

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahleb Blida

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme Master en

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Option : Ecosystèmes Aquatiques

Thème :

**Contribution à l'évaluation de la qualité physicochimique et
Biologique de l'eau des lacs de la Réserve de Chasse de Zéralda
(w. d'Alger).**

Présenté par :

❖ Mlle BAADJ YASMINE

Soutenu le, 22/09/2020 devant le jury composé de :

❖ Mr. GRANDI. M	MCB	USDB	Président
❖ Mme. KHETTAR. S	MAA	USDB	Examinatrice
❖ Mr. INAL. A	Attaché de recherche	CNRDPA	Promoteur

Année Universitaire : 2019 - 2020

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier en premier lieu Dieu de m'avoir donné la force, la santé, le courage, la volonté et la patience pour mener à bien ce travail.

Je me fais tout d'abord un devoir de remercier toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu au cours de réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes plus sincères remerciements au Mr Inal Ahmed , pour m'avoir encadré. Merci pour tout, tout ce que vous m'avez appris et d'avoir proposé ce sujet, aussi pour votre présence, votre gentillesse, votre aide pour la rédaction et finalement d'avoir établi un contexte favorable pour le bon déroulement de ma mémoire.

Mes sincères et grâces s'adressent à Mr Grandi M d'avoir fait l'honneur de présider le jury de la séance de ma soutenance tout en lui adressant mes respectueuses considérations.

Mes sincères remerciements à Mme Zhetar S qui m'accorde l'honneur d'examiner mon travail.

Un immense remerciement au l'ensemble du personnels compétent de la RGE particulièrement à Mr Aissani R et Mme Sadi N pour son aimable accueils et pour leur aide.

Je remercie aussi l'Institut Technique des Cultures Maréchères Industrielles (ITCMI) de Staoueli pour son aide.

Pasmine

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mon cher Père qu'il me manque trop, je n'ai pas eu l'occasion de lui remercier pour tous ce qu'il m'a donné, pour son soutien, sa tendresse et pour ses conseils. Ce travail est du fruit de toutes ses sacrifices. Tu étais toujours à mes côtés, t'étais ma force et ma protection, ta petite fille ne t'oubliera jamais, j'espère que tu reposes en paix et que dieu vous accueille dans son vaste paradis Amen.

Ma Mère ma vie, mon trésor et tous que j'ai dans ce monde, sans elle rien n'aurait pu être possible, toute une réussite est grâce à elle, que dieu vous protège et garde pour nous, je t'aime trop Mama et merci pour tout ce que tu m'as donné.

Ma chère sœur Wissam que j'aime et son mari Amine aussi à ses petits bébés d'amour mes chers Med Racine et Djawad que j'aime trop, je les souhaite beaucoup de bonheur dans leurs vies.

Mon cher frère Badreddine le meilleur frère de tous les temps, je le souhaite beaucoup de bonheur et réussite dans sa vie et que dieu le préserve pour nous.

Ma chère grand-mère Saadi Zohra que dieu la protège et garde pour nous.

Mes chères cousines, et Mes chères tantes en particulier Zarima, et son mari mon oncle Mohamed merci pour tout, que dieu vous protège.

Ma chère Tiziri merci pour votre soutien et vous encouragement.

Mes chères copines que je les aime Nouha, Meriem, Ikhlās, Fasmine, Rima et Mahdia, ces personnes qui m'ont soutenu et encouragé durant les moments difficiles et que dieu vous protège et vous préserve.

Je tiens à remercier infiniment Meriem, Mahdia et Nouha pour son aide à la réalisation de ce mémoire vous m'avez toujours rebooster et rassuré ; merci encore.

Mes amies et tous ceux qui m'aiment de pré et de loin.

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'état écologique de l'écosystème lacustre de la Réserve de Chasse de Zeralda qui est situé dans la wilaya d'Alger. Cet écosystème est classé comme une zone humide dans la catégorie 13 de la classification Ramsar, et est formé de deux lacs, le lac supérieur et le lac inférieur qui sont en communication entre eux, qui sont alimentés par des petits oueds.

Nous avons mené une étude descriptive du milieu, ainsi qu'une étude comparative des résultats des études récentes (**AKLI-BIDI (2014)**, **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, et **OULD MOUHAMED (2013)**) réalisées dans cet écosystème. Il s'agit de suivre et évaluer la qualité physico-chimique et biologique au cours du temps, avec un intérêt particulier au phytoplancton (identifications des espèces, qualité et quantité).

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques révèlent que l'écosystème subit une forte pollution chimique d'origine anthropique provoquant l'eutrophisation du milieu.

L'étude bactériologique révèle la présence des bactéries indicatrices d'une contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux), et l'absence totale des germes pathogènes (Salmonelles et Vibrions cholériques).

Pour l'étude des peuplements phytoplanctoniques, les résultats montrent que la distribution et l'évolution de la composition qualitative et quantitative du phytoplancton est hétérogène sur le plan temporel, ou le milieu a connu des variations importantes caractérisées par des fréquentes floraisons algales ce qui explique la mortalité périodique des poissons.

À partir des résultats obtenus nous montrons que le milieu lacustre est en un état mauvais qui est en train de dégradation.

Mots clés : Ecosystème lacustre, Réserve de Chasse de Zeralda, Zone humide, Physicochimique, Bactériologique, Phytoplancton, Pollution, Eutrophisation.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the ecological status of the lacustrine ecosystem of the Zeralda Hunting Reserve, which is located in the wilaya of Algiers. This ecosystem is classified as a wetland in category 13 of the Ramsar classification, and is formed of two lakes, the upper lake and the lower lake, which are in communication with each other and are fed by small wadis.

We conducted a descriptive study of the environment, as well as a comparative study of the results of recent studies (AKLI-BIDI (2014), GOUICHICHE and BEDR (2016), and OULD MOUHAMED (2013) carried out in this ecosystem. The aim is to monitor and evaluate the physico-chemical and biological quality over time, with a particular interest in phytoplankton (identification of species, quality and quantity).

The results of the physico-chemical characteristics reveal that the ecosystem is subject to strong chemical pollution of anthropic origin causing eutrophication of the environment.

The bacteriological study reveals the presence of bacteria indicative of faecal contamination (total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci), and the total absence of pathogenic germs (*Salmonella* and *cholerae*).

For the study of phytoplankton populations, the results show that the distribution and evolution of the qualitative and quantitative composition of phytoplankton is heterogeneous in time, where the environment has experienced significant variations characterised by frequent algal blooms, which explains the periodic fish mortality.

From the results obtained we show that the lake environment has a poor state which is in the process of degradation.

Key words: Lake ecosystem, Zeralda Hunting Reserve, Wetland, Physicochemical, Bacteriological, Phytoplankton, Pollution, Eutrophication.

ملخص

والهدف من هذه الدراسة هو تقييم الوضع الإيكولوجي للنظام الإيكولوجي للبحيرات في محمية الصيد في زرالدا الواقعة في ويصنف هذا النظام الإيكولوجي على أنه أرض رطبة في الفئة 13 من تصنيف رامسار ، ويتألف ولاية الجزائر العاصمة من بحيرتين ، بحيرة متفوقة وبحيرة أدنى ، تتواصلان مع بعضهما البعض ، تغذيهما الوديان الصغيرة

وقد أجرينا دراسة وصفية للبيئة، فضلا عن دراسة ومقارنة لنتائج الدراسات (AKLI-BIDI (2014)

GOUICHICHE et BEDR (2016), et OULD MOUHAMED (2013) الأخبيرة في هذا النظام

الإيكولوجي. وهذا يشمل على مراقبة وتقييم النوعية الفيزيائية الكيميائية والبيولوجية على مر الزمن، مع اهتمام خاص

بالعوالق النباتية (تحديد الأنواع ونوعيتها وكميتها)

وتكشف نتائج الخصائص الفيزيائية - الكيميائية أن النظام الإيكولوجي يتعرض لدرجة عالية من التلوث الكيميائي ذي المنشأ البشري الذي يتسبب في تلوث البيئة بالمغذيات

وتكشف الدراسة البكتريولوجية عن وجود بكتيريا تشير إلى تلوث البراز (الكوليفورم الكلي ، والورم البرازي ، والورم البرازي) ، والغياب التام للجراثيم المسببة للأمراض (السالمونيل وفيريون الكوليريكات)

وبالنسبة لدراسة العوالق النباتية ، تبين النتائج أن توزيع وتطور التكوين النوعي والكمي للعوالق النباتية غير متجانس زمنياً ، حيث شهدت البيئة تفاوتات كبيرة تميزت بتكاثر الطحالب ، وهو ما يفسر الوفيات الدورية للأسماك ،

ومن خلال النتائج التي تم التوصل إليها ، يمكننا أن نرى أن بيئة البحيرة في حالة تردي

الكلمات الرئيسية: النظام البيئي للبحيرة ، ومحمية الصيد في زرالدا ، والأراضي الرطبة ، والكيمياء الفيزيائية ، والبكتريولوجية ، والتوبلانكتون النباتي ، والتلوث ، والتغذيات

Liste des abréviations

RCZ : Réserve de Chasse de Zéralda.

CNRDPA : Centre National de Recherche et Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

ITCMI : Institut Technique de Culture Maraichère et Industrie .

T° : Température

C° : Degré Celsius.

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol

EVA : Éthyle violet et Azide de Sodium

µm : Micromètre

NPP : Nombre le Plus Probable

D/C : Double concentration

S/C : Simple concentration

GNAB : Gélose nutritive alcaline et bilée.

EPA : Eau peptonnée alcaline.

Chl-a :Chlorophylle a

MES : Matière en suspension.

mg : Milligramme.

ml : Millilitre.

min : Minute.

L :litre

ha : Hectare

Km : Kilomètre

m : Mètre

pH :Potentiel d'Hydrogène

nm :Nanomètre

mg :Milligramme

Liste des figures

Fig.I.1 : Situation géographique des deux lacs de la R.C.Z (RCZ, 2020, modifiée)	3
Fig.I.2 : Carte du réseau hydrographique de la RCZ (R.C.Z, 2020)	5
Fig.I.3 : la variation de la Températures moyennes mensuelles de la région Staoueli entre 2002-2015 (I.T.C.M.I)	6
Fig.I.4 : Précipitations moyennes mensuelles de la région Staoueli entre 2002-2015 (I.T.C.M.I, 2020)	7
Fig.I.5 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Staoueli (2002-2015).....	8
Fig.II.1 : analyseur multi-paramètres de type Multi 340i Set WTW (Gouichiche et Bedr, 2016)	13
Fig.III.1 : Analyse en composante principale présentant la distribution temporelle des 11 mois d'étude en fonction des 19 variables physicochimique mesurées. a) Projection des mois b) Projection des variables physicochimiques (Gouichiche & Bedr, 2016)	25
Fig.III.2 : a) Variation verticale de la température de l'eau en fonction des saisons / b) Variation verticale des teneurs en oxygène dissous en fonction des saisons et stations (Gouichiche et Bedr, 2016)	27
Fig.III.3 : Diagramme de classement du niveau trophique des lacs (MDDELCCQ, 2015) ...	28
Fig.III.4 : a) Position des lacs de la RCZ dans le diagramme de classement du niveau trophique des lacs. / b) Bloom algale au niveau de lac supérieur de la RCZ.	29
Fig.III.5 : les variations mensuelles des coliformes totaux (Ould Mouhamed, 2013)	30
Fig.III.6 : les variations mensuelles des coliformes fécaux (Ould Mouhamed, 2013).	30
Fig.III.7 : les variations mensuelles des Streptocoques fécaux (Ould Mouhamed, 2013).	31
Fig.III.8 : Variation saisonnière de la densité des groupements phytoplanctonique des lacs de la RCZ (Gouichiche et Bedr, 2016).	37
Fig.III.9 : Florissant d'espèces cayanobactérie su genre <i>Microcystis</i> (Akli-Bidi 2014).	37

Liste des figures

Fig.III.10 : Mortalité massive de poissons dû à un manque d'oxygène, dans le bassin inférieur (août, 2006) (Akli-Bidi 2014).	37
--	----

Liste des Tableaux

Tab.I.1. : les caractéristiques morpho-métriques des deux lacs de la R.C.Z (Akli-Bidi, 2014).....	4
Tab.I.2. : Caractéristiques du réseau hydrographique de la RCZ (Sadi, 2005)	4
Tab.II.1 : les méthodes de dosage des paramètres chimiques (Gouichiche et Bedr, 2016) ...	14
Tab.III.1 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelle (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux études de Akli-Bidi (2014) et Gouichiche et Bedr (2016).	27
Tab.III.2 : Extrait de la grille générale de la qualité microbiologique utilisée pour la classification des eaux de surface (SEEE, 2002) actualisée par la DRPE (SEEE, 2008) (Sanae et al, 2012).	32
Tab.III.3 : Systématique des espèces de phytoplancton récoltées (Akli-Bidi, 2014)	33
Tab.III.4 : Classements des peuplements phytoplanctonique en fonction de l'indice d'équitabilité...	38
Tab.III.5 : valeurs de l'Indice de diversité de Shannon-Weaver et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau du lacs de la RCZ (Gouichiche et Bedr, 2016).	38
Tab.III.6 : Variation des valeurs de l'indice de Shannon dans les deux lacs de mars 2006 à février 2008 (Akli-Bidi, 2014).	39

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction 1

CHAPITRE I : La Zone d'étude

I.1 La Réserve de Chasse de Zéralda 3

I.2. Les lacs de la réserve de chasse de Zéralda 4

I.2.1 Situation géographique 4

I.2.2 Les caractéristiques des lacs 4

I.2.3 Réseau hydrographique 4

I.3 Géologie du milieu 5

I.4. Pédologie 5

I.5 Les facteurs climatiques 6

I.5.1 Température..... 6

I.5.2 Précipitation..... 7

I.5.3 Synthèse climatique..... 8

I.6.Biodiversité..... 9

I.6.1 La flore 9

I.6.1 La Faune 9

I.6.1.1 Faunes mammaliennes 9

I.6.1.2 Faune avienne 9

I.6.1.3 Population piscicole 10

I.6.1.4 La faune ichtyologique 10

Table des matières

I.6.1.5 La faune herpétologique et batracologique	10
---	----

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

II.1 Choix des stations des études.....	11
II.2 Échantillonnage.....	11
II.2.1 Prélèvements de l'eau	12
a. Prélèvements en surface	12
b. Prélèvements en profondeur.....	12
II.3 Mesures et analyses.....	12
II.3.1 Mesures des paramètres physiques.....	13
II.3.2 Analyses des paramètres chimiques.....	13
II.4 Les indicateurs de la pollution	14
II.4.1. La chlorophylle <i>a</i>	14
A. Principe	14
B. Calculs et expression des résultats	15
II.4.2. Les matières en suspension.....	15
A. Principe.....	15
B. Calculs et expression des résultats	15
II.5 Etude Bactériologique	16
II.5.1. Mode de prélèvement.....	16
II.5.2. Analyses Bactériologiques des eaux	16
II.5.2.1. Méthodes d'examen Bactériologiques des eaux.....	16
II.5.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux	16
A. Test de présomption	16
B. Test de confirmation ou test de Mac Kenzie	17
II.5.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	18

Table des matières

A. Test de présomption.....	17
B. Test de confirmation.....	18
II.5.2.1.3. Recherche des salmonelles.....	18
II.5.2.1.4. Recherche des vibrions cholériques.....	19
II.6. Etude de phytoplancton.....	20
II.6.1 Mode de prélèvement	20
II.6.2 Dénombrement et détermination du phytoplancton	21
II.7. Analyses des données	22
II.7.1 Indice de diversité de Shannon-Weaver	22
II.7.2 Diversité maximale.....	22
II.7.3 L'indice d'équitabilité « E »	22
II.7.4 Analyse en composante principale ACP.....	22

CHAPITRE II : Résultats et discussion

III.1 Etude des paramètres physicochimiques	24
III.1.1. Variation temporel des paramètres physicochimiques	24
III.1.2. Variation de la température et l'oxygène dissous.....	25
III.1.3. Evaluation de la qualité des eaux des lacs	27
III.1.3.1. Evaluation de la qualité physicochimique.....	27
III.1.3.2. Evaluation de l'état trophique des lacs	28
III.2 Etude Bactériologique	29
III.2.1 Les Coliformes Totaux	29
III.2.2 Les Coliformes Fécaux.....	30
III.2.3 Streptocoques fécaux	31
III.2.4 Salmonelles et les vibrions cholériques	31
III.3 Etude du peuplement phytoplanctonique	32
III.3.1 Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique	33
III.3.2 Etude quantitative du peuplement phytoplanctonique	34

Table des matières

III.3.2.1 Variation temporelle du peuplement phytoplanctonique	34
III.3.3. Diversité du phytoplancton (Indice de diversité de Shannon-Weaver)	38
III.3.4 Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique.....	39
Conclusion	40

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Les écosystèmes aquatiques (ex : Lacs) en tant que biotope sont caractérisés par l'existence d'un réseau trophique au sein duquel la production primaire, source d'oxygène essentielle pour les organismes hétérotrophes, est assurée par le phytoplancton (micro-organisme autotrophe) **(HAMAIDI, 2012)**.

La santé d'un système aquatique est affectée quand sa capacité d'absorber un stress est dépassée. Ce concept suggère que la qualité de l'environnement peut être évaluée à travers le suivi biologique en utilisant les organismes vivants comme outil de diagnostic **(DOKULIL, 2003)**.

La relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est une question écologique fondamentale. Il est indispensable de connaître la distribution des organismes dans le temps et dans l'espace **(BENGTSSON, 1998)**.

La zone méditerranéenne a été classée par le PNUE (Programmes des Nations Unies pour l'Environnement) comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves **(RAMADE, 1993)**. En Algérie les barrages sont alimentés par des oueds qui en période d'étiage deviennent de véritables égouts chargés de matières putrescibles. Plusieurs barrages et lacs algériens de faibles profondeurs ont été touchés par le phénomène d'eutrophisation **(NASRI et al, 2008)**.

L'industrialisation, l'urbanisation et l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides aussi le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs **(Mullis et al, 1997 in BENATMANE et BENHOCINE, 2015)**.

D'après **RAMADE (2008)**, les lacs sont des écosystèmes aquatiques (lacustres), qui occupent le fond d'une dépression ou d'un bassin géologique sans communication directe avec la mer, leurs eaux sont donc d'un renouvellement lent (écosystèmes lentiques).

La distinction entre lacs se fonde sur les différences de la teneur des eaux en nutriments, elle-même corrélée à leur âge. On distingue, selon leur teneur relative en phosphates et nitrates, des lacs oligotrophes, mésotrophes et eutrophes.

Les lacs des barrages de la Réserve de chasse de Zeralda (R.C.Z) sont des plans d'eau artificiels dont la construction contribue de façon considérable à l'augmentation des retenues d'eau. Ces dernières sont destinées à l'irrigation des terres agricoles avoisinantes, et qui sont toujours exposées à la pollution.

Ce travail fait partie d'un projet de surveillance de la qualité de l'eau des lacs qui lancé par CNRDPA. Pour cela, notre objectif porte sur les composantes physico-chimiques et Biologiques du milieu aquatique qui contribuent à la détermination du l'état écologique de ces lacs.

Nous avons mené une étude comparative à partir des résultats de 3 études récentes (**AKLI-BIDI,2014**), (**GOUICHICHE et BEDR,2016**) et (**OULD MOHAMED, 2013**). Afin de connaître l'évaluation de l'état écologique de lacs de la RCZ.

Le présent manuscrit est structuré en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre comprend une présentation de la zone d'étude (la R.C.Z.)
- ✓ Le deuxième traite les principaux matériels et méthodes adoptés pour l'échantillonnage et les analyses au laboratoire.
- ✓ Le troisième chapitre présente les principaux résultats attendus à l'étude comparative.
- ✓ En fin, notre travail est clôturé par une conclusion générale.

