saisons entre 01et 02 ha, le lac est entourée par les palmeraies et un cordon dunaire avec sa végétation typique, une ceinture de roseau entoure le lac sur ces bords immédiats, la flore submergée et émergée est abondante et diversifiée, la longueur de ce lac est à peu-prés 300 à 400m et la largeur est de 200m. Ces géographiques coordonnées :

-Latitude : 33°03'08" Nord.

-Longitude : 06°03'55' Est.

-Altitude : 69 m.

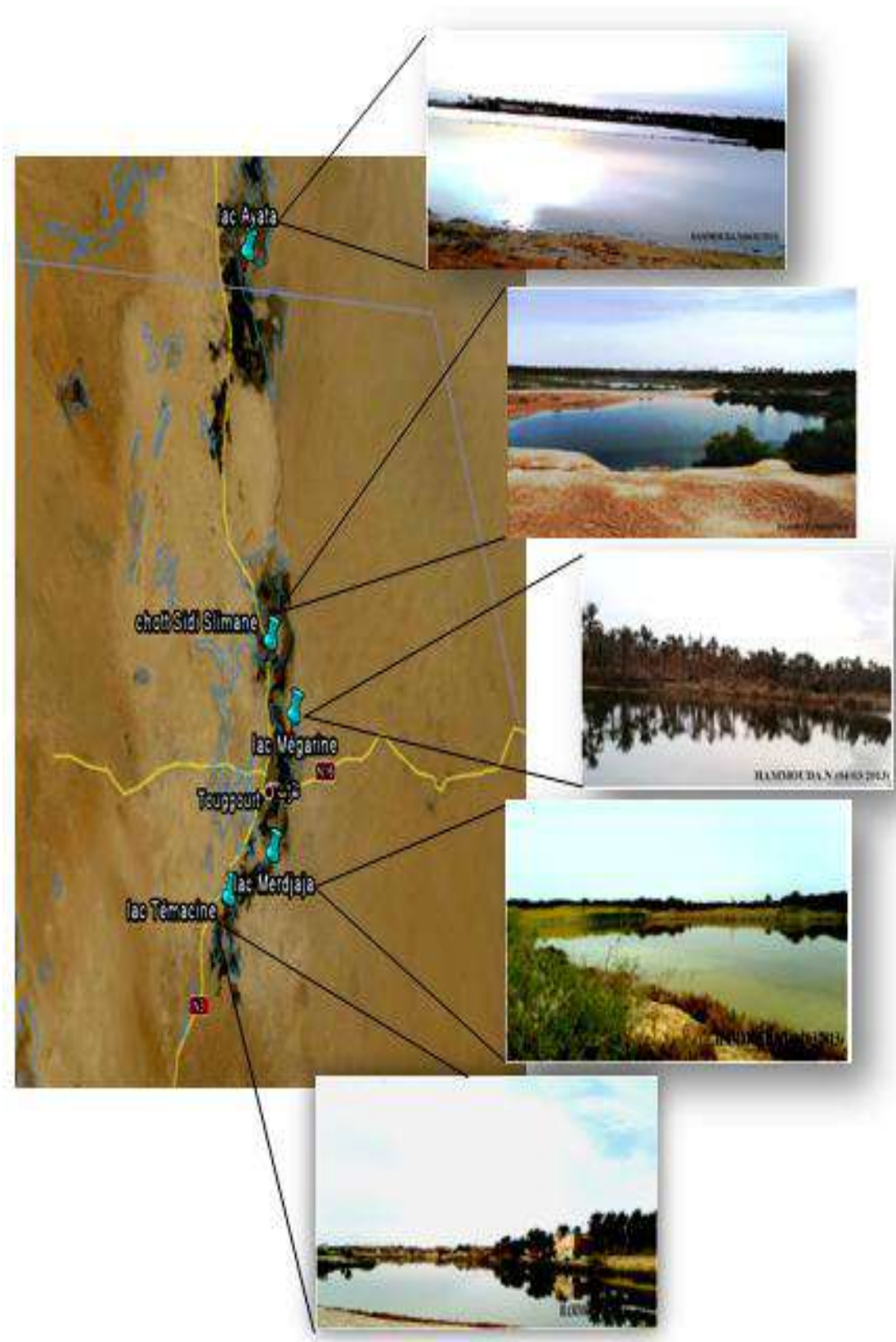


Fig.04 : Situation géographique des stations d'étude de l'Oued Righ (Google Earth; 2013)(Photographie originale)

3-Matériels d'étude

Pour la réalisation de notre travail, nous avons utilisée les matériels suivant :

➤ **Sur le terrain**

- Un Bloc not : pour noter tout les informations.
- Des flacons : pour importer les échantillons de l'eau.
- Un pH mètre : pour mesuré le pH de l'eau.
- GPS : pour déterminer les coordonnées géographiques.
- Un conductimètre : pour mesure la conductivité électrique.
- Un appareil photo numérique pur : pour prendre les photos des lacs.
- Une thermos : pour conserve les échantillons de l'eau.

➤ **Sur le laboratoire**

- Verriers (Entonnoirs ; Béchers de différent volume ; les éprouvettes ...etc.)
- Les capsules en porcelaine.
- Une étuve : pour séchage des échantillons.
- Une balance numérique : pour mesure le poids des échantillons.
- Un spectrophotomètre à flamme : pour mesure la concentration des cations
- Un réfrigérateur : pour conserve les échantillons.
- Four à moufle pour l'estimation de la teneur en sulfate.

5-Méthode utilisée

5.1- Méthodologie de travail

Pour atteindre notre objectif nous avons opté la méthodologie suivante (**Fig.06**) : nous avons commencé par une prospection du terrain dont le but est le choix des stations d'étude et les sites de prélèvement d'eau. Les échantillons d'eau sont prélevés de quatre sites pour chaque station (lac) à deux prélèvements en mois de Mars et Avril de l'an 2013. Les échantillons d'eau ont été l'objet des différentes analyses physiques et chimiques. Les résultats des analyses sont traités ensuite pour tirer des conclusions.

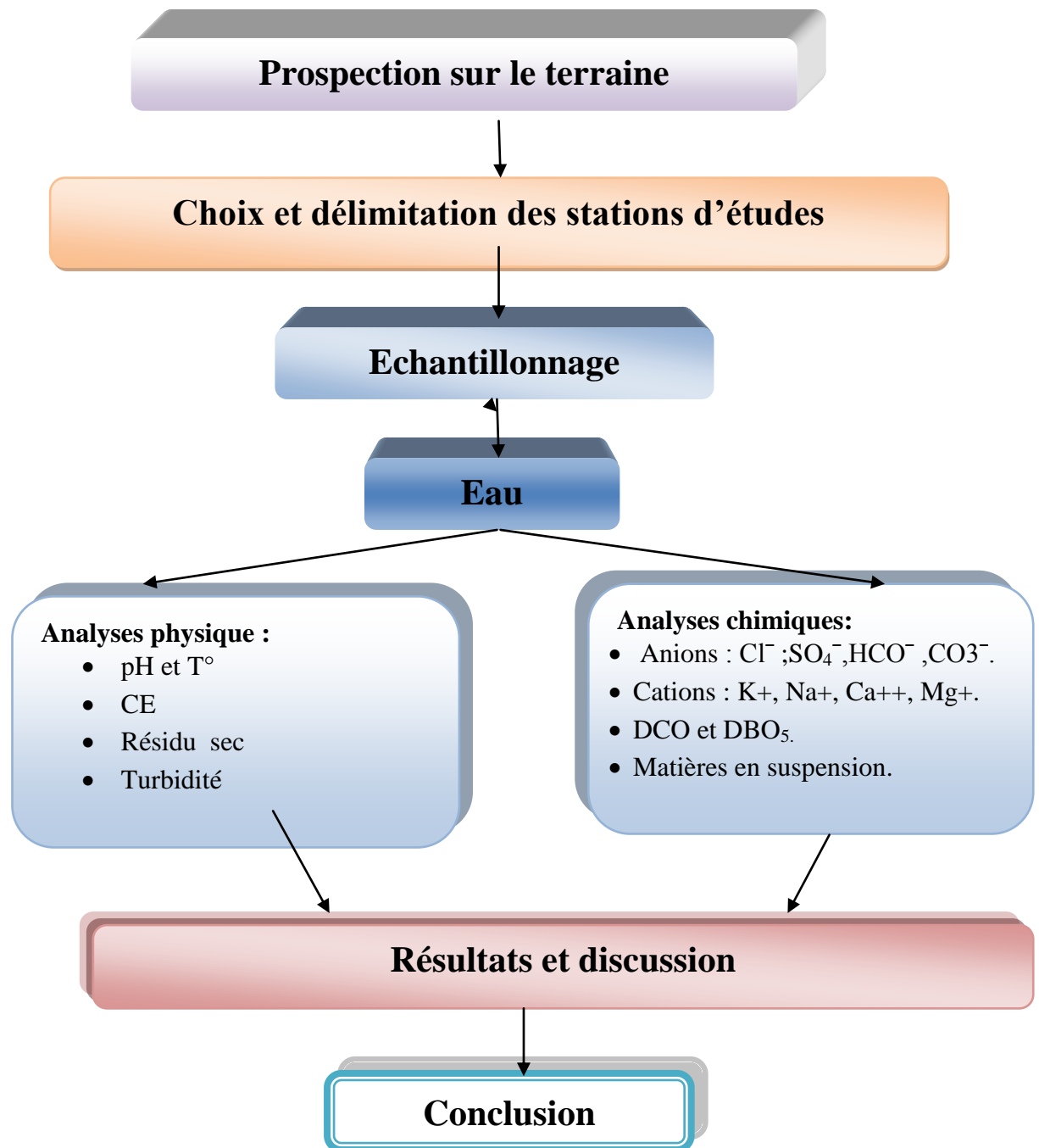


Fig.06 : Méthodologie de travail

Pour chaque station, nous avons pris les coordonnées géographiques présentées dans le par un GPS 12 XL CARMIN.

Tableau 02 : Coordonnées géographiques des stations d'études

Coordonnée géographique stations	Latitude (Nord)	Longitude (Est)	Altitude (m)
Lac Ayata	33°29'34.2''	005°59'19.9''	38
Lac Sidi Slimane	33°17'13.4''	006°05'04.0''	48
Lac Mégarien	33°12'24.9''	006°05'54.6''	56
Lac Témacine	33°01'00.0''	006°01'26.4''	82
Lac Merdjaja	33°03'30.8''	006°03'56.8''	83

5.2- méthode de prélèvement

Le prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière; qui s'adapte avec le type d'analyse procédé comme suivant.

Pour les analyses physico-chimiques; l'emploi des flocons de plastique d'un 1.5 l. Avant de procéder au prélèvement des échantillons des saumures, les bouteilles seront rincées 3 fois avec de l'eau distillé, puis elles sont rincées sur le terrain avec les saumures du chott, pour éviter toutes erreurs. Après le prélèvement des échantillons, les bouteilles sont fermées pour évité l'évaporation et transportées au laboratoire dans une glacière.

6-Les analyses des eaux

6.1-Les analyse sur le terrain

Le pH, la température et la conductivité électrique sont des paramètres doivent être appréciés au moment de prélèvement puisqu'elle change pendant le temps de transport et de conservation. Ils sont des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de la qualité chimique des eaux (**RODIER et COLL, 2005**)

Sur le terrain, la conductivité électrique et la température sont déterminées par un conductimètre portable (Con 315/SET) où l'électrode de cette dernière est introduit dans l'eau à analyser ensuite on lire la CE et la température affichées après la stabilité de l'appareil. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre portable (**pHep HANNA**).

6.2-Analyse au laboratoire

➤ Résidu sec

Le résidu sec est exprimé en gramme par litre (g/l) ou milligramme par litre (mg/l), représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous, obtenue par dessiccation de l'eau à 110 °c. Elle donnée par l'expression :

$$RS = (P2 - P1) 1000 / V \text{ (Rodier, 1984)}$$

Avec :

RS : Résidu sec.

P1 : Le poids en mg de la capsule vide.

P2 : Le poids en mg de capsule plié.

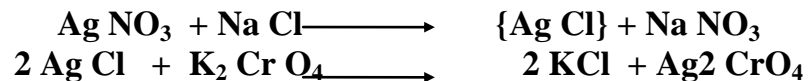
V : La prise d'essai d'eau à analyser en ml

➤ Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...), Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure à l'aide d'un turbidimètre (**RODIER, 1996**).

➤ Détermination des chlorures (Cl⁻)

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



➤ Détermination du calcium (Ca²⁺) et du magnésium (Mg²⁺) et la dureté (TH)

Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA : Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux. Le principe consiste à un titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di-sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir ériochrome, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

➤ **Les sulfates (SO_4^{-2})**

La teneur en sulfates dans les eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation, les sulfates proviennent essentiellement de l'anhydrite (CaSO_4) et de gypse (Ca SO_4) en contact avec l'eau (**RODIER, 1996**). La méthode gravimétrique utilisée pour le dosage des sulfates est basée sur le principe de faire précipiter les sulfates sous forme de sulfate de baryum.

Calcule :
$$\text{SO}_4^{-2} \text{ (még/l)} = \text{B} * 8.56 * 1000 * \text{A} / \text{V}$$

Avec :

B : poids de BaSO_4 précipité

V : Volume de la prise d'essai.

A : Facteur de la dilution.

➤ **Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)**

Ils proviennent de la dissolution des roches carbonatées dont l'eau est fonction de la tension en CO_2 , de la température, du pH et de la nature lithologique des terrains traversés. Ce sont les résultats de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le CO_2 selon l'équation suivante : $\text{XCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{X}^{++} + 2\text{HCO}_3^-$ (**RODIER, 1996**)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes ; on utilise acide fort en solution diluée nécessaire NaOH pour déterminée le titre alcalimétrique complet (TAC) (**RODIER, 1996**) Expression des résultats :

$$\text{TAC} = [\text{Va} - \text{Vb}] * \text{T} * \text{D} \text{ en (F}^\circ\text{)}$$

Va volume de H_2SO_4 pour titrer l'eau à analyse

Vb: volume de H_2SO_4 pour titrer blanc

T : (10/volume de H_2SO_4 pour titré le titre)

D : facteur de dilution

1F[°] = 10 mg/l de CaCO_3

La concentration de $\text{HCO}_3^- = \text{TAC} * 12.2$

➤ **Dosage du sodium et du potassium par photométrie de flamme**

On a utilisé le spectrophotomètre à flamme pour le dosage de potassium (K^+) et de sodium (Na^+). On établit une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue, où on fait filtration des eaux analysée dans des fioles avant la mesure, les résultats sont affichées sur le spectre.

