

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement
du Littoral



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en
Sciences de la Mer
Option : Aquaculture

**Etude comparative des peuplements phytoplanctoniques indicateurs
de la qualité des eaux dans deux systèmes lacustres « le lac du barrage de
Keddara(Boumerdes) et le lac de Réghaia(Alger) »**

Réalisé par :

**BENAYACHE Imene
REGUIG Selma Nihad**

Soutenu le 03/07/2018 à 09h 30 devant le jury composé de :

Mme MAHDID S.	Maitre assistante A	Présidente
Mme OUADAH N.	Maitre assistante A	Examineur
Mr CHEBEL F.	Attaché de recherche	Examineur
Mme EL HAOUATI H.	Maître de recherche B	Promotrice
Mme MESLEM N.	Maitre assistante A	Co-promotrice

Année universitaire : 2017-2018



Remerciements

A l'aide de la protection, la force et la bénédiction d'Allah que nous avons pu réaliser ce travail et arriver à ce stade scientifique.

Avec beaucoup de gratitude nous remercions exclusivement notre promotrice Mme EL -HAOUATI Habiba, qui nous à assurée un bon suivi par ses orientations scientifiques surtout en ce qui concerne l'organisation de ce travail et de permettre en disposition tous les éléments nécessaires pour le travail.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce travail :

- A Madame MAHDID S. de nous avoir fait de l'honneur de présider le jury.*
- A Madame OUADAH N. et Monsieur CHEBEL F. d'avoir accepter d'examiner ce travail*

Notre remerciements aussi au Co-promotrice Madame MESLEM N.

Les enseignants et tous les travailleurs de l'ENSSMAL

Nous tenons à remercier aussi tous les travailleurs du CNRDPA et aussi les directeurs des deux barrages et nos accompagnateurs dans nos sorties sur terrains en particulier Mr. GUECHAOUI M.

Et en fin à toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à contribuer à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mon exemple dans la vie, la flamme qui illumine toujours mon chemin par sa présence, sa motivation, tendresse et encouragement, **ma maman** que j'aime très fort*

*Mon roi et amour éternel qui m'a soutenu et qui m'a tout offert, la personne sans qui je ne serai jamais ou je suis, à toi **mon père** adorable*

Que dieu vous accorde dans son vaste paradis

*Mes princesses **Amel** et **Nahla**, ma joie dans les moments difficiles, que dieu vous bénisse*

*Ma sœur **Soraya** pour sa présence dans ma vie et sa famille*

*Mes chers cousins et cousines et spécialement : **Imene, Fatima, Houda, et Manel***

*Toute la famille **REGUIG** et **DJENNADI**, spécialement mon oncle **Mohamed** pour son aide*

*Mes âmes sœurs : **Amina, Aicha, Nour** et **Racha** qui m'ont entouré dans les moments les plus durs*

*Ma chère adorable et binôme **Imene**, pour sa sincérité et productivité dans le travail, que dieu te protège pour ta famille*

Et à toutes personnes occupant une place dans mon cœur.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Ma mère, qui représente pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tes prières et tes bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mon parcours. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Mon père, pour son amour, son appui et ses précieux conseils. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Mes frères Zine Eddine et Youcef, et mes sœurs Wafaa et Sarah qui ont toujours su m'aider.

Mes chères amies Marcoua, Mounia, Sarah, Amira, Djamila, Meriem pour leur présence dans ma vie.

Bellout Mohamed, qui a toujours répondu présent pour me prêter de l'aide.

Mon binôme pour son travail studieux.

Résumé

RESUME

Cette étude est basée sur deux écosystèmes aquatiques, le lac du barrage de Keddara et le lac de Réghaia. Comme première étude, on vise à identifier les associations phytoplanctoniques en relation avec les facteurs de l'environnement susceptibles de provoquer et/ou de modifier le développement des espèces phytoplanctoniques en général et en particulier des espèces potentiellement toxiques.