Chapitre I : La zone d'étude

I.1. La Réserve de Chasse de Zéralda :

D'après son nom la Réserve de Chasse de Zéralda est un site présidentiel où la chasse est strictement interdite, a été créée par le décret n° 84-45 du 18 février 1984, modifié et complété par le décret n°07-09 du 11 janvier 2007.

La RCZ s'étend sur une superficie de 1078ha (**Fig.I.1**), dont 460ha représentée par la forêt domaniale d'Oued El Aggar (la forêt de *Pinus halepensis*), située dans le territoire de Zéralda à 30 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya d'Alger et à 50 km à l'Est de la ville de Tipaza, elle est près de la mer d'environ 2km. Les 574ha sont représentées par des terrains de cultures et de maquis couvrant le territoire de Mahelma, Souidania, Staoueli et Rahmania; le reste est occupé par le territoire de Sidi Fredj, avec une superficie de 44 ha.

La RCZ est comprise entre les coordonnées géographiques suivantes :

X' = 2° 52' 0 "	X= 2° 55' 30 "	Z= 100m
Y = 36° 43' 30"	Y= 36° 40' 30 "	

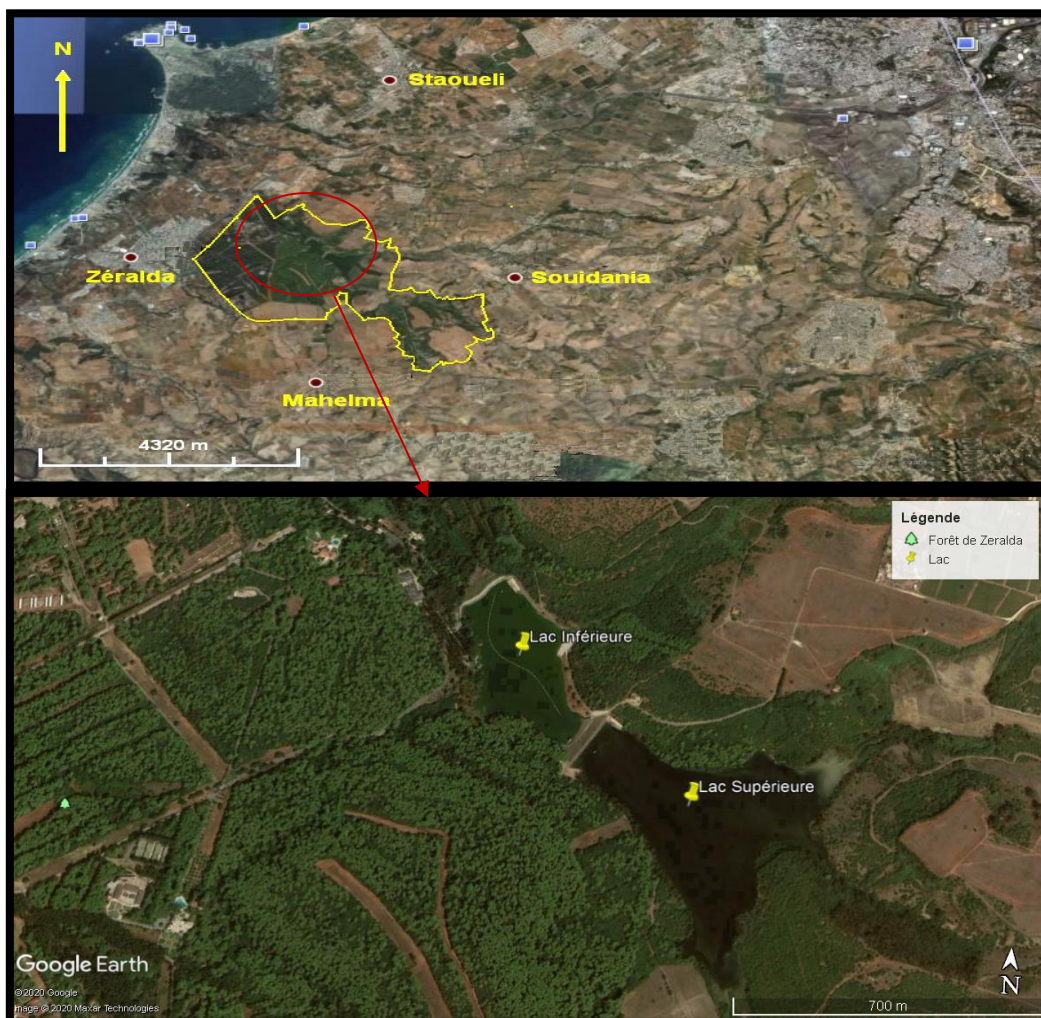


Fig.I.1 : Situation géographique des deux lacs de la R.C.Z (RCZ, 2020, modifiée).

I.2. Les lacs de la réserve de chasse de Zéralda :

I.2.1. Situation géographique :

Il existe deux lacs artificielles ou bien retenues d'eau qu'ils constituent un barrage au niveau de la R.C.Z, situées au centre du périmètre de la R.C.Z et couvre une superficie de 25ha. Ces lacs aux coordonnées géographiques : 36° 42'37.58"N. 2°52'42.98"S (AKLI-BIDI, 2014).

Celui-ci est classé typologiquement dans la classe 13 de la classification Ramsar : zone humide artificielle (GOUICHICHE et BEDR, 2016).

I.2.2. Les caractéristiques des lacs :

Ces deux lacs appelées bassin supérieur et bassin inférieur, dont un bassin naturel (supérieur) délimité au nord par une digue et doté d'un déversoir de crue qui alimente le deuxième lac inférieur, destinée à la plaisance et à l'irrigation des espaces des résidences d'une surface de 20ha. (HOCINI et al., 1999 in BENATMANE et BENHOCINE, 2015). Les paramètres morpho-métriques des deux lacs sont représentés dans le Tableau ci-dessous :

Tab.I.1. : les caractéristiques morpho-métriques des deux lacs de la R.C.Z (AKLI-BIDI, 2014).

	Lac supérieure	Lac inférieure
Volume (m ³)	1000.000	6000
Superficie (ha)	17	10
Profondeur maximale(m)	9	9
Profondeur moyenne (m)	6	6

I.2.3. Réseau hydrographique :

Les lacs du barrage de la RCZ sont alimentés par cinq principaux cours d'eau (oueds) occupants 13,69 km. Ces derniers sont temporaires à débit faible et affluent directement dans le barrage avec un apport moyen annuel de 4,85.10 (Fig.I.2). Dont la longueur et la surface sont représentés sur le Tableau ci-dessous :

Tab.I.2. : Caractéristiques du réseau hydrographique de la RCZ (SADI, 2005).

Nom des oueds	Longueur (km)	Surface (ha)
Oued El- Haggar	1.91	2.16
Oued Bougandoura	0.62	1.72
Oued Sidi – Harrach	5.11	8.87
Oued Larhat	3.60	8.36
Oued Saf-Saf	2.45	6.52

Les affluents du lac supérieur sont : oued Bougandoura et la confluence de deux oueds (oued Sidi Harrach et oued Larhat). Ceux du lac inférieur sont représentés par : oued El Haggar et oued Saf-Saf . Les deux lacs sont vidangéables car ils sont pourvus dans leur zone aval d'un batardeau mais ils n'ont jamais été vidangés (AKLI-BIDI, 2014).

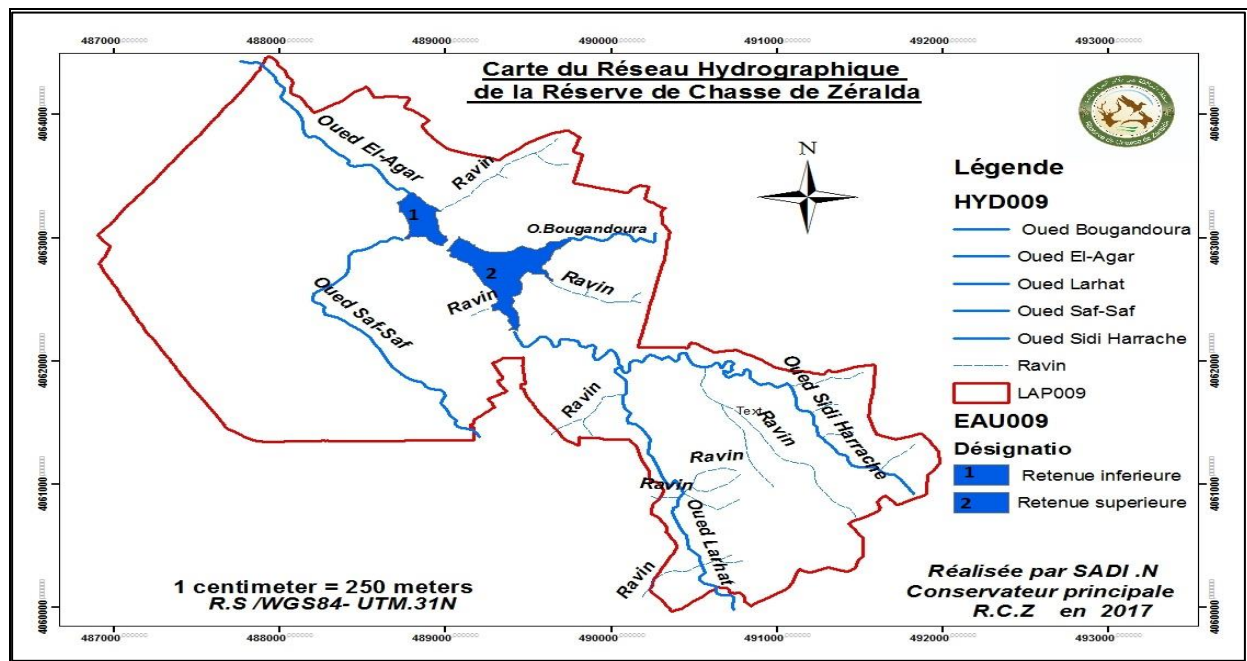


Fig.I.2 : Carte du réseau hydrographique de la RCZ (R.C.Z, 2020).

I.3. Géologie du milieu :

Le milieu d'étude de point de vue géologique, est constitué principalement par les formations des dépôts, lesquels :

- Les dépôts d'alluvions (limoneux des vallées du sahel) de faible extension proviennent du pliocènes.
- Les dépôts quaternaires formées par un substratum marneux ; grés et sables.
- Des marnes grises et des argiles formants des couches alluviales d'épaisseurs approximatives de 10 à 250 mètres qui forment la moyenne partie de milieu d'étude (SADI, 2005).

I.4. Pédologie :

Les principaux sols rencontrés dans le milieu d'étude sont des sols bruns forestiers sur argiles et sur marnes et des sols rouges fersiallitiques sur des grés et des sables. Ces sols permettent le

développement du chêne liège et sont typiques à la région méditerranéenne. Ce sont en générale des sols profonds caractérisés par les trois horizons A, B et C (SADI, 2005).

I.5. Les facteurs climatiques :

Selon RAMADE (2008), le climat c'est le facteur qui joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. Et aussi dans la vie et la distribution des êtres vivants (Claude, 2011). Parmi les éléments du climat susceptibles d'influencer sur la biologie des lacs tel que : la température (facteur énergétique), la pluviosité (facteur hydrologique) (LEVEQUE, 2001).

D'après (I.T.C.M.I) de Staoueli, il y a deux grandes saisons caractérisent le climat de Zéralda : une saison hivernale peu rigoureuse et assez pluvieuse, et une saison estivale longue et sèche qui s'étend de la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été. A l'absence des données climatiques relatives à notre milieu d'étude nous avons utilisé les données climatiques de (I.T.C.M.I).

I.5.1. Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

Les températures extrêmes (Min – Max) pour les douze mois des saisons allant de 2002 jusqu'au 2015, avec la moyenne mensuelle durant cette période dans la région d'étude sont récapitulés dans le tableau 01 au l'annexe I.

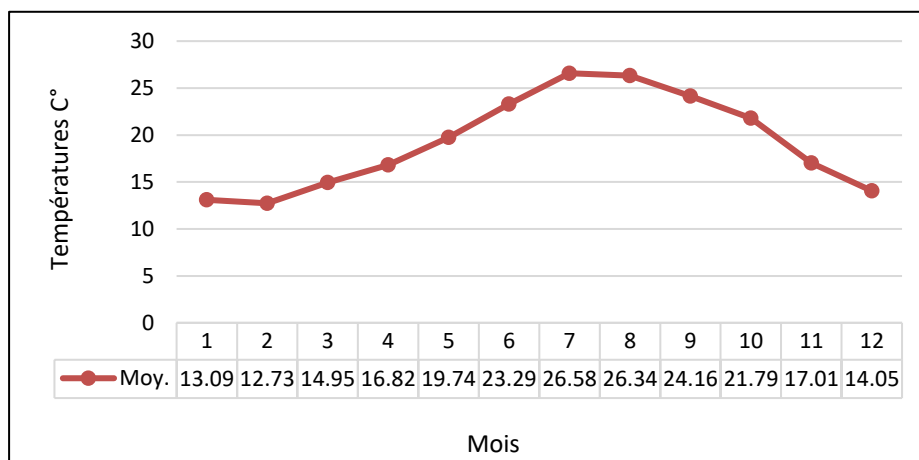


Fig.I.3 : la variation de la Températures moyennes mensuelles de la région Staoueli entre 2002-2015 (I.T.C.M.I).

Les données de tableau 01 (voir l'annexes I) et la **Fig.I.3**, indiquent que le mois le plus chaud durant la période allant du 2002 au 2015 est le mois de Juillet, avec une température moyenne de l'ordre de 26.58°C. Tandis que, les températures les plus basses durant la même période sont révélées pendant le mois de Février, avec une moyenne de l'ordre de 12.73°C.

Les autres températures moyennes oscillent entre 13.09 et 24.16°C, avec une distinction nette entre les mois chauds et froids. En effet, durant cette période, on constate qu'il existe cinq mois chauds avec des températures moyennes qui dépassent 20°C (du Juin au Octobre) et sept mois avec des températures moyennes en dessous de 20°C (du Novembre au Mai).

I.5.2. Précipitation :

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition des lacs, leur quantité moyenne et maximale mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permettent de caractériser le climat d'une région , parfois contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion (**EL HAOUATI, 2009**).

Les moyennes mensuelles des précipitations pour les douze mois des saisons allant du 2002 jusqu'au 2015 dans la région d'étude sont récapitulés dans le tableau 02 au l'annexe I.

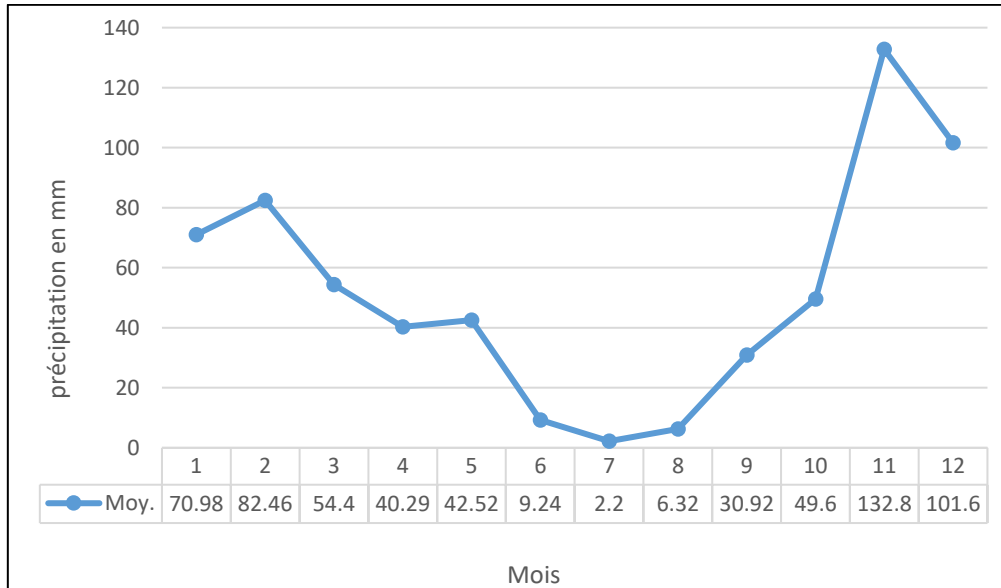


Fig.I.4 : Précipitations moyennes mensuelles de la région Staoueli entre 2002-2015
(**I.T.C.M.I, 2020**).

Les données de tableau 02 (voir l'annexes), indiquent que les précipitations les plus importantes durant la période allant du 2002 au 2015 est dans le mois de Novembre, avec une moyenne de

l'ordre de 132,8 mm Tandis que, les précipitations les plus basses durant la même période sont révélées pendant le mois de juillet, avec une moyenne de l'ordre de 2,2 mm. Et la **Fig.I.4** montre que les fortes précipitations sont enregistrées en fin d'automne et en hiver.

I.5.3. Synthèse climatique :

Le diagramme Ombrothermique permet de déterminer les périodes sèches et les périodes humides d'une région d'étude, en faisant la relation entre les précipitations P et les températures moyennes annuelle T (**BAGNOULS et GAUSSEN, 1953**). La période sèche correspond à toute la partie pour laquelle la courbe thermique se trouve au-dessus de la courbe pluviométrique, et les deux zones extrêmes du graphe sont les périodes humides.

Le climat est considéré sec si les précipitations exprimées en millimètre sont inférieures au double des températures exprimées en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ($P < 2T$).

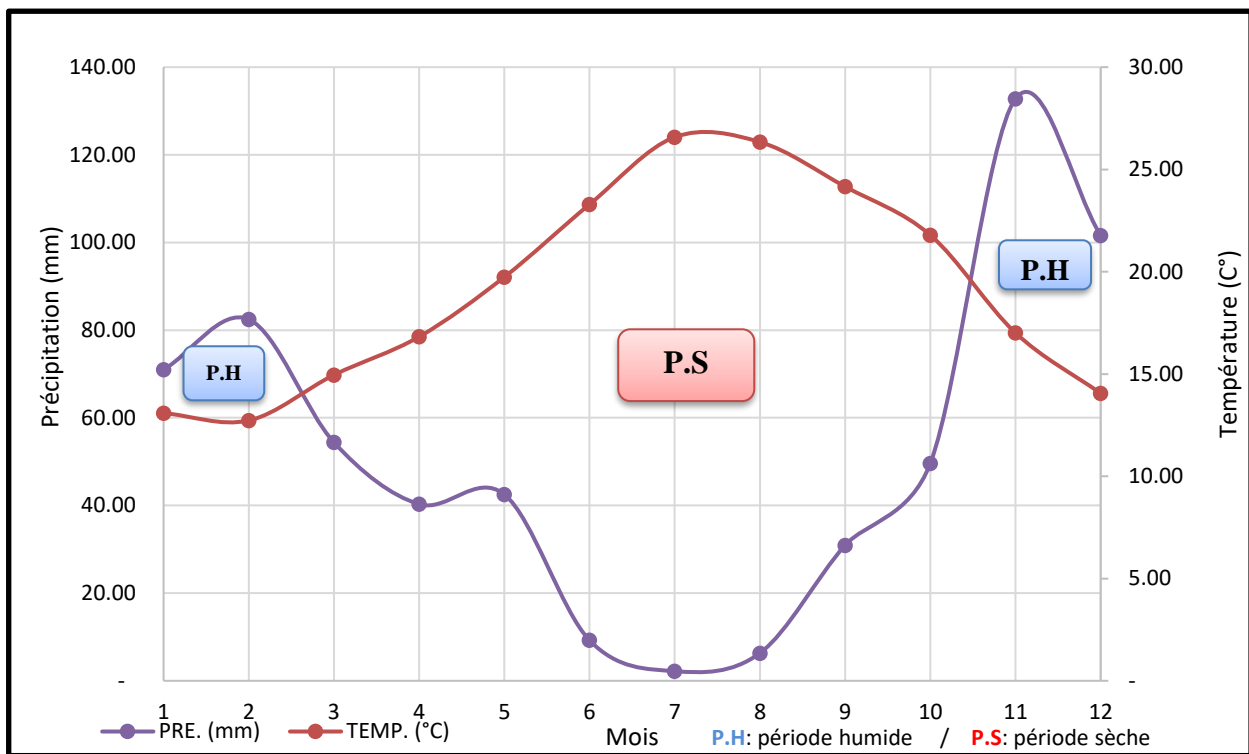


Fig.I.5 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Staoueli (2002-2015).