➤ **Détermination des matières en suspension (M.E.S)**

La détermination de la teneur de matières en suspensions d'une eau traite au principe de filtrer l'eau et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

$$MES = 1000(M1-M0)/V$$

Avec :

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C.

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).

➤ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de 1 litre (quelle que soit leur origine, organique (biodégradable ou non) ou minérale (fer ferreux, nitrites, ammonium, sulfate et chlorures). La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel. Elle exprime la quantité d'oxygène fournie par du bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$, et nécessaire à l'oxydation de substances organiques pendant deux heures à l'ébullition à 150°C en milieu acide et en présence de catalyseur ($HgSO_4/H_2SO_4$). L'excès de bichromate de potassium est dosée par le sel de Mohr (Sulfate de fer et d'ammonium) (**RODIER, 1996**), Elle est exprimée en mg O_2/l , et donnée par l'expression suivant :

$$DCO (mg/l) = 8000.C_{Fe}.(V_T - V_E)/E$$

VT, VE: volumes en ml de sel de Mohr utilisé pour titrer le témoin et l'échantillon respectivement.

E: volume en ml de la prise d'essai d'eau.

CFe: est la concentration, exprimée en mol par litre, de la solution sel de Mohr.

➤ **La demande biologique en oxygène (DBO₅)**

La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante va entraîner une consommation d'O₂) au cours des procédés d'autoépuration (RODIER, 1996).

La DBO est mesurée au bout de 5 jours (=DBO₅), à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O₂) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse-parasite), et donnée par l'expression suivant :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur}$$

➤ **L'indice de biodégradabilité (DCO / DBO₅)**

Le rapport DCO / DBO₅ détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Si le rapport DCO / DBO₅ est inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement biodégradable, un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution.

➤ **Matières organiques (MO)**

La plupart des matières organiques ne deviennent polluantes que lorsqu'elles se retrouvent en excès dans le milieu. On distingue :

- les matières organiques biodégradables qui se décomposent dans le milieu naturel,
- les matières organiques non biodégradables (hydrocarbures).

De nombreux micropolluants organiques d'origine industrielle ou urbaine affectent la qualité des cours d'eau. Ils traversent les stations d'épuration sans être altérés, résistent à l'autoépuration et se retrouvent à l'état de traces dans les rivières. Outre la réduction d'oxygène dissous qu'ils entraînent, certains confèrent aux eaux de consommation des propriétés irritantes parfois toxiques ainsi qu'une odeur et un goût désagréables. Ces micropolluants peuvent avoir une action nuisible sur la flore bactérienne et gêner, sinon empêcher le bon fonctionnement des stations d'épuration, Elle est calculée par la formule suivante:

$$\text{MO (mg/l)} = 1/3 \text{ DCO} + 2/3 \text{ DBO}_5$$

Chapitre (III)
Résultats et Discussion

1. Introduction

Les résultats d'analyses physiques et chimiques des eaux des lacs étudiée de l'Oued Righ durant 02 prélèvements (la 1^{ère} au Mars et la 2^{ème} au Avril) ont étaient l'objet d'un traitement graphique et statistique, dont le but d'interpréter ces résultats et comprendre le fonctionnement géochimique de ces écosystèmes aquatiques (les lacs) et de tirés les signes de dégradation de ces derniers (**Tableau 03**).

Tableau 03: Résultats des analyses physiques et chimiques des eaux des lacs étudiés.

Les lacs Paramètres	1 ^{er} prélèvement (mars 2013)					2 ^{ème} prélèvement (avril 2013)				
	Lac Ayata	Lac Sidi Slimane	Lac Mégarine	Lac Témacine	Lac Merdjaja	Lac Ayata	Lac Sidi Slimane	Lac Mégarine	Lac Témacine	Lac Merdjaja
T (°C)	13,2	15,1	17,2	17,7	19,4	21,2	21,6	21,3	20,1	20,7
pH	8,1	8,4	8,5	8,3	8,5	7,9	8,29	8,27	8,26	8,55
CE (dS/m)(25°C)	16.8	45.55	17	15	26.44	30	70.01	27	26	26.03
TAC (mg/l)	7857,1	9464,6	1143	1857,1	786	2962,5	6300	2400	325	2525
Turbidité(NTU)	0,50	23,6	0,30	0,48	1,96	0,70	6,45	2,82	1,69	4,16
Résidu Sec (g/l)	14.3	39	14,5	12.8	22.5	26	60	22.1	23	22.13
Na ⁺ (mg/l)	254.5	500	470	255	256	256	485	430	126	450
K ⁺ (mg/l)	17.75	71	24	17.75	18.75	12.5	62	22.5	11	36
Ca ⁺⁺ (mg/l)	689,37	4944,7	1703,4	432,9	705,40	2385	4970	2284,6	2325	1804
Mg ⁺⁺ (mg/l)	739,2	2984	1308	734,4	634	1560	3022	1640	1476	1896
TH (mg/l)	4800	22450	9700	4140	4400	12450	24990	12450	11950	12400
Cl ⁻ (mg/l)	7346,1	21737,4	14720,6	7851	5545	5647,2	26297,1	11101	4750,4	18614
SO ₄ ⁻² (mg/l)	984	856	942	600	214	400	950	600	214	1160
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	9586	11546,4	1394,2	2265,7	958,57	3614,3	7686	2928	396,5	3081
CO ₃ ⁻ (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DBO ₅ (mg/l)	10	10	10	20	10	5	5	155	5	5
DCO (mg/l)	288	1881,6	460,8	273,6	288	328,89	1370,4	68,52	91,36	274,08
MO(%)	9,30	57,41	14,51	9,46	9,30	13,65	55,6	15,24	4,08	5,40
(DCO/DBO ₅)	28,8	188,11	46,08	13,68	28,8	65,65	274,08	0,44	18,27	54,8
MES (mg/l)	1260	600	400	800	3200	1800	800	2400	1600	600

2. Paramètres physiques

➤ Température (T)

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 22.4°C où la température des eaux prélevées des 05 lacs étudiées varient entre 13.2°C et 21.6°C (**Fig.07**), la variation de la température agira sans doute sur les réactions métaboliques qui se produisent dans les eaux des lacs, mais aussi la période de prélèvement de saumure joue un rôle important ; Globalement la température de l'eau des stations étudiés suite celle de l'aire qui dépends du climat régional de type Saharienne.

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.

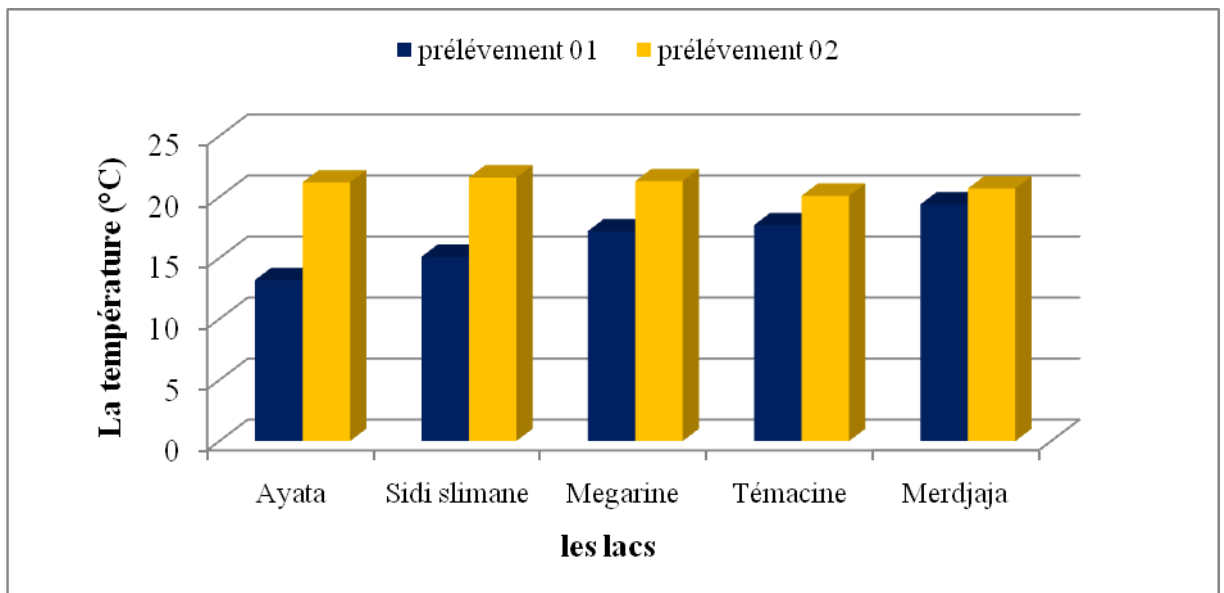


Fig.07 : Variation de la température des eaux des lacs étudiés

➤ Potentiel hydrogène (pH)

Le pH correspond à la concentration d'ions hydrogène, il mesure l'acidité ou la basicité d'une solution, les résultats d'analyses des eaux montrent qu'il existe une légère variation du pH d'une station à l'autre (**Tableau 03**).

Les valeurs du pH des eaux oscillent entre 8 et 8.55 pour tout les eaux des lacs pendant les 02 prélèvements qui peut classés selon l'échelle comme des eaux à pH alcalins (**annexe Tableau 01**) (**Fig.08**), 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 évacuées dans les lacs.

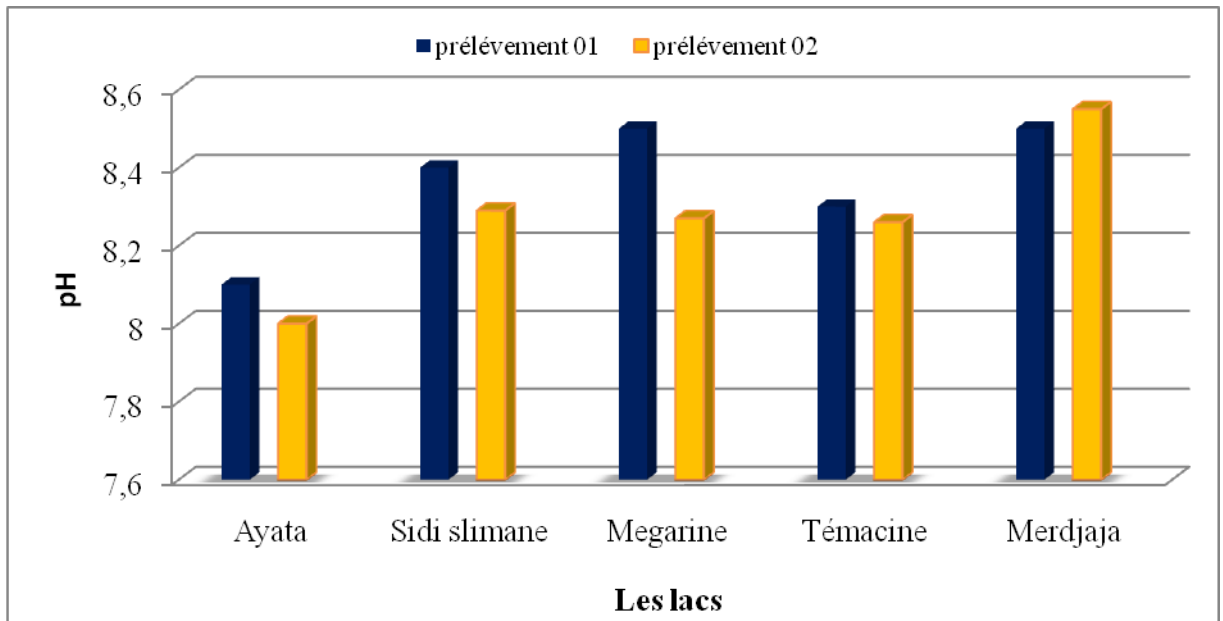


Fig.08 : Variation du pH des eaux des lacs étudiés

➤ Conductivité électrique (CE)

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 15 dS/m (enregistrée dans le lac Témacine) et 45.55 dS/m (enregistrée dans lac Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement, d'autre part, les valeurs de la conductivité électrique varient entre 26 dS/m (enregistrée dans le lac Témacine) et 70.01 dS/m (enregistrée dans lac Sidi Slimane) pour le 2^{ème} prélèvement. On remarque que la CE augmente dans le 2^{ème} prélèvement pour toutes les eaux des lacs (**Fig.09**). Cette variation est due aux conditions climatiques où les hautes températures accentuent l'évaporation des eaux et par conséquent augmentent la concentration des sels solubles dans l'eau. Les eaux des lacs sont classées comme eaux fortement salées (**annexe Tableau 02**).

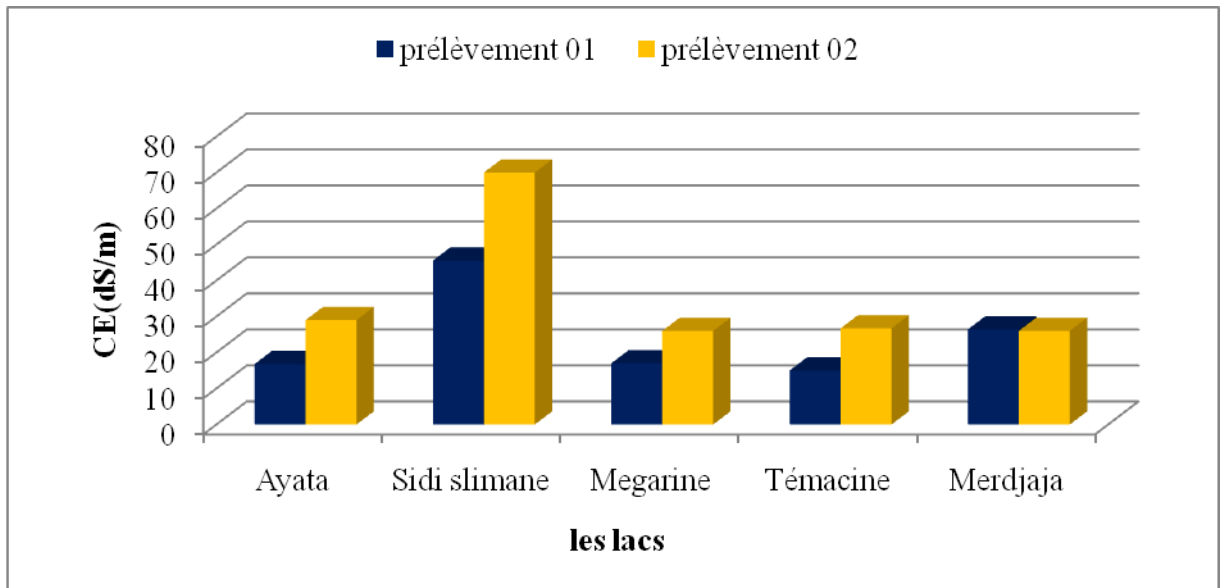


Fig. 09: Variation de la Conductivité électrique des eaux des lacs étudiés

➤ **TAC (Titre alcalin-métrique complet)**

Dans l'ensemble des eaux analysées des lacs étudiés de l'Oued Righ on remarque un TAC supérieur à 325 mg/l, où les valeurs de TAC varient entre 786 mg/l (enregistrée dans le lac Merdjaja) et 9464.6mg/l (enregistrée dans lac Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement. Le TAC varient entre 325 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 6300 mg/l (enregistrée dans lac Sidi Slimane) pour le 2^{ème} prélèvement (Fig.10).

