



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الكيمياء
Département de Chimie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du lac Oubeira

Présenté par :
Bouzana Khedidja Sadjida

Devant le Jury :

Présidente : Mme DJERIBI R.	MAA	Univ. Chadli Bendjedid El Tarf
Encadrante : Dr. KHALED-KHODJA S.	MCA	Univ. Chadli Bendjedid El Tarf
Co-encadrant : Dr. AIT BARA A.	MCA	Univ. Chadli Bendjedid El Tarf
Examinatrice : Dr. LOURICI L.	MCB	Univ. Chadli Bendjedid El Tarf

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Avant tout je tiens à remercier le bon Dieu tout puissant pour m'avoir inspiré les bons pas et m'aidé pour accomplir ce travail.

*Mes premiers et sincères remerciements vont tout d'abord à mon encadreur **Dr. KHALED KHODJA.S** pour son support, ses conseils, sa confiance, et ses orientations dans la conception de ce travail.*

Mes sincères remerciements sont également pour les travailleurs du laboratoire de l'ADE d'El tarf, pour accepter de m'aider à la réalisation des différentes analyses.

*Je remercie beaucoup Mlle **Sabra** pour l'aide qu'elle m'a présenté pour accomplir les différents dosages.*

*Toute ma gratitude et tout mon respect s'adressent à Monsieur **KHERICI Sofiane**, Ingénieur de laboratoire, pour son aide précieuse lors de la réalisation de la partie pratique au sein du laboratoire de chimie à l'université Chadli Bendjedid El-tarf, pour sa générosité scientifique et pour sa disponibilité.*

Mes vifs remerciements aux membres de jury :

*Mme **Djeribi** d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Dr. **Lourici** d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.*

Merci à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant ces années d'études.

Dédicaces

A mes chers parents, pour leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

A mes très chères sœurs « Meriem, Zineb, Beya » pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A mes neveux « Ribel, Dergham, Haran » et ma nièce « Ritel »

A mon cher cousin « Ibrahim »

A mes chères amies, mon soutien de toujours

A tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin.

Je dédie ce modeste travail !

Résumé

Ce travail a pour objet l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du lac Oubeira, site Ramsar d'importance internationale. Cette zone humide fait partie du Parc National d'El Kala (PNEK) situé au Nord Est de l'Algérie.

Trois stations accessibles et représentatives du lac ont été choisies. Un suivi hebdomadaire, des descripteurs physico-chimiques de l'eau, a été réalisé. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été effectuées durant 4 mois (du 28 février jusqu'au 11 mai).

Les résultats préliminaires montrent une contamination des eaux du lac par les orthophosphates, les nitrites, les matières organiques et des valeurs assez élevées de la turbidité. Ces paramètres paraissent mettre en relief l'eutrophisation ou la dystrophisation des eaux du lac. Cette dernière est caractérisée par une prolifération d'algue (matière organique), et un déficit en oxygène traduisant les conditions réductrices du milieu aquatique.

Cette situation pourrait être préjudiciable pour le lac et ses ressources naturelles, principalement halieutiques.

Mots clés : lac Oubeira, Algérie, parc national d'El Kala, descripteurs physico-chimiques, eutrophisation des eaux.

Abstract

This work aims to assess the physico-chemical quality of the waters of lake Oubeira, a Ramsar site of international importance. This wetland is part of the El Kala national park (PNEK) located in the North East of Algeria.

Three stations that are accessible and representative of the lake have been chosen. Weekly monitoring of the physico-chemical descriptors of the water was carried out. Five sampling campaigns were carried out over 4 months (from February 28 to May 11).

The preliminary results show contamination of the lake waters by orthophosphates, nitrites, organic matter and quit high turbidity values. These parameters seem to highlight the eutrophication or dystrophication of the waters of the lake. The latter is characterized by a proliferation of algae (organic matter), and an oxygen deficit reflecting the reducing conditions of the aquatic environment. This situation could be detrimental to the lake and its natural resources, mainly fisheries.

Key words: lake Oubeira, Algeria, El Kala National Park, physico-chemical descriptors, water eutrophication.

ملخص

يهدف هذا العمل الى تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه بحيرة أوبيرة، أحد مواقع رامسار ذات الأهمية الدولية. هذه الأراضي الرطبة تنتمي لمجمع الأراضي الرطبة للحضيرة الوطنية بالقالة الواقع في شمال شرق الجزائر. تم اختيار ثلاث محطات تمثل البحيرة وسهلة الوصول، وتم اجراء متابعة أسبوعية للمعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه وذلك بتنفيذ خمس حملات لأخذ العينات خلال 4 أشهر (من 28 فيفري الى 11 ماي). أظهرت النتائج الأولية تلوث مياه البحيرة بالمركبات الفوسفاتية والنترت والمواد العضوية، كما أظهرت قيم عكارة عالية الى حد ما.

يبدو أن هذه المعلمات تسلط الضوء على التخثث أو ضمور مياه البحيرة. يتميز هذا الأخير بتكاثر الطحالب (المواد العضوية) ونقص الأكسجين الذي يعكس الظروف المختزلة للبيئة المائية. هذا الوضع قد يكون ضارا للبحيرة ومواردها الطبيعية وخاصة للثروة السمكية. **الكلمات المفتاحية:** بحيرة أوبيرة، الجزائر، الحضيرة الوطنية للقالة، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، تخثث المياه.

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique du lac Oubeira.....	4
Figure 2. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	10
Figure 3. Variations moyennes des températures dans les trois stations.....	16
Figure 4. Variations moyennes du pH dans les trois stations.....	17
Figure 5. Variations moyennes de la Conductivité dans les trois stations	17
Figure 6. Variations moyennes de la turbidité dans les trois stations	18
Figure 7. Variations moyennes de la matière organique dans les trois stations.....	18
Figure 8. Variations moyennes de l'ammonium dans les trois stations	19
Figure 9. Variations moyennes des nitrites dans les trois stations	19
Figure 10. Variations moyennes des nitrates dans les trois stations	20
Figure 11. Variations moyennes des orthophosphates dans les trois stations	20

Liste des tableaux

Tableau 1. Précipitations mensuelles de la zone d'étude.....	8
Tableau 2. Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude durant 10 ans.....	9
Tableau 3. Précipitations et températures moyennes mensuelles (période : 1996-2005)	9
Tableau 4. Humidité moyenne mensuelle de la zone d'étude	10
Tableau 5. Vitesses moyennes du vent de la zone d'étude	11
Tableau 6. Evaporation mensuelle dans la zone d'étude sur une dizaine d'années.....	11

Liste des photos

Photo 1. La châtaigne d'eau	5
Photo 2. Le scirpe incliné	5
Photo 3. La carpe commune	6
Photo 4. L'élevage de bovin dans la zone d'étude	7
Photo 5. Filet trémail	7
Photo 6. Station à l'amont du lac (Oam)	12
Photo 7. Station intermédiaire du lac (Ob1)	12
Photo 8. Station avale du lac (Oav)	12
Photo 9. Prélèvement de l'eau du lac	13

Liste des abréviations et symboles

ADE : Algérienne Des Eaux

C : Concentration

CE : Conductivité électrique

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

°C : Degré Celsius

ha : Hectare

hab/km² : Habitants par kilomètre carré

MES : Matière en suspension

µS/cm : Micro siemens par centimètre

MO : Matière organique

N : Azote

NH₃: Ammoniac

NH₄⁺: Ammonium

NO₂⁻ : Nitrites

NO₃⁻ : Nitrates

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

PNEK : Parc national d'El Kala

PO₄³⁻ : Orthophosphates

SEQ-Eau: Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau

TDS : Total des sels dissous

TH : Titre hydrotimétrique

V : Volume

ZH : Zone humide

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	III
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Liste des photos	VII
Liste des abréviations et symboles	VIII
Sommaire	IX
1. Introduction générale.....	1
2. Matériel et méthodes	4
2.1. Présentation et localisation du lac Oubeira.....	4
2.2. Caractéristiques physiques et biologiques du lac	5
2.2.1. La géologie et la géomorphologie	5
2.2.2. La biodiversité.....	5
2.3. Situation socio-économique	6
2.4. Climatologie de la zone d'étude	8
2.5. Choix des stations de prélèvement	11
2.6. Echantillonnage	12
2.6.1. Matériel d'échantillonnage.....	12
2.6.2. Mode de prélèvement de l'eau	13
2.6.3. Prétraitement et conservation des échantillons avant analyse.....	13
2.7. Justification du choix des descripteurs étudiés	14
3. Résultats et discussions	16
3.1. Dispersion spatio-temporelle des descripteurs physico- chimiques	16
3.1.1. Température	16

