

Effet des caractéristiques physico-chimiques sur la charge microbienne de l'eau des zones humides du nord-ouest algérien : cas du lac Télamine et de Dayet Oum Ghellaz, Oran)

C. Aibeche^{1*}, W. Sidhoum^{2,3}, A. Djabeur¹, M. Kaid-Harche¹

¹Laboratoire des Productions et Valorisations Végétales et Microbiennes (LP2VM), Département de Biotechnologie, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (USTO-MB), B,P, 1505, El-Mn'aour, Oran 31000, Algérie.

² Laboratoire de Biologie des Microorganismes et Biotechnologie, Département de Biotechnologie, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie.

³ Université de Mostaganem Abdel Hamid Ibn Badis, Algérie.

* Corresponding author: chahrazed.aibeche@univ-usto.dz , cchahra22@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Article History :

Received : 11/06/2019

Accepted : 10/12/2019

Key Words:

Wetlands; Physicochemical characteristics; Total microbial flora; Seasons.

Mots clés :

Zones humides ;
Caractérisation physico-chimique ; Microflore totale ; Saison.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: In the present work, we highlighted the physicochemical characteristics of two wetlands located in Algerian north-west, and their effect on total microbial flora during the four seasons of the year 2016 / 2017. Physicochemical analyzes performed were water color, pH, electrical conductivity (CE), chlorides, total phosphates, BOD₅ (the biochemical oxygen demand in 5 days), COD (Chemical Oxygen Demand), the ratio COD/BOD₅, and some heavy metals (chromium, copper, lead, and nickel). The total microflora count was done in the presence and absence of 3% NaCl. The results showed that Telamine Lake water was significantly saltier than dayet Oum Ghellaz, more polluted by metallic trace elements, with higher COD values. The site effect on the microbial load in the absence of salt was very highly significant. The microbial load was influenced by seasonal variation (climatic parameter) mostly in autumn. Two-way Analysis of Variance (ANOVA) and Principal Component Analysis (PCA) showed the negative impact of pollution by metallic trace elements, salinity (EC and chlorides), and COD on microbial load in the presence and in the absence of NaCl ($-0,472 \leq r \leq -0,322$; $P < 0,05$), which positively influences the color ($0,392 \leq r \leq 0,522$; $P < 0,05$).

Résumé : Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la caractérisation physico-chimique de l'eau de deux zones humides situées dans le nord ouest algérien (Oran), et sa relation avec la charge microbienne durant les quatre saisons de l'année 2016/2017. Les analyses physico-chimiques effectuées sont la couleur, le pH, la conductivité électrique (CE), les chlorures, les paramètres de pollution représentés par les phosphates totaux, la demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), le rapport DCO/DBO₅ et le dosage colorimétrique de quelques métaux lourds (chrome, cuivre, plomb et le nickel), ainsi qu'un dénombrement de la microflore totale en présence et en absence de 3% NaCl. Les résultats des analyses ont montré que l'eau du lac Télamine est plus salée que celle de Dayet Oum Ghellaz et plus polluée par les éléments à trace métallique et avec des valeurs plus élevées en DCO. L'effet du site sur la charge microbienne en

absence de sel est très hautement significatif alors qu'en sa présence la différence n'est pas significative, nous avons constaté l'influence saisonnière (paramètre climatiques) sur la charge microbienne avec un maximum en automne. L'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs et l'analyse en composantes principales (ACP) ont montré l'impact négatif de la pollution métallique, la salinité (CE et les chlorures) et DCO sur la charge microbienne en présence et en absence de NaCl ($-0,472 \leq r \leq -0,322$; $P < 0,05$). Tandis que, la microflore totale influence positivement sur la couleur ($0,392 \leq r \leq 0,522$; $P < 0,05$).

I. Introduction

Les zones humides méditerranéennes occupent une superficie estimée à 21000 Km² dont 4700 Km² sont des lagunes côtières, 2800 Km² des lacs doux et des marais [1] et 11600 Km² sont des lacs salés temporaires [2], elles sont des régulateurs des régimes hydrologiques, et des zones de diversité biologique, elles constituent des ressources économiques, scientifiques et récréatives de grandes valeurs qui leur confèrent une place essentiel au sein de la biosphère [3]. Or, la superficie des zones humides a régressée d'environ 50% depuis 1900 sous l'influence de diverses pressions anthropiques [4-6]. En Algérie, la dégradation est causée par le drainage des eaux et leur dessèchement, les changements climatiques et la pollution [7-9]. En effet, elles reçoivent des effluents d'eaux usées industrielles ou ménagères et des eaux de ruissellements chargées en engrais agricoles et en polluants organiques et inorganiques qui augmentent la teneur en matière organique et des nutriments surtout le phosphore et l'azote et modifient les qualités physico-chimiques et microbiologique de l'eau en particulier la réduction de l'oxygène dissout qui génère un environnement anoxique favorisant l'eutrophisation [10-12], cependant, de nombreux travaux ont signalé la pollution des barrages, lacs, étangs méditerranéens et algériens en particulier par les éléments à traces métalliques [13-16].

La wilaya d'Oran contient 08 zones humides naturelles importantes qui représentent les meilleurs exemples d'écosystème humide en Algérie, par leur position géographique, stratégique, fonction écologiques et hydrologiques, leur biodiversité et leur importance socio-économique. Actuellement, 4 sites seulement sont inscrits sur la liste Ramsar d'importance internationale : le lac de Télamine, les Salines d'Arzew et la grande sebkha situés dans wilaya d'Oran et les marais de la Macta localisés entre les wilayas d'Oran, de Mascara et de Mostaganem.

Peu de travaux publiés ont été effectués sur les zones humides de la région d'Oran, les chercheurs ont généralement étudié leur aspect ornithologique

[17-19], la flore végétale [8,20], la pollution du sol [21] ou la pédologie [22]. Cependant, aucune étude n'a été faite sur la charge microbienne des eaux lacustres de ces milieux. L'objectif de cette étude est d'effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau de deux zones humide (lac de Télamine et Dayet Oum Ghellaz) et de dénombrer la microflore totale en fonction de la saison afin de mettre en évidence la corrélation entre la charge microbienne totale et les différents paramètres physico-chimiques de l'eau ainsi que les paramètres climatiques.