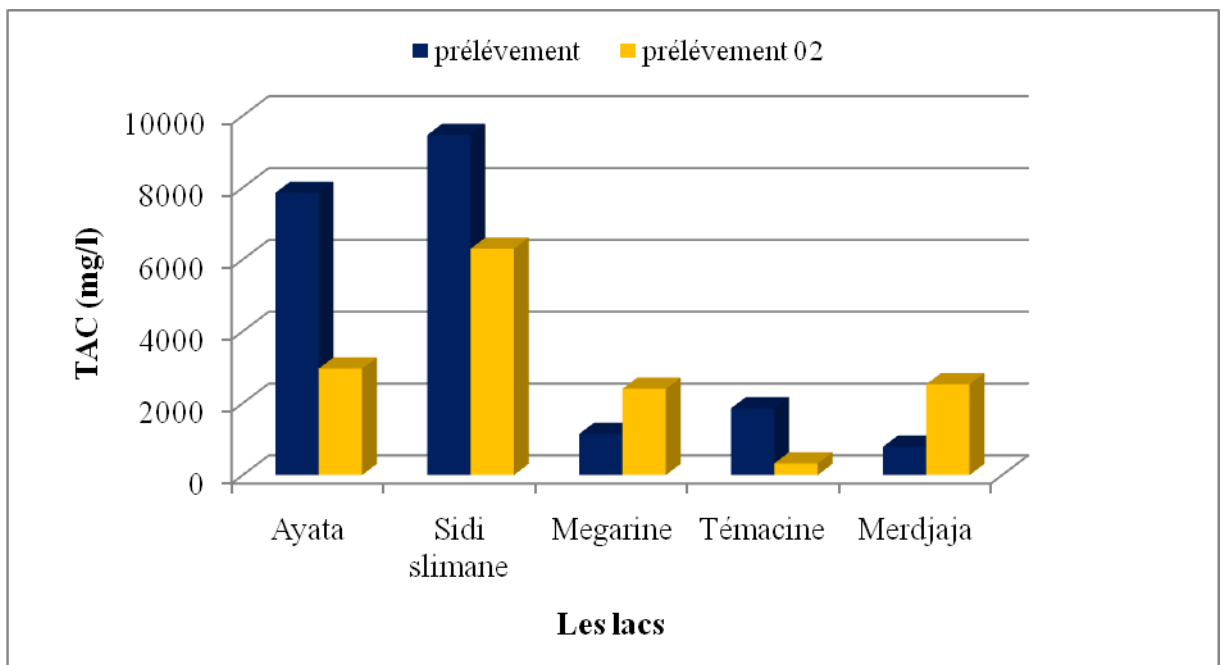


Fig. 10: Variation du TAC des eaux des lacs étudiés.

➤ Turbidité

La turbidité est un paramètre qui indique à la présence des particules en suspension dans les eaux, selon les résultats obtenus les valeurs de la turbidité oscillent entre 0.3 NTU et 23.6 NTU (**Fig.11, Tableau 03**). Les résultats montrent que les eaux des lacs Ayata, Mégarine, Témacine et Merdjaja sont des eaux claires selon les classes de turbidité (**annexe tableau 03**), par contre l'eau de lac Sidi Slimane est légèrement trouble avec une turbidité de 23.6 NTU (**SEQ-Eau, 1990**). Cela indique que la turbidité se considère comme un paramètre de dégradation de qualité de l'eau (**annexe tableau04**).

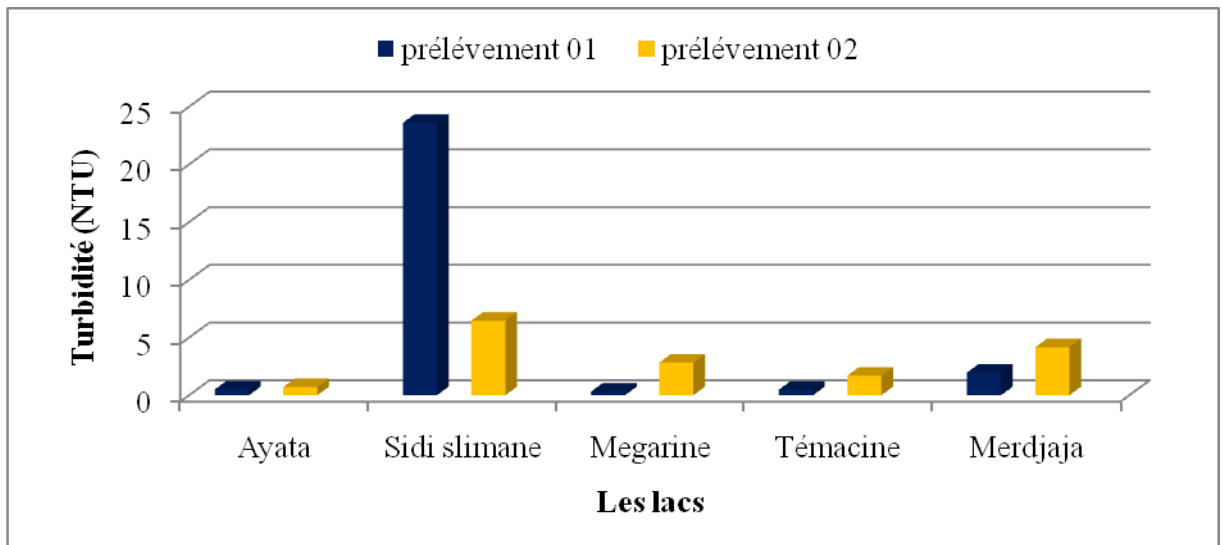


Fig. 11: Variation de la turbidité des eaux des lacs étudiés

➤ Résidu Sec

La figure 12 montre des forts teneurs résidu sec dans les chott Sidi Slimane et Merdjaja (les valeurs entre 30 g/l et 60g/l) où on remarque que les valeurs de résidu sec varient entre 12.8 g/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 39g/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour 1^{ère} prélèvement, d'autre part les valeurs de résidu sec varient entre 22.1 g/l (enregistrée dans le lac Mégarine) et 60 g/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 2^{ème} prélèvement, selon les classes de résidu sec (**HAFOUA, 2005**) (**annexe tableau 02**) on peut classées les eaux de lacs Ayata et lac Mégarine et Témacine et Merdjaja comme eaux fortement salées et lac Sidi Slimane est très fortement salée, ce qui nous laisse pensé que l'élévation des concentrations est due à la degré de salinité des lacs et les chotts.

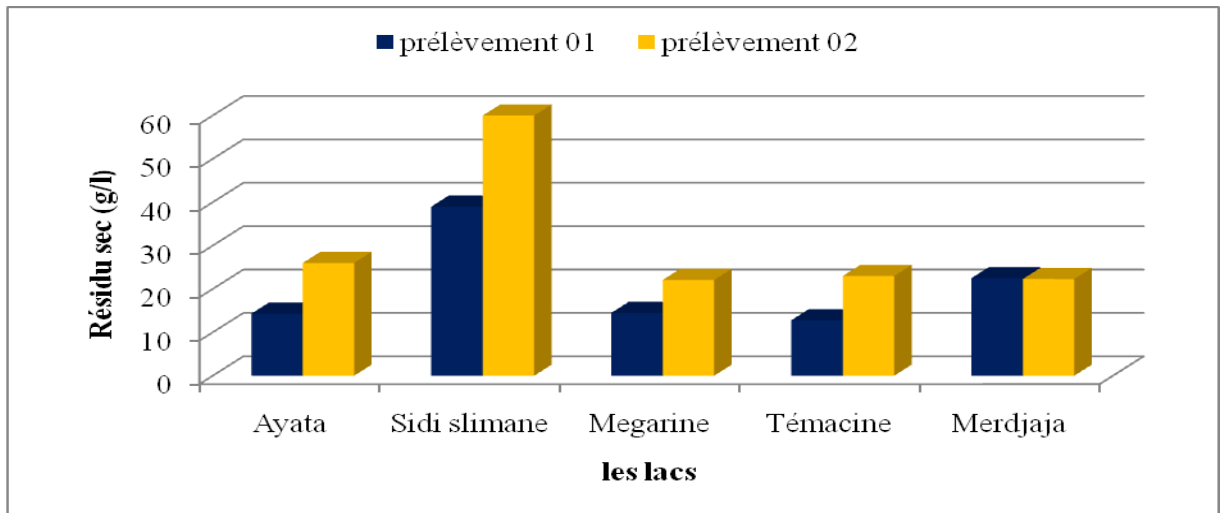


Fig.12 : Variation de résidu Sec des eaux des lacs étudiés

➤ Conclusion

D'après les résultats obtenus, la qualité physique des eaux des lacs étudiés de l'Oued Righ est identique dans certains cas et différente dans d'autres cas comme suit :

La température des eaux des lacs varie entre 13.2 °C à 21.6 °C. Le pH des eaux des lacs d'études de l'Oued Righ est généralement alcalin. La conductivité électrique est généralement très forte surtout pendant le 2^{ème} prélèvement, qui montrant une forte dégrée de salinité dans les eaux des lacs étudiés. La valeur maximale enregistrée dans chott Sidi Slimane. Les résidus sont très importants, les valeurs les plus importantes sont remarquées dans le lac Sidi Slimane et lac Ayata et lac Témacine. Aussi ces eaux des lacs sont considérées comme des eaux très troubles.

3. Paramètres chimiques

➤ Le Sodium (Na⁺)

Le sodium constitue 2.83% de constituant de la croûte terrestre, il a un degré de dissolution très élevé dans l'eau. La représentation graphique des teneurs en sodium des eaux des lacs étudiées (**Fig.13**) montre que le sodium est un élément dominant dans les eaux des lacs surtout dans le chott Sidi Slimane, lac Mégarine et lac Merdjaja, aussi on remarque que la concentration de Na⁺ varie entre 254.5 mg/l (enregistrée dans le lac Ayata) et 500 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement. Le Na⁺ au 2^{ème} prélèvement varie entre 126 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 485 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane), on explique cette augmentation par les caractéristiques géologiques au premier lieu, aussi le comportement de sodium est sensiblement géré par plusieurs facteurs climatiques (température élevée, évaporation intense).

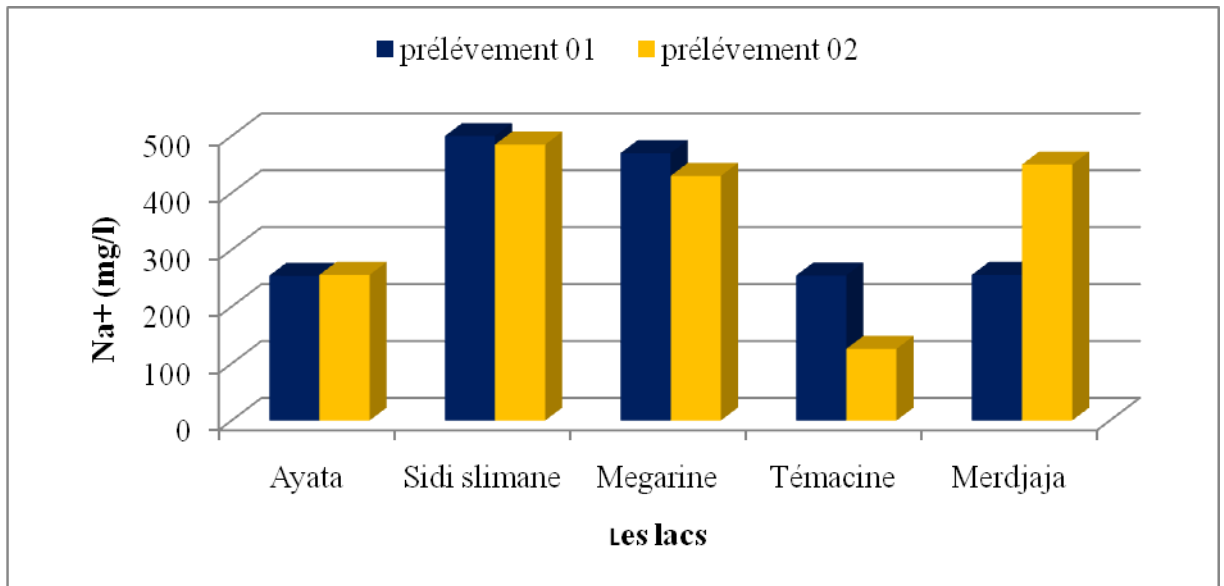


Fig.13 : Variations des concentrations en sodium des eaux des lacs étudiés

➤ **Le potassium (K^+)**

Le potassium existe dans tous les types des eaux naturelles avec des faibles concentrations, parce qu'il entre dans la construction de la croûte terrestre de 2.59% leur composants sont facilement dissociable dans l'eau, on remarque que la concentration de K^+ varie entre 432.9 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 4944.7 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement. D'autre part, au 2^{ème} prélèvement, les teneurs en K^+ varient entre 1804 mg/l (enregistrée dans le lac Merdjaja) et 4970 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) (**Fig.14**). 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 de la des engrais chimiques (NPK) retrouvées dans les eaux de drainage agricole.