A partir de diagramme Ombrothermique, nous remarquons que la région Staoueli subit une période sèche de 8 mois qui s'étale du la mi-février jusqu'à mi-octobre qui culmine au mois de juillet. La période humide couvre les 4 mois restants de l'année.

I.6. Biodiversité :

D'après le rapport **B.E.T-HYDRAM (2015)** nous citons principalement :

I.6.1. La flore :

Les formations forestières représentées essentiellement par des peuplements de :

Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de Chêne Liège (*Quercus suber*).

Les ripisylves rencontrées le long des oueds sont essentiellement colonisées par des espèces hydrophiles qui participent à la fixation du sol, telles que :

- *Tamarix gallica* : Tamarix
- *Phragmites australis* : Roseau commun
- *Rosa canina*: Eglantier, Rosier sauvage blanc
- *Typha angustifolia* : massettes à feuilles étroites
- *Typha Latifolia* : Massettes à feuilles larges
- *Olea europaea var. sylvestris* : Olivier sauvage, Oleaster
- *Eucalyptus camaldulensis* : Gommier rouge, ou Gommier des rivières
- *Acacia cyanophylla* : Acacia bleue
- *Cyperus papyrus* : Papyrus
- *Pistacia lentiscus* : Pistachier lentisque
- *Acacia épineux* : Acacia albida
- *Rubus fruticosus* : Murier sauvage

I.6.2. La Faune :

La diversité des biotopes, les potentialités trophique et hydrique de la réserve de chasse ont permis le développement d'une faune riche et diversifiée, en distinguant :

I.6.2.1. Faunes mammaliennes :

Le milieu abrite de petits et grands mammifères (sanglier et lapin garenne ...) dont les espèces développées est le Cerf d'Europe.

I.6.2.2. Faune avienne :

La R.C.Z offre des biotopes riches pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux terrestres (perdix, gamba et pigeon ramier ...), espèces sédentaires (Aigrette garzette) et migratrices (canards colvert...) dont certaines sont menacées d'extinction. Les oiseaux d'eau sont d'excellents indicateurs biologiques de la valeur du milieu.

I.6.2.3. Population piscicole :

Il est composé de :

I.6.2.3.1. La faune ichthyologique :

Autochtone relativement pauvre est composée d'une espèce de Cyprinidés (*Barbus callensis*) et d'une espèce d'anguilliforme (*Anguilla sp*). Pour augmenter les capacités piscicoles du barrage, cette faune est riche et diversifiée, les espèces dominantes sont les carpes dont le poids varie entre 2 à 10kg

- Carpe commune : *Cyprinus carpio*
- Carpe argenté : *Cyprinus carpio*
- Carpe royale : *Cyprinus carpio*
- Black bass : *Micropterus salmoides*
- Mulet : *Mugilus cephalus* (disparue).
- Anguille : *Anguilla anguilla*
- Sandre : *Lucioperca lucioperca*
- Tortue d'eau : *Emys orbicularis*
- Mulet : *Lisa aurata*

I.6.2.3.2. La faune herpétologique et batracologique :

- Tortue d'Hermann : *Testudo herman*
- Couleuvre de Montpellier : *Malpolon mensepessulanus*
- Couleuvre à collier : *Natrix natrix*
- Lézard vert : *Lacerta veridise*
- La Tortue grecque : *Testudo graeca*
- Grenouilles : *Rana sp*
- Crapaud : *Pufa mauritanicus*

Chapitre II :
Matériel et
Méthodes

Dans cette partie une description des principaux matériels et méthodes adoptés par : (**AKLI-BIDI, 2014**), (**GOUICHICHE et BEDR, 2016**),et (**OULD MOHAMED, 2013**).

II.1. Choix des stations d'études :

Pour pouvoir évaluer le degré d'homogénéité ou d'hétérogénéité de chaque lacs, selon **AKLI-BIDI (2014)**, dix stations ont été choisies, six stations (de la ST1 à la ST6) dans le lac supérieur et quatre stations (de la ST7 à la ST10) dans le lac inférieur. Suivant la profondeur et l'étendue des deux lacs, les stations ont été localisées en amont, en aval et au niveau des rives (droite et gauche), en plus certaines stations étaient localisées à proximité des affluents (ST3, ST5, ST7, et ST9).

Pour l'étude de **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, 8 stations ont été choisies, et basant sur les critères Amont-Aval et présence des oiseaux. Dont six stations était réparties dans le lac supérieur et deux stations (ST7 et ST8) dans le lac inferieur. Les stations ont été localisées en amont, en aval et au niveau des rives.

II.2. Échantillonnage :

D'après les études de **EL HAOUATI (2009)**, la profondeur est un élément déterminant le fonctionnement écologique des lacs, Les lacs présentent des disparités importantes dans un même plan horizontal. Ils peuvent rendre difficile l'estimation de la concentration moyenne des eaux. Pour tenir compte de l'hétérogénéité horizontale et verticale, un choix de plusieurs points de prélèvements est nécessaire. Le site d'échantillonnage doit être à une distance de 10 mètres de la berge pour s'affranchir des contaminations par les algues périphytiques et par les efflorescences accumulées sur les berges par les vents.

Pour l'étude **AKLI-BIDI (2014)**, une série de prélèvement a été effectuée mensuellement pendant vingt-quatre mois (de mars 2006 à février 2008) à différentes profondeurs, grâce à la bouteille à renversement dont la capacité est égale à 1 litre. Pour les stations dont la profondeur varie de 1 à 1.5 m, les prélèvements ont été faits uniquement en surface. Celles dans la profondeur variant de 2 à 3 m, les prélèvements ont été fait en surface et en profondeur. Les prélèvements étaient réalisés au niveau de la couche superficielle, la couche moyenne et la couche profonde pour les stations les plus profondes, situées en aval de chaque bassin. Pour le phytoplancton les échantillons prélevés ont été filtrés à l'aide d'un filet planctonique dont le vide de mailles est de 100 μm , ensuite conservés avec du formol à 4%.

GOUICHICHE et BEDR (2016), au nombre de 8 (stations) une mesure mensuelle des paramètres physicochimiques in-situ et un prélèvement saisonnier d'échantillons destinés à l'étude de plancton et au dosage des paramètres physicochimiques ex-situ. Cette série de mesure été effectués pendant 10 mois de mai 2015 jusqu'à février 2016.

II.2.1. Prélèvements de l'eau :

Les prélèvements sont effectués au niveau de chaque station à 10m de la rive et les déplacements d'une station à une autre à l'aide d'une embarcation à moteur.

a. Prélèvements en surface :

- Destinés à la mesure des paramètres physicochimiques : effectuée à l'aide d'une bouteille en plastique simple d'une capacité de 1L et demi.
- Destinés au dosage de la chlorophylle *a* : effectuée à l'aide d'une bouteille en verre ombrées, d'une capacité de 1L.

b. Prélèvement en profondeur :

Effectués à l'aide d'une bouteille hydrostatique d'une capacité de 1L, celle-ci est dotée de 2 clapets. Elle est fixée à une corde graduée et munis d'un messenger qui sert à la fermeture automatique de la bouteille, celle-ci est plongée verticalement jusqu'à une profondeur connue (= profondeur de la station 0,5m). Après sa fermeture automatique elle est remontée à la surface et l'échantillon d'eau est récupéré.

Selon **RODIER et al (2009)**, pour faciliter le travail de l'analyste et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter très soigneusement les prélèvements. D'une façon générale, le transport de l'échantillon à la température de 4 °C et à l'obscurité dans des emballages isothermes (glacière) permet d'assurer une conservation satisfaisante. Un délai maximal de 8 heures, est généralement recommandé entre les opérations de prélèvement et l'analyse, la conservation au laboratoire se fait aussi à 4c°.

II.3. Mesures et analyses :

La composition chimique des eaux naturelles varie considérablement dans le temps et dans l'espace selon la nature et l'abondance des sources en éléments dissous ou en suspension (**Lévêque, 1996 in EL HAOUATI, 2015**).

II.3.1. Mesures des paramètres physiques :

Ce sont des paramètres mesurés in situ dans chaque station avec une fréquence d'une mesure par mois à l'aide d'un analyseur multi-paramètres de type Multi 340i Set WTW (**Fig.II.1**). Ces paramètres sont : pH, potentiels Red / Ox (mv), salinité (P.S.U), conductivité électronique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxygène dissous (mg/L), température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$), température de l'air ($^{\circ}\text{C}$) :



Fig.II.1 : analyseur multi-paramètres de type Multi 340i Set WTW (GOUICHICHE et BEDR, 2016).

La profondeur (m) est mesurée à l'aide d'une corde graduée munis d'un poids et la transparence (cm) est mesurée à l'aide du disque de secchi et ce à raison d'une mesure par saison.

II.3.2. Analyses des paramètres chimiques :

Le dosage de ces paramètres effectués au laboratoire (ex situ) et la fréquence des prélèvements a eu lieu une fois par saison et porte sur les éléments suivants : le calcium, magnésium, chlorure, sulfate, orthophosphates, nitrates, nitrite, et MES ces paramètres sont exprimés en (mg/l).

Le tableau ci-dessous résume les différentes méthodes utilisées pour le dosage des paramètres mesurés.

Tab.II.1 : les méthodes de dosage des paramètres chimiques (**GOUICHICHE et BEDR, 2016**).

Paramètres	Méthodes
Calcium	Méthode de titrage molaire (ISO N° 6058)
Magnésium	
Chlorure	Méthode volumétrique (CNEXO, 1983)
Nitrate	Méthode de spectrométrie (Rodier, 2005)
Nitrite	
Sulfate	Méthode gravimétrique (Rodier, 1996)
Orthophosphates	Méthode colorimétrique (Rodier, 1996)

II.4. Les indicateurs de la pollution :

II.4.1. La chlorophylle *a* :

La quantité de chlorophylle *a* est corrélée à la biomasse vivante des organismes photosynthétiques (algues et cyanobactéries) donc indicateur de la biomasse algale. On sait en effet que la chlorophylle *a* représenté en moyenne 1 à 2 % du poids sec des algues phytoplanctoniques (**RODIER et al., 2009**). Sont l'origine des réactions biochimiques propres à la photosynthèse (**RAMADE, 2008**).

Selon **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, le dosage été effectué par la méthode de spectrométrie d'absorption moléculaire.

A. Principe :

Après filtration sur membrane pour récupérer le plancton végétal, la chlorophylle est extraite par éclatement cellulaire sous ultrasons en présence de méthanol.

Les chlorophylles *a* sont séparées par chromatographie liquide haute performance et détectées par la spectrophotométrie.

B. Calculs et expression des résultats :

Obtenir les absorbances nettes en soustrayant les absorbances corrigées mesurées à 750nm des absorbances corrigées mesurées à 665nm, c'est-à-dire :

- Avant acidification

$$A^{na}_{665} = (Ab^{na}_{665} - bc_{665}) - (Ab^{na}_{750} - bc_{750})$$

- Après acidification

$$A^a_{665} = (Ab^a_{665} - bc_{665}) - (Ab^a_{750} - bc_{750})$$

La concentration de chlorophylle *a* se calcule d'après la relation :

$$[\text{Chlorophylle } a] \text{ (mg. m}^{-3}\text{)} = \frac{26.7 (A^{na}_{665} - A^a_{665}) \times v}{V \times l}$$

Où :

V : Volume d'eau filtrée (litres)

v : Volume de solvant d'extraction (millilitres)

l : longueur du trajet optique de la cuve de mesure (centimètres)

II.4.2. Les matières en suspension :

Les mesures des matières en suspension dans l'eau s'effectuent par gravimétrie après une filtration sur membrane poreuse en fibre de verre après séchage à 105°C (RODIER, 1996).

A. Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

B. Calculs et expression des résultats :

Le calcul de la concentration en MES s'est fait avec la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = ((P2-P1) / VF)$$

Où : P1 : est le poids du filtre avant filtration.

P2 : est le poids du filtre séché après 24 heures.

VF : est le volume filtré de l'échantillon.

II.5. Etude Bactériologique :

Dans cette partie nous seront présentées les méthodes que (OULD MOHAMED, 2013) utilisées dans la détermination de la qualité de l'eau de lac inférieurs au niveau de la R.C.Z.

II.5.1. Mode de prélèvement :

Des flacons en verre stériles d'une capacité de 250 ml ont été utilisés pour les prélèvements bactériologiques. Ces derniers ont été stérilisés à 120°C durant 20 mn dans un autoclave. Puis :

- Introduit le flacon verticalement et renversé
- Retourné l'ouverture jusqu'à ce qu'elle soit légèrement plus haute que le fond
- Remplit presque entièrement le flacon puis nous fermons avec le bouchon.
- Une fois le prélèvement terminé, ils ont inscrit sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement.
- Ils ont introduit le tout, dans une glacière équipée de pochettes de glaces.

II.5.2. Analyses bactériologiques des eaux :

Les principaux germes recherchés dans les eaux naturelles, sont :

- Les coliformes totaux et coliformes fécaux
- Les streptocoques fécaux
- Les salmonelles
- Les vibrions cholériques

II.5.2.1. Méthodes d'examen bactériologiques des eaux :

II.5.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux :

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption

A. Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.

- ✓ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- ✓ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ✓ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP (Tableau 02, l'annexe II).

B. Test de confirmation ou test de Mac Kenzie :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli. Escherichia coli est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- ✓ Produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C.
- ✓ Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl.
- ✓ Ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol.
- ✓ N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait cette fois-ci dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

Lecture : Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un dégagement gazeux.
- ✓ Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP (Tableau 02, l'annexe II). En tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

II.5.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- ✓ Le test de présomption.
- ✓ Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

A. Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C.
- ✓ 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- ✓ 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ✓ Ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- ✓ Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

B. Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

Lecture : Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ✓ Un trouble microbien.
- ✓ Pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP (Tableau 02, l'annexe II).

II.5.2.1.3. Recherche des salmonelles :

➤ Jour 1 : Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéiné D/C réparti à raison de 100 ml par flacon. Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 150 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ Jour 2 : Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet : D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 1 ml D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen.

Incubation : L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

➤ Jour 3 : Lecture des boîtes et Identification

- ✓ D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement.
- ✓ D'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

II.5.2.1.4. Recherche des vibrions cholériques :

➤ Jour 1 : Premier Enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 100 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 400 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ Jour 2 : Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet :

- ✓ D'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tube à raison de 1 ml
- ✓ D'un isolement sur gélose GNAB 1.

Incubation : L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

➤ Jour 3 : Lecture des boîtes et Identification.

- ✓ Le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2.
- ✓ La boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

II.6. Etude de phytoplancton :

D'après l'étude de **EL HAOUATI (2015)**, l'importance du phytoplancton dans les lacs est basée sur son rôle fonctionnel crucial, en tant que organismes autotrophes, dans la chaîne trophique et dans les cycles biogéochimiques.

Si les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur terre, ils assurent 45% de la production primaire (le premier maillon biologique) (**Chisholm, 1995 et Behrenfeld et al., 2001 in EL HAOUATI, 2015**), donc la mesure de la croissance phytoplanctonique peut être estimée par la concentration en chlorophylle « a ».

II.6.1. Mode de prélèvement :

Selon **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, l'échantillonnage du phytoplancton a été effectué au niveau de chaque station à raison d'une fois par saison, le prélèvement est fait à 10m de la rive et à différentes profondeurs, par l'utilisation d'un filet planctonique dont le vide de la maille est 80 µm, qui se présente sous forme d'une poche conique en toile. Il est surmonté d'une armature métallique circulaire et dont l'extrémité se termine par un collecteur en plastique d'un volume de 350 ml sur une barque motorisée.

Le prélèvement s'effectue suivant 3 modes différents :

1. Prélèvement horizontale : le filet est placé à la surface de l'eau, puis la barque se déplace sur une distance de 10m, l'échantillon récupéré depuis un flacon placé à l'extrémité du filet.
2. Prélèvement vertical : à l'aide d'un filet planctonique munis d'un poids, celui-ci est plongé verticalement à une profondeur connue (= profondeur de la station – 0,5) puis remonté à la surface, l'échantillon sera récupéré depuis un flacon placé à l'extrémité du filet planctonique.
3. Prélèvement vertical ponctuel à l'aide d'une bouteille hydrostatique d'une capacité de 1L, celle-ci est plongée à une profondeur de 0.5m, puis sa fermeture actionnée automatiquement, une fois remonté à la surface, son contenu sera filtré à l'aide du filet planctonique et l'échantillon sera récupéré depuis le flacon placé au fond du filet.

Les échantillons récoltés sont conservés avec du formol à 4%.

II.6.2 Dénombrement et détermination du phytoplancton :

La détermination et le dénombrement du phytoplancton ont été effectués par la méthode d'UTERMÖHL (**UTERMÖHL, 1958**) qui consiste à remplir des cuves en verre d'un volume de 10 ml d'eau à analyser puis l'échantillon est laissé décanter pendant 4h. L'observation est faite au microscope inversé de type OPTECH et la détermination des espèces a été effectuée à l'aide des clés de déterminations de (**Bourrely, 1988 et Bourrely, 1990**).

Le calcul de la densité s'exprime par la formule suivante :

$$N = n \text{ ind} \times R / V$$

Avec :

N : nombre d'organisme par ml.

n ind : nombre d'individus comptés.

V : volume sédimenté.

R : rapport de comptage (mm²/mm²). R = surface de la chambre / surface de comptage ↔ (3.1416 × 13²) / ((0.112 × 13 × 2) × nb dia

Avec :

nb dia : nombre de diamètre compté.

13² : rayon de la chambre

0.112 mm : largeur de la bande

3.1416: π.

II.7. Analyses des données :

II.7.1 Indice de diversité de Shannon-Weaver :

L'indice de diversité de Shannon est une quantité d'information apportée par un échantillon sur la structure du Peuplement dont provient l'échantillon et la façon dont les individus y sont répartis entre les diverses espèces (**Daget, 1976**), il s'exprime en : bits /individu. L'indice de diversité spécifique est calculé suivant la formule :

$$H' = - \sum P_i \times \log_2 P_i$$

L'indice de Shannon varie entre $[0 - \log_2 S]$, sa valeur est nulle lorsque le peuplement est constitué par une seule espèce, et maximale lorsque toutes les espèces ont la même abondance (S : le nombre d'espèces) Frontier, 1983).

II.7.2 Diversité maximale :

La diversité maximale est représentée par H'_{\max} qui correspond à la valeur la plus élevée possible que peut avoir la diversité dans un peuplement (**Muller, 1985**). Elle se calcule par la formule suivante :

$$H'_{\max} = H' / \log_2 S \quad \text{avec } S : \text{ la richesse totale.}$$

II.7.3 L'indice d'équitabilité « E » :

L'indice d'équitabilité représente le rapport de l'indice de diversité H' à l'indice maximal théorique H'_{\max} dans le peuplement. Cet indice permet de comparer entre la diversité spécifique réelle et l'indice de diversité maximale (**Daget, 1976**). Il est donné par la formule suivante :

$$E = H' / H'_{\max}$$

L'équitabilité tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (**Ramade, 2005**).

II.7.4 Analyse en composante principale ACP :

L'analyse en composante principale est une analyse multi-variée simple. Son objectif est d'explorer et fournir des représentations synthétiques de vastes ensembles de valeurs numériques, sous forme de visualisations graphiques (**Lebart et al, 2006**). S'applique sur des tableaux à deux dimensions croisant des individus et des variables quantitatives (**Escofier et Pages, 2006**). Pour

établir cette analyse **GOUICHICHE et BEDR (2016)** a utilisent le logiciel XLSTAT version 2010.2.01 .