3.1.2.	pH.....	17
3.1.3.	Conductivité électrique (CE).....	17
3.1.4.	Turbidité.....	18
3.1.5.	Matières organiques (MO).....	18
3.1.6.	Ammonium (NH ₄ ⁺).....	19
3.1.7.	Nitrites (NO ₂ ⁻).....	19
3.1.8.	Nitrates (NO ₃ ⁻).....	20
3.1.9.	Orthophosphates (PO ₄ ³⁻).....	20
4.	Conclusion générale.....	21
	Références bibliographiques.....	23

1. Introduction générale

Les zones humides se définissent comme étant les interfaces entre un milieu terrestre et un milieu aquatique [1]. Ces milieux sont extrêmement diversifiés mais la convention de RAMSAR relative aux zones humides les définit comme « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » [2].

Ces espaces naturels sont des écosystèmes de grande valeur en raison de leur richesse biologique et des importantes fonctions naturelles qu'elles remplissent et sont parmi les milieux naturels les plus productifs du monde [3]. Elles assurent de nombreux services écosystémiques et constituent de véritables réservoirs de la biodiversité floristique et faunistique. Elles assurent aussi de nombreuses fonctions hydrologiques (recharge des nappes souterraines, contrôle des inondations, atténuation des changements climatiques, etc.). Par leur structure, ils sont capables de stocker des volumes importants d'eau et donc d'offrir aux populations humaines des ressources économiques variées : alimentation en eau, ressources vivantes (halieutiques, pastorales, etc.) [4].

Elles apportent également une valeur paysagère contribuant à l'attractivité du territoire et forment un support de nombreuses activités touristiques et de loisirs tels que : la navigation, la pêche, la chasse, etc. [4].

Le bassin méditerranéen se caractérise par ses zones humides au point que celles-ci constituent une grande richesse patrimoniale universelle. Son littoral marin peu profond, se différencie facilement en lagunes et reçoit un nombre considérable de fleuves, de rivières et d'oueds provenant des trois continents (Afrique, Europe et Asie) [5].

Parmi les pays du sud de la Méditerranée, l'Algérie est un des pays les plus riches en zones humides (estuaires, lagunes, lacs, cours d'eau...), favorisées par sa position géographique et la diversité de son climat [6, 7].

L'Algérie compte, selon le dernier recensement effectué en 2006, 1451 zones humides, dont 762 sont naturelles. Cinquante sites algériens ont été classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale en 2010, alors que 13 autres sont en cours de classement. Ces sites classés couvrent une superficie de 3,02 millions d'hectares (ha) pouvant s'étendre à 3,5 millions (ha) en y incluant les 13 autres zones en cours du classement [3].

Cependant, un grand nombre de ces zones sont dégradées, voire menacées de disparition suite aux actions anthropiques, et les effets de la sécheresse naturelle très fréquente en région méditerranéenne.

Les zones humides algériennes, souffrent d'une mauvaise image depuis très longtemps et subissent de fortes altérations. Elles régressent de manière notable suite à la pression anthropique qu'elles subissent (les rejets d'eaux usées, le drainage, le pompage, les activités agricoles, la pêche non contrôlée et l'utilisation d'outils et de techniques peu respectueuses de l'environnement, , etc.) [8, 9].

Elles reçoivent des effluents d'eaux usées industrielles ou domestiques et des eaux de ruissellements chargées en engrais riches en sels nutritifs. L'apport en fertilisants, principalement le phosphore et l'azote, est à l'origine de l'eutrophisation du milieu aquatique. Ces éléments biogènes (le phosphore et l'azote) stimulent la productivité primaire de l'écosystème et la croissance démesurée des algues (bloom d'algues) éphémères. La mort des algues favorise l'augmentation de la teneur en matières organiques putrides, grandes consommatrices d'oxygène. De véritables problèmes d'écotoxicité apparaissent dont la dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau, la diminution de la quantité d'oxygène dissous, l'asphyxie du milieu aquatique et le dégagement de gaz toxiques (NH_3 , NH_4 , H_2S , etc.) qui auront pour conséquences la mort des organismes aquatiques, la diminution de la biodiversité et la pollution organique du milieu limnique [10-12]. En sus, l'utilisation des produits phytosanitaires aura pour effet l'apport en polluants minéraux et organiques hautement toxiques pour la vie aquatique.

Le parc national d'El-Kala (PNEK), situé au nord-est de l'Algérie, à la frontière algéro-tunisienne, est un site d'importance capitale. Ses écosystèmes très variés et sa grande biodiversité, le classe parmi les sites protégés à l'échelle [13]. Le PNEK, possède les plus grands lacs d'eau douce d'Algérie dont la plupart sont reconnus d'importance internationale (sites RAMSAR) [14].

Le lac Oubeira, fait partie du PNEK, situé à l'extrémité nord-est de l'Algérie et occupant une superficie 2200 ha, a été inscrite sur la liste Ramsar, au cours de l'année 1971. Il constitue une zone humide d'importance internationale suite à ses caractéristiques écologiques assez particulières (une importante source d'eau douce, habitat pour de nombreux espèces d'oiseaux, renferme un nombre important d'espèces endémiques dont le statut de rareté est élevée, etc.) [15].

Malgré son importance patrimoniale nationale et internationale, cette zone est fortement anthropisée et menacée principalement par diverses activités agricoles, l'élevage des bestiaux,

les rejets d'eaux usées des agglomérations riveraines et le pompage de ces eaux, principalement lors des périodes de sécheresse, pour l'irrigation des terres [16].

Dans un esprit d'investigation, de protection et de préservation du lac Oubeira de la pollution, nous avons entrepris de faire l'analyse de la qualité physico-chimique de l'eau. Cette dernière est cruciale pour le maintien du lac et de ses ressources animales et végétales. Pour se faire, nous avons ciblé quelques descripteurs représentatifs de l'état chimique de l'eau : le phosphore, l'azote (à l'origine du phénomène d'eutrophisation), la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène après 5 jours d'incubation (DBO₅).

La présente étude est scindée en trois chapitres : Le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique. Le second chapitre se rapporte au matériel et aux méthodes utilisées. Le troisième chapitre expose et discute les résultats obtenus durant les campagnes d'échantillonnage. Pour finir, une conclusion générale et quelques perspectives futures seront apportés.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation et localisation du lac Oubeira

Le lac Oubeira, l'objet de notre étude, fait partie du Parc National d'El Kala (PNEK). C'est un écosystème d'eau douce endoréique de forme subcirculaire d'origine naturelle, de type « étang » c'est-à-dire de moins de 6 mètres de profondeur. Il constitue l'eau douce la plus profonde de la région avec une surface moyenne de 2200 ha et un périmètre d'environ 32 km [17]. Son bassin versant à une surface de 125 km² dont 40 km² en terrain plat et 85 km² en collines de basses altitudes [18]. De par son importance sur le plan international, la convention RAMSAR des Zones Humides lui a conféré le statut « de Zone Intégrale » au sein du PNEK, en 1971. Ce lac représente l'une des plus importantes réserves naturelles d'eau douce d'Algérie et d'une valeur floristique et faunistique unique en Afrique du Nord [19].