II. Matériels et méthodes

II. 1. Description des stations d'étude

Les sites d'étude sont deux zones humides de la région d'Oran (Fig. 1): le Lac Télamine (classé site Ramsar depuis 2004) et Dayet Oum Ghellaz (classée comme aire protégée selon la direction de conservation des forêts d'Oran leur bioclimat appartient au semi-aride méditerranéen. Les précipitations annuelles moyennes sont ≤ 350 mm et les températures varient entre 9 et 32°C. Ces sites sont inclus parmi les huit zones humides de la wilaya d'Oran, (Direction Générale Des Forêts, 2006).

Le lac Télamine (35°43'50"N 0°23'30"O) est à 7 Km de la zone industrielle Hassi Amer II, à 84,5 m d'altitude est divisé en trois cuvettes séparées s'étendent sur 6 Km de long et 1 Km de largeur et d'une superficie de 2399 ha, Tandis que, Dayet Oum Ghellaz est un plan d'eau (Daïra d'Oued Tlétat, la commune de Boufatis) ; située à une altitude de 125 m et s'étend sur une superficie de 300 ha. Ces habitats reçoivent des rejets d'eaux usées ménagères et industrielles provoquant leur dégradation (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristique des deux zones humides étudiées selon la direction de l'environnement de la wilaya d'Oran.

Type de site potentiel à classer	Localisation	Coordonnées Géographiques	Superficies	Profondeur	Espèces floristiques existantes	Espèces faunistiques existantes	Valeur du site			Menaces affectant le site
							Ecologique	Economique	Culturelle	
Dayet Oum el Ghellaz	Daira d'Oued Tlélat Commune de Boufatis	X1 :216,9 X2 :207,1 Y1 :262,2 Y2 :269,3	300 Ha	- Jusqu'à 01 m 50 en période de pluie	Tamarix, Salicornes, Atriplex, la Daya est entourée par des cultures maraichères et céréalières	-Canards -Tadornes de Belon -Flamants roses -Foulques Macro4ule -Cigognes Blanches	Préservation de la biodiversité	Pêche Tourisme	Culture Environnementale Sensibilisation	-Eau usée -Eaux industrielles -Déchets - Activité agricole -Envasement
Lac Télamine	Daira de Gdyel Commune de Ben Fréha	X1 :219,8 X2 :223,7 Y1 :271,9 Y2 :278,2	2399 Ha	-01 m maximum	-Présence de plantes herbacées -présence d' <i>Asparagus</i> sp, - <i>Chamaerops humilis</i>	- Flamants roses -Cigogne blanche -L'oise cendrée	Joue un rôle dans l'hivernage et le stationnement en passage de la migration des oiseaux	Tourisme	Sensibilisation Environnementale	-Eau usée -Eaux industrielles -Décharges sauvages

II. 2. Échantillonnage

Les prospections ont été effectuées durant les quatre saisons de l'année 2016/2017, pendant les mois d'octobre (automne 2016), janvier (hiver 2017), avril (printemps 2017) et août (été 2017) (Fig.2).

A partir de chaque site d'étude, cinq échantillons d'eau ont été prélevés aseptiquement et ont été mis dans des flacons stériles et étiquetés pour les analyses microbiologiques et transportés au laboratoire dans des glacières pour réaliser les analyses durant les 24h, des flacons d'un litre étiquetés sont utilisés pour le prélèvement des échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques.

II. 3. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés dans les deux stations d'étude ont

été effectuées pendant les quatre saisons, les analyses ont été effectuées au laboratoire de la Société de l'eau et de l'assainissement d'Oran « SEOR ».

Les paramètres étudiés sont : le pH et la CE par électrométrie, la couleur par spectrométrie visible, les chlorures par titrage avec le nitrate d'argent, DBO par la méthode manométrique, la DCO et les phosphates totaux par spectrométrie. Le dosage colorimétrique de quelques métaux lourds a été réalisé par les tests en cuve LCK : chrome, plomb, nickel et cuivre.

L'indice de contamination métallique est calculé par le rapport entre la concentration du métal dans l'échantillon d'eau sur la norme de la communauté européenne et la valeur guide algérienne [14].

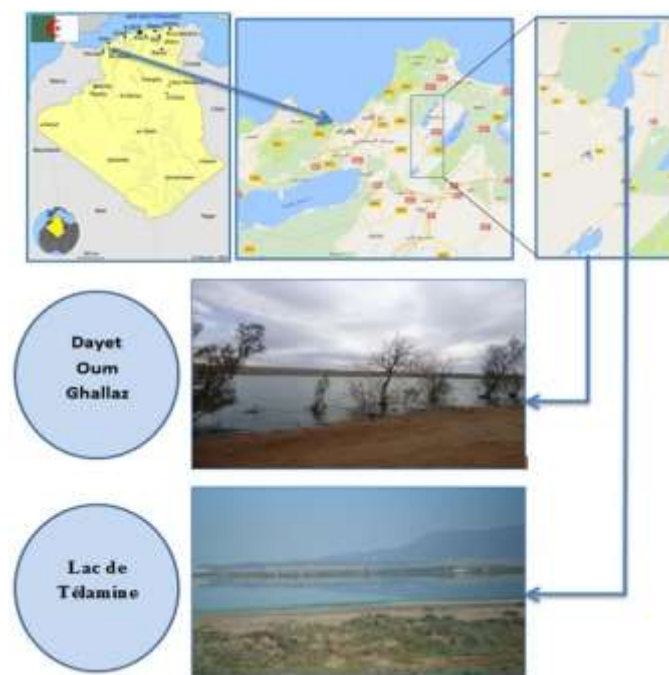


Figure 1. Localisation des deux stations d'études (lac de Télamine et Dayet Oum Ghellaz).