Chapitre III :
Résultats et
discussion

Dans ce chapitre, nous serons faits une étude comparative des résultats des études : **Akli-Bidi (2014)**, **Gouichiche et Bedr (2016)**, et **OULD MOUHAMED (2013)** pour avoir un aperçu général sur l'état écologique des eaux des lacs. Et l'évaluation l'état de la pollution au cours du temps.

III.1. Etude des paramètres physicochimiques :

Les études écologiques des eaux douces impliquent un choix entre deux types d'approches, l'une liée à la connaissance de la dynamique des espèces aquatiques dans un site donné et l'autre relative à une connaissance des caractéristiques physiques et chimiques de la masse d'eau

III.1.1. Variations temporelles des paramètres physicochimiques :

L'étude de **GOUICHICHE et BEDR (2016)** a utilisé la méthode d'analyse en composantes principales (présentant la distribution temporelle des mois d'étude en fonction des variables physicochimiques). Leurs résultats sont représentés par deux plans factoriels expliquant plus de 72% de l'inertie globale (l'axe F1 avec 54,64% et l'axe F2 avec 18,07%) (**Fig.III.1**).

On distingue trois groupes au sien de chaque projection :

- Le premier situé sur la partie positive de l'axe F1 comprend : l'oxygène, chl-a, et MES. Ces variables présentent de fortes teneurs au printemps (Mai, Avril). D'ailleurs **AKLI-BIDI (2016)** a trouvé durant ses 24 mois d'étude, des fortes teneurs en oxygène dans les mois de Mai et Juin, et des fortes teneurs en MES dans la saison hivernale (mois de Février).
- Sur le même axe, le deuxième groupe comprenant la température, la conductivité, les nitrites, les orthophosphates et le pH, ces variables présentent de fortes valeurs en période estivale (juin à septembre). D'après **AKLI-BIDI (2016)**, ces fortes valeurs sont dues à une augmentation de l'activité photosynthétique où les végétaux aquatiques consomment le CO₂ dissous (par respiration) et déplacent l'équilibre calco-carbonique, ce phénomène tend à diminuer la concentration des ions H⁺ et provoque l'augmentation du pH. Par contre, les nitrites se manifestent seulement en mois d'octobre (automne), selon **F.A.O (1984) in EL HAOUATI (2009)**, leur présence indique un état de pollution organique.
- Le troisième groupe se situe sur la partie négative du même axe, celui-ci comprend la profondeur, la transparence et les nitrates. Ces variables présentent des teneurs élevées entre Octobre et Janvier (automne/hiver). D'ailleurs selon **AKLI-BIDI (2016)**, la transparence de l'eau était importante au mois d'Avril 2007, jusqu'au 400cm de profondeur. Les teneurs

en nitrates étaient très élevées de Novembre 2006 à Avril 2007 (automne/hiver/printemps), ceci pourrait être dû à une forte eutrophisation.

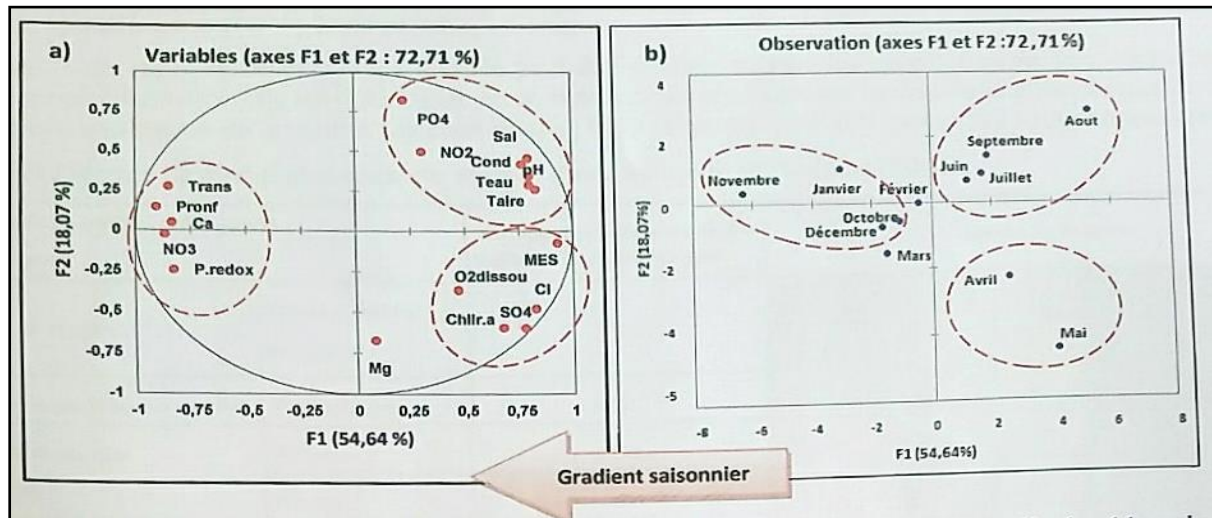


Fig.III.1 : Distribution temporelle des 11 mois d'étude en fonction des 19 variables mesurées (ACP). **a)** Projection des mois. **b)** Projection des variables physicochimiques (**GOUICHICHE et BEDR, 2016**).

III.1.1.1. Variations de la température et de l'oxygène dissous :

La température et l'oxygène dissous sont les deux paramètres les plus importants dans l'évaluation de la qualité des eaux naturelles.

La température constitue un facteur primordial dans les milieux lacustres. Son évolution varie en fonction de la température atmosphérique. Elle joue un rôle très important dans la solubilité des gaz et de la dissolution des sels, par conséquent, elle intervient indirectement dans la détermination du pH et de la conductivité électrique (**EL HAOUATI, 2009**).

L'oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse, il est utilisé essentiellement pour les eaux de surface (**Leclerc, 1969 in SATHA et MAKROUDI, 2015**).

Les résultats obtenus dans l'étude de **AKLI-BIDI (2014)**, (Annexe III), montrent que :

- Dans la période estivale, la stagnation des eaux et la profondeur relativement importante en aval des deux lacs expliquent l'apparition d'une légère stratification de la température où les écarts thermiques entre la surface et le fond ont atteint 2°C. La teneur de l'oxygène relevé dans certaines stations en Juillet 2006 était inférieure à celle du mois d'août et cela en relation avec la température, donc, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue avec l'augmentation de la température. En Août 2006, les concentrations d'oxygène en surface

étaient égales à 14 mg /L dans le lac supérieur et 6mg/L dans le lac inférieur. Les couches profondes étaient dépourvues d'oxygène (0.09mg/L) et dégageaient une odeur d'œuf pourri accompagnée d'une coloration noire.

- En hiver 2007, avec le refroidissement des couches superficielles il y a eu remontée des couches profondes qui ont conduit à l'oxygénation des couches profondes qui étaient moins oxygénées.

Les résultats obtenus dans l'étude de **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, (**Fig. III.2**), montrent que :

- Il n'y a pas de différence de température entre la surface et la profondeur des stations, cette homogénéité est probablement due à la faible profondeur des eaux des stations (où la maximale ne dépasse pas 6,5 m), et à l'agitation de la colonne d'eau par les vents.
- Les teneurs en oxygènes sont plus importantes en surface qu'en profondeur.

A partir des résultats des deux études, on déduit ce qui suit :

- Selon **Dussart (1992) in EL HAOUATI (2009)**, en période de stratification thermique, la turbulence des eaux est partielle, n'agissant que sur les couches superficielles. Les teneurs en oxygène dissous sont très variables et irrégulières dans le temps et dans l'espace. L'oxygène dissous est utilisé pour les phénomènes d'oxydation et par des organismes aquatiques pour la respiration (**AMINOT 1983**). Donc les faibles concentration en oxygène en profondeur qui être due à une zone trophogène où la production d'oxygène est élevée suite à un important phénomène de photosynthèse, alors qu'au niveau des couches profondes, seuls les processus de respiration et de décomposition (anaérobie) persistent dans le milieu (**GROGA, 2012**). Ce qui conduit à l'accumulation de la matière résiduaire qui est à l'origine de la vase organique observée par **AKLI-BIDI (2014)** et qui explique la mauvaise odeur dans la période d'étude.
- Selon **RODIER (1996)**, dans les milieux à faible taux de renouvellement (lac, retenues de barrage...) l'oxygène diminue avec la profondeur. Ceci dû à l'activité photosynthétique dans les eaux de surfaces et l'intense activité bactériennes dans les eaux du fonds. Tandis que l'augmentation de l'oxygénation des eaux observée en période de fortes turbulences est due aux vents, aux apports pluvieux et à la baisse de la température (**GROGA, 2012**).

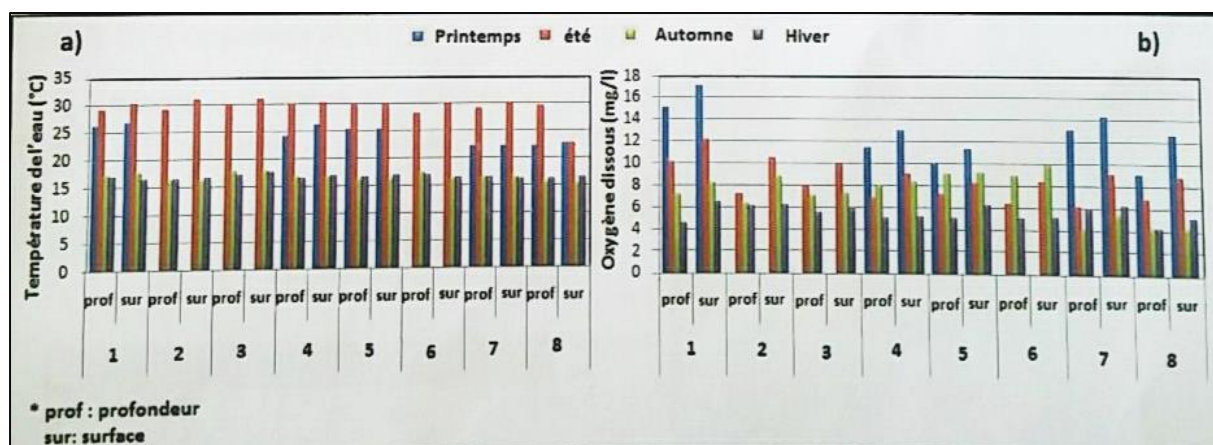


Fig.III.2 : a) Variation verticale de la température de l'eau en fonction des saisons
b) Variation verticale des teneurs en oxygène dissous en fonction des saisons et stations
(**GOUICHICHE et BEDR, 2016**).

III.1.3. Evaluation de la qualité des eaux des lacs :

III.1.3.1. Evaluation de la qualité physicochimique :

La qualité des eaux des lacs est évaluée selon les résultats ses paramètres physico-chimiques, tout en comparant, celles révélés par les deux études de **AKLI-BIDI (2014)** et de **GOUICHICHE et BEDR (2016)** avec les bornes de la grille de qualité des eaux naturelles de SEQ (Tab.III.1).

Tab.III.1 : Normes de qualité des eaux naturelles (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux études d'**AKLI-BIDI (2014)** et de **GOUICHICHE et BEDR (2016)**.

Eléments de qualité (=Altérations) Paramètres		Grille de qualité (SEQ-EAU)					Moyenne annuelle mesurée des variables physicochimiques	
		Mouvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon	Akli-Bidi (2014)	Gouichiche et Bedr (2016)
Bilan en oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	< 3	3	4	6	8	7.21	8.14
Matières phosphorées (mgP/l)	Orthophosphates	>0.66	0.66	0.33	0.16	0.033	1.07	0.72
Matières azotées (mgN/l)	Nitrates	>16.94	16.94	11.3	5.65	1.13	5.92	11.41
	Nitrites	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0.96	1.8
Température	Température (°C)	>28	28	25	21.5	20	22	21.7
Acidification	pH minimum	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	4.01	4.52
	pH maximum	>10	10	9.5	9	8.2	9.76	9.57
MES	MES (mg/l)	>150	150	100	50	25	122.09	30.09

Nous constatons que les moyennes annuelles des paramètres physicochimiques montre que :

- Selon **AKLI-BIDI (2014)**, il y a une dominance de la qualité « Médiocre » (3 paramètres / 8), ceci permet de classer les eaux des lacs de la R.C.Z dans la catégorie Médiocre.
- Selon **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, il y a une dominance de la qualité « Mauvais » (3 paramètres / 8), ceci permet de classer les eaux des lacs de la R.C.Z dans la catégorie Mauvaise.

Donc on remarque qu'il y'a une différence significative dans la qualité de l'eau, ceci exprime qu'il y a une dégradation de la qualité de ces plans d'eau entre les années 2014 et 2016.

III.1.3.2. Evaluation de l'état trophique :

L'évaluation de l'état trophique d'un lac peut se faire de deux approches : i) la première consiste à comparer les résultats du suivi effectué avec des valeurs de référence servant à interpréter les données ; ii) la deuxième approche consiste à suivre l'évolution des mesures dans le temps pour détecter des signes de vieillissement du lac.

Le degré de productivité biologique d'un lac détermine son niveau trophique. Ce niveau trophique est établi en utilisant des valeurs de référence (**Fig.III.3**) pour la concentration en phosphore, en chlorophylle α et pour la transparence de l'eau (**MDDELCCQ, 2015**)

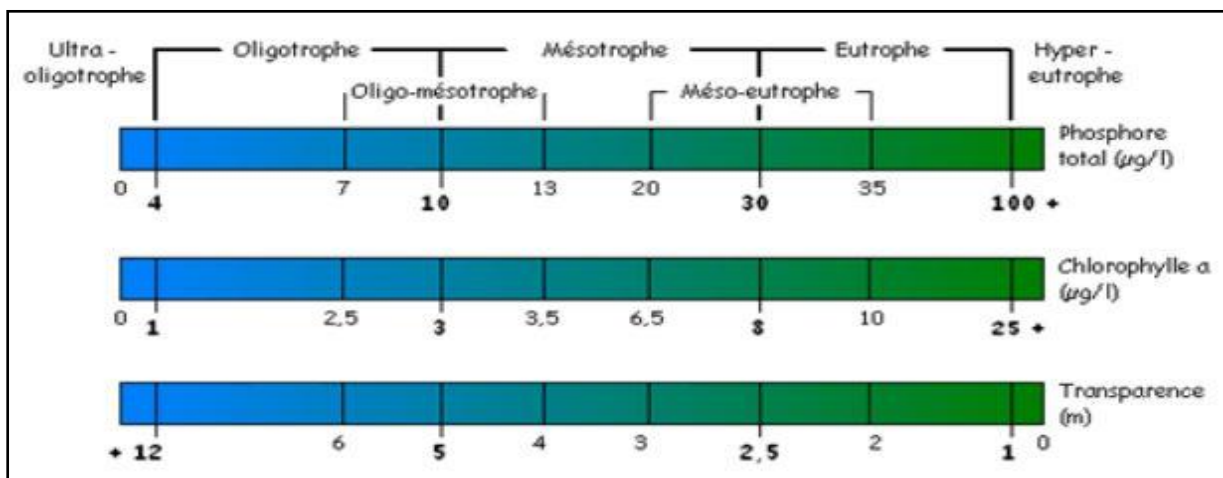


Fig.III.3 : Diagramme de classement du niveau trophique des lacs (**MDDELCCQ, 2015**).

En effet, **AKLI-BIDI (2014)**, durant son étude, a remarqué l'apparition d'une coloration verte dans l'eau des lacs au début d'étude (Mars 2006) où il y a une productivité algale élevée et la transparence de l'eau était de 50 cm. Durant les autres mois d'études, l'eau était toujours turbide avec l'apparition des fleurs d'eau (floraison d'espèce phytoplancton). Ce phénomène (eutrophisation) pourrait être dû à l'augmentation des concentrations en orthophosphates (supérieur à 1mg/l) et qui dépasserait la valeur de référence. Alors, le degré de la productivité algale était élevé avec une faible transparence 50cm - 400cm (inferieur a 1m).

Donc, on peut conclure que durant les deux études et d'après les valeurs de références de diagramme de classement du niveau trophique des lacs (MDDELCCQ, 2015) que l'eau des lacs de la RCZ est un milieu hyper-eutrophe (Fig.III.4).

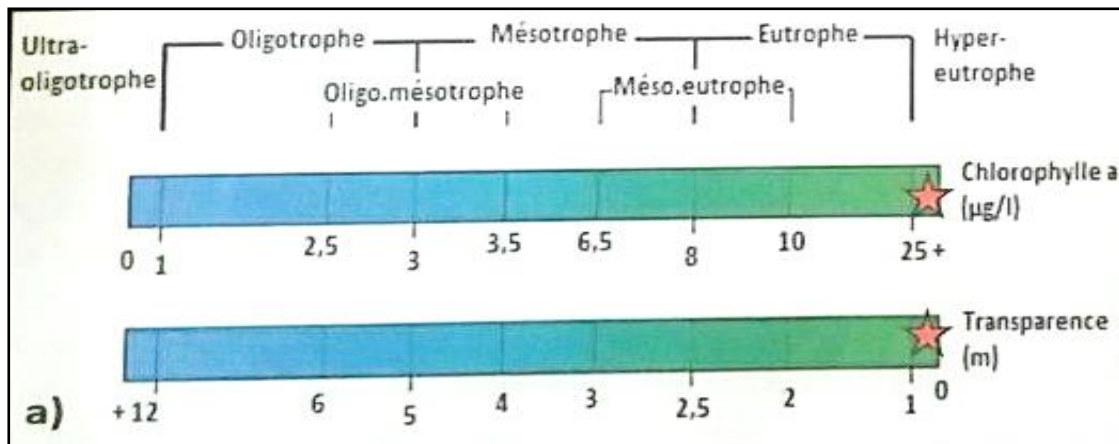


Fig.III.4 : Position des lacs de la RCZ dans le diagramme de classement trophique des lacs (GOUICHICHE et BEDR, 2016).

III.2. Etude Bactériologique :

Dans cette partie on a pris les résultats d'étude de **OULD MOUHAMED (2013)**, sur la qualité microbiologique des eaux du lac inférieur de la R.C.Z.

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau pour une utilisation donnée.

Selon les normes indiquées par l'OMS, les eaux brutes doivent contenir :

- ✓ Moins de 50 000 coliformes totaux dans 100 ml d'eau.
- ✓ Moins de 20 000 coliformes fécaux dans 100 ml d'eau.
- ✓ Moins de 10 000 streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau.
- ✓ Absence de salmonelles dans 100 ml d'eau.
- ✓ Absence de vibron cholérique dans 100 ml d'eau

III.2.1. Les Coliformes Totaux :

Les valeurs obtenues durant les cinq (05) sorties de prélèvement varient entre un minimum de 18 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 3 en Avril et un maximum de 240 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 2 en Mai.

D'après les résultats obtenus d'**OULD MOUHAMED (2013)**, le nombre des coliformes totaux est important dans la station 2 durant les cinq mois de prélèvement. Cette teneur élevée serait due aux caractéristiques de cette station (forte végétation).