Situé à l'extrême Nord Est algérien, à une altitude de 23 m, le lac Oubeira est localisé à 5 km au Sud-Ouest d'El-Kala et à 54 km à l'Est d'Annaba (Figure 1) [20]. Ses coordonnées géographiques au centre du plan d'eau sont 36° 50' 695 Nord – 8° 23' 272 Est [18, 21].

Son bassin versant fait partie de la zone lacustre d'El Kala avec une superficie de 9730 ha. Le plan d'eau représente environ 22% de la superficie totale du bassin versant, il couvre une superficie de 2120 ha, soit un peu plus du 1/5 de la surface totale du bassin versant [22]. Le lac est alimenté, principalement par quatre cours d'eau : l'oued Messida au Sud, et l'oued Demnet Rihana au Nord, l'oued Boumerchene au Nord-Est et l'oued Dey L'Grâa à l'Est [18].

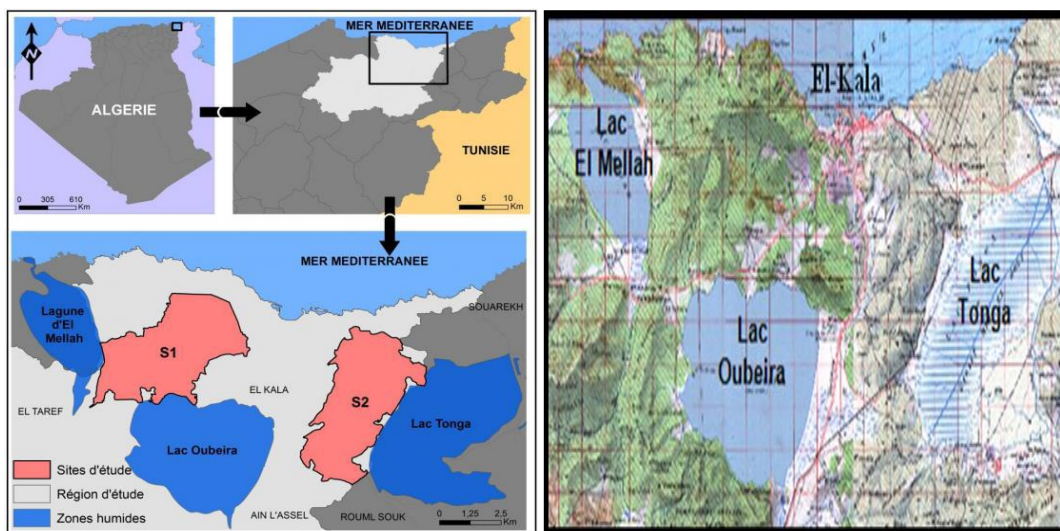


Figure 1. Situation géographique du lac Oubeira

2.2. Caractéristiques physiques et biologiques du lac

2.2.1. La géologie et la géomorphologie

Le lac Oubeira est en forme de cuvette à fond plus ou moins plat légèrement incliné vers le Nord. Sa profondeur maximale est de 4m, la profondeur moyenne étant de 1,24 m. Son volume d'eau varie selon les saisons. En période estivale, il est de 22.031.078,80 m³ avec une profondeur moyenne de 0,96 m et en période hivernale un volume d'eau de 32.535.096,80 m³ avec une profondeur moyenne de 1,24 m [23].

Le substrat du lac est formé de grès numidiens couverts d'une couverture de sables argileux rougeâtres, épais de 2 m. L'analyse texturale des sables argileux met en évidence la valeur de la finesse du matériel composé ainsi : 60.9% sables ; 18.6 % limons ; 20.5 % argiles [22].

Le substrat est entièrement composé d'argile de Numidie datant du Tertiaire, avec la présence tout autour du lac de dépôts récents du Quaternaire. Les alluvions limoneux du fond de vallée, datant du Quaternaire, sont localisées au Sud-Est du lac [23].

2.2.2. La biodiversité

➤ La flore

Le lac Oubeira est le seul site algérien abritant la châtaigne d'eau (*Trapa natans*) (photo 1) et le nénuphar jaune. Il contient également le nénuphar blanc (*Nymphaea alba*), le scirpe incliné (*Scirpus inclinatus*) (photo 2), le *Sparganium erectum*, et le Rubanier rameux (*Zanichelia palustris*) [23].



Photo 1. La châtaigne d'eau



Photo 2. Le scirpe incliné

➤ **La faune**

Le lac Oubeira abrite plusieurs espèces aviaires, parmi lesquelles : la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*), l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) et le Grand cormoran [23]. Il abrite aussi plusieurs types de poissons allochtones tels que : la Carpe commune (photo 3), la carpe argentée et d'autres espèces autochtones (*Barbeau*, *Anguille*, *Mulet*) [24].



Photo 3. La carpe commune

2.3. Situation socio-économique

Le PNEK abrite une population sédentaire estimée à 125 067 habitants en 2004, répartie sur une superficie de 1 207,8 km² soit une densité moyenne de 103,55 hab/km². La répartition géographique de la population et l'usage des espaces (habitat, agriculture et activité touristique), nuancent cette moyenne et expriment mieux le poids de la population. En effet, la répartition humaine est en rapport avec le rang administratif et la catégorie de la route [25].

Le facteur socio-économique dans la région est très important car il nous permet d'apprécier la pression que peut exercer la croissance démographique et les activités anthropiques sur l'environnement.

Les activités humaines présentes dans la région peuvent être résumées comme suit :

➤ **Industrie**

L'industrie, au sens propre du terme, est pratiquement inexistante dans le Parc National et par extension dans toute la wilaya. Le PNEK est une aire protégée depuis les années 80. En plus, l'opposition de la population locale à toute activité industrielle, comme s'était le cas pour l'industrie de pâte à papier qui devait être implantée sur les bords du lac Oubeira, a découragé les promoteurs de ces secteurs d'activité [26].

➤ **Agriculture**

La région est incontestablement à vocation agricole. C'est le secteur qui est le plus gros pourvoyeur d'emplois permanents et saisonniers. Le domaine agricole est constitué par les

parcelles de terres travaillées par les riverains, mais également par les jachères. Il s'étend sur une superficie de 1 541 ha, soit 16 % de la surface totale des communes du PNEK dont 18 % représentent les terres improductives et les parcours.

Les principales cultures pratiquées sont le maraîchage, l'arboriculture, mais surtout les arachides, notamment dans la plaine d'El Frin [22].

➤ **Elevage**

L'élevage occupe une place privilégiée dans les activités de la population. L'activité pastorale s'articule principalement autour de l'élevage de bovin mené en extensif. Les troupeaux et leurs tailles donnent des informations importantes sur la pression appliquée sur les ressources naturelles mais encore sur l'évolution des activités humaines et de leurs besoins [22].



Photo 4. L'élevage de bovin dans la zone d'étude

➤ **Pêche**

Le lac Oubeira représente un point fort dans le développement productif de la pisciculture extensive algérienne [17]. Au niveau du lac, la pêche artisanale se fait au filet trémail (photo 5) mais ne concerne que la capture de barbeaux (*Barbus callensis*), de mugilidés (*Mugil cephalus*) et rarement en période hivernale de clupeidés (*Alosa fallax fallax*). L'anguille (*Anguilla anguilla*) est capturée au moyen de nasses [15].



Photo 5. Filet trémail

2.4. Climatologie de la zone d'étude

Le climat est un facteur clé dans la répartition et la régulation des êtres vivants et dans l'évolution des écosystèmes. Les éléments les plus importants du climat sont : la température, les précipitations, l'humidité et le vent [27]. La relation Climat-Eau est évidente, et les interrelations entre le système climatique et le cycle de l'eau sont nombreuses et d'une grande complexité [28].

Pour caractériser le climat de la région d'étude, nous avons utilisé les données météorologiques disponibles au niveau de la station météorologique d'Annaba. Les données utilisées s'étalent de l'année 1996 à l'année 2005.

➤ Précipitations

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée blanche, givre, ...). Elles s'expriment généralement en millimètres (mm) [28].

Les précipitations constituent un facteur climatique très important pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes limniques comme pour toute activité biologique, notamment photosynthétique des plantes [27].