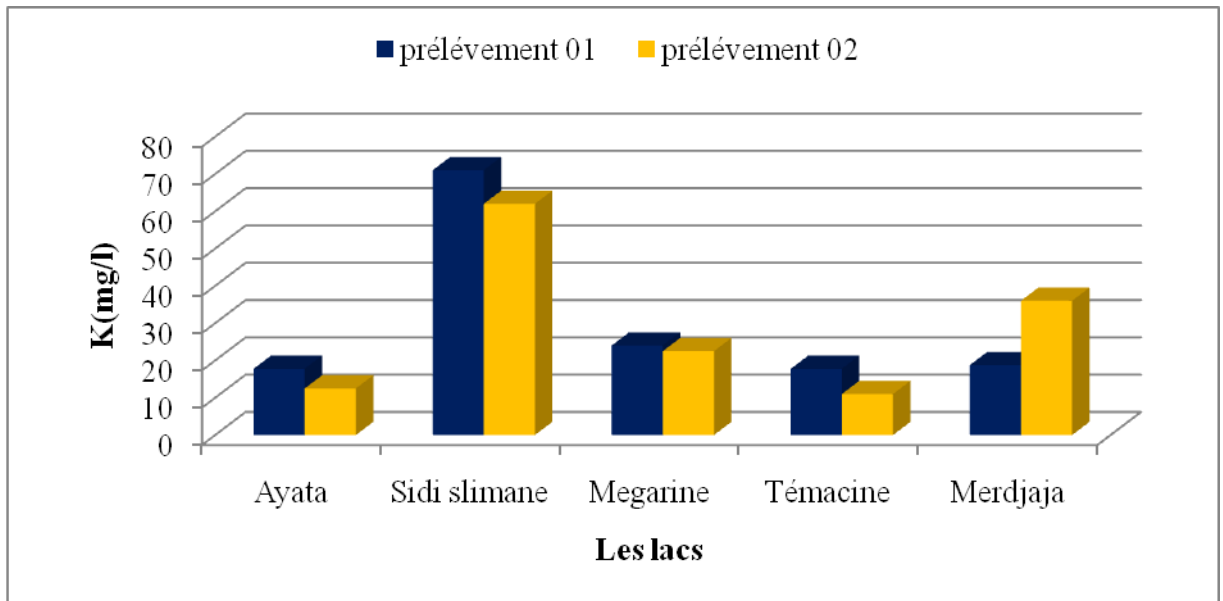


Fig. 14: Variations des concentrations en potassium des eaux des lacs étudiés.

➤ Calcium (Ca^{++})

Le calcium est l'un des éléments qui contribuent à la minéralisation des eaux. Les résultats enregistrés de la teneur en Ca^{++} représente l'importance de cet élément dans les eaux des lacs. L'origine de Ca^{++} lié, en générale, au terrain traversé et les eaux d'alimentation et de type de formation géologique. La concentration de calcium est plus important dans le chott Sidi Slimane pendant les deux prélèvements respectivement avec 4944.7mg/l et 4970mg/. La concentration de Ca^{++} varie entre 432.9 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 4944.7 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement. Elle varie de 1804 mg/l (enregistrée dans le lac Merdjaja) à 4970 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) au 2^{ème} prélèvement (**Fig.15**). Les teneurs des eaux en calcium est important au 2^{ème} prélèvement dans les cinq lacs, cette augmentation est expliquée par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures.

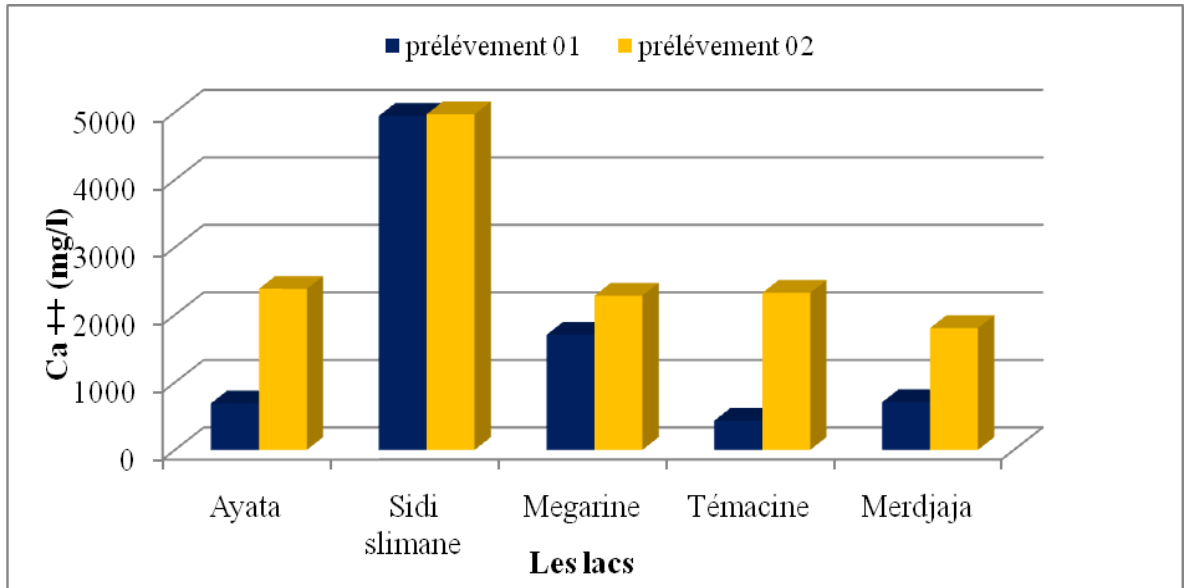


Fig.15 : Variations des concentrations en calcium des eaux des lacs étudiés

➤ **Magnésium (Mg⁺⁺)**

La concentration de Mg⁺⁺ est très important dans tous les eaux des lacs de l'Oued Righ, surtout au 2^{ème} prélèvement la teneur en Mg⁺⁺ varie entre 1476 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 3022 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) par comparaison les valeurs de 1^{ère} prélèvement la teneur en Mg⁺⁺ varient entre 634 mg/l (enregistrée dans le lac Merdjaja) et 2984 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) (Fig.16). 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 riche en magnésium « MgSO₄ ».

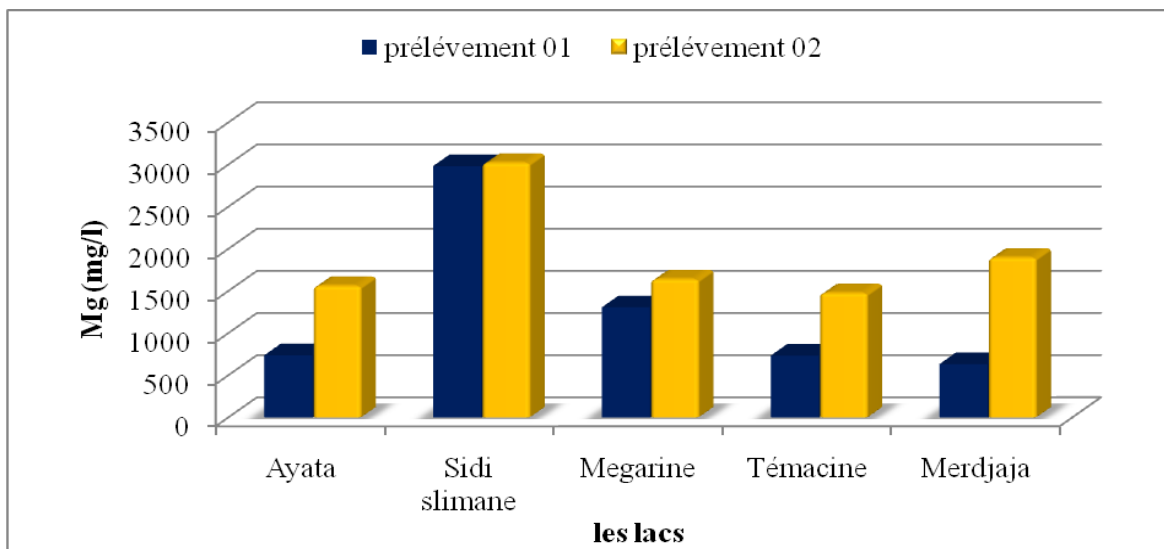


Fig. 16: Variations des concentrations les magnésiums des eaux des lacs étudiés

➤ **la Dureté totale (DHT)**

Dans l'ensemble des eaux analysées des lacs étudié de l'Oued Righ on remarque une DHT supérieure à 4000 mg/l, la DHT des eaux de 1^{ère} prélèvement est faible par rapport la DHT dans les eaux des lacs de 2^{ème} prélèvement selon les résultats obtenus des teneurs des eaux en DHT (**Fig.17**) qui montrent que les valeurs varient entre 4140 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) 22450 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement par rapport les valeurs de 2^{ème} prélèvement varient entre 11950 mg/l (enregistrée dans le lac Témacine) et 24990 mg/l (enregistrée dans chott Sidi Slimane).

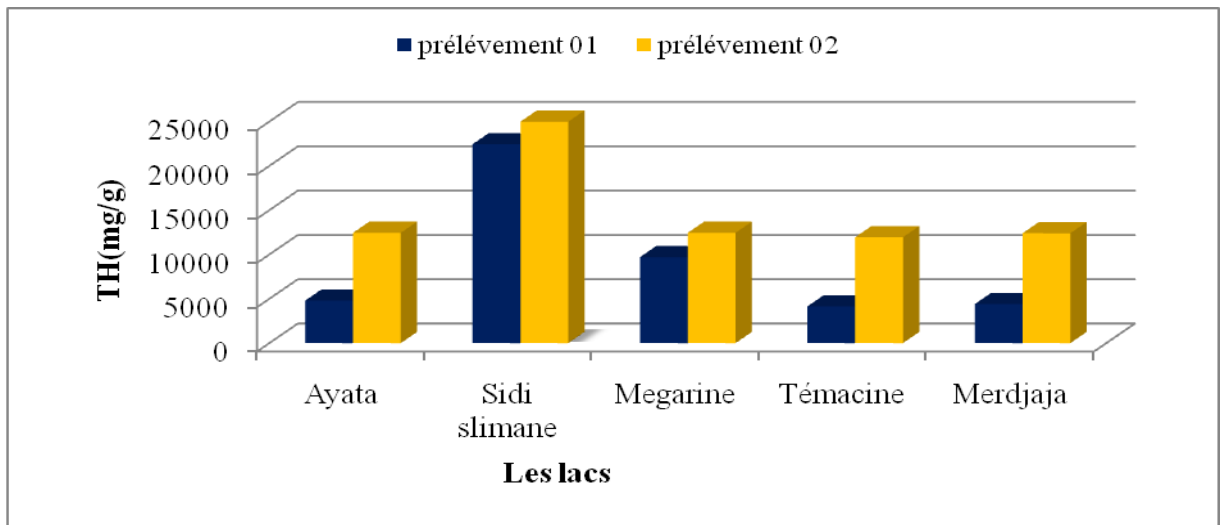


Fig.17 : Variations des concentrations la dureté totale des eaux des lacs étudiés

➤ **Chlorures (Cl)**

Les résultats obtenus des teneurs des eaux en chlorures (**Fig.18**) montrent qu'ils varient entre 4750 mg/l et 26297.1 mg/l pour l'ensemble des lacs de l'Oued Righ. La plus importante concentration est enregistrée dans les eaux de lacs Sidi Slimane avec 26297.1 mg/l. Les chlorures proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères; des rejets des eaux usées. Comme tous les autres éléments, la teneur en chlorures augmente au 2^{ème} prélèvement, elle passe de 7346.1 mg/l à 5647.1 mg/l, de 21737.4 mg/l à 26297.1 mg/l, de 14720.6 mg/l à 11101 mg/l, de 7851 mg/l à 4750.4 mg/l, de 5545 mg/l à 18614 mg/l respectivement dans le lac Ayata, Sidi Slimane, lac Mégarine, Témacine et lac Merdjaja. Les eaux des lacs sont classées comme eaux polluées parce qu'elles dépassent (>250mg/l) selon les normes de qualité de base pour les eaux de surface (**VILLERS J, et al, 2005**) (annexe tableau 06).

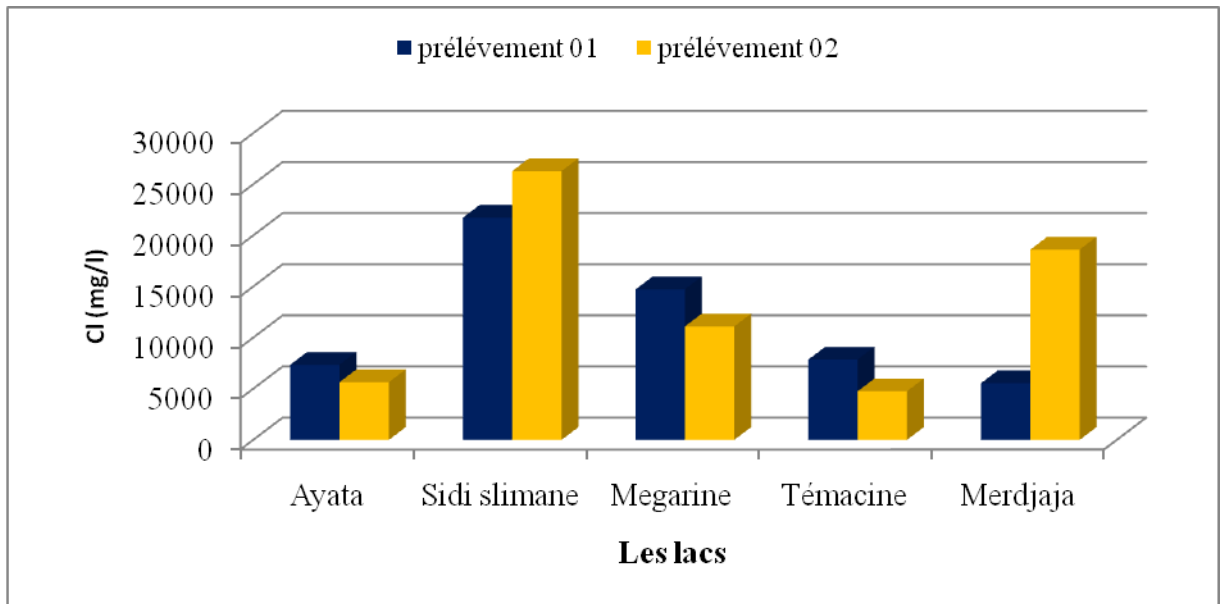


Fig.18 : Variations des concentrations des Chlorures des eaux des lacs étudiés

➤ **Sulfates (SO_4^{2-})**

D'après les résultats obtenus, les concentrations en sulfates des eaux des lacs oscillent entre 214 mg/l et 1160 mg/l (**Fig.19**). Les valeurs passent de 984 mg/l à 400 mg/l, de 856 mg/l à 950 mg/l, de 942 mg/l à 600 mg/l, de 600 mg/l à 214 mg/l, de 214 mg/l à 1160 mg/l respectivement dans le lac Ayata, Sidi Slimane, lac Mégarine, Témacine et lac Merdjaja, ce qui indique que les eaux analysées sont chargées en sulfates. La principale source naturelle des sulfates est la dégradation du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) et l'oxydation de soufre en sulfate par l'intermédiaire de l'air dans un milieu aquatique aussi que les eaux résiduaires et de drainage riche en sulfates). Les fortes concentrations sont enregistrées dans les eaux de lac Merdjaja avec 1160 mg/l, aussi tout les valeurs sont dépassée ($>150\text{mg/l}$) les normes de qualité de base pour les eaux de surface (**VILLERS J, et al, 2005**) (**annexe tableau 06**). Ces valeurs sont dues peut être au lessivage des dépôts évaporitique (phénomène dissolution/évaporation).