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous :

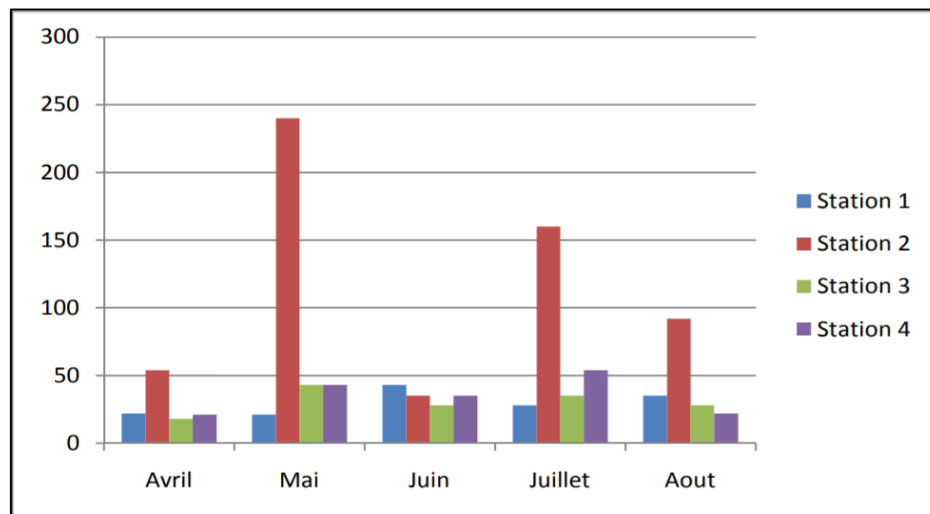


Fig.III.5 : Variations mensuelles des coliformes totaux (OULD MOUHAMED, 2013).

III.2.2. Les Coliformes fécaux :

Les variations mensuelles des coliformes fécaux sont irrégulières et montrent qu'il y a une contamination fécale. Car ces derniers apparaissent toujours en grande quantité dans les déjections animales et humaines.

Les valeurs obtenues durant les 5 mois de prélèvement varient entre un minimum de 4 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 3 et la station 4 en Juin et un maximum de 43 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 1 en Juin et la station 2 en Juillet. En effet cette valeur maximale est peut-être due à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous :

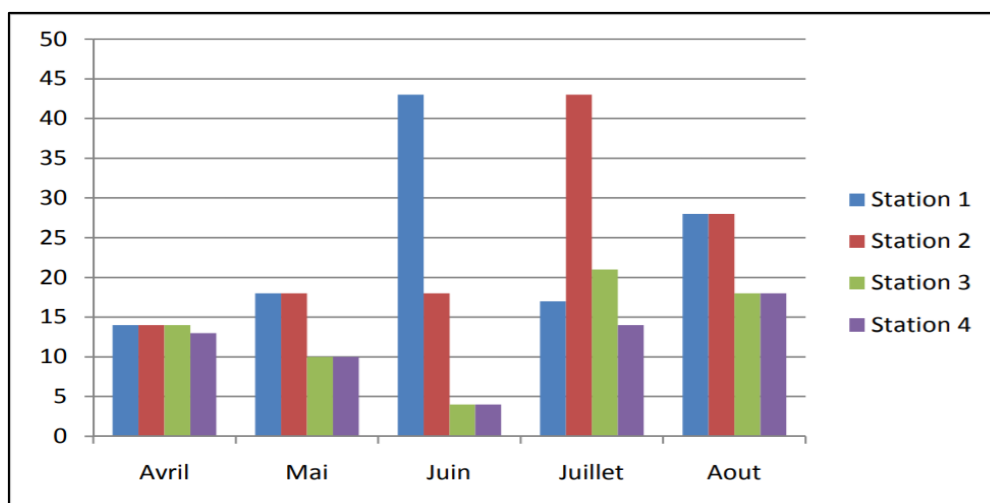


Fig.III.6 : Variations mensuelles des coliformes fécaux (OULD MOUHAMED, 2013).

III.2.3. Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des flores intestinales dominantes chez les animaux herbivores domestiques. Donc la présence de ceux-ci indique une signal de pollution fécale récente d'origine animale (SATHA et MAKROUDI, 2015).

D'après les résultats obtenus, les streptocoques fécaux présentent un taux très élevée mais ne dépassent pas les normes établies par l'OMS. Les valeurs obtenues varient entre un minimum de 18 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 4 en Mai et un maximum de 240 germes /100 ml enregistré au niveau de plusieurs stations

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous.

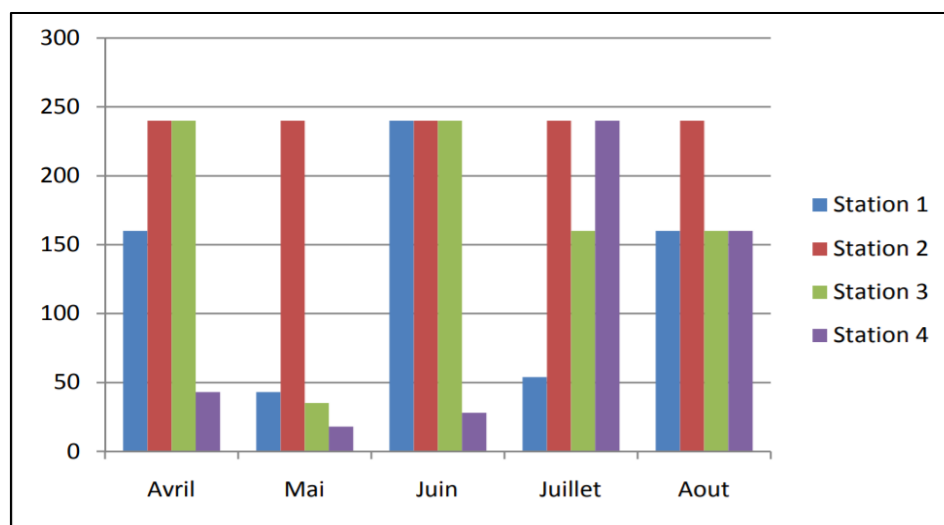


Fig.III.7 : Variations mensuelles des Streptocoques fécaux (OULD MOUHAMED, 2013).

III.2.4. Salmonelles et les vibrions cholériques :

Les salmonelles peuvent être présentes dans les eaux usées agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux destinées à la consommation humaine et les eaux souterraines, ainsi que dans les eaux de surface. D'après les résultats obtenus, on remarque une absence totale de Salmonelle et de vibrions cholériques dans les eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda. Ces résultats sont conformés aux normes des eaux de surface établies par l'OMS.

L'absence des agents pathogènes tels que salmonelle et vibrion permet l'utilisation de ces eaux aux besoins par exemple : l'irrigation.

On remarque que l'analyse bactériologique des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda révèle la présence des bactéries indicatrices de contamination fécales (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoque fécaux) et l'absence totale des salmonelles et des vibrions

cholériques qui sont responsables des épidémies locales dans les pays en voie de développement.

Les résultats de l'étude d'**OULD MOUHAMED (2013)** obtenus durant une période de cinq (05) mois d'étude sont comparés avec la grille de la qualité bactériologique pour la classification des eaux de surface (**SEEE, 2002**). Cette comparaison est illustrée dans le tableau ci-dessous :

Tab.III.2 : Extrait de la grille générale de la qualité microbiologique utilisée pour la classification des eaux de surface (SEEE, 2002) actualisée par la DRPE (SEEE, 2008) (**SANAE et al, 2012**).

Classe de la qualité	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	
Paramètre unité	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise	Valeurs maximales
Coliforme fécaux /100ml	≤20	20-2000	2 000-20 000	20 000-50 000	-	43 germes /100 ml
Coliformes totaux /100ml	≤50	50-5000	5000-50000	>50 000	-	240germes /100 ml
Streptocoque fécaux /100ml	≤20	20-1000	1000-10000	>10 000	-	240germes /100 ml

On observe d'après la grille de classification des eaux de surface (**Tab.III.2**) la qualité des eaux du lac inférieur de la RCZ est d'une bonne qualité bactériologique durant la période d'étude de **Ould Mouhamed (2013)**.

L'évaluation de la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, mais au contraire, est sujet à des fluctuations, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau.

III.3. Etude des peuplements phytoplanctoniques :

Grâce à sa capacité de réponse rapide aux changements environnementaux liée à son temps de génération très court (ex. chez *Chlorella* >2,7 divisions par jour), le phytoplancton a reçu une attention spéciale comme indicateur de la qualité de l'eau en zone pélagique. Le phytoplancton est en effet considéré comme la première communauté biologique à répondre à la concentration en nutriments dans la colonne d'eau. Cette vitesse de réponse permet aussi le repérage rapide de certains types de nuisances (turbidité, efflorescences des cyanobactéries toxiques) par les utilisateurs et les gestionnaires (**Reynolds, (1984b) ; Carvalho et al., (2006) in CELLAMARE, 2009**).

III.3.1. Etude qualitative des peuplements phytoplanctoniques :

D'après **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, les peuplements phytoplanctoniques récoltés sur 4 saisons de la période d'étude sont composés de 35 espèces appartenant à 8 classes, sont regroupés dans le tableau 01 annexe IV.

- **La classe des chlorophycées** forme le groupe le plus diversifié avec 17 taxons, dominé par le genre *Senedesmus* et *Monoraphidium*.
- **Les cyanophycées** comptent 5 taxons dont l'espèce dominante *Oscillatoria tenuis*.
- **Les Bacillariophycées** regroupe 5 taxons dominé par le genre *Cyclotella*.
- **Les Dinophyceae** comptent 2 espèces : *Peridinium sp* et *Gymnodinium sp*.
- **Les Euglénophycées** avec 2 espèces : *Phacus sp* et *Trachelomonas sp*.
- **Les Zygothécées** avec 2 espèces : *Cosmarium sp* et *Closterium sp*.
- **Les Cryptophycées** et les Trebouxiophyceae avec une seule espèce chacune, sont respectivement : *Cryptomonas sp* et *Oocystis sp*.

D'après **AKLI-BIDI (2014)**, les peuplements phytoplanctoniques récoltés durant une période de 24 mois d'étude sont composés de 30 espèces appartenant à 5 classes, sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tab.III.3 : Systématique des espèces de phytoplancton récoltées (**AKLI-BIDI, 2014**).

Classes	Espèces	Classes	Espèces
Chlorophycées	<i>Poloidion didymos</i>	Cyanobactéries	<i>Microcystis aeruginosa</i>
	<i>Nitrium digitus</i>		<i>Pseudanabaena mucicola</i>
	<i>Scenedesmus crassus</i>		<i>Planktothrix agardhii</i>
	<i>Scenedesmus falcatus</i>		<i>Nostoc commune</i>
	<i>Didymogenes palatina</i>		<i>Synechococcus linearis</i>
	<i>Tetraedron regulare</i>		<i>Microcystis wesenbergi</i>
	<i>Crucigenia tetrapedia</i>		<i>Gloeocopsa magma</i>
	<i>Actinastrum aciculare</i>		<i>Chamaesiphon polymorphus</i>
	<i>Sphaerocystis schroeten</i>		<i>Pleurocapsa fluviatilis</i>
	<i>Hyaloraphidium contortum</i>		<i>Anabaenopsis circularis</i>
	<i>Schroederia setegera</i>		<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
	<i>Ulva lactuca</i>		Euglénophycées
	<i>Thelesphaera alpina</i>	<i>Trachelomonas planctonica</i>	
Bacillariophycées	<i>Diatoma vulgare</i>	Xanthophycées	<i>Tribonema viride</i>
	<i>Navicula gracilis</i>		<i>Vaucheria sp</i>

On observe qu'il y a une différence significative dans la richesse spécifique (différence taxonomique) à l'échelle annuelle entre les échantillons récoltés et rapportés dans les deux études précédentes. Donc ce qu'il caractérisé par des fluctuations saisonnières avec une tendance à l'augmentation du nombre de taxons au cours du temps.

III.3.2. Etude quantitative des peuplements phytoplanctoniques :

III.3.2.1. Variation temporelle du phytoplancton :

Les communautés phytoplanctoniques présentent des changements significatifs durant l'année, en termes de diversité et de composition. Ces changements reflètent les modifications intra-annuelles des conditions environnementales (HAMAIDI, 2012).

D'après l'étude de GOUICHICHE et BEDR (2016), le suivi saisonnier de la dynamique du phytoplancton de notre milieu d'étude met en évidence une variation de la composition qualitative et quantitative. L'analyse de ces résultats révèle que les deux groupes les plus abondants sont les : les Chlorophycées et les Cyanophycées, leurs densités varient selon les saisons (Fig.III.8). D'ailleurs les résultats d'étude de AKLI-BIDI (2014) sont présents dans l'annexe IV, et révèle que les chlorophycées formaient le groupe le plus diversifié mais leurs densités restaient très inférieures à celles des cyanobactéries.

1) Chlorophycées :

Les Chlorophycées caractérisent les milieux riches en éléments nutritifs (PERES, 2003 in KHEDAM, 2007).

- Selon GOUICHICHE et BEDR (2016), les chlorophycées marquent une présence dans toute l'année d'étude, leur abondance est maximale au cours de la saison printanière, où ils sont représentés essentiellement par le genre *Monoraphidium* (65%), dans cette période a connu des T° avoisinent 25°C avec un temps claire et dégagé, les teneurs en nitrate et nitrite étaient relativement élevées ces conditions réunies, peuvent justifier la nette prolifération de ce groupe taxonomique au cours de cette saison. La densité de chlorophycées diminue légèrement au cours de la saison estivale avec dominance de *Chlorella pyrenoidosa* (75%). Cette baisse pourrait être reportée au phénomène de compétition qui favorise la prolifération des cyanophycées *Oscillatoria tenuis* (97%), sachant que la profondeur des stations de prélèvement ne dépassait guère 4,3m en été et que les teneurs en composés azotés et phosphate étaient relativement élevées. Au cours de la période automnale et hivernale, la concentration marque une baisse importante avec une dominance du genre *Scenedesmus* 51% et sensible baisse de genre *Monoraphidium*.

- Selon **AKLI-BIDI (2014)**, durant ses 24 mois d'étude les chlorophycées manifestées uniquement dans 7 mois avec absence totale dans les restes des mois. Leur densité est maximale au cours de la saison printanière, essentiellement en mars 2006, étaient dominé par *Poloidion didymos* représentées dans le lac supérieur (22%). La densité de chlorophycées diminue fortement avec l'installation de nouvelle espèce de genre *Scenedesmus* jusqu'à leur absence et l'apparition de l'espèce *Thelesphaera alpina* en septembre 2006 (automne) avec une densité importante (16,5%), en juin 2007 (estivale) une macroalgue (*Ulva lactuca*) a été installée avec une biomasse importante dans le lac inférieur.

2) Cyanobactérie :

- Selon **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, présente une baisse importante de sa densité en automne et en hiver. Durant la période automnale cette classe est dominée par *Oscillatoria tenuis* (97%). En hiver ils ont observé la quasi disparition de cette espèce et l'apparition de deux nouvelles espèces du genre *Anabaena*.
- Selon **AKLI-BIDI (2014)**, Par rapport aux autres groupes phytoplanctoniques récoltés, les cyanobactéries existaient à l'échelle annuelle avec une densité importante (83%) au printemps 2006. Avec l'espèce dominante est du genre *Microcystis*, durant la période estivale (2007) ce genre avait formé une fleur d'eau (**Fig.III.9**), en hiver (2008) nouvelle espèce apparaît *Chamaesiphon polymorphus* et avait formée fleur d'eau accompagnée de *Microcystis aeruginosa*. Toutes les fleurs d'eau étaient suivies dans les deux lacs par une mortalité massive de poissons (**Fig.III.10**). Ces efflorescences peuvent avoir de nombreuses conséquences sanitaires, écologiques et économiques (**GROGA, 2012**). L'état d'eutrophisation du barrage se manifestait alors par la transition dans la composition spécifique du phytoplancton vers une dominance des cyanobactéries (**Dokulil et Teubner, 2000 in AKLI-BIDI, 2014**).

3) Bacillariophycées :

- Selon **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, étaient présents de faibles teneurs comparés aux autres classes, leur densité reste relativement stable tout au long de l'année d'étude. Au printemps, ils ont noté la dominance de *Navicula sp* (83%). En été et en automne trois espèces présentent les mêmes abondances (*Navicula sp*, *Nitzschia sp* et *Cyclotella ocellata* cette dernière est une composante importante de la communauté diatomique des lacs eutrophes (**Schelegel et Scheffler, 1994 in EL HAOUATI, 2015**).) et l'apparition de deux nouvelles espèces : *Diatoma sp* et *Cyclotella meneghiniana* (95%). Cette dernière est indicatrice d'une pollution du milieu (**EL HAOUATI, 2015**).

- Selon **AKLI-BIDI (2014)**, les diatomophycées étaient identifiées par deux espèces en période printanière (avril, mai) respectivement avec une densité moyenne de *Navicula gracilis* dans le lac supérieur (27%) et *Diatoma vulgare* présente dans le lac inférieur (9%).

4) Euglénophycées :

- D'après **AKLI-BIDI (2014)**, ce groupe a été décelé uniquement dans le lac supérieur par le genre *Trachelomonas* au début de la période estivale durant la première année d'étude avec 5% de densité.
- **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, ils ont marqué d'une rare apparition avec très faible densité.

5) Xanthophycées :

D'après **Akli-Bidi (2014)**, étaient observés en avril 2006 par une seule espèce *Tribonema viride* en faible densité (16%), en printemps 2007 avec densité (81%) les eaux étaient envahies par une macro-algue du genre *Vaucheria*.

6) Cryptophycées :

D'après **Gouichiche et Bedr (2016)**, étaient représentées uniquement par *Cryptomonas sp*, avec faibles proportions au printemps, sa densité augmente légèrement en été pour baisser à nouveau en automne et à disparaître en hiver.

7) Dinophyceae :

GOUICHICHE et BEDR (2016), ont marqué des faibles proportions tout au long de l'année d'étude, en été ce groupe montre une légère hausse de densité. Les Dinophycées vivent dans des milieux pollués où se trouvent les sels nutritifs indispensables à leur croissance (**KHEDAM, 2007**). Ils sont des indicateurs d'une forte minéralisation du milieu (**Atanle et al, 2013 in GOUICHICHE et BEDR 2016**), ce qui explique leur concentration importante en été où ils ont noté une salinité élevée comparée aux autres saisons.

8) Trebouxiophyceae et Zygothrixales :

GOUICHICHE et BEDR (2016), ils ont noté d'une rare apparition avec de très faible densité.

Les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été (**MOLLO et NOURY, 2013 in TAMI et YUCEF KHOUDJA, 2019**).

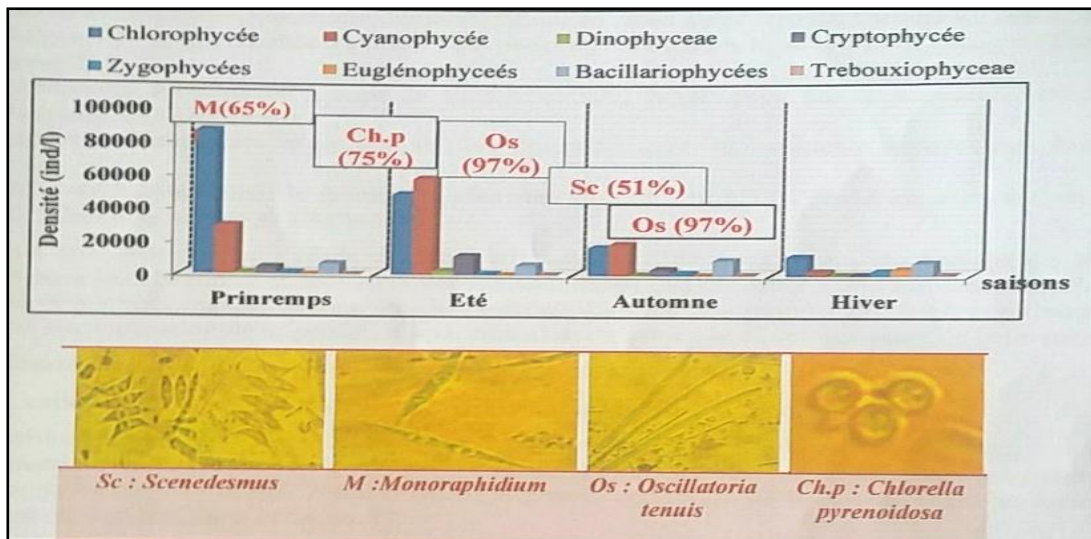


Fig.III.8 : Variations saisonnières de la densité des groupements phytoplanctonique des lacs de la RCZ (GOUICHICHE et BEDR, 2016).