Le tableau 1 montre les variations mensuelles des précipitations de la région d'El Kala sur une période de 10 ans.

Tableau 1. Précipitations mensuelles de la zone d'étude

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	100.99	88.89	42.29	70.2	40.69	11.24	3.63	16.33	49.84	49.2	113.95	127.3

P : moyennes mensuelles des précipitations en millimètre.

L'examen du tableau ci-dessus, montre que les quantités de pluies les plus élevées sont enregistrées durant la saison hivernale, plus précisément au cours des mois de décembre, de novembre et de janvier et que les précipitations minimales sont observées durant la saison estivale (juillet, juin et août).

➤ Température

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire et donc à la notion immédiate de chaud et du froid. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influence le degré d'évaporation et d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux [22].

Le tableau 2 montre les variations moyennes mensuelles des températures dans la région d'étude sur 10 ans.

Tableau 2. Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude durant 10 ans

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T (°C)	11.32	11.22	13.55	15.41	18.81	22.87	25.16	26.11	23.18	20.24	15.44	12.29

T : températures moyennes mensuelles en degré Celsius.

L'analyse de l'évolution des moyennes mensuelles de la température de l'air dans la région d'étude (PNEK) durant les années 1996-2005, montre que les températures moyennes mensuelles sont comprises entre une valeur minimale de l'ordre de 11.22°C enregistrée au mois de février et une valeur maximale de l'ordre de 26.11°C enregistrée durant le mois d'août.

➤ Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Il constitue un type de représentation le plus répandu et le plus utilisé pour comparer les climats de diverses régions. L'objectif de ce diagramme est de distinguer la période sèche de la période humide, au cours de l'année, indispensable pour l'agriculteur et le chercheur en chimie de l'eau. Le diagramme consiste en une représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C. Les mois sont représentés sur l'axe des abscisses tandis que les précipitations et les pluies sont représentées sur les axes des ordonnées. L'échelle utilisée est $P = 2T$.

Le diagramme est formé de deux courbes, une qui représente les précipitations et la deuxième représente les températures [29, 30]. L'intersection entre les deux courbes représente la période sèche.

En utilisant les données du tableau 3, nous avons pu dessiner le diagramme ombrothermique (Figure 2) de la zone d'étude.

Tableau 3. Précipitations et températures moyennes mensuelles (période : 1996-2005)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T °C	11.32	11.22	13.55	15.41	18.81	22.87	25.16	26.11	23.18	20.24	15.44	12.29
P (mm)	100.99	88.89	42.29	70.2	40.69	11.24	3.63	16.33	49.84	49.2	113.95	127.3

Le diagramme ombrothermique (Figure 2), nous permet de distinguer deux périodes (ou saison). Une période humides qui s'étale du mois de septembre jusqu'au début du mois de mai et une saison sèche qui commence de la fin mai jusqu'au début du mois de septembre.

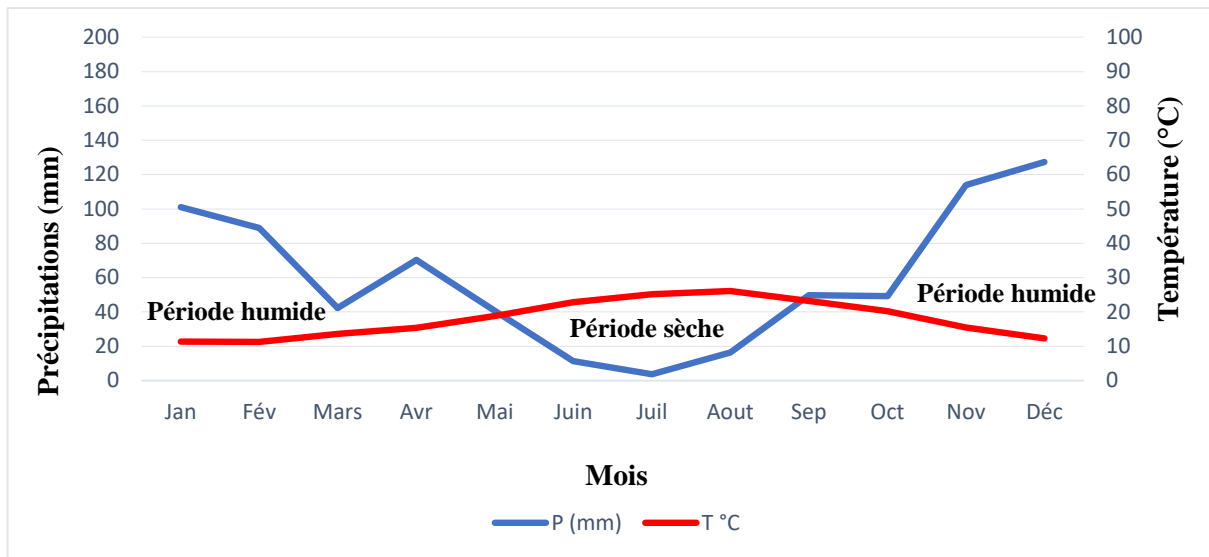


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Gaussen

➤ Humidité

L'humidité relative de l'air correspond à la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la capacité maximale que ce dernier peut en contenir. L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage (%) et dépend de la température et de la pression [31].

Le tableau 4 résume les moyennes mensuelles de l'humidité de la région d'étude sur 10 ans.

Tableau 4. Humidité moyenne mensuelle de la zone d'étude

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H (%)	77.5	77.7	75.2	74.8	75.8	72.3	70.5	71.1	73.6	73.8	76	76.7

H : taux de l'humidité moyenne mensuelle en pourcentage.

L'analyse de la variation de l'humidité moyenne mensuelle montre que la région d'El Kala enregistre des valeurs d'humidité relativement élevées durant toute l'année. Cette dernière oscille entre une valeur minimale d'environ 71% durant le mois de juillet et une valeur maximale d'environ 78 % durant le mois de février.

➤ Vent

Le vent est le paramètre physique représentatif des mouvements de l'air [28]. Il représente un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants suite à ses caractéristiques de direction et de force

[22]. La vitesse du vent s'exprime soit en mètre par seconde (m/s), soit en kilomètre par heure (km/h) soit en noeud (1 noeud correspond à une distance de 1 mille nautique parcouru en 1 heure, soit 1,852 km/h) [28].

Les vitesses moyennes du vent de la région d'El Kala durant les années 1996-2005 sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 5. Vitesses moyennes du vent de la zone d'étude

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	3.85	4.13	3.77	3.83	3.62	3.80	4.09	3.85	3.68	3.5	4.01	4.22

V : vitesses moyennes du vent en mètre par seconde.

D'après ces données, la vitesse du vent la plus élevée est de l'ordre de 4.22 m/s enregistrée le mois de décembre. La vitesse du vent la plus faible est de 3.5 m/s enregistrée durant le mois d'octobre.

➤ Evaporation

L'évaporation représente le processus de transformation de l'eau en vapeur. L'estimation de ce paramètre est essentielle pour le calcul du bilan de l'eau, le calcul de l'irrigation pour la gestion des ressources hydriques [22].

Les données de l'évaporation mensuelle de la zone d'étude sont mentionnées dans le tableau 6.

Tableau 6. Evaporation mensuelle dans la zone d'étude sur une dizaine d'années

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Ev (mm)	65.6	69.1	91.1	86	100.5	133.6	153.9	145.7	119.1	101.7	76.4	67

Ev : évaporation totale mensuelle en millimètre.

D'après le tableau 6, nous remarquons que l'évaporation dans la zone d'étude est importante, plus particulièrement lors des mois de juillet, août et juin, suite aux températures élevées. C'est la saison estivale ou période d'étiage (période des basses eaux) qui influence significativement le chimisme des eaux. Cependant les mois de janvier, décembre et février ont enregistrés une évaporation relativement faible (66 à 69 mm), suite aux températures basses durant cette période hivernale ou période des hautes eaux, qui influence aussi significativement le chimisme de l'eau.