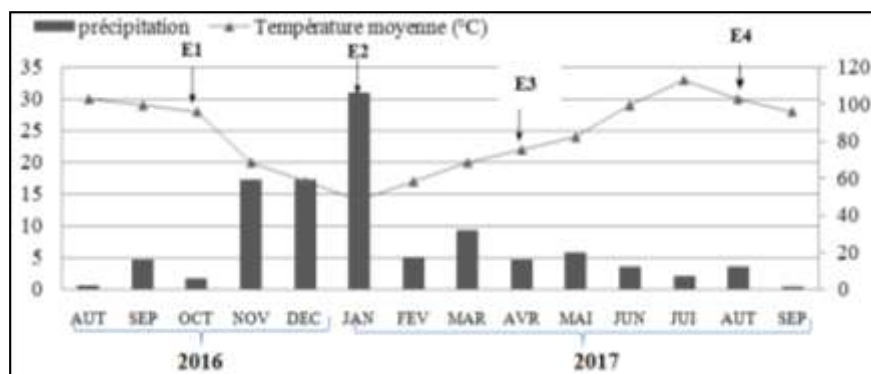


Figure 2. Précipitations et températures moyennes mensuelles de la wilaya d'Oran pendant la période d'étude (2016 /2017), (E1 : échantillonnage d'automne ; E2 : échantillonnage d'hiver ; E3 échantillonnage du printemps ; E4 : échantillonnage d'été).

II.4. Dénombrement de la microflore totale

Le dénombrement de la flore totale est effectué sur milieu solide, un volume d'un millilitre est déposé sur le milieu Gélose nutritive (GN) additionnée ou non de NaCl à 3%, à partir de l'échantillon d'eau prélevée et ses dilutions décimales, le dénombrement est effectué après 48 h d'incubation à 28°C, le nombre de l'unité formant colonie (UFC) obtenus est la moyenne de trois répétitions par échantillon.

II.5. Analyses statistiques des données

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS (version 23,0). Plusieurs types d'analyses statistiques sont effectués à $P < 0,05$: l'ANOVA à deux facteurs, des comparaisons multiples de moyennes (test de Tukey), des tests de corrélations par le test de Pearson et l'ACP.

III. Résultats

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Afin de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau des zones d'étude, nous avons indiqué les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant une image de cette qualité d'eau étudiée. Cela nous a permis de mettre la lumière sur les éventuelles variations entre les sites étudiés (Dayet Oum Ghellaz et le Lac de Télamine) dans les quatre saisons de l'année 2016/2017.

La couleur des échantillons varie d'un site à l'autre et d'une saison à l'autre avec un maximum en automne à Télamine ($368,32 \pm 60,25$) et en Hiver à Oum Ghellaz ($578,32 \pm 222,044$). Les pH des échantillons de l'eau des deux sites sont légèrement alcalins avec des faibles fluctuations saisonnières, ils sont compris entre 7,35 et 8,37. La CE est mesurée pour évaluer la minéralisation globale des eaux des deux zones humides étudiées, l'eau du lac de Télamine présente une conductivité électrique dix fois plus élevée que celle de Dayet Oum Ghellaz, les valeurs maximales sont enregistrées en été pour les deux sites, les mêmes constatations ont été faites concernant le dosage des chlorures (Tableau 2).

Les concentrations de phosphates au niveau des sites étudiées sont variables selon la saison avec une valeur maximale en été à Télamine ($2,30 \pm 0,99$) et en hiver à Dayet Oum Ghellaz ($1,51 \pm 0,59$) (Tableau 3).

La DCO est une indication importante, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau. Les résultats obtenus montrent une variation de la DCO des eaux analysées, la valeur la plus importante est relevée pour le lac

de Télamine avec une moyenne annuelle de $872,79 \pm 464,69$ contre $376,27 \pm 672,44$ à Oum Ghellaz.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de DBO_5 varient d'une station à l'autre et d'une saison à l'autre, la valeur la plus importante à Télamine est enregistrée en automne (60 ± 00) et à Dayet Oum Ghellaz est obtenue en hiver ($60,80 \pm 30,548$).

Les résultats montrent des concentrations métalliques variables d'une station à l'autre et d'une saison à l'autre. La station de Télamine est la plus polluée avec une moyenne d'indice de contamination métallique de 8,3894 contre 5,8136 pour Oum Ghellaz, pour les deux sites, la saison durant laquelle l'eau est la plus contaminée est l'été et la moins contaminée est l'hiver (Fig.3).

III.2. Dénombrement de la flore totale

Sur le milieu GN dépourvu de NaCl, l'eau de Dayet Oum Ghellaz à une charge microbienne importante par rapport à celle enregistrées au lac de Télamine, la différence entre les sites est très hautement significative (Tableau 4).

Sur milieu GN additionné de NaCl, la charge microbienne est plus au moins identique pour les deux zones, la différence entre les deux sites est non significative.

À Télamine, la charge microbienne est presque la même en présence et en absence de NaCl, tandis qu'à Dayet Oum Ghellaz, le nombre des microorganismes en absence de sel est dix fois plus important qu'en sa présence dans le milieu. Pour les deux sites, le nombre de microorganismes le plus important est enregistré en automne (Fig. 4).

III.3. Résultats des analyses statistiques et d'ACP

L'analyse ANOVA à deux facteurs (Tableaux 2, 3 et 4) montre que par rapport au site, la différence est très hautement significative pour les paramètres conductivité, chlorures et la flore totale sans NaCl et significative pour la couleur et la DCO. L'effet de la saison est hautement à très hautement significative pour tous les paramètres physico-chimiques et microbiologique sauf la DCO. L'effet des deux paramètres (site * saison) n'a pas une signification sur le pH contrairement aux autres paramètres étudiés, la différence est significative à très hautement significative. L'effet des paramètres physico-chimiques analysés sur le nombre de la microflore totale en présence et en absence de 3% NaCl par l'ACP a permis de connaître les affinités existant entre ces paramètres et de déduire