Fig.III.9 : Florissant d'espèces cayanobactérie su genre *Microcystis* (AKLI-BIDI 2014).



Fig.III.10 : Mortalité massive de poissons dû à un manque d'oxygène, dans le bassin inférieur (août, 2006) (AKLI-BIDI 2014).

III.3.3. Diversité du phytoplancton (Indice de diversité de Shannon-Weaver) :

L'étude de **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, montre que l'indice de Shannon varie entre 2,29 et 3,94 bits (**Tab.III.5**), les faibles valeurs ont été enregistrées en été et en automne, ce qui indique un déséquilibre au sien du peuplement. Ces deux saisons étaient marquées par la dominance de l'espèce *Oscillatoria tenuis*. D'ailleurs les plus élevées sont enregistrées au printemps et en hiver, ce qui révèle le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèce qui tendent à s'équilibrer entre elles. Pour confirmer les valeurs que l'indice de Shannon, ils ont utilisé l'indice d'équitabilité de Daget, qui subdivise les peuplements phytoplanctoniques en cinq (05) classes (**Tab. III.4**).

Tab.III.4 : Classements des peuplements phytoplanctonique en fonction de l'indice d'équitabilité.

Classe	Valeur de l'indice d'équitabilité « E »	interprétation
Classe 1	$E > 80$	peuplement en équilibre
Classe 2	$0,65 < E < 0,80$	peuplement en léger déséquilibre
Classe 3	$0,50 < E < 0,65$	peuplement en déséquilibre
Classe 4	$0 < E < 0,50$	peuplement en déséquilibre fort
Classe 5	$E = 0$	peuplement inexistant.

Les résultats de **GOUICHICHE et BEDR (2016)**, reflètent un peuplement en léger déséquilibre pour les saisons d'Hiver et du Printemps et un peuplement en déséquilibre fort pour les saisons d'Eté et d'Automne.

Tab.III.5 : Valeurs de l'Indice de diversité de Shannon-Weaver et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau du lacs de la RCZ (**GOUICHICHE ET BEDR, 2016**).

	S	H'	H' _{max}	E
Printemps	21	3,59508	4,39231	0,81849
Eté	26	2,99848	4,70043	0,63501
Automne	23	2,29240	4,52356	0,50677
Hiver	26	3,94980	4,70043	0,84030

Selon les résultats de l'étude d'**AKLI-BIDI (2014)**, l'indice de Shannon varie entre 0 et 2,47bits (**Tab.III.6**).

Les faibles valeurs étaient enregistrées en aout 2006, juillet 2007 jusqu'à février 2008. En effet le phytoplancton en aout 2006 était formé d'une seule espèce *Pleurocaps fluviatilis* (cyanobactérie), et durant juillet 2007 au février 2008 formé par l'espèce du genre *Microcystis* ce qui indique un déséquilibre au sien du peuplement. Les fortes valeurs étaient enregistrées dans la premier année d'étude et durant le mois de mai 2007 ce qui révèle que le peuplement étaient composés d'un grand nombre d'espèces tendent à s'équilibrer entres elles.

Tab.III.6 : Variation des valeurs de l'indice de Shannon dans les deux lacs de mars 2006 à février 2008 (AKLI-BIDI, 2014).

Année 2006	Lac supérieur	Lac inférieur	Année 2007	Lac supérieur	Lac inférieur	Année 2008	Lac supérieur	Lac inférieur
Janvier	/	/	Janvier	0.82	0.99	Janvier	0	0
Février	/	/	Février	0.73	0.97	Février	0.28	0.31
Mars	2.12	0.63	Mars	0.36	0.94	/	/	/
Avril	2.47	1.61	Avril	0.17	0.85	/	/	/
Mai	0.63	0.87	Mai	1.85	1.59	/	/	/
Juin	1.98	0.16	Juin	0.80	0.32	/	/	/
Juillet	2.11	0.31	Juillet	0	0	/	/	/
Aout	0	0	Aout	0	0	/	/	/
Septembre	2.16	2.07	Septembre	0	0	/	/	/
Octobre	2.21	2.20	Octobre	0	0	/	/	/
Novembre	0.99	0.79	Novembre	0	0	/	/	/
Décembre	0.99	0.77	Décembre	0	0	/	/	/

III.3.4. Le phytoplancton, indicateur de la qualité biologique :

Le phytoplancton qui est fortement influencé par les changements environnementaux, est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (CELLAMARE, 2009).

Ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bioindicateur potentiel. Trois paramètres relatifs au phytoplancton peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'état écologique des lacs et la définition des statuts « très bon », « bon » et « moyen » (GROGA, 2012). Il s'agit de :

- L'abondance et la composition phytoplanctonique. En effet, AKLI-BIDI (2014) durant ses années d'étude (2006-2008), elle a récolté 30 espèces du phytoplancton, appartenant à 5 classes. Tandis que GOUICHICHE et BEDR (2016), ont récoltés 35 espèces appartenant à 8 classes.
- La biomasse phytoplanctonique (via les estimations de la concentration de chlorophylle *a* et du biovolume moyen). Les deux études montrent que l'eau des lacs de la RCZ est hyper-eutrophe.
- L'intensité et la fréquence des blooms planctoniques, comme le cas des floraisons du genre *Microcystis*.

Conclusion

Dans le présent travail qui porte sur but d'étudier la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des lacs de la RCZ d'avoir connaître l'évaluation de l'état écologique de ces derniers dans le temps et dans l'espace.

Après la comparaison entre les principaux résultats des 3 études, il ressort que :

Les résultats des paramètres physico-chimiques révèlent que le milieu a un état chimique médiocre par fois mauvais, ce qui présente une forte pollution chimique d'origine anthropique liée aux rejets des oueds qui alimentent les lacs, ces oueds qui sont alimentés uniquement par les eaux de pluie. Cette pollution engendre une importante prolifération algale entraînant l'état d'eutrophisation avancée notamment durant la saison estivale, qui conduit à la diminution du taux d'oxygène dans les lacs jusqu'à l'anoxie des couches profondes.

Du point de vue Bactériologique, l'étude révèle que le milieu est d'une qualité acceptable, car les résultats étaient conformes et accord avec les règlements de l'OMS pour les eaux brutes, et qui permettent de classer l'eau des lacs de la R.C.Z d'une qualité microbiologique moyenne selon la grille de la classification de la qualité des eaux de surface (**SEEE, 2002**). Cependant, la contamination d'origine fécale issue des animaux qui vivent à proximité des lacs est d'une qualité instable et fluctuante par des pollutions accidentelles, ce qui nécessitant une surveillance continue.

L'étude de la composition qualitative et quantitative des peuplements phytoplanctoniques montre que la composition du phytoplancton est hétérogène sur le plan temporel. Les groupes phytoplanctoniques récoltés sont composés de 30 espèces appartenant à 5 classes (**Akli-Bidi, 2014**) et de 35 espèces appartenant à 8 classes (**Gouichiche et Bedr, 2016**).

La présence des espèces phytoplanctoniques appartenant à des classes indicatrices de l'eutrophisation du milieu (les chlorophycées, Bacillariophycées et Dinophycées), montre que le milieu est instable et a connu un changement temporel continu dans sa composition phytoplanctonique, dans ses fréquentes floraisons algales qui due à l'enrichissement du milieu par les apports nutritifs externes engendrant la mortalité périodique de poissons.

On conclure que l'état écologique de ce milieu aquatique a une mauvaise qualité et qui est entrain de dégradation avec le temps.

Nous proposons de :

- Mener une étude qui prend en considération toutes les composantes des lacs (eaux, sols et espèces (poissons, phytoplancton et zooplancton) pour une meilleure caractérisation écologique de l'écosystème des lacs.
- Mettre en œuvre l'installation d'une station d'épuration en amont du barrage pour limiter les apports en nutriments par les affluents.
- Evacuer les eaux par le fond sont indispensable pour réduire l'accumulation des éléments nutritifs dans les couches profondes.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- AKLI-BIDI, S. 2014.** Comparaison du fonctionnement des deux retenues (supérieure et inférieure) du barrage de la réserve de chasse de Zéralda. Thèse de doctorat. U.S.T.H.B, Alger.
- AMINOT, A., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Caractéristiques physicochimiques. Centre National de l'exploitation des océans. pp. 39-75.
- BAGNOULS F. ET GAUSSEN H. 1953.** Saison sèche et indice xérothermique document pour les cartes de production végétale. Série générale cartographique de l'unité écologique. Edition Edward Privat, Toulouse.
- BENATMANE, I., ET BENHOCINE, A. 2015.** Contribution à l'étude physico-chimique et zooplanctonique de des eaux du lac inférieur du barrage de la réserve de chasse de Zéralda RC RCZ (Wilaya d'Alger).
- BENGTSSON, J. 1998.** Which species ? What kind of diversity ? Which ecosystem function ? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. 10, 191–199.
- B.E.T-HYDRAM. 2015.** Bureau d'étude technique agréée (HYDRAM). Etat des connaissances et lignes directrices pour un essai d'introduction de la loutre (*Lutra lutra*) dans la Réserve de Chasse de Zéralda.
- BOURRELY, P. 1988.** Les algues d'eau douce, algue verte, complément. Ed. N, Boubé. Paris.
- BOURRELY, P. 1990.** Les algues d'eau douce. Ed. N, Boubé. Paris.
- CLAUDE, F. 2011.** Ecologie approche scientifique et pratique. 6ème Ed. Tec & Doc., Paris.
- CELLAMARE, M. 2009.** Évaluation de l'Etat Ecologique des Plans d'Eau Aquitains à partir des Communautés de Producteurs Primaires. Thèse de doctorat.
- CNEXO. 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
- DAJET J. 1976.** les modèles mathématiques en écologie, Masson ed., Paris
- DOKULIL, M. T. 2003.** Algae as ecological bio-indicators. In B. A. Markert, A. M. Breure, H. G. Zeichmeister [eds.], Bioindicators and biomonitors - principles, concepts and applications, Trace metals and other contaminants in the environment. Elsevier.
- DRIUCHE, K ET BLIDI, A. 2018.** Comparaison de la structure des communautés phytoplanctoniques dans deux écosystèmes lacustres algériens phytoplanctoniques dans deux écosystèmes lacustres algériens « Barrage de Béni Haroun (Mila) » et « Barrage de

Références bibliographiques

Tichy Haf (Béjaia) ».

EL HAOUATI, H, 2009. Suivi des caractéristiques physico-chimiques et phytoplanctoniques du lac de Réghaia (wilaya d'Alger), Mémoire de magister. USTHB Alger.

EL HAOUATI, H, 2015. Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algériens. Thèse de Doctorat en Sciences. U.S.T.H.B. Alger.

ESCOFIER B. et PAGES J., 2006. Analyse factorielles simples et multiples. 4eme édition, Dunod, Paris.

FRONTIER S.,1983. Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed, Masson, Paris.

GOUICHICHE, L. ET BEDR, S. 2016. Etude de fonctionnement d'un écosystème lacustre « Barrage de la Réserve de Chasse de Zéralda ». U.S.T.H.B. Alger. Mémoire de master.

GROGA, N. 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire).

HAMAIDI, F. Née CHERGUI. 2012. Contribution A La Connaissance Des Peuplements Planctoniques De Six Plans d'eau Du Nord De l'algerie. Saad Dahlab De Blida.

KHEDAM, H. 2007. Eutrophisation et suivi de barrage de Ghrib (w.Ain Defla).U.S.T.H.B.

LEBART, L., PIRON, M et MORINEAU, A. (2006). Statistique Exploratoire Multidimensionnelle, « Visualisation et Inférence en Fouille de Données ». 4ème Ed. Dunod.

LEVEQUE, C .2001. Les fondamentaux écosystème aquatiques. Ed., Hachette, Paris.

MDDELCCQ in OBV. 2015. Organisme des bassins versants de la Capitale. Site web :

<http://www.obvcapitale.org/plans-directeurs-de-leau-2/2e-generation/diagnostic/section-1-problematiques-associees-a-la-qualite-de-leau/1-2-eutrophisation-vieillesse-premature-des-lacs>

MULLER, Y.1985. L'avifaune forestiere nicheuse des vosges du nord. Sa place dans le contexte médio-européen. Thèse de doctorat. Sci.Univ.Dijon.

NASRI, H., EL HERRY, S. et BOUAÏCHA, N. 2008. First reported case of turtle deaths during a toxic *Microcystis* spp. Bloom in Lake Oubeïra, Algeria.

Références bibliographiques

OULD MOHAMED, W. M. 2013. Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux du lac inférieur du barrage de Zéralda (Wilaya de Tipaza).

RAMADE, F. 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Science international, Paris.

RAMADE F., 2003. Eléments d'écologie appliquée.,3eme. Ed. Dunod. Paris.

RAMADE, F. 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod, Paris.

RAMADE F., 2005. Elément d'écologie : Ecologie appliquée. Action de l'homme sur la biosphère. Nouvelle Edition, Paris.

RODIER J., 2005. L'analyse de l'eau- Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. ET COLL, 2009. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.9ème édition, Dunod, Paris.

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N ET COLL., 2009. Analyses de l'eau., Ed. DUNOD., 9ème Ed., Paris.

SADI, N. 2005. Rapport de la Réserve de Chasse de Zéralda (plan de gestion R.C.Z 2005/2013).

SANAE ERROCHDI, MAJIDA EL ALAMI, NARD BENNAS, BOUTAÏNA BELQAT, MOHAMMED ATER AND FATIHA FDIL.2012. « Étude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains : Laou et Tahaddart », *Méditerranée* [Online], 118 | 2012, Online since 30 May 2014, connection on 15 September 2020.

URL :<http://journals.openedition.org/mediterranee/6221>

DOI :<https://doi.org/10.4000/mediterranee.6221>

SATHA, W. et MAKROUDI, S. 2015. Contribution A L'étude De La Qualite Bacteriologique Et Phytolantonique De L'eau Du Lac Oubeira (Pnek - El-Tarf).

SEEE, 2008. SECRETARIAT D'ÉTAT AUPRES DU MINISTERE DE L'ÉNERGIE DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT. Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux, Maroc.

TAMI, A. et YUCEF KHOUDJA, F. 2019. Comparaison de la structure et du

Références bibliographiques

fonctionnement de deux écosystèmes lacustres algériens « Barrage de Djorf Torba (Béchar) » et « Barrage de Brézina (El Bayadh) ».

UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-method. int.ver. theor. angew. limnol.

ZIDOUR, F. 2013. Etude Physico-Chimique, Bactériologique Et Phytoplantonique Des Eaux Brutes Du Lac De Barrage Keddara (Wilaya :Boumerdes). Saad Dahlab De Blida.

<http://www.obvcapitale.org/wp-content/uploads/2012/10/Diagramme-de-classement-du-niveau-trophique-des-lacs%C3%A0.jpg>

Annexes

ANNEXE I

Tableau 01 : Températures extrêmes (Min – Max) et moyennes mensuelles du 2002 au 2015

Année		Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
2002-2003	Max	15,3	14,65	19,4	20,14	23,4	30,47	23,47	33,33	27,6	24,68	20,54	18,49
	Min	12,6	8,43	11,36	12,65	15,82	20,8	23,75	24,57	20,21	17,2	14,29	14,73
2003-2004	Max	15,6	16,6	25	20	20,7	27,6	29,9	32,8	28,24	25	21,6	17,4
	Min	9	10,2	11	12,4	14,4	19,5	22,7	24	21,12	18,6	13,4	9,9
2004-2005	Max	14,3	12,8	17,8	19,8	24,2	28,2	31,3	30,3	30,7	28	19	16
	Min	6,4	6,4	10	12,6	16,4	15,5	22,2	21,7	21,3	18,9	12,3	10
2005-2006	Max	16,4	17,58	18,11	20,6	25,25	26,3	32	29,71	25,3	25,4	19,9	15,9
	Min	9,9	9,12	11,7	15,2	17,12	17,5	22	22,33	16,5	17,7	13,7	9,8
2006-2007	Max	16,5	17,1	17	19,1	22,5	26,1	29,4	32,5	27,9	26	22,3	16,9
	Min	10,5	12,4	11	14,1	17	19,7	21,3	22,7	19,83	18	14,4	11,2
2007-2008	Max	17	18,2	18,3	21,7	22,6	26,9	31	31,2	27,7	24,3	19	16,4
	Min	10,3	10,7	11,1	14	15,8	18,3	22,7	23,5	20,6	17,6	12,3	10,4
2008-2009	Max	15,9	16,6	19,2	20	26,4	29,3	33	31,1	28,7	25	19,3	15,9
	Min	10	9,2	10,4	12	17	20	23,7	23,4	21,3	17,8	11,8	9,2
2009-2010	Max	16,5	17,8	18,7	20,5	22,7	27,1	32,1	31,6	27	24,9	22,9	18,9
	Min	11,2	11,9	11,9	14	15,5	19	22,3	21,7	20,2	17,6	14,9	12,4
2010-2011	Max	16,4	16,2	19,2	22,4	24,5	26,8	33,4	33,2	28,1	24,3	19,1	18,6
	Min	10,3	9,5	11,6	14,4	16,9	19,7	22,6	23,2	20,4	17	13,5	11,3
2011-2012	Max	16,5	12,6	17,3	19,3	24,7	30	30,7	33,3	28,5	25,6	21,4	17,8
	Min	9,5	6	11	12,8	15,8	20,9	22	24	21,3	17,5	14,1	11,2
2012-2013	Max	16,6	15	18,9	20,1	21,5	26,1	29,9	31,5	28,7	26,3	21,2	17,8
	Min	9,5	8,9	12,4	12,7	14,9	17,4	21,1	22,1	19,4	17,7	14,2	11,1
2013-2014	Max	17,9	18,2	18,5	23,5	23,7	28	31,8	32	29,2	26,9	18	17
	Min	11,4	11,8	9,4	13	13,4	18,1	20,9	20,6	20,9	19,9	12	10
2014-2015	Max	16,4	14,8	19	22	25,7	28,4	34,5	32,7	30,9	28	23	17,2
	Min	8,4	8,2	9,5	13,2	15,3	17,9	21,3	22,8	21,1	16,7	14,1	9,8
	Moy.	13,09	12,73	14,95	16,82	19,74	23,29	26,58	26,34	24,16	21,79	17,01	14,05

ANNEXE I

Tableau 02 : Les moyennes mensuelles des précipitations du 2002 au 2015.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
2002-2003	181,8	102,9	18,2	64,9	12,3	0	5,1	1,5	17,6	35,5	75,3	116,5
2003-2004	1,79	3,41	3,6	4,65	4,26	4,38	5,62	6,1	3,58	2,6	1,5	2,6
2004-2005	78,2	123,7	64,4	13,3	3,2	0	0	0	7	37,1	91,6	150,4
2005-2006	96,8	99	17,1	1,3	125,6	0	0	14,6	17,5	57,3	126,1	109,9
2006-2007	27,8	75,4	93,5	43,1	1,7	10,6	0	7,2	75,1	12,9	33,6	205,9
2007-2008	22,5	40,2	40,6	14,9	67,4	11,7	16,8	0	28,9	135,2	352,7	65,5
2008-2009	59,6	10,8	48	70,7	24,6	17	0	0	64,8	42,1	135,4	154
2009-2010	85,9	55,5	99,2	40,2	17,9	4,7	0,4	36,1	129,1	21,3	67	90,7
2010-2011	59,7	86,6	51,5	91,9	68	24,3	0,7	0	18,2	143,9	224,6	71,8
2011-2012	33,8	243,2	124	83,1	22,3	0	0	11,2	17,5	26,5	169,8	67,2
2012-2013	139,9	94,7	55,1	92,5	186,7	0,7	0	0	5,4	86,2	156,4	56,3
2013-2014	54,8	22,7	49,5	3,2	8,9	43,3	0	5,4	14	21,3	236,6	99,2
2014-2015	80,2	113,9	42,5	0	9,9	3,5	0	0	3,3	22,9	55,6	130,7
Moy.	70,98	82,46	54,40	40,29	42,52	9,24	2,20	6,32	30,92	49,60	132,78	101,59

ANNEXE II

Photos des lacs du barrage de la R.C.Z :

Quelque photo donnée par la RCZ.