2.5. Choix des stations de prélèvement

Trois stations accessibles et représentatives du lac Oubeira ont été choisies :

La première station située à l'amont du lac (photo 6), symbolisée par Oam, une deuxième station intermédiaire (photo 7), symbolisée par Ob1, et une troisième station située à l'aval du lac (photo 8), symbolisée par Oav.



Photo 6. Station à l'amont du lac (Oam)



Photo 7. Station intermédiaire du lac (Ob1)



Photo 8. Station avale du lac (Oav)

2.6. Echantillonnage

Un suivi hebdomadaire des descripteurs physico-chimiques des eaux a été effectué durant 4 mois. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été réalisées :

La 1^{ère} campagne a été faite le 28/02/2023

La 2^{ème} campagne a été faite le 09/03/2023

La 3^{ème} campagne a été faite le 25/04/2023

La 4^{ème} campagne a été faite le 04/05/2023

La 5^{ème} campagne a été faite le 11/05/2023

2.6.1. Matériel d'échantillonnage

Le matériel de terrain consiste en une série de bouteilles en plastiques, une glacière, de la glace, des entonnoirs, un bidon et une corde qui doivent être préparés au moins un jour avant la sortie sur terrain afin d'assurer le bon déroulement de la campagne d'échantillonnage.

2.6.2. Mode de prélèvement de l'eau

L'eau est prélevée dans des bouteilles en plastique décontaminées. Au moment des prélèvements les bouteilles ainsi que le matériel utilisé (seau, entonnoir, etc.) sont rincés trois fois avec de l'eau échantillonnée de la station de prélèvement, afin d'éviter toute contamination de l'échantillon. Le prélèvement se fait le plus loin possible des bords du lac afin d'être représentatif. Ensuite, la bouteille est remplie jusqu'au bord et bouchée immédiatement, tout en évitant la formation des bulles d'air. Les échantillons sont étiquetés et placés aussitôt dans une glacière contenant des poches de glace.

Dans chaque station, nous prélevons 2 échantillons d'eau afin d'avoir des résultats moyens, statistiquement acceptables. L'eau est prélevée à l'aide d'un seau lié à une corde (Photo 9).



Photo 9. Prélèvement de l'eau du lac

2.6.3. Prétraitement et conservation des échantillons avant analyse

La conservation des échantillons d'eau permet de préserver l'intégrité des échantillons entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse au laboratoire. Cette étape est nécessaire puisque plusieurs paramètres peuvent subir des modifications physiques ou des réactions chimiques au cours du temps, ce qui altère la qualité originale de l'échantillon. Afin d'obtenir des analyses qui représentent le plus fidèlement possible les conditions du cours d'eau, une conservation des échantillons doit être effectuée [32].

Tous les échantillons sont entreposés dans des glacières et transportés à l'obscurité au laboratoire. Une fois arrivé au laboratoire, les échantillons sont déposés dans le réfrigérateur à une température de 4°C. Après filtration, les échantillons d'eau sont congelés à - 20 °C jusqu'à analyse.

2.7. Justification du choix des descripteurs étudiés

Pour estimer la qualité physico-chimique de l'eau, nous pouvons doser un grand nombre de descripteurs. Cependant, dans cette étude, nous avons ciblé uniquement les paramètres indicateurs de la pollution et plus particulièrement les descripteurs du phénomène d'eutrophisation. Les teneurs élevées en sels nutritifs surtout les orthophosphates et les nitrates en présence de température élevée peuvent causer le phénomène d'eutrophisation ou dystrophisation, qui conduit à une pollution aigue du milieu récepteur.

Les descripteurs physico-chimiques suivis dans cette étude sont :

➤ Eléments nutritifs

Les concentrations en nitrites (NO_2^-), en nitrates (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) et orthophosphates (PO_4^{3-}) sont dès lors des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface. Toute augmentation excessive des apports en matière organique et en éléments nutritifs dans un écosystème aquatique provoque le phénomène d'eutrophisation ou hyperfertilisation des eaux, préjudiciable pour l'écosystème aquatique. À ce jour, l'eutrophisation représente l'un des plus gros enjeux associés aux problèmes de pollution en milieux côtiers et estuariens dans le monde [33].

➤ Température ($T^\circ\text{C}$)

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique [34].

➤ Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH correspond, pour une solution donnée, à la concentration d'ions hydrogène et exprime l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés.

Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique ainsi que les pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons [28].

➤ Conductivité électrique (CE)

La conductivité représente la capacité d'une solution à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs [35].

➤ Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension (MES), ces dernières comprennent toutes les matières fines minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, le plancton et autres micro-organismes aquatiques. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité [36]. Ce paramètre est très important pour l'écologie aquatique car les MES affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par la suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons [28].

➤ Titre hydrotimétrique (TH)

Le titre hydrotimétrique ou dureté de l'eau représente la teneur de l'eau en sels de métaux alcalino-terreux (sels de calcium, magnésium, strontium et baryum) [36].

➤ Charge en matières organiques (DBO₅ et DCO)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les composés du carbone (glucides, lipides, protéines) dans les conditions de l'essai : incubation à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation. La DBO₅ représente seulement la pollution organique carbonée biodégradable.

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation des matières organiques oxydables (réductrices) présentes dans l'eau quelle que soit son origine, organique ou minérale, biodégradable ou non.

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) sont les deux méthodes les plus utilisées pour l'évaluation de la quantité de matière organique présente dans l'eau. Ces deux méthodes se basent sur la différence entre la teneur en oxygène dissous initiale et la teneur en oxygène dissous finale après oxydation de la matière organique présente dans un échantillon d'eau [28].

3. Résultats et discussions

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux est basée, essentiellement, sur les normes préconisées par le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux des cours d'eau (SEQ-Eau) de la directive cadre de l'eau, publiée par les Agences Françaises de l'Eau en 2003. Nous avons également eu recours aux normes algériennes, disponibles au niveau de l'ADE d'El Taref.

Onze descripteurs ont été suivis : température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité électrique, la salinité, le taux de sels dissous (TDS), la turbidité, la matière organique, les éléments nutritifs (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ et PO_4^{3-}).

3.1. Dispersion spatio-temporelle des descripteurs physico- chimiques

Les résultats physico-chimiques des eaux du lac Oubeira sont représentés comme suit :

3.1.1. Température

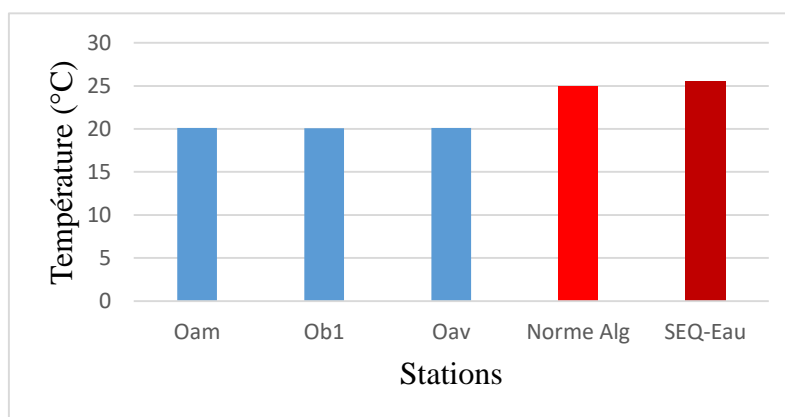


Figure 3. Variations moyennes des températures dans les trois stations

Les valeurs moyennes des températures enregistrées paraissent constantes (Fig. 3) et ne dépassent pas 20 °C dans toutes les stations. La température reste donc en dessous de la norme algérienne et celle du SEQ-Eau (25.5 °C).

L'eau du lac Oubeira présente une très bonne aptitude à la biologie (piscicole) par rapport à ce descripteur, selon le SEQ-Eau.