Le suivi de l'évolution des quinze paramètres abiotiques effectués (température, oxygène dissous, conductivité électrique, transparence, potentiel hydrogène, salinité, matière en suspension, azote ammoniacal, nitrite, nitrate, sulfate, phosphate, magnésium, calcium, et bicarbonate) et les paramètres biotiques (évaluation quantitative et qualitative de la diversité des peuplements phytoplanctoniques et la chlorophylle « a ») du mois de Février au mois de Mai 2018 dans six stations représentatives de chaque site, permet d'essayer de comprendre les mécanismes fonctionnels et dynamiques des eaux des deux barrages et d'en apprécier leurs qualités.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du barrage de Keddara ont classé comme des eaux de qualité bonne à très bonne et elles sont localisées dans l'état trophique « eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que les genres les plus abondants sont *Cyclotella* et *Stephanodiscus*.

Par ailleurs, les eaux du lac de Réghaia, sont classées comme des eaux polluées et se trouvent dans l'état trophique « hyper-eutrophe », les genres *Cyclotella* et *Phacus* sont considérés comme le plus abondants

Mot clés : Phytoplancton, lac, barrage, Keddara, Réghaia.

Abstract:

This study focuses on two aquatic ecosystems, the lake of Reghaia(Algiers) and the Keddara Dam (Boumerdes). As a first study, it aims to identify phytoplankton associations in relation to environmental factors likely to cause and / or modify the development of phytoplankton species in general and in particular potentially toxic species.

Monitoring the evolution of the fifteen abiotic parameters (temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, salinity, conductivity, suspender matters, transparency, nitrites, nitrates, phosphates, sulfate, ammoniacal nitrogen, bicarbonate, calcium and magnesium) and the biotic parameters (quantitative and qualitative evaluation of the diversity of phytoplanktonic stands and chlorophyll "a") during four months (from February to May2018) in six representative stations of each dam, makes it possible to try to understand the functional and dynamic mechanisms of the waters of the two dams and appreciate their qualities.

The results of the abiotic parameters show that the waters of the Keddara dam are classified as good quality waters and are located in the eutrophic trophic state. The phytoplankton study shows that the most abundant genera are Peridinium and Closterium.

In addition, the waters of the lake of Reghaia are classified as bad quality waters and are in the trophic state "hyper-eutrophic", the genera Cyclotella and Phacus are considered the most abundant.

Key words: Phytoplankton, dam, lake, Keddara, Reghaia.

ملخص :

تركز هذه الدراسة على نظامين بيئيين مائيين هما سد قدارة (بومرداس) وبحيرة الرغاية (الجزائر العاصمة). تهدف الدراسة الأولى إلى تحديد ارتباطات العوالق النباتية فيما يتعلق بالعوامل البيئية التي من المحتمل أن تسبب و / أو تعدل تطوير أنواع من العوالق النباتية بصفة عامة وخاصة الأنواع السامة المحتملة.

مراقبة تطور المعلمات غير الحيوية الخمس عشرة (درجة الحرارة، إمكانات الهيدروجين، الأكسجين المذاب، الملوحة، التوصيلية، الشفافية المواد المعلقة، النترت، النترات، الكالسيوم المغنيزيوم السلفات الفوسفات والنيتروجين الأموني) والمعلمات الحيوية (التقييم الكمي والنوعي لتنوع العوالق النباتية) والكلوروفيل "أ" خلال أربعة أشهر فبراير الى شهر مايو من عام 2018، في 6 محطات تمثيلية لكل سد، يجعل من الممكن محاولة فهم الآليات الوظيفية والديناميكية لمياه السدين تقدير صفاتهم

تظهر نتائج المعلمات غير الحيوية أن مياه سد قدارة تصنف على أنها مياه ذات نوعية جيدة وتقع في الحالة التغذوية "الغنية بالمغذيات". تظهر دراسة العوالق النباتية أن أجناس أكثر وفرة هي بيريدينيوم وكلوستيريوم. بالإضافة إلى ذلك، تصنف مياه بحيرة الرغاية على أنها مياه ملوثة وذات نوعية سيئة وفي حالة تغذوية "تغذية غنية"، تعتبر أجناس السيكلوتيلا وفاكوس الأكثر وفرة.

الكلمات المفتاحية العوالق النباتية، بحيرة، السد، قدارة، الرغاية.