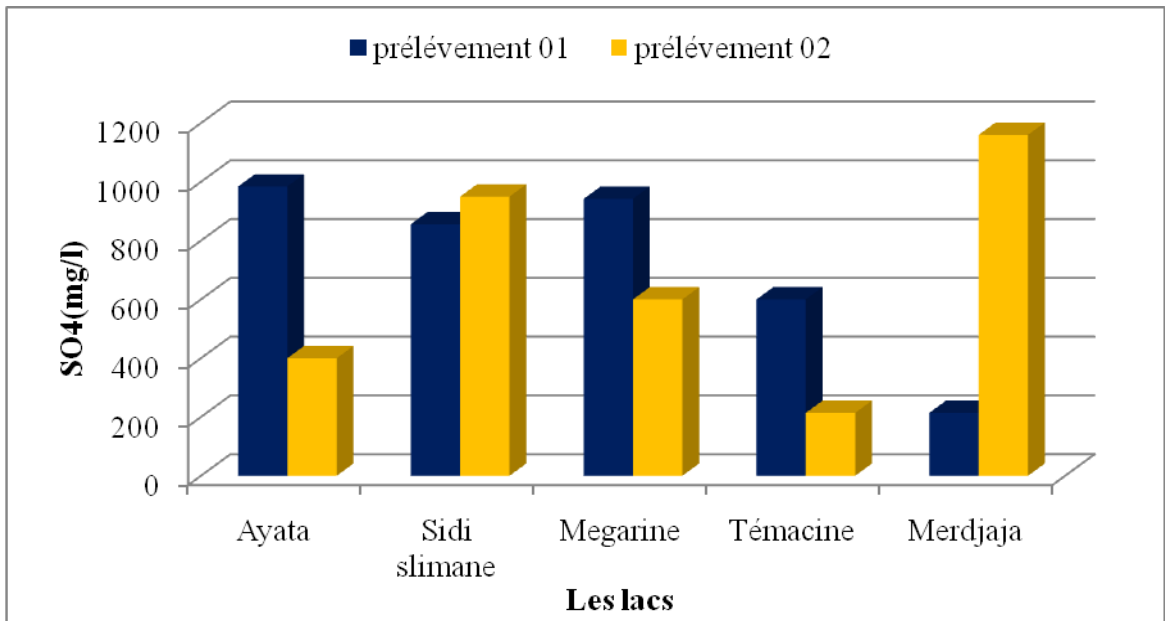


Fig. 19: Variation des concentrations de Sulfate des eaux des lacs étudiés

➤ **Bicarbonate (HCO₃⁻)**

Les résultats obtenus (Fig.20) nous montrent que les concentrations des eaux en bicarbonates sont élevées et qui varient entre 396.5 mg/l à 11546.4 mg/l, Les valeurs de bicarbonate (HCO₃⁻) dans les eaux des lacs passent de 9586 mg/l à 3614.3 mg/l, de 11546.4 mg/l à 7686 mg/l, de 1394.2 mg/l à 2928 mg/l, de 2265.7 mg/l à 396.5 mg/l, de 958.6 mg/l à 3081 mg/l respectivement dans le lac Ayata, Sidi Slimane, lac Mégarine, Témacine et lac Merdjaja. Les bicarbonates dans l'eau proviennent des eaux de drainage (évacuation des eaux agricole dans les lacs et les chotts de l'Oued Righ) et de la dissolution des calcaires.

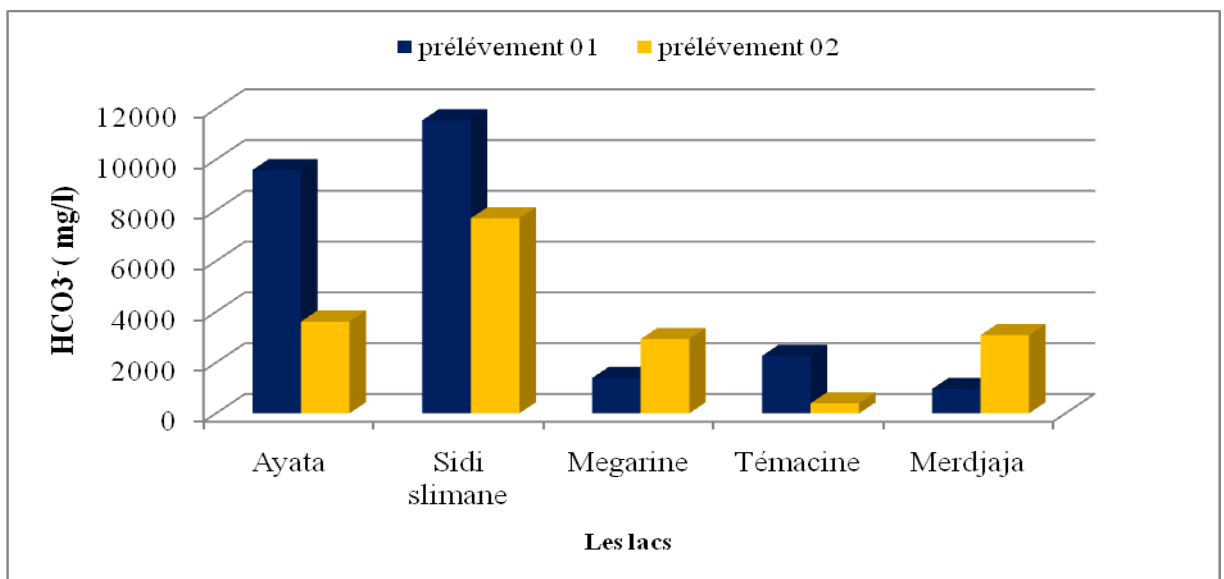


Fig.20 : Variation des concentrations des Bicarbonates des eaux des lacs étudiés

4. Représentation graphique des faciès hydro-chimiques

L'étude des eaux des lacs de l'Oued Righ a montré de teneurs en sels solubles très fort (Fig. (21,22)). Les chlorures et le calcium et les bicarbonates sont les prédominant surtout pour le lac Sidi Slimane et lac Merdjaja. Le faciès des eaux est chloruré calcique pendant le premier et le deuxième prélèvement.

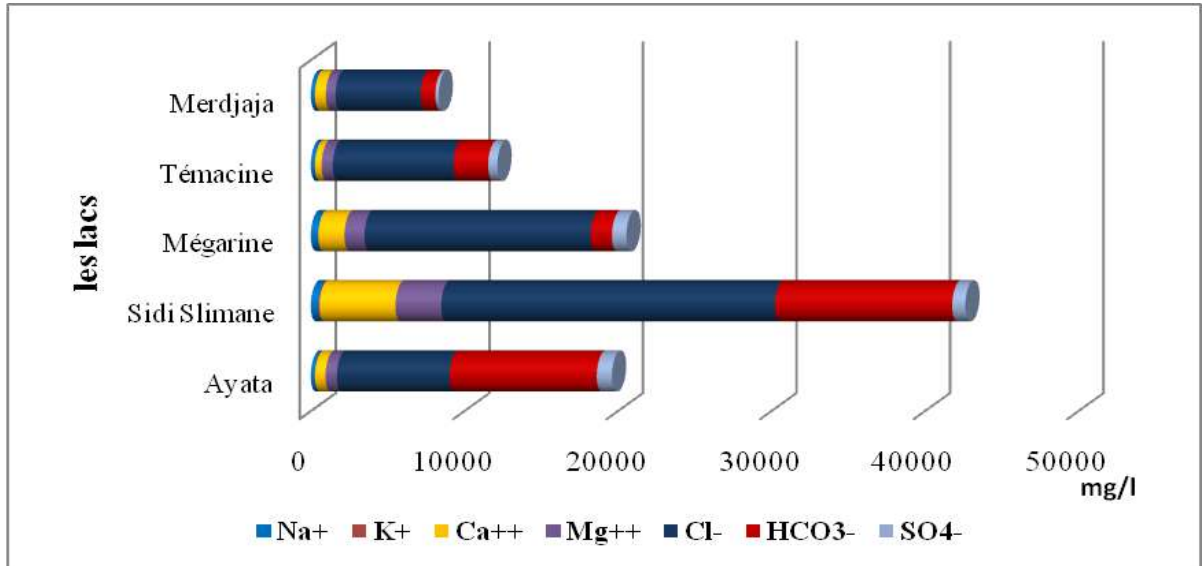


Fig.21 : Les teneurs en sels solubles dans les eaux des stations d'études (Prélèvement 01)

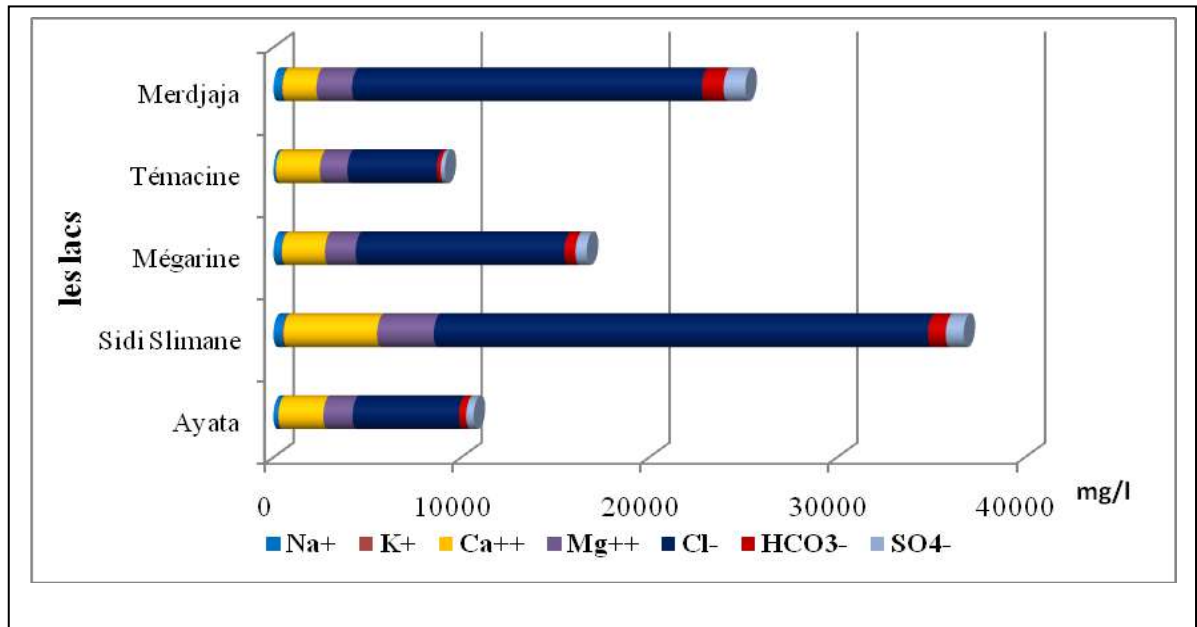


Fig.22 : Les teneurs en sels solubles dans les eaux des stations d'études (Prélèvement 02)

➤ **Diagramme de Piper**

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global. Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques. Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation est importante, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants.

Les résultats d'analyses hydro-chimiques pour toute la période d'observation ont permis d'avoir une idée sur les faciès chimiques des eaux des lacs de la région de l'Oued Righ. Dans notre cas, les points des eaux représentés sur le diagramme de Piper (**Fig.23**) montrent un faciès chimique hyper chlorurée calcique. Les teneurs en chlorures et calcium prennent la prédominance. Il est observé que Les cations ont une tendance vers le pôle calcique, et les anions ont une tendance vers le pôle chloruré, les chlorures sont dominants par leur origine géologique, précisément à la forte évaporation des eaux.