éventuellement ceux qui ont le plus d'influence sur la charge microbienne totale. Les résultats de cette analyse montrent que la première composante factorielle révèle 36,17 % de la variance et la deuxième 20,66%. Ces deux composantes expliquent près de 56,83 % de la variance totale (Fig. 5). L'axe 1 est fortement corrélé avec les paramètres de salinité (CE) ($r=0,831$), chlorures($r=0,814$), DCO($r=0,740$), phosphore ($r=0,518$) et flore totale ($r=-0,689$), tandis que l'axe 2 est corrélé avec la DBO, flore totale en présence de sel, et la couleur, qui présentent des valeurs de coefficient de

corrélation positives ($0,623 \leq r \leq 0,703$; $P < 0,001$). Nous avons noté trois groupes de variables : le premier rassemble la couleur et les flores totales en présence et en absence de sel, ces variables sont fortement corrélés entre eux ($0,392 \leq r \leq 0,522$; $P < 0,05$) ; ils sont négativement corrélés à CE, la demande chimique en oxygène (DCO) et les chlorures ($-0,472 \leq r \leq -0,322$; $P < 0,05$) et au troisième groupe qui contient uniquement l'indice de pollution métallique ($r = -0,402$; $P < 0,01$) (Tableau 5).

Tableau 2. Variation des paramètres de couleur, pH, conductivité et chlorures durant les saisons dans les deux sites d'étude.

Site d'étude	Saison	Couleur	pH	CE	Chlorures
Lac de Téalmine	Automne	368,32 ± 60,25a	8,37 ± 0,02a	53,26 ± 0,08a	22787,49 ± 1207,94a
	Hiver	76,96 ± 8,86b	7,41 ± 0,176b	35,34 ± 0,15b	12543,62 ± 917,27b
	Printemps	337,06 ± 29,91a	7,80 ± 0,29b	30,66 ± 0,21c	9429,22 ± 616,00c
	Eté	92,21 ± 26,50b	7,60 ± 0,50b	60,63 ± 0,30d	22824,83 ± 1439,24a
	moyenne	218,63 ± 142,09	7,7965 ± 0,463	44,9730 ± 12,68	16896,29 ± 6248,32
Dayet Oum Ghellaz	Automne	244,78 ± 12,30a	8,32 ± 0,07a	5,41 ± 0,06a	1418,74 ± 273,79a
	Hiver	578,32 ± 222,04b	7,35 ± 0,15b	5,83 ± 0,06b	2126,06 ± 518,82b
	Printemps	213,86 ± 59,05a	7,67 ± 0,18b	4,85 ± 0,03c	1287,24 ± 33,75a
	Eté	66,68 ± 31,83a	7,84 ± 0,56ab	6,87 ± 0,01d	2277,30 ± 149,15b
	moyenne	275,91 ± 219,57	7,801 ± 0,457	5,7445 ± 0,757	1777,339 ± 642,89
Site		4,428*	0,002ns	690659,28****	3513,52****
saison		17,51****	17,07****	24955,7****	192,05****
Site * Saison		30,29****	0,71ns	20950,32****	187,8****

Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type (n = 5). Les valeurs suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Tukey à $P < 0,05$. Les niveaux de signification: ns: non significatif, *: $P < 0,05$, **: $P < 0,01$, ***: $P < 0,001$, ****: $P < 0,0001$.

Tableau 3. Variation des paramètres de pollution de l'eau des stations étudiées.

Site d'étude	Saison	Phosphate	DBO	DCO	DCO/DBO	Indices de pollution métallique
Lac de Téalmine	Automne	0,131 ± 0,12a	60 ± 0,00a	1156,48 ± 55,33a	19,27 ± 0,92a	4,3948 ± 00
	Hiver	0,94 ± 0,88a	40 ± 0,00b	1064,6 ± 153,26a	26,61 ± 3,83a	0,8075 ± 00
	Printemps	0,38 ± 0,10a	9,6 ± 11,5c	124,93 ± 127,27b	14,67 ± 1,94c	10,9267 ± 00
	Eté	2,30 ± 0,99b	40 ± 4,69b	1145,16 ± 211,04a	28,42 ± 2,18b	17,4287 ± 00
	moyenne	0,9389 ± 1,06	37,40 ± 19,33	872,79 ± 464,69	22,247 ± 6,128	8,389 ± 6,52
Dayet Oum Ghellaz	Automne	0,04 ± 0,03a	20 ± 00a	118,6840 ± 24,18a	5,93 ± 1,20a	3,4238 ± 00
	Hiver	1,51 ± 0,59b	60,80 ± 30,54b	290,06 ± 156,26a	7,706 ± 8,614a	2,0788 ± 00
	Printemps	0,69 ± 0,33ac	22 ± 10,95a	996,612 ± 1205,36a	46,0059 ± 59,43a	4,3933 ± 00
	Eté	0,32 ± 0,09a	16 ± 4,06a	99,74 ± 33,45a	6,0708 ± 0,84a	13,3587 ± 00
	moyenne	0,6455 ± 0,64	29,70 ± 23,86	376,276 ± 672,44	16,429 ± 32,66	5,813 ± 4,54
Site		3,056ns	3,875ns	12,592**	0,745ns	/
saison		12,095****	14,627****	0,12ns	1,288ns	/
Site * Saison		11,804****	13,754****	10,826****	3,453*	/

Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type (n = 5). Les valeurs suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Tukey à $P < 0,05$. Les niveaux de signification: ns: non significatif, *: $P < 0,05$, **: $P < 0,01$, ***: $P < 0,001$, ****: $P < 0,0001$.