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 01

Chapitre I : Généralités

Première partie : Introduction au monde micro-algal

I-1 Peuplements phytoplanctoniques 02

I-1-1 Définition du plancton..... 02

I-1-2 Définition de phytoplancton..... 02

I-1-3 Importance du phytoplancton 02

I-1-4 Les micro-algues comme indicateurs des eaux..... 02

I-1-5 Place du phytoplancton dans le réseau trophique 03

I-1-6 Diversité éco-physiologique et spécifique des micro-algues 03

I-1-6-1 Diversité éco-physiologique 04

I-1-6-2 Diversité spécifique 04

Deuxième partie : Caractéristiques des deux zones d'étude

I-2-1 Localisation géographique du barrage de Keddara 07

I-2-2 Géologie 07

I-2-3 Hydrologie 08

I-2-4 Faune et flore 09

I-2-5 Le lac de barrage de Keddara et ses contextes socio-économiques..... 09

I-2-6 Situation géographique du lac de Réghaia 10

I-2-7 Géologie 10

I-2-8 Hydrologie 11

I-2-9Faune et flore	12
I-2-10 Le lac de Réghaia et son contexte socio-économique.....	13
I-2-11 Les données morpho métrique des zones d'études	14
I-2-12Etude climatologie.....	15
I.2-12-1 Latempérature.	15
I-2-12-2 La pluviosité	15
I-2-12-3L'humidité.....	16
I-2-12-4Le vent	16
I-2-13 Synthèse climatique	17
I-2-13-1 Diagramme Ombrothermique	17
I-2-13-2Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	18

Chapitre II : Matériels et méthodes

II-1 Présentation des campagnes de prélèvement	20
II-2 Présentation des points de prélèvement	202
II-3 Principe de prélèvement et les éléments à analyser	21
II-3-1 Prélèvement de l'eau	21
II-3-2 Les éléments physiques et chimiques à analyser	21
II-4 Etude du phytoplancton	22
II-4-1- L'échantillonnage	22
II-4-2 Conservation des échantillons	22
II-4-3 Préparation de l'échantillon	22
II-4-4 Identification et comptage des paramètres biologiques	22
II-5 Organisation et structure du peuplement	23
II-5-1 La richesse spécifique	23
II-5-2 La densité des espèces	23
II-5-3 L'abondance ou la fréquence relative	23
II-5-4 Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique	24
II-5-5 Diagramme de Frontier (Diagramme rang-fréquence).....	25

Chapitre III : Résultats et discussion

III-1 Interprétation de la Physico-chimie de l'eau	26
III-1-1- La température	26
III-1-2- Potentiel d'hydrogène	27
III-1-3- Conductivité électrique	28
III-1-4- Salinité	29
III-1-5-Transparence	30
III-1-6- Matière en suspension	31
III-1-7 L'oxygène dissous	33
III-1-8 Calcium	34
III-1-9 Magnésium.....	35
III-1-10 Sels nutritifs	36
III-1-10-1 Nitrite (NO ²).....	36
III-1-10-2 Nitrate.....	37
III-1-10-3 Azote ammoniacal (NH ⁴⁺).....	38
III-1-10-4 Ortho phosphates (PO ⁴⁺).....	39
III-1-11 Bicarbonates (HCO ₃).....	4029
III-1-12 Chlorophylle a.....	41
III-2-1 Synthèse sur la qualité physico-chimique.....	42
III-2-2 Evaluation de l'état trophique	43
IV-1 Etude du peuplement phytoplanctonique	44
IV-1-1 Etude qualitative du peuplement phytoplanctoniques.....	44
IV-3-1-2 Composition taxonomique du phytoplancton	44
IV-4 Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique	48
IV-4-1 L'indice de Shannon (H ') et l'Equitabilité (E).....	48
IV-4-2 Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang Fréquence).....	50
Conclusion	53