3.1.2. pH

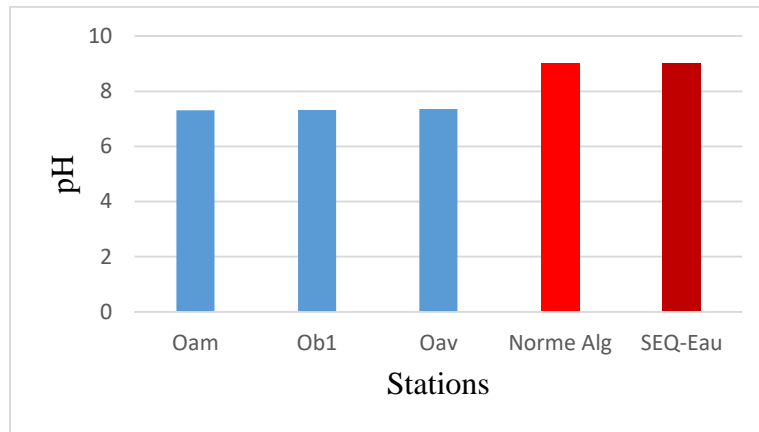


Figure 4. Variations moyennes du pH dans les trois stations

Les valeurs du pH paraissent constantes et fluctuent entre une valeur minimale de 7.31 enregistrée dans la station amont (Oam) et une valeur maximale de 7.36 rencontrée dans la station aval (Oav) (Fig. 4). Toutes les valeurs restent bien en-deçà de la limite algérienne (9) et celle du SEQ-Eau (6.5 – 8.2). L'eau du lac présente donc une très bonne aptitude à la biologie et aux usages vis-à-vis de ce paramètre.

3.1.3. Conductivité électrique (CE)

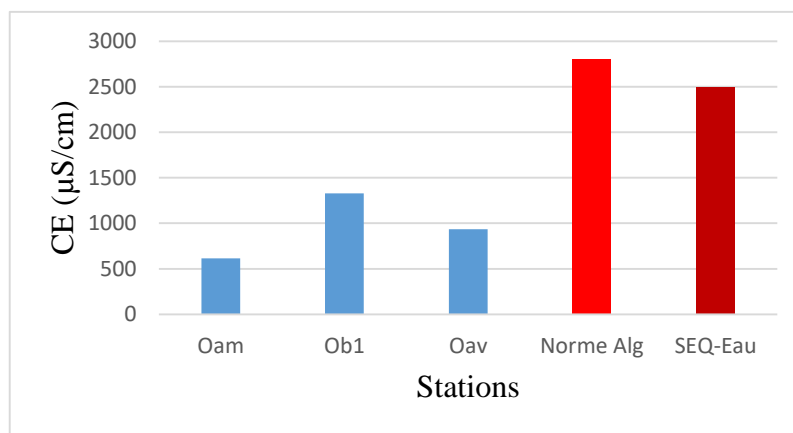


Figure 5. Variations moyennes de la Conductivité dans les trois stations

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique varient de manière significative d'une station à l'autre (Fig. 5). La valeur minimale de 616.4 μS/cm a été enregistrée dans la station amont de l'oued (Oam) et la valeur la plus élevée (1328.1 μS/cm) a été observée dans la station intermédiaire de l'oued (Ob1). Néanmoins ces valeurs restent en dessous de la norme algérienne (2800 μS/cm) et celle recommandée par le SEQ-Eau (2500 μS/cm).

L'eau du lac présente une très bonne aptitude aux divers usages (potabilisation des eaux, pisciculture, irrigation, abreuvement des bestiaux, etc.) selon le SEQ-Eau.

3.1.4. Turbidité

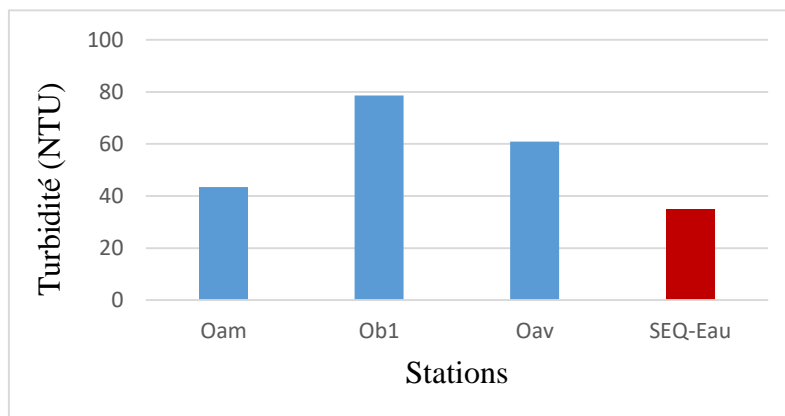


Figure 6. Variations moyennes de la turbidité dans les trois stations

Les valeurs de la turbidité sont très élevées et fluctuent de manière notable d'une station à l'autre (Fig. 6). La valeur minimale de 43.45 NTU a été mesurée dans la station amont (Oam) du lac tandis que la valeur maximale de 78.61 NTU est enregistrée dans la station intermédiaire (Ob1). Ces valeurs dépassent largement la limite (35 NTU) recommandée par le SEQ-Eau. L'eau du lac présente une mauvaise aptitude à la biologie par rapport à ce descripteur.

3.1.5. Matières organiques (MO)

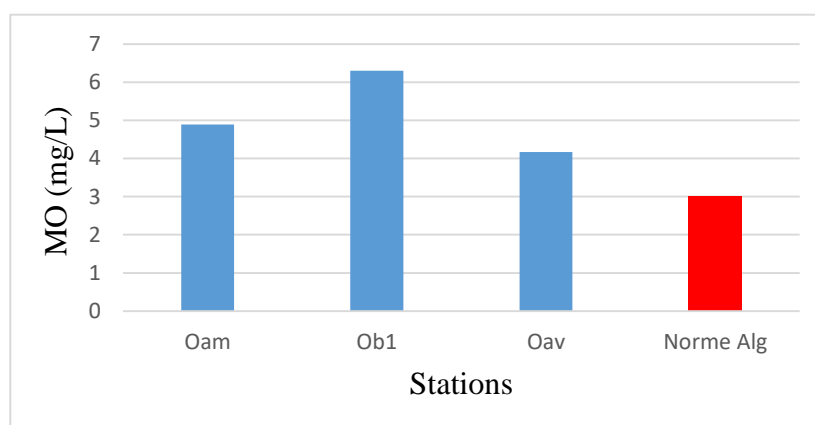


Figure 7. Variations moyennes de la matière organique dans les trois stations

Les teneurs en matière organique sont très variables et irrégulières dans les différentes stations (Fig. 7). Elles oscillent entre un minimum de 4.17 mg/L enregistré dans la station avale du lac et un maximum de 6.30 mg/L observé dans la station intermédiaire. Ces valeurs excèdent la limite algérienne de 3 mg/L. Le lac présente un excès en matière organique.

3.1.6. Ammonium (NH₄⁺)

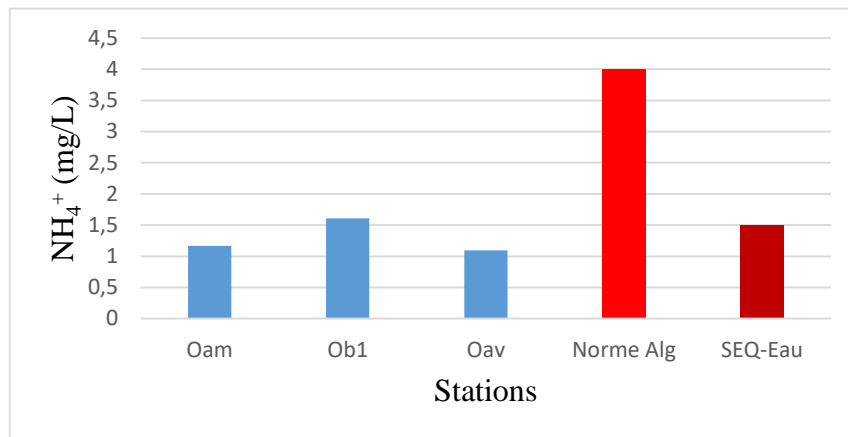


Figure 8. Variations moyennes de l'ammonium dans les trois stations

Les concentrations en azote ammoniacal montrent des variations notables dans les diverses stations. Ces teneurs varient de 1.1 mg/L à 1.61 mg/L. Ces valeurs excèdent la limite de 1.5 mg/L recommandée par le SEQ-Eau. L'eau présente une aptitude passable à la biologie. Cependant, les concentrations trouvées restent dans la limite algérienne (4 mg/L) pour les eaux de surface.