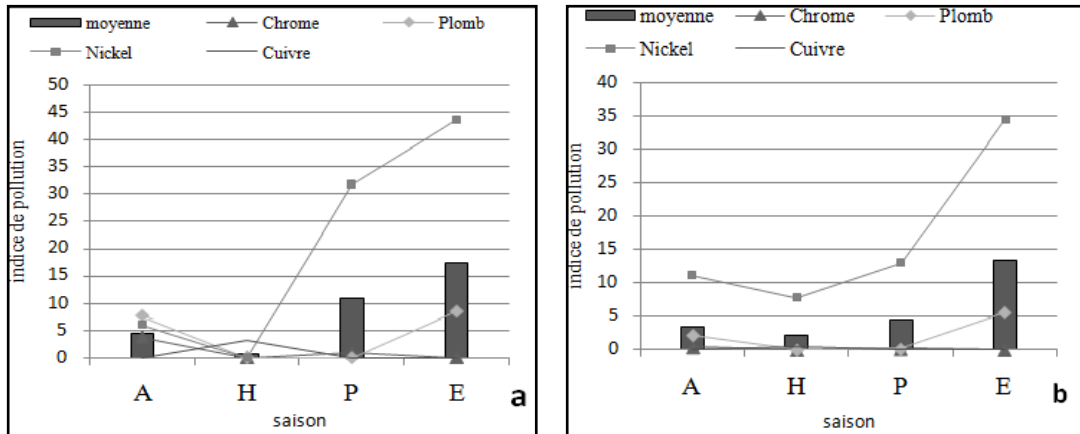


Figure 3. Évolution des indices de la pollution par les métaux lourds et la moyenne de ces indices durant les quatre saisons dans les deux stations étudiées (a : lac de Télamine ; b : dayet Oum Ghallez ; A : automne ; H : hiver ; P : printemps ; E : été).

Tableau 4. Variation des flores microbiennes totales en présence et en absence de 3% de NaCl,

Site d'étude	Saison	Flore totale (UFC/mL)	Flore totale (+3% de NaCl (UFC/mL))
Lac de Télamine	Automne	908 ± 804,65a	982,60±868,74a
	Hiver	22,60 ± 6,84b	22,60±6,22b
	Printemps	673,40 ± 118,98ab	649,60±106,30ab
	Été	22,60 ± 20,94b	37,40±26,96a
	moyenne	406,65±549,446	423,05±581,95
Dayet Oum Ghellaz	Automne	6120,0 ± 4559,82a	658,0±590,98a
	Hiver	4940,0 ± 859,06ab	480,0±142,12ab
	Printemps	1213,0 ± 471,00bc	116,6±45,89ab
	Été	233,40 ± 161,42c	37,0±21,94bc
	moyenne	3126,6±3312,80	322,9±383,51
Site		26,375****	0,705ns
saison		8,232****	7,675**
Site * Saison		6,562**	3,27*

Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type (n = 5). Les valeurs suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes selon le test Tukey à $P < 0,05$. Les niveaux de signification: ns: non significatif, *: $P < 0,05$, **: $P < 0,01$, ***: $P < 0,001$, ****: $P < 0,0001$,

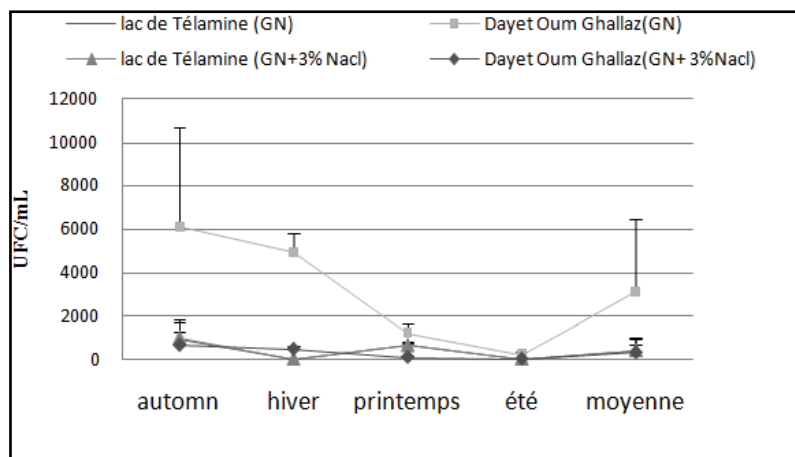


Figure 4. Évolution spatio-temporelle du nombre de la microflore totale en présence et en absence de 3% NaCl

Tableau 5. Matrice de corrélation linéaire de Pearson des différents paramètres étudiés dans les deux stations

	Sai	pH	CE	Couleur	Cl	P	DBO	DCO	DCO/DBO	IP	FT	FTNa
Si	0	0,005	-0,913**	0,157	-0,866**	-0,169	-0,179	-0,403**	-0,126	-0,229	0,507**	-0,104
Sai	1	-0,376*	0,054	-0,449**	-0,011	0,386*	-0,367*	-0,029	0,131	0,808**	-0,487**	-0,513**
pH		1	0,063	-0,029	0,092	-0,545**	-0,099	-0,019	-0,034	-0,007	0,159	0,411**
CE			1	-0,182	0,987**	0,305	0,325*	0,507**	0,141	0,370*	-0,472**	0,082
Couleur				1	-0,131	0,022	0,365*	-0,114	-0,089	-0,390*	0,431**	0,392*
Cl					1	0,283	0,415**	0,530**	0,128	0,317*	-0,438**	0,114
P						1	0,223	0,299	0,205	0,29	-0,101	-0,291
DBO							1	0,389*	-0,049	-0,313*	0,06	0,12
DCO								1	0,827**	-0,054	-0,322*	-0,109
DCO/DBO									1	-0,016	-0,222	-0,155
IP										1	-0,405**	-0,223
FT											1	0,522**

Si : site ; Sai : saison ; CE : conductivité électrique ; Cl : chlorure ; Phosphate ; IP : indice de pollution métallique ; FT : flore totale en absence de sel ; FTNa : flore totale en présence de 3% NaCl, Les niveaux de signification, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$.