Liste des figures

N°	Liste des Figures	Page
Fig. 1 :	Situation géographique du barrage de Keddara (Wilaya de Boumerdès).	7
Fig. 2 :	Bassins versants du barrage de Keddara.	9
Fig. 3 :	Situation géographique du lac de Réghaia (Wilaya d'Alger).	10
Fig. 4 :	Bassin versant du lac de Réghaia.	12
Fig. 5 :	La faune et la flore du lac de Réghaia.	14
Fig. 6 :	<i>Marmaronetta angustirostris</i> et <i>Sarcelle marbrée</i> .	15
Fig. 7 :	Les moyennes mensuelles de l'humidité dans la région Algeret Boumerdes	18
Fig. 8 :	Les moyennes mensuelles des vitesses des vents moyens dans la région Alger et Boumerdes	18
Fig. 9 :	Diagramme Ombrothermique de la région de Boumerdes.	19
Fig.10:	Diagramme Ombrothermique de la région d'Alger.	20
Fig.11:	Localisation des sites d'étude sur le climagramme d'Emberger pour la période (1998-2008).	21
Fig.12:	Variation mensuelle et spatiale de la température de l'eau dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia	28
Fig.13:	Variation mensuelle et spatiale du pH dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia	29
Fig.14:	Variation mensuelle et spatiale de la conductivité électrique dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	31
Fig.15:	Variation mensuelle et spatiale de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	32
Fig.16:	Variation mensuelle et spatiale de la transparence de l'eau (cm) dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia	33
Fig.17:	Variation mensuelle et spatiale des MES dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	34

Fig.18:	Variation mensuelle et spatiale de l'oxygène dissous dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	35
Fig.19:	Variation mensuelle et spatiale du Calcium dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	36
Fig.20:	Variation mensuelle et spatiale du Magnésium dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	37
Fig.21:	Variation mensuelle et spatiale des nitrites dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	38
Fig.22:	Variation mensuelle et spatiale des nitrates dans le barrage de Keddara.	39
Fig.23:	Variation mensuelle et spatiale de l'azote ammoniacal dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia	40
Fig.24:	Variation mensuelle et spatiale de l'orthophosphates dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	41
Fig.25:	Variation mensuelle et spatiale des bicarbonates dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	43
Fig.26:	Variation mensuelle et spatiale de la chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.	44

Liste des tableaux

Tab.1:	Les données morpho-métriques du lac de Réghaia.	16
Tab.2:	Les données morpho-métriques du barrage de Keddara.	16
Tab.3:	Les dates de prélèvements sur les deux sites.	21
Tab.4:	Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles et les moyennes calculées dans les deux sites étudiés lac de Réghaia et barrage de Keddara.	45
Tab.5:	Etat trophique du lac de Réghaia et le barrage de Keddara selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).	46

Liste des abréviations

μS :micro siemens

MES : matière en suspension

O₂ :l'oxygène dissous

pH : potentiel d'hydrogène

s : seconde

J : Jour

Tab : Tableau

Fig : Figure

VA : Vent à Alger

VB : Vent à Boumerdes

HA : Humidité à Alger

HB : Humidité à Boumerdes

W : Wilaya

OCDE : Office cadre directive européenne

DCE : Directive Cadre Européenne

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

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

ONM : Office National Météorologique

Introduction

Introduction

INTRODUCTION

Les barrages disposés en travers des cours d'eau pour créer une retenue ou exhausser le niveau en amont furent connus pour la première fois en Egypte, vers 3000 avant J.C. Actuellement, les barrages connaissent des améliorations et comprennent des compléments de plus en plus innovants : la production d'électricité, la création de lacs artificiels pour les loisirs, l'alimentation des industries en eau de refroidissement ... Cette source est soumise aux diverses formes de pollution notamment anthropique, ce qui dégrade la qualité de l'eau et rend son taux incapable de satisfaire les besoins journaliers domestiques et industriels.

La productivité primaire des étendues d'eau est influencée directement par la pollution. Au niveau des lacs, la prolifération du phytoplancton s'accroît par l'ajout des nutriments issus des égouts et des ruissellements (**CAMPBELL et al., 2004**). La prolifération excessive du phytoplancton entraîne le processus d'eutrophisation ce qui fait de ce premier maillon de la chaîne trophique, un bio-indicateur idéal de la pollution hydrique (**DJELITA, 2009**).

L'objectif de notre étude est de faire une comparaison de la qualité des eaux entre deux systèmes aquatiques le barrage de Keddara et lac de Réghaia en utilisant l'indice phytoplancton que, et pour mieux évaluer la qualité des eaux de ces deux systèmes lacustres, des études physico-chimiques ont été établies.