La rive du lac inferieur



Lac inferieur



La rive du lac supérieur



Lac supérieur

Tableau 01 :Les techniques de Conservation des prélèvements (**Rodier et al, 2009**)

Caractéristique ou élément analysé	Réceptacle	Technique de conservation	Volume minimum du prélèvement (en mL)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant...
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	6h (obsc.)
Conductivité	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	24 h obsc.)
Turbidité	P ou V	0	100	4	24h (obsc.)
Chlorophylle	V brun P	0 Filtration extraction éthanol à chaud et congeler	1000 1000	4 -20	24 heures 1 mois
Ammonium	P ou V	0 Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	200 200	4 4	48h (obsc.) 21 jours
Nitrates	P ou V	0 acide chlorhydrique q.s.p. pH < 2	250 250	4 4	24h (obsc.) 7 jours
Nitrites	P ou V	0	200	4	24h (obsc.)
Phosphates (ortho , poly et P total)	P ou V	0	250	4	24h (obsc.)
Oxygène dissous	Vb	Mesure in situ de préférence	300	4	24h (obsc.)
MES	P ou V	0	500	4	48h (obsc.)
Coliformes totaux	P ou V	Flacons stériles (*) (en présence d'une eau traitée par un oxydant, ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10 %	250	4	24h (obsc.)
Coliformes fécaux	P ou V		250	4	24h (obsc.)
Streptocoques fécaux	P ou V		250	4	24h (obsc.)

P : Polyéthylène ; V : Verre ; Vb : verre borosilicaté ; obsc. : obscurité
 (*) : Les flacons en verre peuvent être stérilisés au Four Pasteur à 180 °C pendant 1 h 30 ou à l'autoclave à 120 °C pendant 1 h. Les flacons en polyéthylène peuvent être stérilisés par irradiation (25 KGy soit 2,5 Mrad)
 (**): en présence d'une eau chlorée ou traitée par un oxydant, ajouter du thiosulfate de sodium, Na₂S₂O₃, 5H₂O dans le flacon afin d'obtenir dans l'échantillon une concentration d'environ 80 mg pour 1 litre.

ANNEXE II

Tableau 02 : La table NPP (le nombre le plus probable) et intervalle de confiance (RODIER *et al*, 2009).

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 mL	Limites de confiance à 95 %	
5 tubes de 10 mL	5 tubes de 1 mL	5 tubes de 0,1 mL		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	2	< 0,5	7
0	1	0	2	< 0,5	7
0	2	0	4	< 0,5	11
1	0	0	2	< 0,5	7
1	0	1	4	< 0,5	11
1	1	0	4	< 0,5	11
1	1	1	6	< 0,5	15
1	2	0	6	< 0,5	15
2	0	0	5	< 0,5	13
2	0	1	7	1	17
2	1	0	7	1	17
2	1	1	9	2	21
2	2	0	9	2	21
2	3	0	12	3	28
3	0	0	8	1	19
3	0	1	11	2	25
3	1	0	11	2	25
3	1	1	14	4	34
3	2	0	14	4	34
3	2	1	17	5	46
3	3	0	17	5	46
4	0	0	13	3	31
4	0	1	17	5	46
4	1	0	17	5	46
4	1	1	21	7	63
4	1	2	26	9	78
4	2	0	22	7	67
4	2	1	26	9	78
4	3	0	27	9	80
4	3	1	33	11	93
4	4	0	34	12	96
5	0	0	23	7	70
5	0	1	31	11	89
5	0	2	43	15	114
5	1	0	33	11	93
5	1	1	46	16	120
5	1	2	63	21	154
5	2	0	49	17	126
5	2	1	70	23	168
5	2	2	94	28	219
5	3	0	79	25	187
5	3	1	109	31	253

ANNEXE II

5	3	2	141	37	343
5	3	3	175	44	503
5	4	0	130	35	302
5	4	1	172	43	486
5	4	2	221	57	698
5	4	3	278	90	849
5	4	4	345	117	999
5	5	0	240	66	754
5	5	1	348	118	1 005
5	5	2	542	180	1 405
5	5	3	918	303	3 222
5	5	4	1 609	635	5 805

Les résultats d'analyses de l'étude Akli-Bidi (2014)

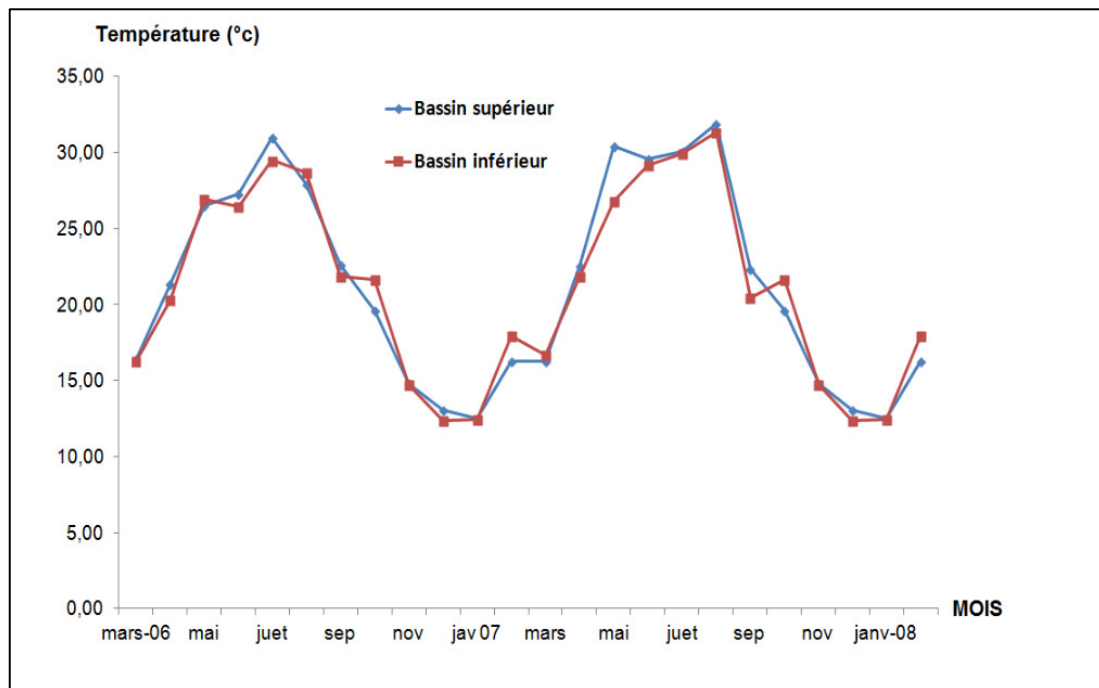


Fig.1 : Variation des moyennes de la température de l'eau dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008.

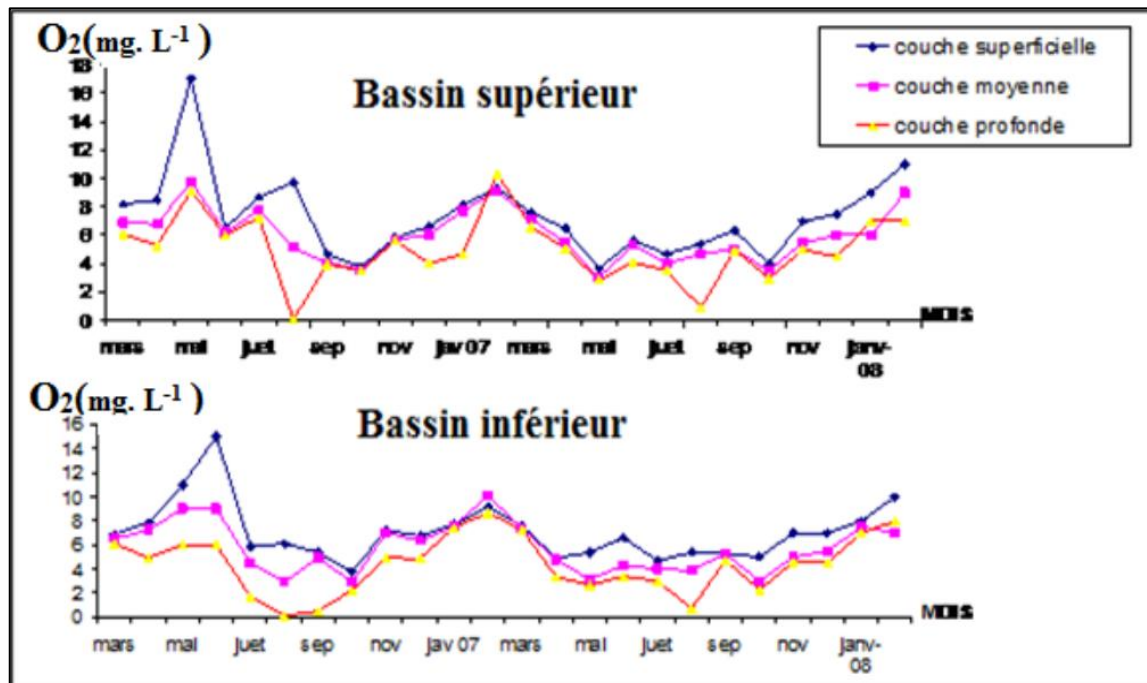


Fig.2 : Variation des concentrations moyennes de l'oxygène de l'eau dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008.

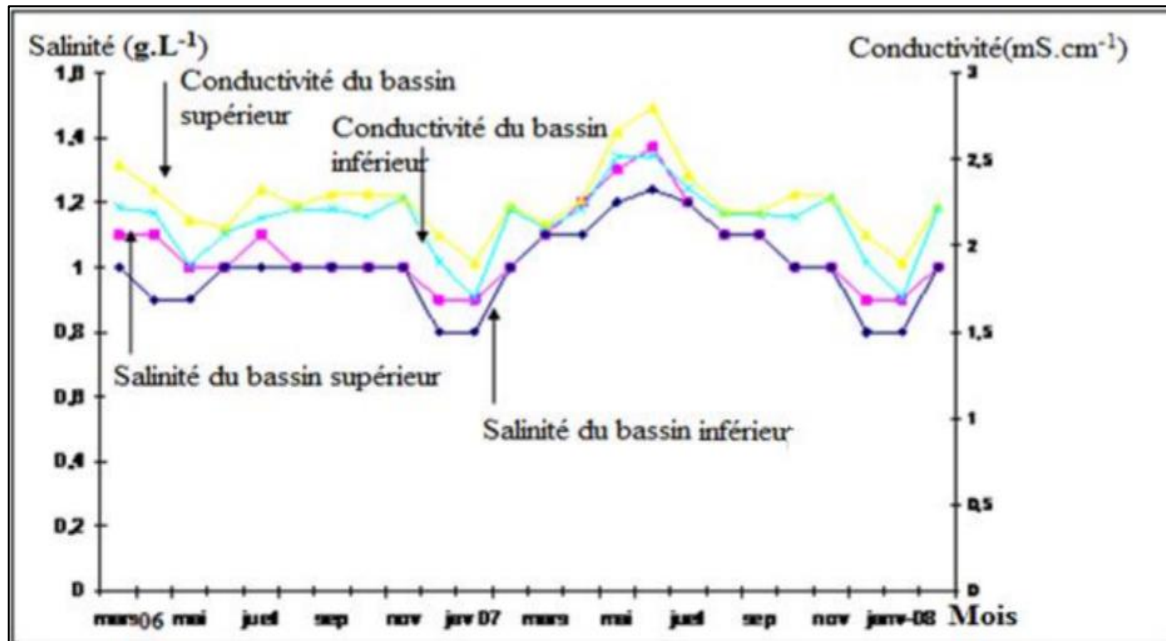


Fig.3 : Variation de la conductivité et de la salinité dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008.

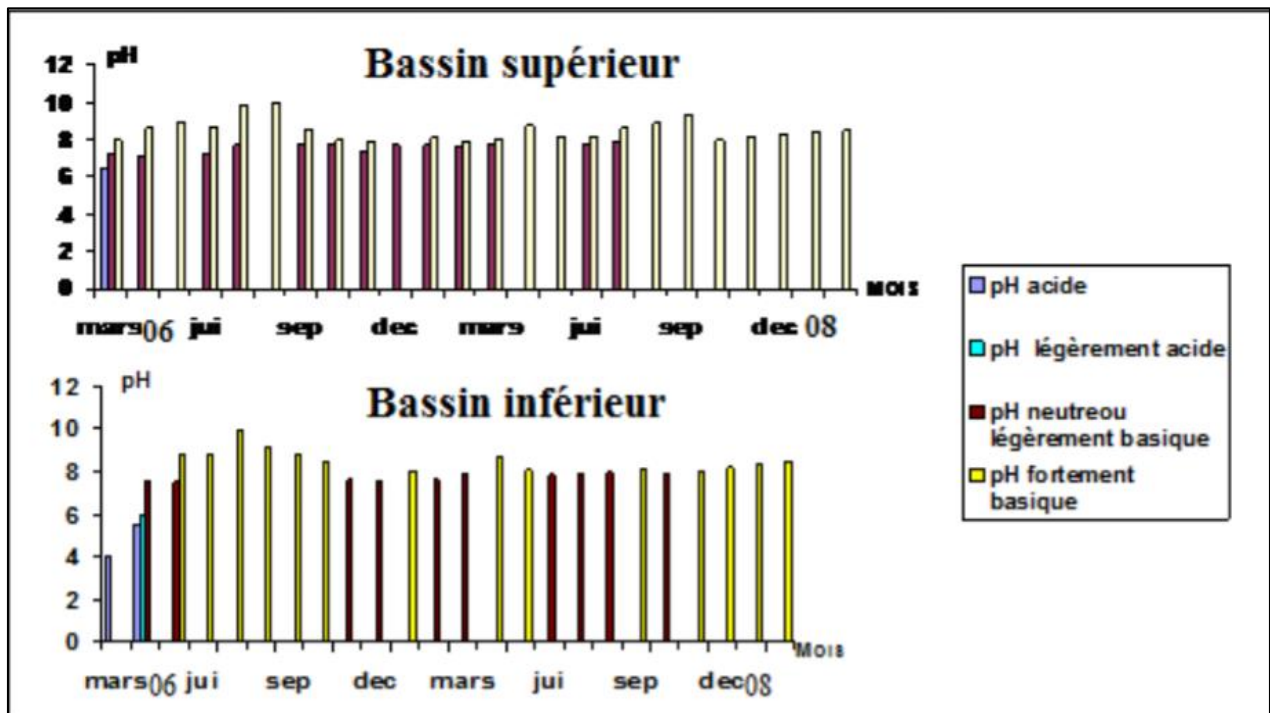


Fig.4 : Variation du pH dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008.

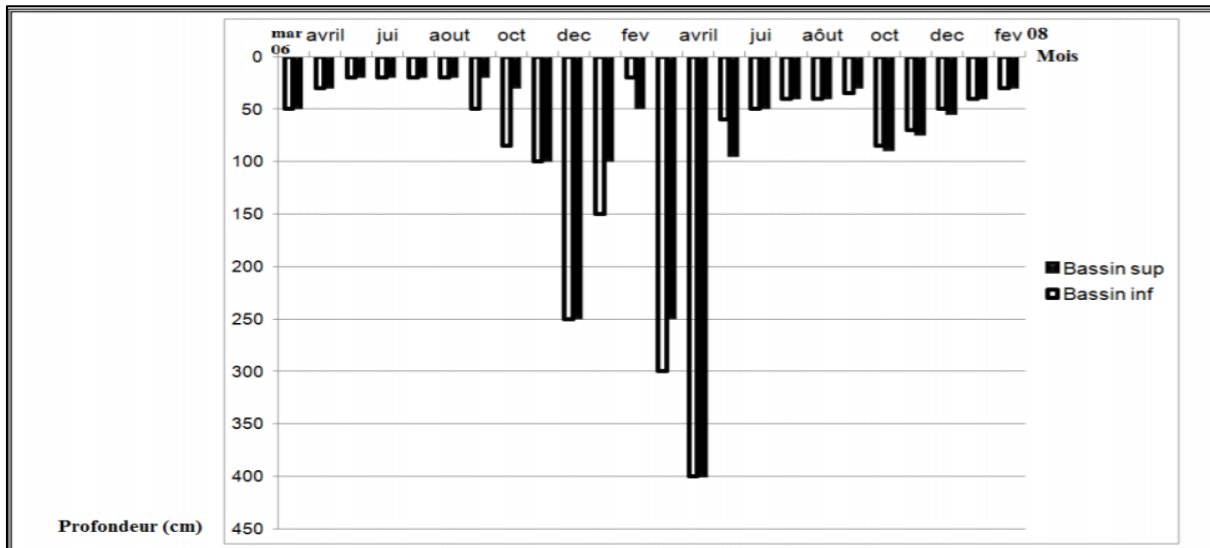


Fig.5 : Variation de la transparence de l'eau dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008

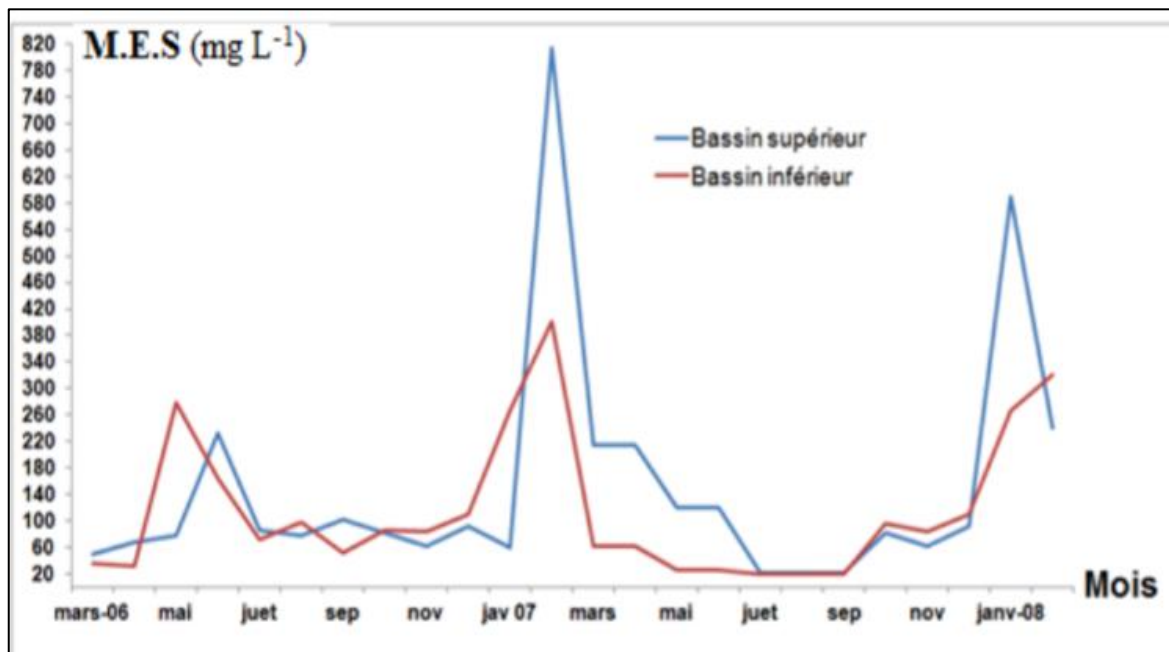


Fig.6 : Variation de M.E.S dans les deux bassins de mars 2006 à février 2008

Annexe III

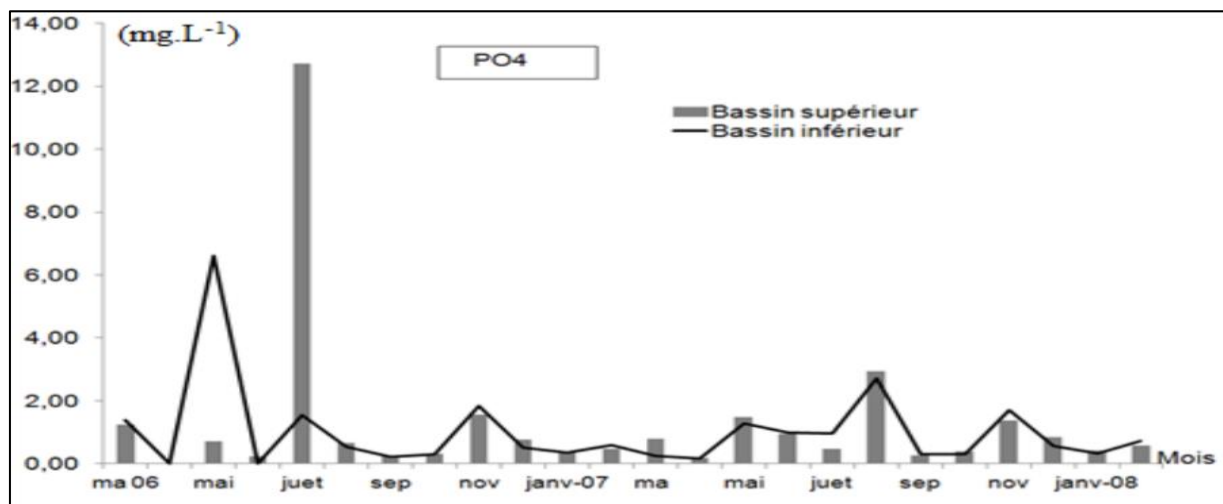


Fig.7 : Comparaison des moyennes de concentrations des orthophosphates dans le bassin supérieur et le bassin inférieur de mars 2006 à février 2008.