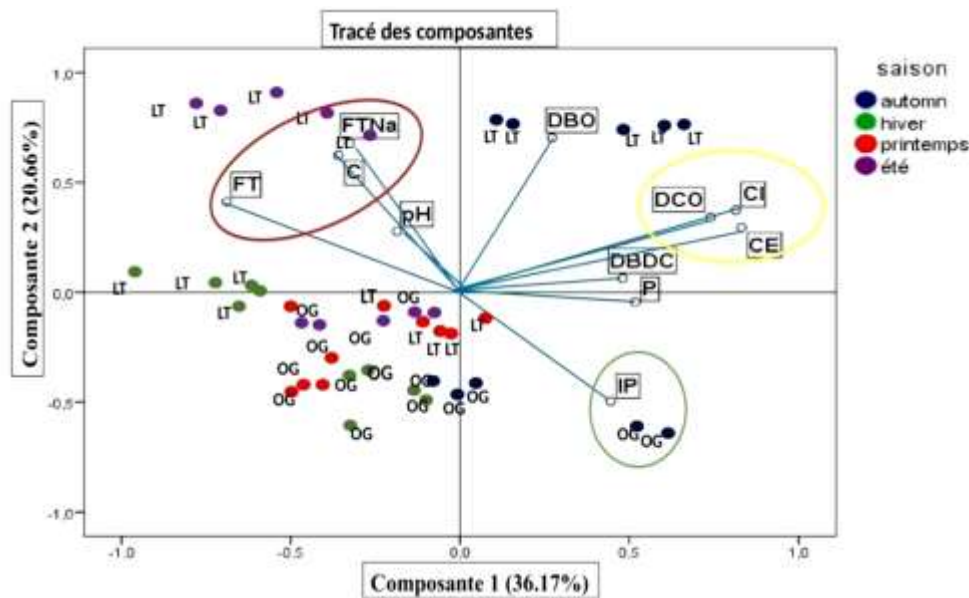


Figure 5. Analyse en composante principale des 40 échantillons d'eau prélevés durant les quatre saisons à partir des sites d'étude et les variables suivantes: C : couleur ; Cl : chlorures ; FT et FTNa : flores totales en absence et en présence de sel ; DBO et DCO : demande biochimique et chimique en oxygène ; DBDC: rapport DCO/DBO ; P: phosphore; pH ; CE : conductivité électrique ; IP : indice de pollution, OG : Dayet Oum Ghellaz ; LT : Lac de Télémine.

IV. Discussion

Cette étude révèle l'influence saisonnière sur la charge microbienne, les résultats montrent une contamination microbiologique forte au niveau des deux zones en automne, les mêmes résultats ont été obtenus dans le nord-est algérien (lac El Mellah) [23] et au niveau de l'eau du lac Champex (Suisse) [24]. Les paramètres bactériologiques se développent remarquablement pendant cette saison dans les deux sites, ceci est dû à la température saisonnière qui est par conséquent l'un des facteurs les plus importants qui agissent sur la croissance des microorganismes [25, 26].

Les valeurs de pH obtenues dans les deux sites d'études sont dans la même gamme de la majorité des eaux des zones humides algériennes [27-29] et plus élevé que celle obtenue pour l'eau de l'oued Kebir (nord-est algérien) [30], ce paramètre est fortement influencé par la photosynthèse et principalement par l'environnement physique d'un lac [31]. Le pH n'a pas une corrélation avec la charge microbienne en absence de NaCl car un pH entre 6,5 et 8,5 qui est le cas pour les zones étudiées pendant toutes les saisons correspondent à la zone de tolérance de la majorité des organismes vivants [31]. La couleur élevée constaté dans les deux zones peut être l'indice d'une pollution par diverses substances chimiques et la présence des microorganismes et essentiellement la présence du phytoplancton [32]. D'après nos résultats, la couleur est corrélée avec la DBO₅, et avec la charge microbienne totale, ce qui veut dire que la source principale de la couleur sont les microorganismes et particulièrement qui ont la capacité de dégrader la matière organique en présence d'oxygène.

Selon les valeurs de la CE obtenus, le degré de la minéralisation est très élevé dans les deux zones étudiées ($\geq 3 \text{ mS cm}^{-1}$). On peut classer l'eau de Dayet Oum Ghellaz dans la gamme d'eau saumâtre salée et Télamine dans la gamme d'eau salée [28]. La différence significative de la CE entre les eaux des deux zones humides est expliquée par la nature du terrain et la profondeur. Cependant les eaux à faibles profondeurs sont les plus exposées à l'évaporation et par conséquent à l'augmentation de leur charge en sels dissous. La conductivité et les chlorures qui sont fortement et positivement corrélés entre eux sont négativement corrélés avec la charge microbienne, les valeurs les plus élevés sont enregistrées en été, la saison la moins contaminés par les microorganismes, en présence et même en absence de sel, les

chlorures ont un effet toxique par la formation d'un complexe létal avec les protéines cellulaires des microorganismes, par leur pouvoir de réduction de la solubilité l'oxygène, et aussi par la déshydratation des bactéries par plasmolyse [33]. On constate qu'il n'y a pas une corrélation entre la CE de l'eau et le nombre de microorganismes tolérant à 3% de salinité, on peut dire que pas forcément un milieu salé est riche en microorganismes résistants à la salinité puisque les deux sites ont presque le même nombre de microorganisme en présence de 3% NaCl alors que la conductivité est 10 fois plus élevée à Télamine par rapport à Oum Ghellaz. Les mêmes constatations ont été faites sur les bactéries isolées à partir des sols salés [34], contrairement un autre auteur a supposé la présence d'une pression de sélection exercée par le milieu naturel sur des bactéries isolées à partir du milieu saumâtre et milieu salin [35].

Une pollution organique exprimée en DBO₅ ou en DCO est également présente à des teneurs très élevées dans les deux stations étudiées. Les valeurs de la DCO obtenues sont largement supérieures par rapport à celle des lacs Tonga, Oubeira et El Mellah de l'est algérien (El Kala) [27] et des lacs Ayata, Sidi Slimane, Migarine, Merdjaja, Témacine et Hassi Ben Abdallah du Sahara algérienne et au même degré de pollution avec les chotts Ain El Beida et Oum El-Ranneb [29]. La différence entre les saisons pour ce paramètre est non significative, ce qui veut dire qu'il y a une pollution persistante durant toute l'année l'étude. Le paramètre DBO₅ est influencé par la nature et la quantité des microorganismes présents, le pH, la température et la teneur en sels nutritifs, les valeurs de ce paramètre obtenu au Lac de Télamine sont inférieures à celles obtenues par [18] en analysant cette même eau, on peut dire que les sources de la pollution organique ont diminué pendant ces deux années. Les valeurs obtenues à partir des zones humides d'Oran pour la DBO₅ sont supérieures à celles obtenues au niveau des zones humides du bas Sahara algérien (lac Témacine, lac Merdjaja, chott Sidi Slimane, chott Oum El-Ranneb, lac Hassi, Ben Abdallah et chott d'Ain El Beida) [29] et sont au même niveau de pollution par rapport au zone humide de l'Est algérien [27].