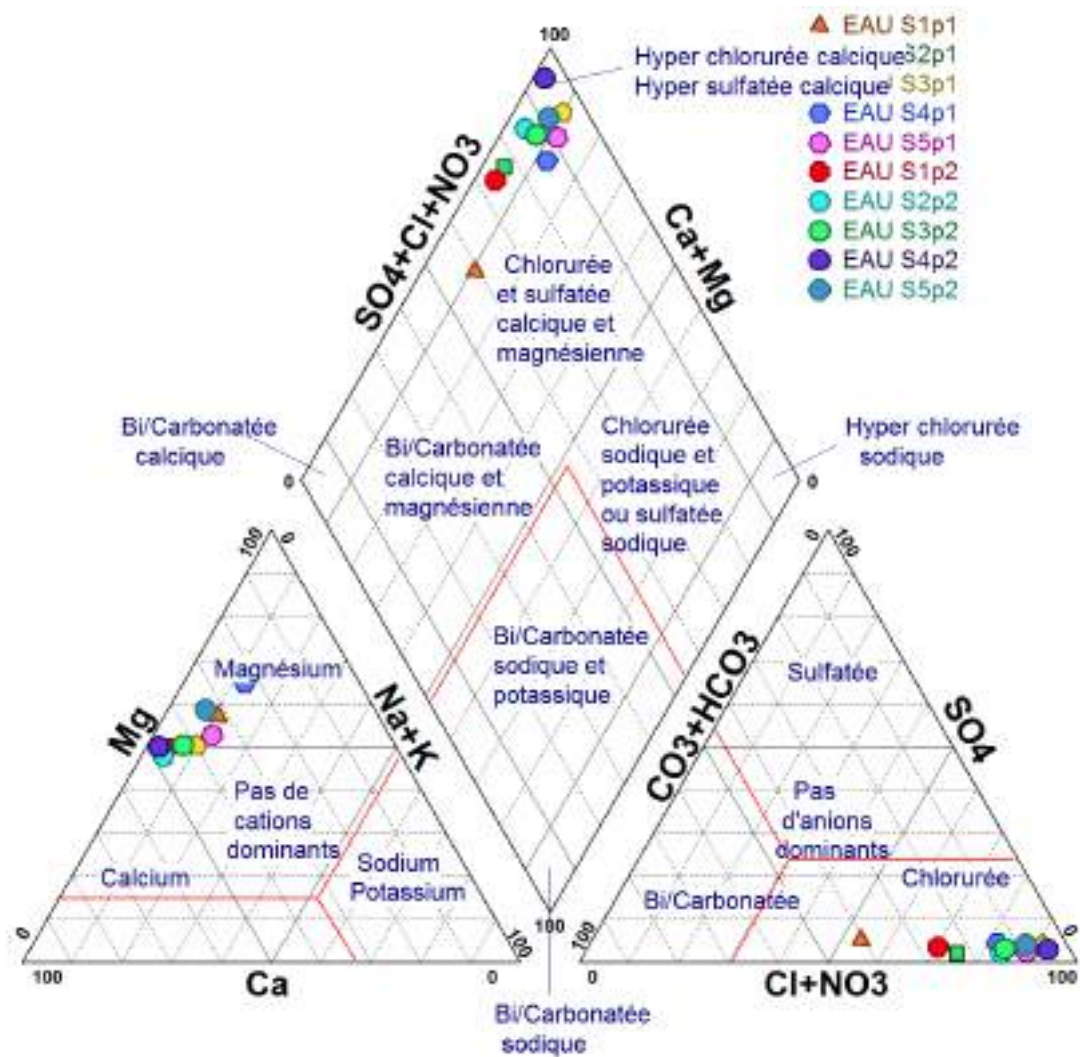


Fig.23 : Diagramme de piper des eaux analysées des lacs (Ayata, Sidi Slimane, Mégarine, Témacine, Merdjaja)

➤ **Conclusion**

D’après les résultats obtenus à partir des analyses chimiques des eaux des lacs étudiés, il paraît que les eaux ont un faciès chloruré calcique, et en générale tous les valeurs des concentrations des anions et des cations sont dépassent les normes de qualité des eaux superficielles.

5. Indicateurs de la pollution

➤ Matière en suspension (MES)

Les eaux de surface contiennent de nombreuses particules constituées de débris des végétaux, limons, de biomasse ...etc, ces matières particuliers sont quantifiées par la mesure des matières en suspension. Les valeurs de MES dans les eaux des lacs oscillent entre 400mg/l et 3200mg/l pendant les 02 prélèvements (**Fig.24**) Au 2^{ème} prélèvement la teneur en MES mesurée dans les eaux des lacs d'étude dépasse celle de la norme de (**SEQ-Eau 1990**), et on classe les eaux des lacs comme à très mauvaise qualité (**annexe tableau 03**), ceci témoigne d'une pollution à ces lacs par l'activité anthropique. 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) D'une façon générale les MES interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption (**annexe tableau04**).

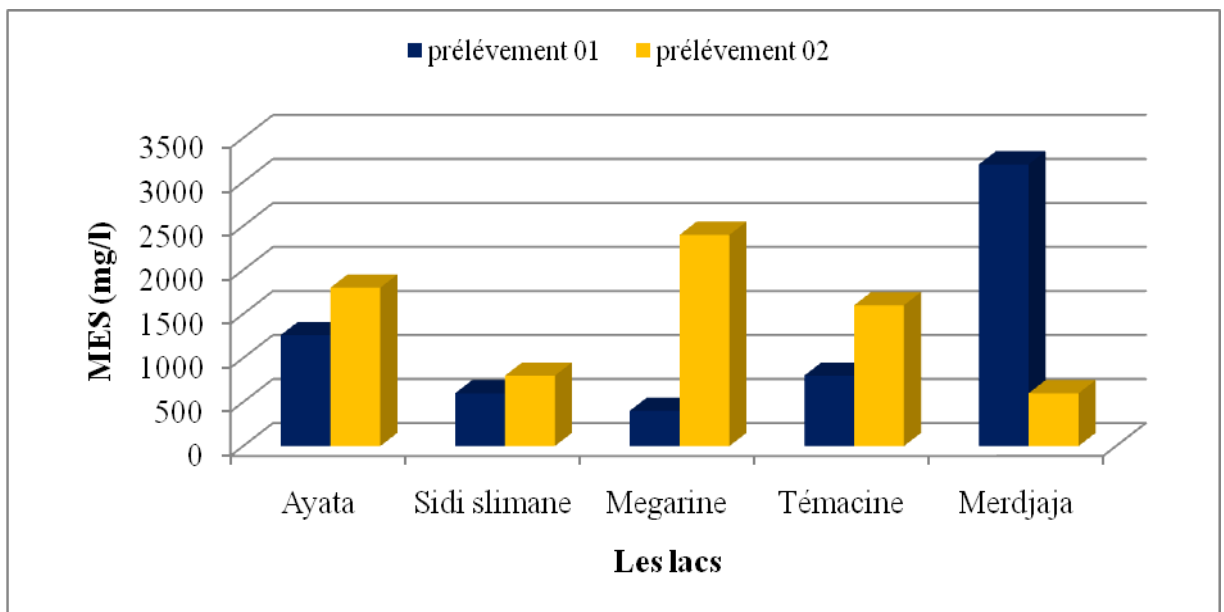


Fig.24 : Variation de la matière en suspension des eaux des lacs étudiés

➤ Taux de Matière organique (MO)

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le taux de matière organique variée d'un lac à l'autre pendant les deux prélèvements (**Fig.25**), on remarque que les valeurs de MO varient entre 9.3% (enregistrée dans le lac Ayata et Merdjaja) et 57.41 % (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 1^{ère} prélèvement. Les taux de MO varient entre 4.08 % (enregistrée dans le lac Témacine) et 55.6 % (enregistrée dans chott Sidi Slimane) pour le 2^{ème} prélèvement. Le taux de matière organique le plus important est enregistré dans le Chott Sidi Slimane Ceci nous permet de déduire que les eaux des lacs de l'Oued Righ sont très chargée en matières organique, liée au déversement les débris et les déchets domestiques dans les lacs de l'Oued Righ, aussi on signale l'augmentation le taux de matière organique se conduire augmentation la DCO de l'eau (**Fig.30**).

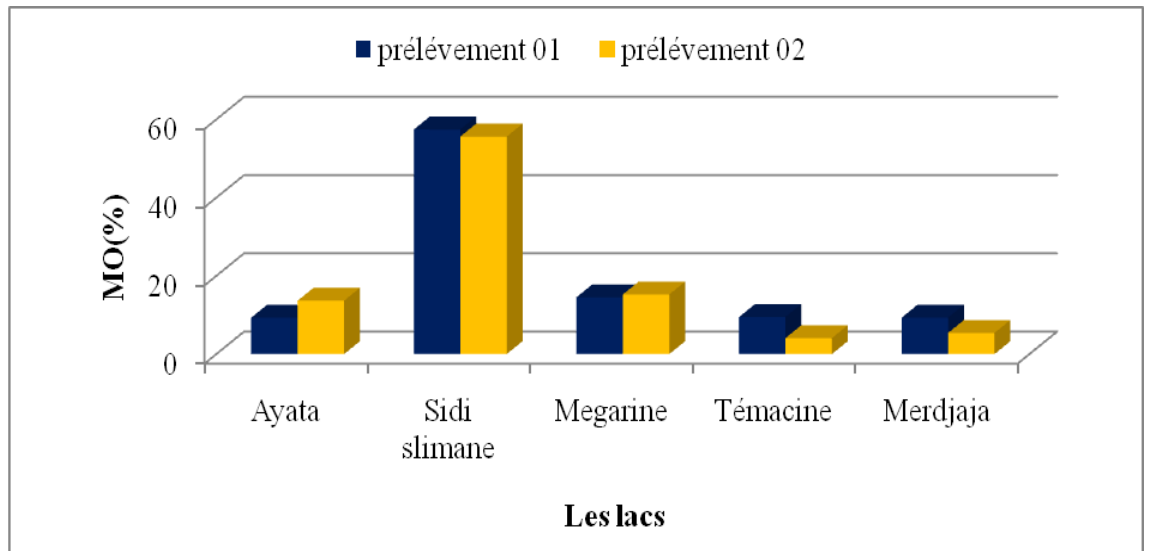


Fig. 25: Taux de matière organique des eaux des lacs étudiés

➤ Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La Demande biochimique en oxygène (DBO₅), e 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.

Globalement les valeurs de DBO₅ enregistrés dans les eaux des lacs étudiés sont moyennes et les eaux sont classées à mauvaise qualité selon les normes de qualité des eaux de surface (**VILLERS et al, 2005, LAURENT et DUPONT, 2011**) (annexe **Tableau 05 et 06**), donc ces lacs sont légèrement pollués avec des valeurs de DBO₅ comprises entre 5 et 20mg/l (**Fig.26**). Aussi les microorganismes ne peut pas développée dans ces milieux à cause des fortes salinités qui défavorables à la vie microbienne. Le DBO₅ prends une valeur important de 155 mg/l dans les eaux du lac Mégarine au deuxième prélèvement (**Fig.27**) et

elles sont classées comme des eaux très polluées à très mauvaise qualité selon le SEQ des eaux superficielles (LAURENT Fet DUPONT N, 2011) (annexe Tableau 06), 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) le (Fig.27) et (Fig.28).

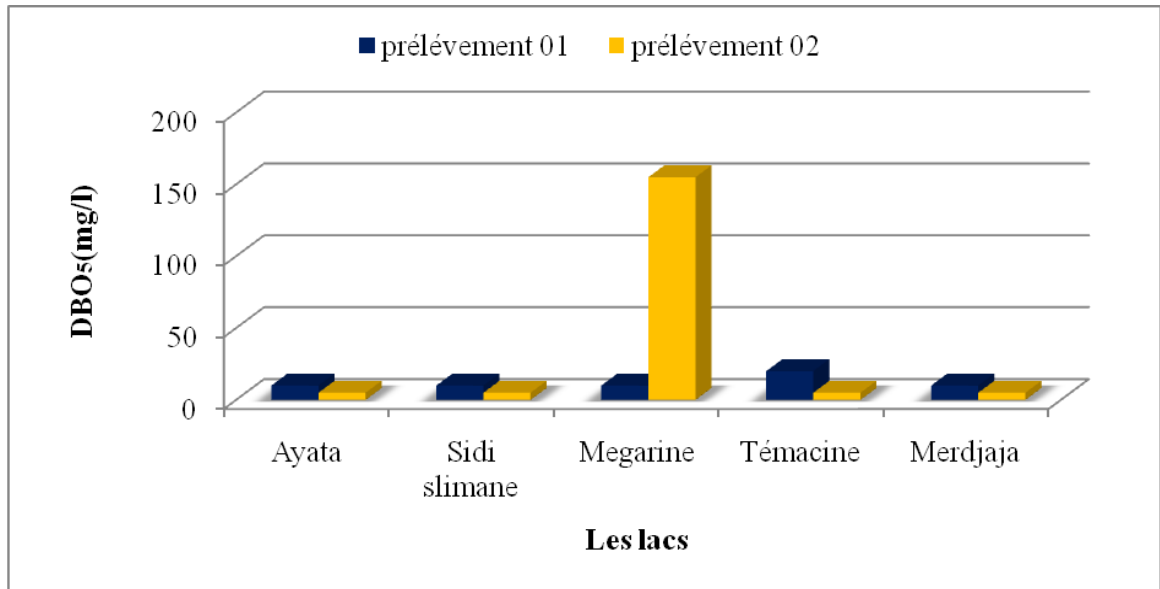


Fig. 26: Variation de DBO₅ des eaux des lacs étudiés

Fig.27 : Evacuation des déchets urbains et les eaux usées dans lac Mégarine



Fig. 28: Evacuation des déchets urbains domestiques dans les lacs

➤ **Demande chimique en Oxygène (DCO)**

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la teneur en O_2 consommée pour la dégradation des matières organiques par voie chimique. D'après les résultats obtenus nous remarquons que les valeurs de DCO sont inégales entre les stations étudiées, où la valeur maximale est enregistrée dans le lac Sidi Slimane avec 1881.6 mg/l au 1^{ère} prélèvement, suivi par le lac Mégarine avec 460.8 mg/l ensuite 288 mg/l dans lac Ayata et Merdjaja et la minimum est enregistrée dans le lac Témacine avec 273.6mg/. Le DCO diminue au 2^{ème} prélèvement dans les lacs Sidi Slimane, lac Mégarine, Témacine et lac Merdjaja respectivement avec 1370.4 mg/l, 68.52 mg/l ; 91.36 mg/l ,274.08mg/l, sauf que pour le lac Ayata qui est augmenté à 328.89 mg/l (**Fig.29**). Les eaux des lacs sont très polluées à qualité très mauvaise suivant (**LAURENT Fet DUPONT N, 2011**) (**annexe tableau 05**), 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 le taux de MO) (**Fig.30**), 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 des différents déchets) (**Fig.31**).