3.1.7. Nitrites (NO₂⁻)

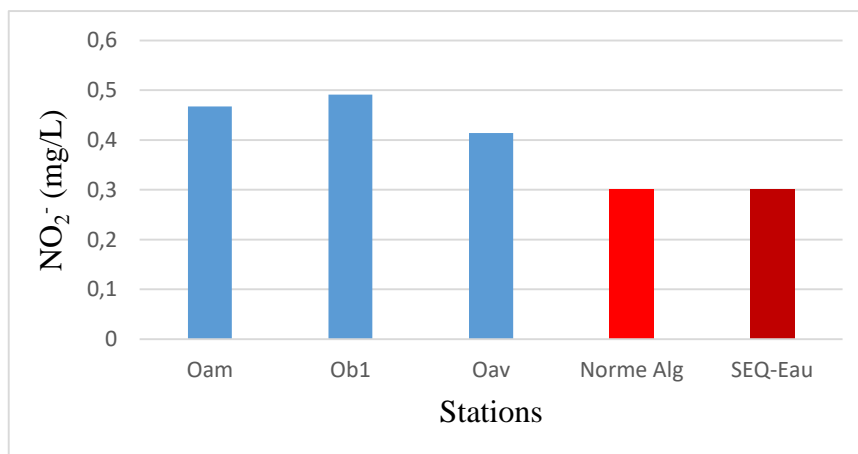


Figure 9. Variations moyennes des nitrites dans les trois stations

La figure 9 montre des concentrations très élevées en nitrites, par rapport aux normes, dans toutes les stations. La station intermédiaire a enregistré la valeur la plus élevée de 0.5 mg/L et la valeur la plus basse de 0.41 mg/L est observée dans la station avale. Ces valeurs dépassent la limite de 0.3 mg/L, recommandée par le SEQ-Eau et la norme algérienne. L'eau présente une aptitude passable à la biologie.

3.1.8. Nitrates (NO_3^-)

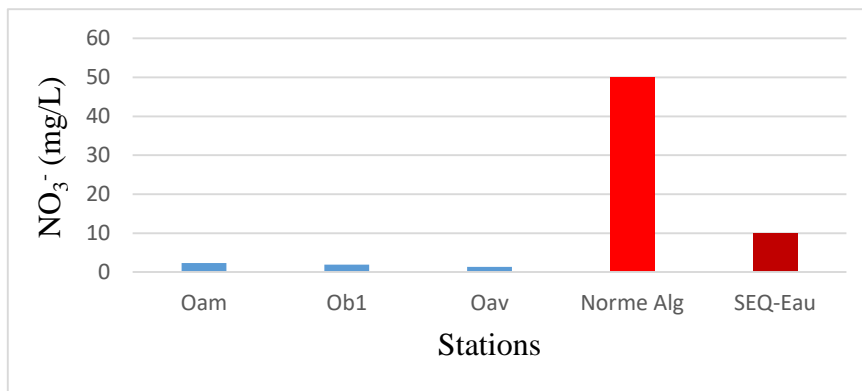


Figure 10. Variations moyennes des nitrates dans les trois stations

D'après la figure 10, nous remarquons que les concentrations en nitrates sont très faibles et varient de 1.4 mg/L à 2.31 mg/L. Ces teneurs restent bien en dessous de la norme algériennes (50 mg/L) et celle du SEQ-Eau (10 mg/L). L'eau présente une bonne aptitude à la biologie.

3.1.9. Orthophosphates (PO_4^{3-})

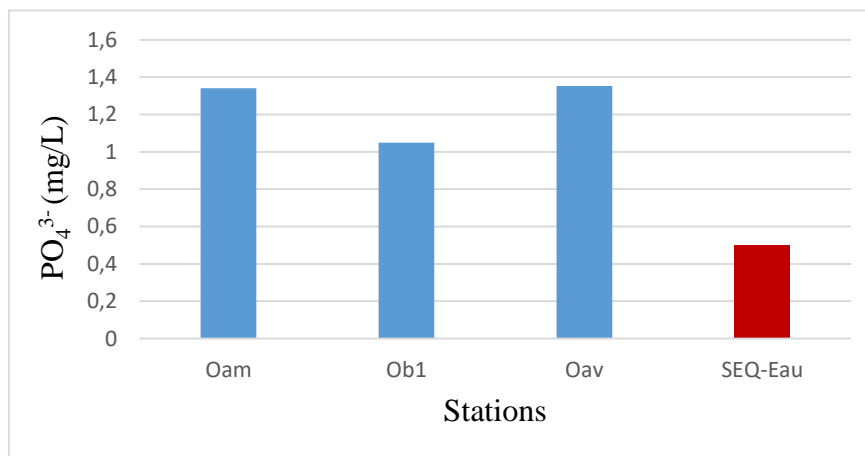


Figure 11. Variations moyennes des orthophosphates dans les trois stations

Les stations amont et avale sont les plus riches en orthophosphates, vient ensuite la station intermédiaire (Fig. 11). Les teneurs fluctuent entre une valeur minimale de 1.1 mg/L à 1.4 mg/L. Les concentrations en orthophosphates sont relativement élevées par rapport à la limite du SEQ-Eau (0.5 mg/L). L'eau présente une mauvaise aptitude à la biologie selon le SEQ-Eau.

4. Conclusion générale

Sur la base des résultats analytiques obtenus et les normes préconisées par l’ADE et le SEQ-Eau, nous pouvons dire à priori que les eaux du lac Oubeira présente une très bonne aptitude à la biologie et donc aux usages par rapport à la température, le pH et la conductivité électrique. Cependant, les eaux du lac sont sujettes à une altération par les orthophosphates, les nitrites, l’ammonium, les matières organiques et présentent une turbidité élevée. Ces descripteurs sont les symptômes de l’eutrophisation ou l’hyperfertilisation du lac Oubeira.

Les concentrations relativement élevées en ammonium traduisent une dégradation incomplète de la matière organique, grande consommatrice d’oxygène. Le déficit en oxygène a pour conséquence l’accumulation de ces matières organiques putrides à la surface de l’eau, plus particulièrement les algues éphémères, ce qui explique la turbidité élevée des eaux. Les concentrations élevées en nitrites viennent appuyer l’hypothèse des conditions anaérobies et réductrices du milieu limnique. Dans les conditions normales, la présence de nitrites dans le milieu est une phase transitoire, qui ne dure pas longtemps, car ces derniers sont rapidement oxydés en nitrates. Les concentrations faibles en nitrates dans les eaux du lac mettent en relief les conditions réductrices du milieu aquatique.

Enfin la présence d’orthophosphates met en évidence la présence du phénomène d’eutrophisation ou de dystrophisation des eaux. Ce dernier pourrait être préjudiciable pour la vie des organismes aquatiques et plus particulièrement les ressources halieutiques.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le lac Oubeira est un site Ramsar protégé d’importance internationale. Il est aussi une ressource hydrique très précieuse, dans un pays comme le nôtre où la croissance démographique et économique fait que la demande en eau devient de plus en plus accrue. En sus, la mauvaise gestion, le gaspillage et la sécheresse récurrente due au changement climatique aggravent la situation.

C'est pourquoi, il est impératif de conserver cette ressource vitale. Pour se faire quelques recommandations doivent être respectées :

- ▀ Sensibiliser toute la population de l'importance de l'eau qui devient une denrée de plus en plus rare ...
- ▀ Utiliser et gérer les ressources en eau de manière rationnelle et équitable.
- ▀ Contrôler les activités agricoles et surtout l'utilisation des produits phytosanitaires et les fertilisants.