Le rapport DCO/DBO₅ permet d'évaluer la biodégradabilité d'une eau. Selon la valeur de ce rapport les eaux peuvent être classées, lorsque ce rapport est supérieur à 3 cela traduit l'apport d'un effluent industriel plus ou moins difficilement biodégradable [36]. Les résultats obtenus donnent des valeurs largement supérieures à 3 ce qui signifie que l'eau des

deux stations étudiées contient de la matière organique difficilement biodégradable d'origine industrielle.

La valeur maximale du phosphate au niveau du lac de Télamine en été peut être expliquée par le dessèchement du lac suite à la température élevée et la faible pluviométrie pendant cette saison (Fig. 2), alors que la valeur maximale à Dayet Oum Ghellaz obtenue en hiver est expliquée par la présence d'engrais phytosanitaires d'origine animal qu'utilisent les agriculteurs dans les champs qui entourent cette zone plus le phénomène de lessivage des sols apportés par les fortes précipitations pendant cette période. Le phosphate est un élément limitant pour la croissance et le développement des organismes [37], sa présence en quantité suffisante est favorable au développement des microorganismes dans les deux sites, cela explique l'absence d'une corrélation entre ce paramètre et la charge microbienne en présence et en absence de sel.

Concernant les métaux lourds, nos résultats rejoignent la constatation faite en analysant l'eau du lac d'El Kala à l'est algérien [14], les concentrations des métaux lourds suivent une évaluation saisonnière montrant un accroissement se faisant dans le sens saison humide-saison sèche (hiver, printemps et été) puis une décroissance dans le sens été-automne. Cet accroissement des métaux durant la saison sèche est peut être due au dessèchement des sources naturelles d'eau en été qui seront alimentées principalement par des effluents urbains et industriels [38], le nombre réduits des microorganismes dans cette saison coïncide avec l'indice de pollution métallique la plus élevée, ce qui nous laisse penser à l'effet toxique et létale des métaux lourds, on observe que l'hiver est la saison la moins polluée par les métaux lourds mais pas la plus contaminée par les microorganismes, cela est expliqué par la précipitation élevée (106 mm) qui joue le rôle de diluant de la pollution et de la charge microbienne.

V. Conclusion

Les résultats relatifs à l'évolution saisonnière des paramètres physico-chimiques montrent que l'eau du lac de Télamine est plus polluée chimiquement par rapport à celle de Dayet Oum Ghellaz, cette pollution est représentée par la DCO et la moyenne des indices de contamination par les métaux lourds ; la CE et le taux de chlorure sont beaucoup plus élevés dans ce site. Tous ces facteurs influencent la charge microbienne qui est beaucoup plus faible dans cette zone par rapport à Dayet Oum Ghellaz. La charge microbienne semble aussi être influencée par la saison (température et pluviométrie) avec un maximum en automne pour les deux zones humides.

VI. Remerciements

Nous exprimons notre gratitude aux personnels de laboratoire d'analyse et d'assainissement de l'eau de la wilaya d'Oran (SEOR), service analyses physico-chimique particulièrement madame Didi Djazia.

VII. Références

1. Britton, R. H.; Crivelli, A. J. Wetlands of southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands in: Wetlands of the world I de D.F. Whigham et al edition (1993) 129-194.
2. Khaznadar, M.; Vogiatzakis, I.N.; Griffiths, G.H. Land degradation and vegetation distribution in Chott El Beida wetland, Algeria. *Journal of Arid Environments* 73 (2009) 369-377.
3. Perillo, G.; Wolanski, E.; Cahoon, D. R.; Hopkinson C. S. (Eds.). Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach. Elsevier (2018) 1124.
4. Perennou, C.; Beltrame, C.; Guelmami, A.; Tomas Vives, P.; Caessteker P. Existing areas and past changes of wetland extent in the Mediterranean region: an overview. *Ecologia mediterranea* 38(2012) 53-66.
5. Bouahim, S.; Rhazi, L.; Amami, B.; Waterkeyn, A.; Rhazi, M.; Saber E.R.; Zouahri A.; Van Den Broeck M.; Muller S.D.; Brendonck L.; Grillas P. Unravelling the impact of anthropogenic pressure on plant communities in Mediterranean temporary ponds. *Marine and Freshwater Research* 65 (2014) 918-929.
6. Bouahim, S.; Rhazi, L.; Ernoul, L.; Mathevet, R.; Amami, B.; Er-Riyahi, S.; Muller, S. D.; Grillas, P. Combining vulnerability analysis and perceptions of ecosystem services in sensitive landscapes: A case from western Moroccan temporary wetlands. *Journal for Nature Conservation* 27 (2015) 1-9.
7. De Belair, G. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie). *Ecologia mediterranea* 31(2005) 1-18.
8. Belgherbi, B.; Benabdeli, K. Contribution à l'étude des causes de la dégradation de la forêt de Tamarix de la zone humide de la Macta (Algérie occidentale). *Forêt méditerranéenne* 1(2010) 55-62.
9. Bouldjedri, M.; De Belair, G.; Mayache, B.; Muller, S.D. Threats to and conservation of North African wetlands: The case of the Ramsar site of Beni-Belaid (NE Algeria). *Comptes Rendu Biologies* 334 (2011) 757-772.
10. Cronk, J. K.; Fennessy, M.S. Wetland plants: biology and ecology. Lewis Publishers, CRC Press, USA. (2001) 482.
11. Mainstone, C.P.; Parr W. Phosphorus in rivers - Ecology and management. *Science of the Total Environment* 283 (2002) 25-47.
12. Le Moal, M.; Gascuel-Oudou, C.; Ménesguen, A.; Souchon, Y.; Étrillard, C.; Levain, A.; Moatar, F.; Pannard, A.; Souchu, P.; Lefebvre, A.; Pinay, G. Eutrophication: A new wine in an old bottle?. *Science of the Total Environment* 651(2019)1-11.
13. Oueslati, W.; Added, A. Echange des métaux lourds à l'interface eau-sédiment dans la lagune de Ghar El Melh. *Revue Méditerranéenne de l'Environnement* 4 (2010) 686-695.
14. Bendjama, A.; Djabrib, L.; Chouchanea, T.; Boukari, A.; Tlili, S. La contamination métallique des eaux lacustres des zones humides du PNEK située au Nord-Est algérien. *Actes de la conférence internationale sur l'énergétique appliquée et la pollution* (2014).