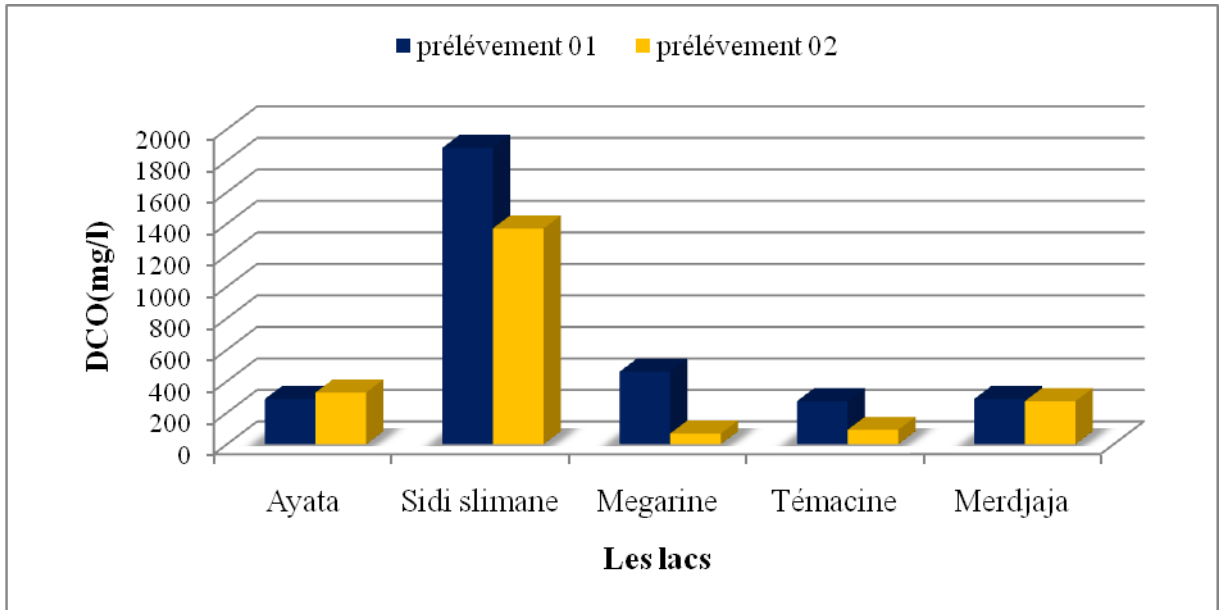


Fig.29 : Variation de DCO des eaux des lacs étudiés.

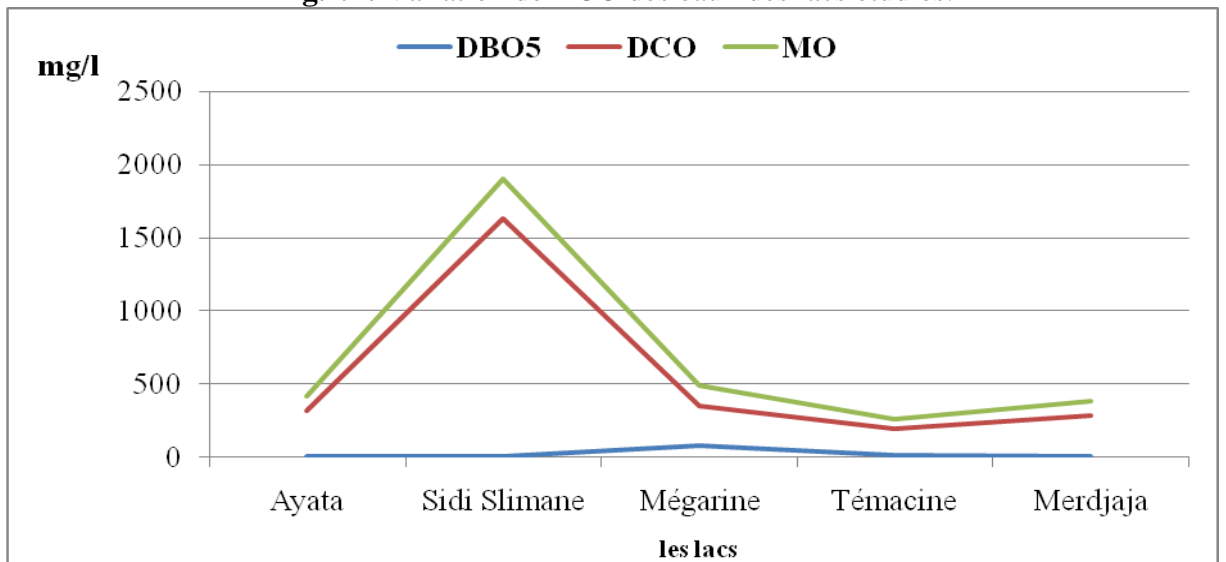


Fig. 30: Relation entre la DBO₅ et DCO et MO des eaux des lacs étudiés



Fig. 31: Evacuation les eaux usées et les eaux urbaines domestiques dans les lacs et les chotts

➤ **Indice de Biodégradable (DCO/DBO₅)**

Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de biodégradabilité en milieu liquide. Les résultats (Fig. 32) Montrent que les indices DCO/DBO₅ des eaux sont supérieurs à 3mg/l dans tout les lacs étudiés qui indique que la matière organique est difficilement biodégradable. Par contre le DCO/DBO₅ des eaux de lac Mégarine au 2^{ème} prélèvement est de 0.4 mg/l qui indique que la matière organique est facilement biodégradable.

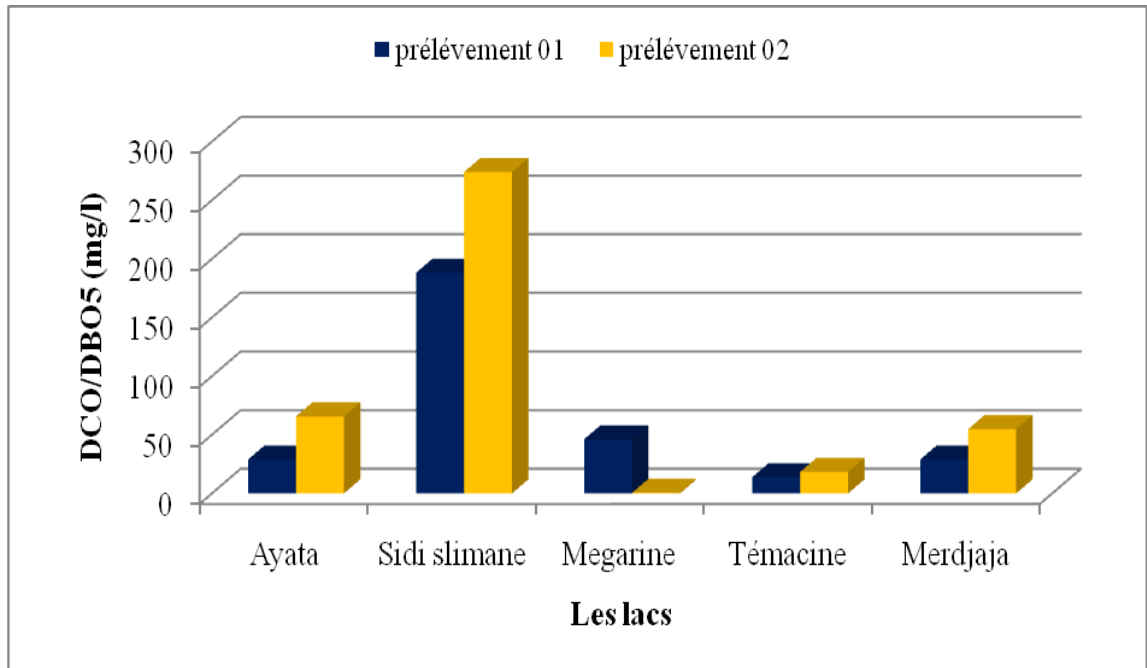


Fig.32 : Variation l'indice DCO/ DBO₅ des eaux des lacs étudiés

➤ **Conclusion**

A travers nos résultats le DBO₅ est faible dans les eaux à cause de sa forte salinité qui est défavorable à la vie microbienne. Le DCO est important dans tout les eaux des lacs ce qui reflète l'importance de la dégradation de la matière organique par voie chimique par la combinaison de plusieurs facteurs favorisant les réactions chimiques à savoir la température, la lumière...etc. .En général, les eaux lacustres de la vallée de l'Oued Righ sont polluées.

6. Aptitude des eaux à l'irrigation

➤ Diagramme de Richards

Cette classification a été proposée par Richards, chercheur à l'USDA de Riverside en Californie, en 1954, elle a été très utilisée et l'est encore de nos jours. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Cependant, elle ne peut pas servir pour estimer un risque de salinisation ou de Sodisation.

En effet, cette classification ne peut prendre en compte l'évolution des caractéristiques de l'eau lorsque sa minéralité augmente dans les sols des zones arides et semi-arides, auxquels elle est destinée. Elle donne une vision sur l'état actuel de ces caractéristiques mais ne permet pas d'anticiper sur le devenir de cette eau.

D'après le diagramme de Richards (Fig.33) les eaux des lacs étudiés de la région de l'Oued Righ sont dépassées tout les classées de Richard, c'est-à-dire Ces eaux ne convenant pas à l'irrigation, elles ont une salinité exagérée (très élevée).

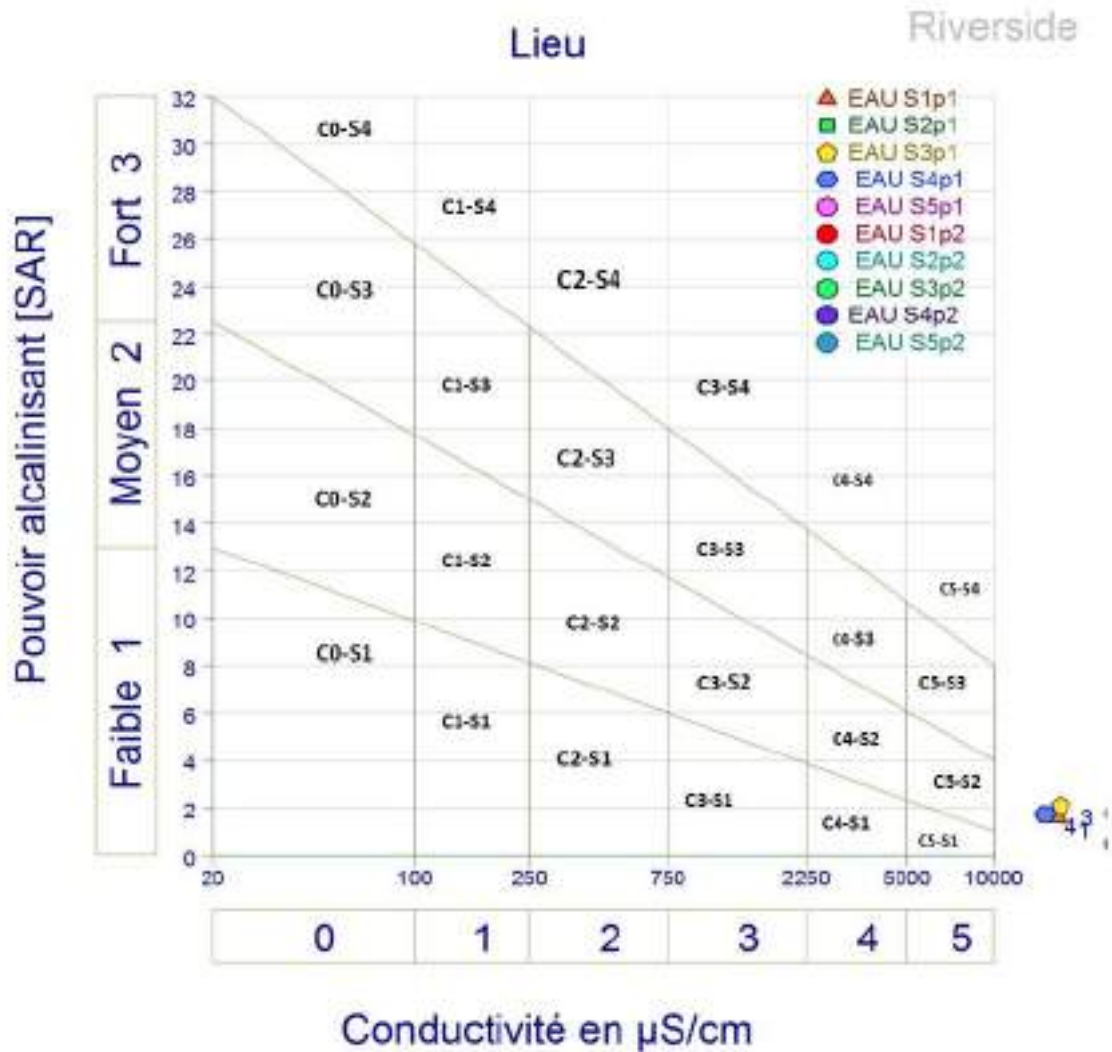


Fig.33 : Diagramme de Richards

- C1S1** eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols.
- C1S2** eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées.
le sol doit être bien drainé et lessivé.
- C1S3** le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé; ajout de matières organiques.
la teneur relative en Na peut être améliorée par l'adjonction de Gypse.
- C1S4** eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables.
le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé ; ajout de matières organiques.
la teneur relative en Na peut être améliorée par l'adjonction de Gypse.
- C2S1** eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel.
- C2S2** eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel.
sol grossier ou organique à bonne perméabilité.
- C2S3** eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel.
sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage addition de matières organiques).
l'adjonction périodique de Gypse peu être bénéfique.
- C2S4** eau ne convient généralement pas pour l'irrigation.
- C3S2** eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel.
sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage.
contrôle périodique de l'évolution de la salinité.
l'adjonction périodique de Gypse peu être bénéfique.
- C3S3** espèces tolérantes au sel sol très perméable et bien drainé.
- C3S4** eau ne convient pas à l'irrigation.
- C4S1** eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales.
Peut être utilisée si l'espaces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé.
- C4S2** eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales.
Peut être utilisée si l'espaces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé.
- C4S3** eau ne convient pas à l'irrigation.
- C4S4** eau ne convient pas à l'irrigation.

7. Conclusion

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

Conclusion générale

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 Sebkhass 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 cinq zones humides de la vallée dans le but d'étudier l'effet de l'action anthropique sur la qualité des eaux de ces zones. On se basant sur la détermination la qualité physique et chimique des eaux se fait par l'ensemble des analyses des paramètres physique (pH, CE, Turbidité et le Résidu sec....) et chimique (cations et les anions) et paramètre de pollution (DCO, DBO₅, MO.....) au laboratoire.

L'étude effectuée a montré que la qualité des eaux des lacs de l'Oued Righ est influencée 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).