■ Un assainissement adéquat doit être assuré à tous les citoyens en vue de préserver la santé publique et préserver les eaux superficielles et *ipso facto* les eaux souterraines de la pollution.

Références bibliographiques

- [1] S. Morardet, Evaluation économique des services rendus par les zones humides en France: synthèse des travaux existants, Rapport de recherche, irstea, 2009, pp. 39.
- [2] E.C. Martinez, Dynamic model of denitrification in natural wetlands on a global scale, THESE, Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2021, pp. 285.
- [3] A. Zoubiri, Diversité et écologie de la reproduction de l'avifaune des zones humides des hauts plateaux du centre d'Algérie, THESE, Université d'Oum El-Bouaghi, 2018, pp. 110.
- [4] S. Hammada, Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc: Catalogue et analyse de la biodiversité floristique et identification es principaux groupement végétaux, THESE, Université Mohammed V, 2007, pp. 199.
- [5] Z. Djamai, Etude écologique et paléoécologique en milieu salé : Cas du lac Fetzara (Nord-Est algérien), THESE, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2018, pp. 125.
- [6] C. Gherzouli, Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien: apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire, THESE, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II, 2013, pp. 207.
- [7] N. Koull, Etude phytoécologique spatiotemporelle des zones humides du Nord-est du Sahara septentrional algérien (Région de Ouargla et de l'Oued Righ), THESE, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015, pp. 185.
- [8] W.D. Kyalo, T. Heckelei, Assessment of agricultural intensification and determinants of the relative choice of land management systems in East African wetlands, African Journal of Rural Development, 3 (2018) 821-830.
- [9] T.T. ADJAKPA, Activités anthropiques et dégradation des zones humides dans la Commune de Bonou au Bénin, Afrique Science, 17 (2020) 125-138.
- [10] J.K. Cronk, M.S. Fennessy, The Physical Environment of Wetland Plants, In Wetland plants: biology and ecology, CRC press, 2016.
- [11] M. Le Moal, C. Gascuel-Odoux, A. Ménesguen, Y. Souchon, C. Étrillard, A. Levain, F. Moatar, A. Pannard, P. Souchu, A. Lefebvre, Eutrophication: a new wine in an old bottle?, Science of the Total Environment, 651 (2019) 1-11.
- [12] K. Boulaksaa, A. Laifa, Évaluation de la pollution azotée minérale des eaux superficielles de la zone humide Ramsar du lac Fetzara (Nord-Est algérien), Journal of Water Science, 32 (2020) 409-419.

- [13] S. Hamouda, A. Tahar, Apport de l'analyse spatiale dans le suivi du couvert végétal du parc national d'El-Kala,(Algérie), *Revue des Sciences et de la Technologie*, 25 (2012) 59-70.
- [14] B. Warda, Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala), *Mémoire de magistère*, Université Badji Mokhtar 2010, pp. 82.
- [15] A. Meddour, K. Bouderd, Bilan d'une pisciculture extensive et earasites des coissons de la lagune Mellah et du lac Oubeira (Parc National El Kala–Algérie), *Proceedings des Journées Internationales d'Etudes sur les Sciences Marines, J'NESMA*, 99 (1999) 657-673.
- [16] H. Alayat, J. El Khattabi, C. Lamouroux, Evolution spatiale des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac Oubeïra impose par les conditions sévères de la sècheresse (Extrême NE Algérien), *European Scientific Journal*, 9 (2013) 1857-7431.
- [17] Y. Boufekane, A. Boukerche, S. Boutaleb, Bioremédiation des métaux lourds par des microorganismes isolées à partir du lac oubeira (Nord-East de l'Algérie), *Mémoire de master*, Université 8 mai 1945 Guelma, 2022, pp. 43.
- [18] L. Djabri, T. Chouchane, A. Boukari, A. Bendjama, S. Tlili, La contamination métallique des eaux lacustres des zones humides du PNEK située au Nord-Est algérien, *Actes de la conférence internationale de 2014 sur l'énergétique appliquée et la pollution*, 2014.
- [19] A. MEDDOUR, K. BOUDERDA, Biodiversité et développement piscicole au lac Oubeira (Parc National el Kala–Algérie), *Workshop on the Marine Biodiversity in The Islamic Countries Izmir, Turkey*, 2011, pp. 42-51.
- [20] L. Nabil, M. Abderrafik, S. Boudjema, Biodiversité des parasites chez *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758 dans le Parc National d'El kala-Algérie, *European Journal of Scientific Research*, 25 (2009) 300-309.
- [21] S. Mouissi, H. Alayat, Utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour la caractérisation Physico-chimique des eaux d'un écosystème aquatique: Cas du Lac Oubéira (Extrême NE Algérien), *Journal of Materials and Environmental Science*, 7 (2016) 2214-2220.
- [22] A. Bendjama, Variations de la qualité des eaux et son impact sur le sol des zones humides du PNEK, *THESE*, Université Badji Mokhtar de Annaba, 2014, pp. 238.
- [23] A. Boumezbeur, N. Ameer, Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, *Réserve Intégrale du Lac Oubeïra, Wilaya d'El Tarf*, (2003) 2-5.
- [24] M.Y. Bentouili, Inventaire et qualité des eaux des sources du parc national d'el kala Nord Est Algérien, *Mémoire de magister Université Badji Mokhtar- Annaba*, 2007, pp. 134.

- [25] K. Brahamia, A. SEMOUK, *Activité touristique dans un espace fragile-cas du Parc National d'El kala, Al-tawasul*, 24 (2010) 34-57.
- [26] B. Saadali, E.F. Derradji, T. Saboua, R. Remita, F. Zahi, *Impact de l'activité anthropique sur la dégradation de l'environnement et sur la qualité des eaux: cas du parc national d'El Kala (nord-est Algérien)*, *Revue des Sciences et de la Technologie*, 30 (2015) 66-75.
- [27] S. DJAMAI, *Variations spatiales des macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala – Wilaya El-Tarf)*, THESE Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2020, pp. 150.
- [28] L. GHERABA, *Modélisation dynamique des paramètres de pollution et traitement biologique par un modèle Neuro-Fuzzy*, THESE, Université Yahia Fares de Médéa, 2020, pp. 110.
- [29] N. MESSAI, *Etude de la bioécologie et de la structure du peuplement des moustiques (DIPTERA : CULICIDAE) dans les zones humides des hautes plaines du sud constantinois* THESE, Université des Frères Mentouri Constantine, 2017, pp. 134.
- [30] J. Charre, *Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombrothermique?*, *Mappemonde Journal*, 46 (1997) 29-31.
- [31] C. Vallée, G. Bilodeau, *Culture de multicellules : paramètres environnementaux*. In *Les techniques de culture en multicellules*, Presses Université Laval, 1999.
- [32] S. Hébert, S. Légaré, *Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, rapport n° QE-123, 24 (2000).
- [33] V. Villeneuve, *Caractérisation des variations saisonnière et spatiale des éléments nutritifs et de la prise de l'azote dissous dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent*, Mémoire de master, Université Laval, 2020, pp. 77.
- [34] K. MESSAI, S. ZEDDOURI, *Caractérisation des paramètres de la pollution de la STEP de la région de Guelma*, Mémoire de master, Université 8 mai 1945 Guelma, 2021, pp. 86.
- [35] J. Rodier, C. Geoffray, L. Rodi, *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie*, Inist-CNRS, 6 (1984).
- [36] M. Tfeila, S.S. MOSA KO, M. Aboulhassan, A. Taleb, M. Bouezmarni, *Suivi de la qualité physicochimique de l'eau du fleuve Sénégal: Cas du captage du Beni Nadji alimentant en eau potable les wilayas de Nouakchott*, *Journal of Materials and Environmental Science*, 7 (2016) 148-160.