15. Abrid, D.; Laafou, S.; Abdallaoui, A.; El Hmaidi, A.; Essahlaoui, A. Les métaux lourds dans les sédiments de la retenue de barrage Sidi Chahed (région de Meknès, Maroc). *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering* 1 (2014b) 1–7.
16. Belabed, B. E.; Meddour, A.; Samraoui, B.; Chenchouni, H. Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment* 189 (2017) 1-19.
17. Samraoui, B.; Samraoui, F. An ornithological survey of an wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58 (2008) 71–96.
18. Belguermi, A.; Belhaouari, B.; Boudaoud, K.; Boutiba, Z. Physico-Chemical Characteristics of water and Ornithological Assessment of Lake Telamine (Algeria). *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research* 15 (2014) 1-8.
19. Samraoui, B.; Bounaceur, F.; Bouzid, A. Lake Télamine in Algeria, a new breeding site of the Greater Flamingo *Phoenicopterus roseus*. *Alauda* 83 (2015) 235–238.
20. Megharbi, A.; Abdoun, F.; Belgherbi, B. Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (ouest d'Algérie). *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 71 (2016) 142–155.
21. Sidhoum, W.; Fortas, Z. The beneficial role of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of wetland plants and tolerance to metal stress. *Archives of Environmental Protection* 45 (2019) 103–114.
22. Boulaine, J. Notice explicative de la carte de reconnaissance des sols d'Algérie au 1/200000e. Feuille de Mostaganem N°21. *Pédologie-C. S. 6* (1955) 17.
23. Kherifi, W.; Kherici-Bousnoubra, H. Évolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du lac mellah nord-est algérien. *Larhyss Journal*, 11(2012)109-118.
24. Lugon, J. Etude sur les bactéries du lac de Champex et sur leurs oscillations dans les différentes saisons. Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de l'Université de Lausanne (1929).
25. Chigbu P.; Gordon S.; Strange T. Influence of inter-annual variations in climatic factors on fecal coliform levels in Mississippi sound. *Water Research* 38 (2004) 4341–4352.
26. Fuhrman, J.A.; Cram, J. A.; Needham, D. M. Marine microbial community dynamics and their ecological interpretation. *Nature Reviews Microbiology*, 13(2015) 133–146.
27. Bendjama, A.; Djabri, L.; Chouchane, T.; Boukari, A.; Tlili, S. La qualité des eaux lacustres appartenant aux zones humide du PNEK –Algérie. Third international conference on energy, materials, applied energetics and pollution, Constantine, Alegria (2016).
28. Gouasmia, G.; Amarouyache, M.; Frih, H.; Kara, M.H. Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée d'oued righ (sahara septentrional, algérie nord-est). *Revue d'écologie (Terre et Vie)* 71 (2016) 330-341.
29. Koull, N.; Chehma, A.; Hamouda, N.; Bellahcene, O.; Guezzoun, N. Qualité des eaux des zones humides du bas Sahara algérien. *Revue des BioRessources* 6 (2016) 113- 124.
30. Chaib, N.; Samraoui, B. Evaluation de la qualité physicochimique des eaux de l'oued Kebir-Est et de ses principaux affluents (Nord-est algérien). *Sécheresse* 22 (2011) 171-177.
31. Hade, A. Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Editions FIDES (2002) 59.
32. Seyni, S.; Ngansoumana, B.; Robert, A.; Papa Ibra, S.; Kandjioura, N. Environmental conditions and primary production in a Sahelian shallow lake (Lake Guiers, North Senegal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11 (2017) 1056-1074.
33. Lozach, E. Le sel et les microorganismes. Thèse de Doctorat Vétérinaire, école nationale vétérinaire de maison ALFORT(2001).
34. Boukhatem, Z. F.; Merabet, C.; Bekki, A.; Sekkour, S.; Domergue, O.; Dupponois, R.; Galiana, A. Nodular bacterial endophyte diversity associated with native *Acacia* spp. in desert region of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*. 18 (2016) 634-645.
35. Ghoul, M. Halotolérance d'*Escherichia coli* Effet des osmoprotecteurs naturels. Thèse de doctorat, Université de rennes1 (1990).
36. Aissaoui, M.; Benhamza, M.; Guettaf, M. Caractéristiques hydro chimiques des eaux de l'oued Seybouse - Cas de la région de Guelma (Nord est Algérien). *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie* 35 (2017) 178-186.
37. Rodier, J.; Bazin, C.; Broutin, J.P.; Chambon, P.; Champsaur, H.; Rodi, L. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Dunod, Paris (1996) 1384.
38. Reddy, K.R.; Delaune, R. D. Biogeochemistry of wetlands: science and applications. CRC press, Boca Raton (2008) 800.

Please cite this Article as:

Aibeche C., Sidhoum W., Djabeur A., Kaid-Harche M., Effet des caractéristiques physico-chimiques sur la charge microbienne de l'eau des zones humides du nord ouest algérien : cas du lac Télamine et de Dayet Oum Ghellaz, Oran), **Algerian J. Env. Sc. Technology, 6:4 (2020) 1647-1657**