Ces plans d'eau ont fait l'objet de travaux antérieurs, parmi lesquels nous citons ceux d'**AKLI (1988), BENAICHA et MADDI (2001), DELLA L (2007), EL-HAOUATI (2009), MEZOUAR et RACHDI (2010), DERAIFI et HACHEMI (2010), AKSIL et RABEHI (2010), EL HAOUATI et ARAB (2011), ZIDOUR (2013), ATTOU (2014), EL HAOUATI (2015), EL HAOUATI et al., (2015), MAHIEDDINE (2017), SAYOUD (2017), ZETCHI M (2016)**.

Dans cette optique, notre travail comprend trois chapitres : En premier chapitre, une synthèse bibliographique divisée en deux parties la première aborde le monde micro-algal, la deuxième partie pour l'étude des sites. Le second chapitre est consacré à détailler les différentes méthodes suivies et le matériel utilisé. Dans le dernier chapitre, une présentation des résultats obtenus, suivis d'une interprétation et discussion. Enfin nous terminons par une conclusion générale.

Introduction

Chapitre I. Généralités

I-1- Peuplements phytoplanctoniques :

I-1-1 Définition du plancton :

C'est l'ensemble des végétaux et animaux aquatiques, microscopiques ou de petite taille qui se déplacent avec les courants d'une manière limitée avec la masse d'eau, on distingue évidemment une fraction animale qu'on appelle le « zooplancton » et autre végétale « le phytoplancton » (MOLLO *et al.*, 2013).

I-1-2 Définition du phytoplancton :

Élément essentiel de la productivité primaire, le phytoplancton est composé d'organismes unicellulaires filamenteux ou coloniaux, microscopiques en suspension dans la colonne d'eau. Grâce à la présence de pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a. à l'exception des Cyanophycées. Qualifié de thallophytes, c'est-à-dire dépourvus de tiges, racines et vaisseaux conducteurs, leur mode de vie, principalement dominé par un métabolisme autotrophe, a besoin de l'existence de lumière, source principale de leur énergie. Cependant quelques groupes du phytoplancton, comme les dinoflagellés, sont hétérotrophes, utilisant de la matière organique en suspension dans l'eau pour leur besoins énergétiques. (ROUND, 1956).

On distingue d'après la taille des algues présentes :

- >> L'ultra-nanoplancton (2 μm)
- >> Le nanoplancton (2-20 μm)
- >> Le microplancton (20-200 μm)
- >> Le macro plancton (200-2000 μm). (ILTIS, 1966).

I-2 Importance du phytoplancton

Les micro-algues aquatiques sont à la base de la chaîne trophique pélagique donc sont responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (REYNOLDS *et al.*, 1998), ces organismes participent à des processus clés comme la production d'O₂ et de biomasse.

Au cours de l'évolution, les algues ont en effet montré leur étonnante capacité d'adaptation aux changements des conditions environnementales et leur résistance à de nombreux types d'agressions, en développant des systèmes sophistiqués comme la synthèse de diverses molécules (JACQUET *et al.*, 2011).

La biomasse phytoplanctonique (représentant seulement 1 à 2% de la biomasse de la biosphère) ces organismes photosynthétiques sont tous de même responsables de 45% de l'activité photosynthétique sur terre (FALKOWSKI, 1994 ; FIELD *et al.*, 1998).

I-3 Les micro-algues comme indicateurs de la qualité des eaux :

Vu son importance comme étant une ressource vitale pour les êtres vivants, l'eau douce particulièrement l'eau de surface est menacée par divers types de pollution d'origine anthropique. Au fait que cette eau constitue un milieu de vie pour le phytoplancton, ce dernier réagit à toutes altérations de son milieu et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales.