Les eaux des lacs sont troubles, très salées avec une conductivité électrique supérieure à 15 dS /m. Le pH est généralement alcalin. Les eaux sont très chargées en sel solubles (chlorures, sulfates, calcium, magnésium.....etc.) avec un faciès chloruré calcique. Les taux de MO et les MES sont important surtout dans le lac Sidi Slimane, lac Ayata et Merdjaja. Il s'agit de la présence d'une forte pollution organique des eaux des lacs d'étude de l'Oued Righ. Les résultats de DCO reflètent l'importance de la teneur en MO. Les valeurs de DBO₅ faibles indiquent la pauvreté des eaux en microorganismes.

En effet, les zones humides de la région de l'Oued Righ connues ces dernier années une grande détérioration en raison de développement urbaine et industriel, les rejets des

déchets des eaux usées et de eaux de drainage. L'effet destructif de l'homme dans ces milieux aquatiques se traduit par la dégradation de la qualité des eaux et par conséquence sur le sol, la végétation et les oiseaux comme lac Ayata et Témachine.

La protection de ces écosystèmes sensibles contre la pollution est une nécessité 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 :

- Face à la situation actuelle des lacs, il est nécessaire préparer un plan d'action urgent de sauvegarde et de reconquête de ces zones humides.
- Assurer une exploitation rationnelle et une gestion durable, dynamique et participative des zones humides (ressources naturelles)
- Renforcer la lutte contre les activités anthropiques destructrices des ressources biologiques.
- Assurer la conservation des écosystèmes et des espèces menacées et/ou d'importance marquée.
- Fait des publications et des annonces sur la protection ces zones humides contre la pollution.
- Assainir le terrain durant la période d'assèchement, puis le renouvellement du système d'alimentation du chott par la création de canaux d'évacuation à partir de la station d'épuration. Cette méthode très difficile avec les pouvoirs très limités, mais très intéressante pour conserver ces chères écosystèmes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- BEGGAR H., 2006.** La biomasse phoeniciocole, un savoir faire locale à promouvoir (Cac de la région de l'Oued Righ). Mémoire. Ing. Uni. Kasdi Merbah Ouargla.126P.
- BEN ABDERRZZAK A., 2010.** Caractéristique physico- chimique des eaux des lacs Témacine, Mégarine et Ayata et inventaire des espèces piscicoles de ces lacs. Mémoire d'ingénieur d'état. Université Ouargla. PP5-15.
- 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
- BENABDELHAMID F., 2001.** Situation des installations classées pour la protection de l'environnement (cas Eurl ava Algérie). Mém.Ing.Bio.Uni. Kasdi Merbah Ouargla. 2, 12, 13, 15,24P.
- BENHADDEYA M^{ed} L., 2007.** Contribution à l'inventaire des éléments dans les sols et dans les eaux souterraines dans la région de l'Oued Righ : leur origine et leur impact sur l'environnement. Mémoire de Magister centre Universitaire L'Arbi Ben M'Hidi Oum albouaghi. 128 P.
- BENOTMANE A et BERRETIMA A., 2006.** L'environnement dans la région de Touggourt : les principales pollutions (Eau, Air, Sol et Déchets solides) et leurs impacts 3, 69, 70,77P.
- BENTEBBA A., 2012.** Contribution à l'étude de la zone humide de lac Ayata. Mém.Ing.Bio.Uni. Kasdi Merbah Ouargla. PP3-14.
- 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.
- BNEDER 1992.** Hydrogéologie, Mission n°2. TIPAZA, 25P.
- BOUMEZBEUR A., 2004.** Atlas des zones humides Algérienne d'importance internationale, Ed, Direction Générale des Forêts, Alger PP45-47.
- BOUTALLEB A., 2010.** Contribution à l'étude de l'impact de l'aménagement hydro-agricole sur la dégradation de l'environnement hydro-édaphique à Oued Righ. Mém. Ing. Bio. Uni. Kasdi-Merbah Ouargla.76P.
- CHAHMA A., 2006.** Catalogue des plantes spontanées du Sahara Septentrional algérien. Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides .Université D'Ouargla .Ed. Dar El Houda ,146P.

- COTE M., 2002.** Méditerranée, revue géographique des pays méditerranéens. CNRS. Cote d'Asur.17P.
- DEBBEKH A., 2012.** Qualité et dynamique des eaux des systèmes lacustres en amont de l'Oued Righ. Mémoire de Magister Hydraulique Université Kasdi Merbah Ouargla. PP16-75.
- DUBOST D., 1991.** Ecologie, aménagement des oasis algérienne, Thèse Doctorat de Géographie, Université François Rebellais, Tours, 548P.
- GOOGLE Earth, 2013.**
- GOUNOT M ,1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. BOULEVARD Paris, 305 P.
- 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 Med. L, et al., 2012.** Diversity of Halophyte Desert Végétation of the Different Saline Habitats in the Valley of Oued Righ, Low Sahara Basin, Algeria. Scientific and Technical Research Center for Arid Areas (CRSTRA), Biskra, Algéria.PP1.2.
- HAMMOUDA N et MEDJOUDJA S., 2011.** Etude qualité des eaux souterraines dans région d'Ouargla. Mémoire de Licence .Agro. Uni. Kasdi Merbah Ouargla.PP8-11.
- HOUHAMDI M et al., 2008.** Éco Éthologie DU Flamant Rose (Phénicoptères roseurs) Hivernant dans les oasis de la vallée de l'Oued Righ (Sahara algérien).PP15-20.
- KHADRAOUI A., 2007.** Eau et impact environnementale dans le Sahara Algérien : Définition Evaluation et perspective de développement. KHAYAM Edition 2008 (Constantine) .P36, 45,48.
- LAURENT F et DUPONT N., 2011.** L'eau dans le milieu. Uni. Maine / Uni. Michel de Montagne /Uni. Renne/Uni. Vertuelle.PP17-37.
- O.N.M. ,2012.**Office National de la Météorologie, Synthèse de données climatiques.
- OZENDA P., 1983.** Flore du Sahara. Ed. Centre Nationale des Recherches Scientifique, Paris, 39P.
- R.A.M.S.A.R.1994.** Liste disponible sur le site Internet de la conservation de RAMSAR à l'adresse suivant : <http://www.ramsarm.org./key ris type. Htm>
- RAMSAR F (FDR), Octobre 2005** Fiche descriptive sur les zones humides.pdf 8P.
- REJSEK F., 2008.** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques ^{2eme} Ed. PP53-290.
- REMINI. B., 2005.** La problématique de l'eau en Algérie, édition 2005 (Blida). PP10 -24.

- RODIER J., 1978.** L'analyse de l'eau aux naturelle, eaux résiduaires, eau de mer 9eme Ed
DUNOD, Paris. PP141-347.
- SAYAH LEMBAREK M., 2008.** Etude hydraulique du canal Oued Righ. Mémoire de
Magister Hydraulique Université Kasdi Merbah Ouargla. PP35-42
- SERRAI O., 2009.** La dégradation de l'Oued Righ et son impact sur les oasis périphériques.
Mémoire de Magister Hydraulique Université Kasdi Merbah Ouargla. PP2-75.
- VILLERS J, SQUILBIN M, YOURASSOWSKY C., 2005.** L'eau à Bruxelles : Qualité
physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, PP1-8., Institut
Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement - Observatoire des Données de
l'Environnement.

Annexes

Tableau 01: 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 02 : Classification des eaux d'après leurs le Résidu sec (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 03: Echelle de la classification de l'état des eaux (SEQ-Eau, 1990)

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



Tableau 04: Altération de SEQ-Eau et paramètres associées (SEQ cours d'eau ,1990)

Altérations	Paramètres	Effets
Matières organiques et oxydables	O ₂ d, %O ₂ , DBO ₅ , DCO, Carbone organique, THM potentiel, NH ₄ ⁺ , NKJ.	Consomment l'oxygène de l'eau.
Matières azotées hors nitrates	NH ₄ ⁺ , NKJ, NO ₂ ⁻ .	Contribuent à la prolifération d'algues et peuvent être toxiques (NO ₂ ⁻).
Nitrates	NO ₃ ⁻	Gène la production d'eau potable.
Matières phosphorées	PO ₄ ³⁻ , Ptotal	Provoquent les proliférations d'algues.
Effets des proliférations végétales	Chlorophylle a + phéopigments, algues, %O ₂ et pH, DO ₂ .	Troublent l'eau et font varier l'oxygène et l'acidité. Gênent la production d'eau potable.
Particules en suspension	MES, Turbidité, Transparence SECCIII.	Troublent l'eau et gênent la pénétration de la lumière.
Température	Température.	Trop élevée, elle perturbe la vie des poissons.
Acidification	pH, Aluminium (dissous)	Perturbe la vie aquatique.
Minéralisation	Conductivité, Résidu sec à 105°C, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , TAC, Dureté.	Modifie la salinité de l'eau.
Couleur	Couleur	Gênent la production d'eau potable et la baignade.
Micro-organismes	Coliformes thermotolérants, Coliformes totaux, Escherichia Coli, Entérocoques ou streptocoques fécaux.	Sont toxiques pour les êtres vivants et les poissons en particulier. Gênent la production d'eau potable.
Micropolluants minéraux	Antimoine, Arsenic, Baryum, Bore, Cadmium, Chrome total, Cuivre, Cyanures libres, Etain, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium, Zinc.	
Pesticides	Atrazine, Simazine, Lindane, Diuron...	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Anthracène, Benzo(a)pyrène, Fluoranthène, ...	
Polychlorobiphényles (PCB)	PCB 28, PCB 52, PCB 77, ...	
Micropolluants organiques	Benzène, Chloroforme, Pentachlorophénol,	

Tableau 05: 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 ₂)	20	30	40	80	
		DBO ₅ (mg/l O ₂)	3	6	10	25	
Passable	Jaune	COD (mg/l C)	5	7	10	15	
		Oxydabilité au KMnO ₄ (mg/l O ₂)	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 06: Normes de qualité de base pour les eaux de surface ordinaires (VILLERS J, et al, 2005)

Paramètres	Unités	Valeur
pH		6 à 9
Accroissement de t° après mélange	°C	3
Température	°C	25
Oxygène dissous	% saturation	50
D.B.O	mg/l	6
Azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺	mg/l N	2
Phosphore total	mg/l P	1
Chlorures	mg/l Cl	250
Sulfates	mg/l SO ₄	150
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	ng/l (total)	100
<i>fluoranthène</i>		
<i>benzo(b)fluoranthène</i>		
<i>benzo(k)fluoranthène</i>		
<i>benzo(a)pyrène</i>		
<i>benzo(ghi)perylène</i>		
<i>indéno(1,2,3,c,d)pyrène</i>		
Chlorophénols	ng/l (par substance)	100
Substances tensioactives anioniques	mg/l	0,5
Substances tensioactives non-ioniques	mg/l	0,5
Pesticides organochlorés		
Pesticides organochlorés totaux	ng/l	30
Pesticides organochlorés par substance	ng/l	10

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 de ces ressources notamment l'eau. Notre étude établie sur cinq zones humides de la vallée dans le but d'identifier l'effet de l'action anthropique sur la qualité de ses eaux. Les analyses des eaux des zones étudiées montrent qu'elles sont des eaux troubles, très salées avec une conductivité électrique supérieure à 15 dS /m, Le pH est généralement alcalin. Les eaux sont très chargées en sels solubles, avec un faciès chloruré calcique. Les taux de MO et les MES sont importants surtout dans le lac Sidi Slimane, lac Ayata et Merdjaja. Il s'agit de la présence d'une forte pollution organique des eaux des lacs. Ces lacs sont dégradés voire menacés de disparition suite à l'action anthropique sans négliger les effets climatique, 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, action anthropique, eau, Oued Righ, Sahara.

مساهمة لدراسة تأثير نشاط الإنسان على المناطق الرطبة في جنوب شرق الصحراء (حالة وادي ريج)

ملخص:

مناطق الرطبة في منطقة وادي ريج في جنوب شرق الصحراء الجزائرية تشكل أنظمة بيئية هامة جدا. كما تلعب دورا ذات الأهمية البيئية، الهيدرولوجية، بالإضافة إلى الدور الاقتصادي على الصعيد المحلي. هذه المناطق الرطبة محدودة مساحتها غالبا ما تعرف تدهورا دائما، لا سيما بتدهور مواردها خاصة المياه. هذه التدهور خاصة بزيادة نسبة رطبة في وادي ريج بهدف تحديد أضرار أعمال الإنسان على نوعية المياه في مناطق الرطبة. يثبت هذا منعدمة الحاجة جدا لدراسة نوعية المياه في مناطق الرطبة خاصة في حوض وادي ريج. حيث أن نوعية المياه في مناطق الرطبة تتعدى 15dS/m. المياه غنية بالأملاح مثل الكبريتات والكلوريد. نسبة المواد العضوية والمواد الصلبة في هذه المناطق عالية في حوض وادي ريج. هذه البحيرات التي تتدهور وتلوث هي مهددة بالزوال. يجب التدخل للإنسان دون تجاهل التأثيرات المناخية. ولتحسين نوعية المياه في مناطق الرطبة، هناك حاجة إلى دراسة هذه المناطق لتقييم من خطر التدهور البيئي من أجل حفظها واستمراريتها.

الكلمات الدالة : مناطق الرطبة، الإنسان، وادي ريج، الصحراء.

Contribution to the study of the effect of human actions on wetlands of southeastern Sahara (Case Oued Righ)

Abstract

The wetlands of Oued Righ region in the southeast of Algerian Sahara constitute very particularly systems. It presents a very important ecological role, a hydrological role and an economic role for the local actors. The wetlands of low extension often know a general degradation, bound especially to the deterioration of their resources particularly the water. Our studies established on five wetlands of the valley with the aim of identifying the effect of the anthropological action on the quality of its waters. The analyses of waters of the studied wetlands indicate that they are shady waters, very salty with a high electric conductivity (superior at 15 dS / m). The pH is generally alkaline. Waters are very charged in soluble salts, the chloral and calcium are the dominant salts. The rates of OM and MES are important especially in the lake of Sidi Slimane, the lake Ayata and Merdjaja. It is about the presence of a strong organic pollution of waters of lakes. These lakes are degraded even endangered further to the anthropological action without neglecting the climatic effects, which influence directly in the water, the ground, the vegetation and the faunae. For that, the protection of these ecosystems is a necessity for its conservation and its durability.

Keywords: wetlands, anthropological action, water, Oued Righ, Sahara.