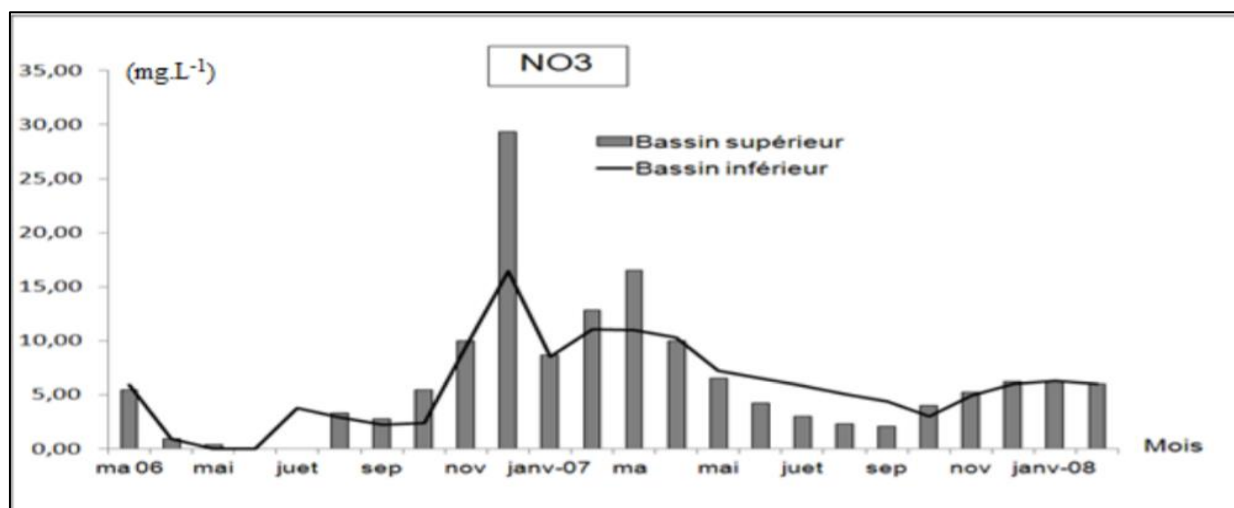


Fig.8 : Comparaison des moyennes de concentrations des nitrates dans le bassin supérieur et le bassin inférieur de mars 2006 à février 2008.

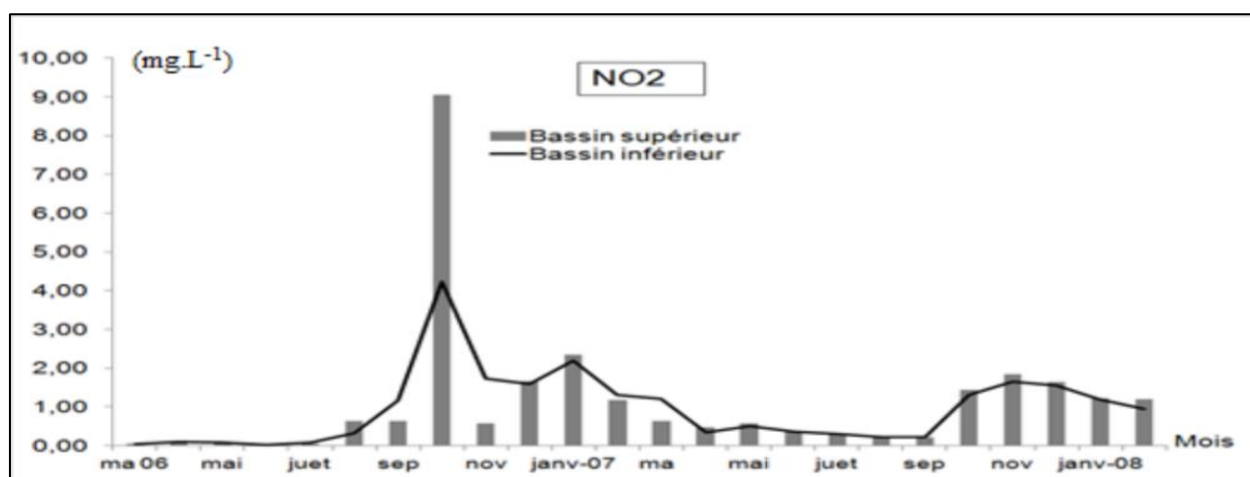


Fig.9 : Comparaison des moyennes de concentrations des nitrites dans le bassin supérieur et le bassin inférieur de mars 2006 à février 2008.

Annexe IV

Tableau 01 : liste des espèces trouvées par **Gouichiche et Bedr (2016)** dans les lacs de la R.C.Z .

Classe	Genre	Espèce	Classe	Genre	Espèce
Chlorophycées	Phacotus	<i>P. lenticularis</i>	Bcillariophycées	Diatoma	<i>D. sp</i>
	Tétraspota	<i>T. gelatinosa</i>		Navicula	<i>N. sp</i>
	Chlorella	<i>C. pyrenoidosa</i>		Nitzschia	<i>N. sp</i>
	Ankistrodesmus	<i>A.falcatus</i>		Cyclotella	<i>C. ocellata</i>
	Monoraphidium	<i>M. sp 1</i>	<i>C. meneghiniana</i>		
		<i>M. sp 2</i>	Cyanophycées	Microcystis	<i>M. sp</i>
		<i>M. sp 3</i>		Oscillatoria	<i>O. sp</i>
	Scenedesmus	<i>S. sp</i>		Merismopédia	<i>M. sp</i>
		<i>S. falcatus</i>		Anabaena	<i>A.spiroides</i>
		<i>S. quadricauda</i>	<i>A.sp</i>		
		<i>S. cerassus</i>	Dinophyceae	Peridinium	<i>P. sp</i>
	Volvox	<i>V. sp</i>		Gymnodinium	<i>G.sp</i>
	Pediastrum	<i>P. duplex</i>	Euglénophycées	Phacus	<i>P. sp</i>
	Tetraedron	<i>T. sp</i>		Trachelomonas	<i>T. sp</i>
	Actinastrum	<i>A.hantzchii</i>	Zygophycées	Cosmarium	<i>C. sp</i>
Coelastrum	<i>C. reticulatum</i>	Closterium		<i>C. sp</i>	
	<i>C. microporum</i>	Cryptophycées	Cryptomonas	<i>C. sp</i>	
Trebouxiophyceae	Oocystis	<i>O. sp</i>			

Annexe IV

- Dynamique des différents groupes de phytoplancton (Akli-Bidi, 2014) :

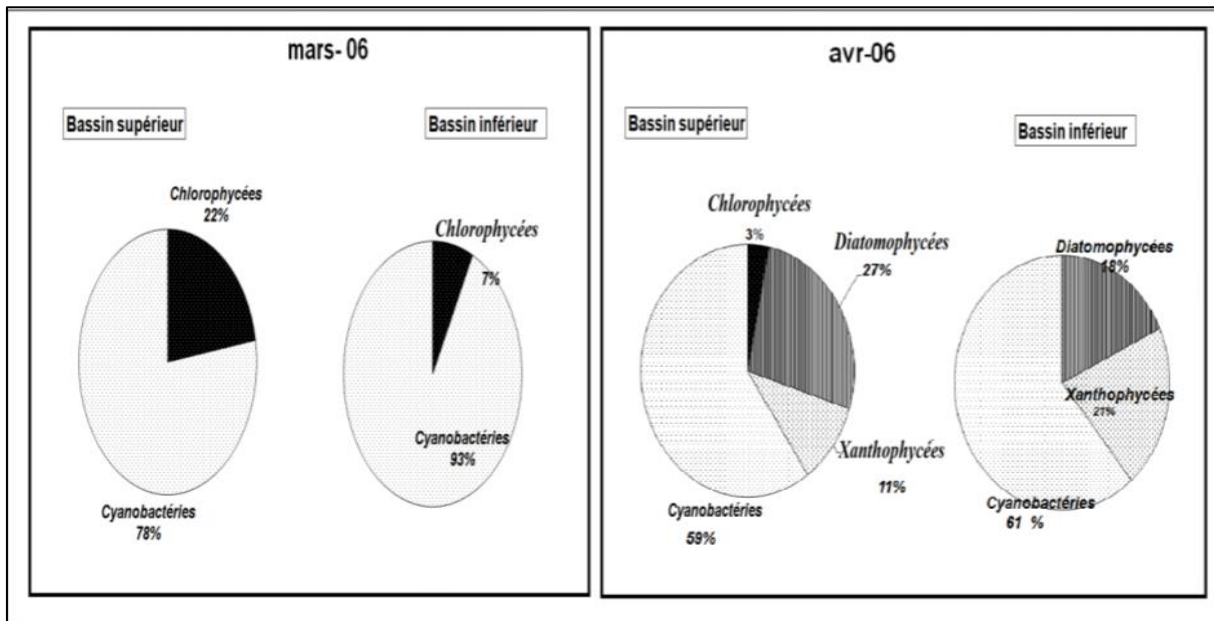


Fig.1 : Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques dans les deux bassins en mars et avril 2006.

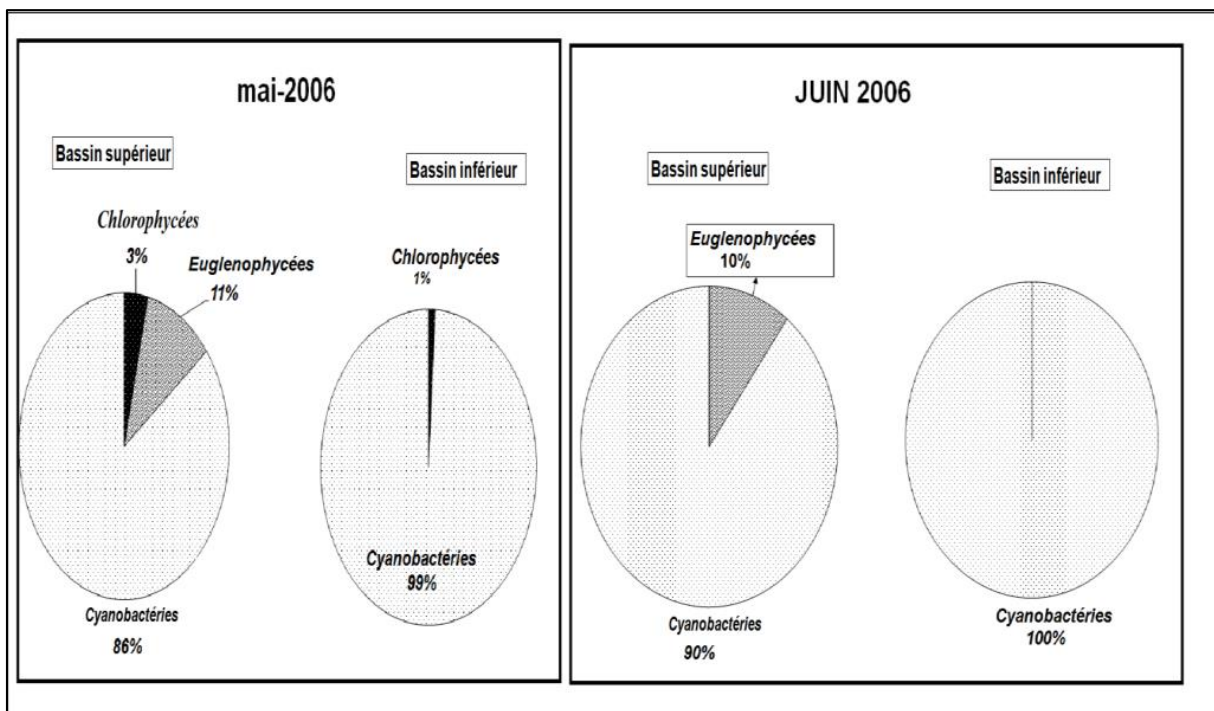


Fig.2 : Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques dans les deux bassins en mai et juin 2006.

Annexe IV

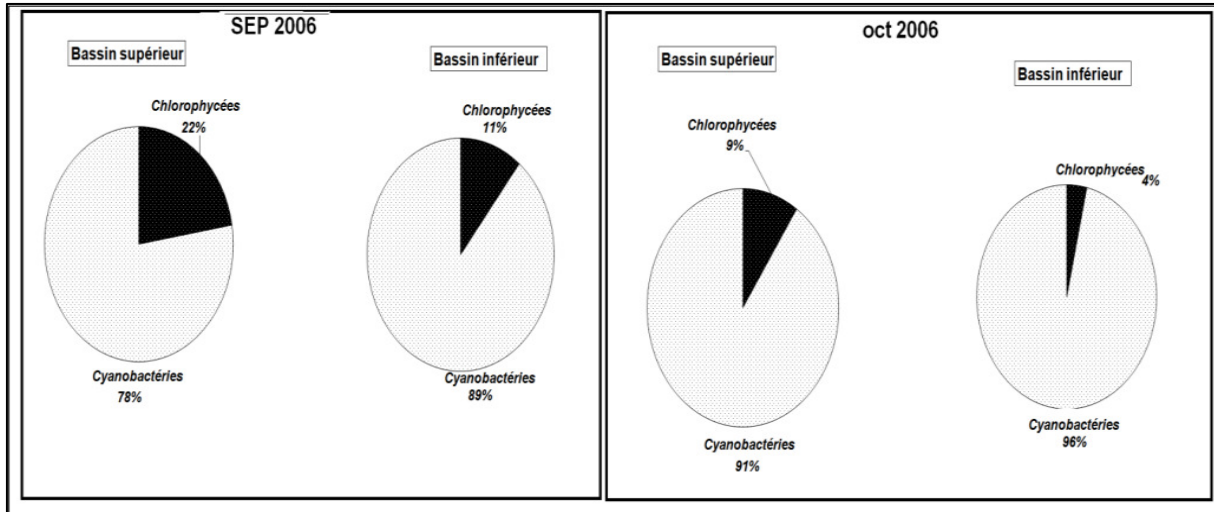


Fig.3 : Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques dans les deux bassins en septembre et octobre 2006.

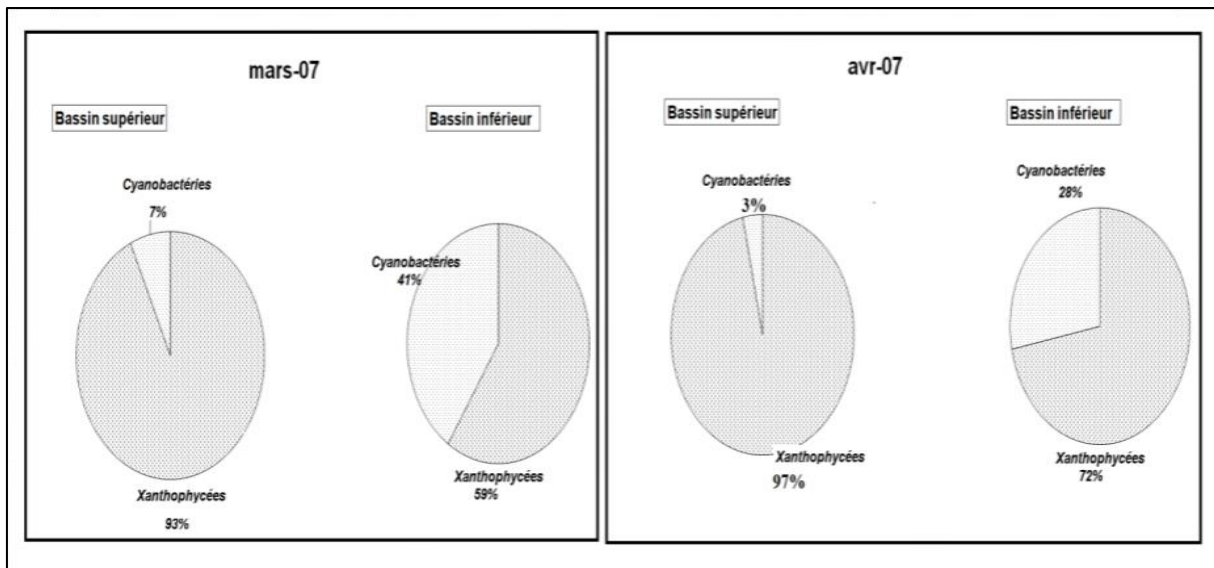


Fig.4 : Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques dans les deux bassins en mars et avril 2007.

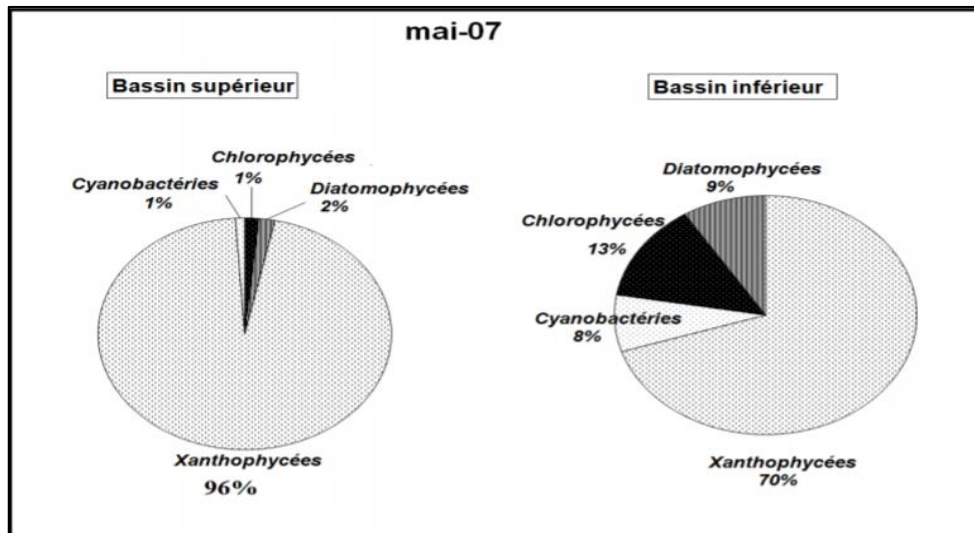


Fig.5 : Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques dans les deux bassins en mai 2007.