La biomasse phytoplanctonique et sa productivité, sont des indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Toute perturbation environnementale peut entraîner des altérations dans la composition et la distribution des groupes phytoplanctoniques et engendrer alors des dysfonctionnements de l'écosystème (**JACQUET et al., 2011**), marqué par une variété des taxons, la présence ou l'absence des groupes sensibles (aux pollutions par exemple)

Dans les régions tempérées, les eaux les plus pures sont peuplées par des Rhodophycées, mais sont envahies par des Cyanophytes, puis des Euglénophytes lorsque le milieu devient plus eutrophe. Lorsque la pollution atteint son maximum, les algues disparaissent presque entièrement et sont remplacées par des bactéries. On peut ainsi relier certaines algues ou certains groupes d'espèces à différents niveaux de pollution du milieu (**ILTIS, 1966**).

Ainsi la DCE (directive cadre de l'eau, directive européenne de 23 Décembre 2000) a proposé et imposé ce compartiment comme élément de qualité biologique pour les lacs et identifié comme bio-indicateur potentiel puisque la première communauté à répondre aux changements trophiques des masses d'eau.

I-4 Place du phytoplancton dans le réseau trophique

Les organismes phytoplanctoniques sont à la base de la chaîne trophique pélagique et donc responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques lorsque certaines conditions sont favorables (température élevée associée à des conditions météorologiques calmes, niveau élevé d'éléments nutritifs d'origines entropiques ou naturelles) certaines espèces peuvent proliférer de manière significative (**REYNOLDS et al., 1998**).

I-5 Diversité éco-physiologique et spécifique des micro-algues :

I-5-1 : Diversité éco-physiologique :

Les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses. Les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu, en particulier la turbulence (**GAILHARD, 2003**).

Leur taux de croissance ainsi leur dépendance vis-à-vis des nutriments est également variable. En outre afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développées des stratégies adaptatives ; telles que :

- Les mécanismes de mobilité, de migration vers des zones riches en nutriments ...
- Le mode de nutrition mésotrophe
- La compétition interspécifique par production de substances allélo-chimiques
- Les mécanismes de défense contre la prédation (**GROGA, 2012**).

I-5-2 : Diversité spécifique

• Les critères de classification

Deux types d'organismes formants le monde micro-algal et pouvant être différenciés au niveau cytologique par la présence ou non du noyau cellulaire (**PRESCOTT et al., 2003**).

- Les eucaryotes ou les algues vraies qui sont munis d'un noyau
- Les procaryotes nommés aussi les cyanobactéries sont dépourvus du noyau.

Selon les critères de classifications morphologiques, cytologiques, reproductifs et biochimiques ; on distingue généralement cinq phylums avec huit classes principales :

❖ **Les Chlorophytes** : sont des micro-organismes hermaphiles, photophiles et ont une Préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (**SANE, 2006**).

Les individus de ce groupe très diversifié sont répartis en quatre classes : Les Chlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées.

Les deux ordres des Volvocales et des Chlorococcales de la classe des Euchlorophycées regroupent la plupart des algues vertes planctoniques lacustres (**BOURRELLY, 1972**).

Les volvocales sont des espèces flagellées, ils possèdent des chloroplastes en forme U, et les chlorophylles a et b sont les pigments majeurs (**ETTL, 1983**).

Cependant les Chlorococcales sont des espèces unicellulaires ou coloniales, filamenteuses (**ETTL et al., 1988**). On distingue comme précédemment les mêmes pigments majeurs (**BOURRELLY, 1972**).

❖ Les Chromophytes : avec trois classes principales :

▪ Les Bacillariophycées ou Diatomées

C'est l'un des groupes les plus importants, avec plus de 100000 espèces. Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse (le frustule) (GERMAIN, 1981). Le pourtour des valves est connecté avec des bandes qui constituent la ceinture de la cellule. Ces micro-organismes sont unicellulaires ou coloniaux et sont communément divisés en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées avec une symétrie bilatérale

On rencontre 4 groupes chez les diatomées pennées : les Araphidées, les Raphidioïdées, les Monoraphidées et les Biraphidées. La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (CANTER-LAND *et al.*, 1995).

▪ Les Chrysophycées

Ce sont des organismes unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux, dont certains vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylle et caroténoïdes masquant la couleur due aux chlorophylles « a » (WETZEL, 2001). Le nombre des flagelles est variable (un ou parfois deux flagelles généralement de même taille. Beaucoup d'espèces appartenant à cette classe sont dépourvus de paroi cellulaire mais sont juste entourées d'une membrane cytoplasmique.

D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. La multiplication se fait par fission binaire ou par zoo-sporulation.

▪ Les Xanthophycées

Elles regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles sont unicellulaires, coloniales ou filamenteuses et sont caractérisées par une grande proportion de pigments caroténoïdes (β -carotènes) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (ETTL, 1978).

Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente. La paroi cellulaire est souvent absente. Ces organismes se multiplient par fission binaire, zoo-sporulation et/ou par isogamie (reproduction sexuée). (OTT *et al.*, 2003).

❖ Les Euglénophytes

Sont des algues unicellulaires flagellées rarement coloniales. Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « b ». Ce phylum possède une seule classe appelée Euglénophycées, elle se répartie en 13 genres et plus de 2000 espèces.

Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire avec un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (**ROSOWSKI, 2003**).

La multiplication s'effectue par division cellulaire (**DE REVIERS, 2003**).

❖ Les Cyanophytes

C'est le phylum des micro-organismes procaryotes. Ce phylum contient une seule classe des Cyanophycées avec plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. Cette classe est caractérisée par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée.

Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les cellules renferment de la chlorophylle « a ». La multiplication se fait par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (**DE REVIERS, 2003**).

Généralement, les procaryotes ont une préférence pour l'azote sous forme d'ammonium (N-NH₄⁺) contrairement aux eucaryotes qui ont une préférence pour le nitrate (N-NO₃⁻) (**BLOMQVIST *et al.*, 1994**).

❖ Les Pyrrophytes

Ce sont des organismes unicellulaires, de couleur brune, leur groupe principal est constitué par les dinoflagellés qui sont des cellules mobiles à deux flagelles. Elles constituent les seconds plus grands producteurs photosynthétiques primaires de la matière organique océanique (**BOUSSEBOUA, 2005**). Leur présence en milieu lacustre est limitée.

I-2 Les caractéristiques des zones d'études :

A- Barrage de Keddara :

I-2-1 Situation géographique du barrage de Keddara :

Le barrage de Keddara est situé sur le territoire de la wilaya de BOUMERDES dans la chaîne littorale de l'atlas tellien, à 8 Km au sud de BOUDOUAOU et à 35 Km à l'Est d'ALGER. Il est situé sur une altitude de 1047 m, à 36.65° de l'altitude Nord et 3.43° de longitude (ANBT, 2017)



Figure. 1 : Situation géographique du barrage de Keddara
(ZIDOUR F. 2013).

I-2-2 Géologie :

Au site du barrage, la vallée franchit le dernier resserrement formé par les terrains du prolongement occidental des monts Kabyles.

Les lits des oueds de la région sont occupés par des alluvions de graviers plus au moins argileux et sableux avec des blocs. Parfois des alluvions sont assez profondes.

Les cours de ces oueds sont flanqués de terrasses composées en partie par des alluvions limoneuses et en autre parties par des graviers.

Dans les versants il y a quelques zones ayant vraisemblablement déjà glissé et qui sont couvertes de résidus de l'altération des roches et d'éboulis parfois instables en surface.

I-2-3 Hydrologie :

Chapitre I : Généralités

Le régime hydraulique du barrage est sous la dépendance des conditions du milieu mais également de l'exploitation pour l'irrigation et de l'évaporation estivale.

Le barrage de Keddara est alimenté à partir de trois sources :

- Les transferts des eaux excédentaires par gravité à partir du barrage de Hamiz à travers une galerie de déviation (Hamiz - Keddara de 3.2 km), permettent de dériver vers le barrage de Keddara un volume de 15 km³/an.
- les transferts pompés provenant du barrage Béni-Amrane, à l'aide d'une station de refoulement d'une capacité de 0.61hm³/j, qui permettent de transférer vers KEDDARA un volume d'eau moyen annuel de 110 km³ (ANBT, 1981).

Le bassin versant est de 93 km², alimenté par les affluents des oueds Keddara El-Heed, et Isser.

- Les versants de la vallée d'oued El Haad et le versant gauche d'oued Keddara appartiennent au massif de Djebel Bouzegza, le versant droit de l'oued Keddara appartient au massif djebel Ben Norah.

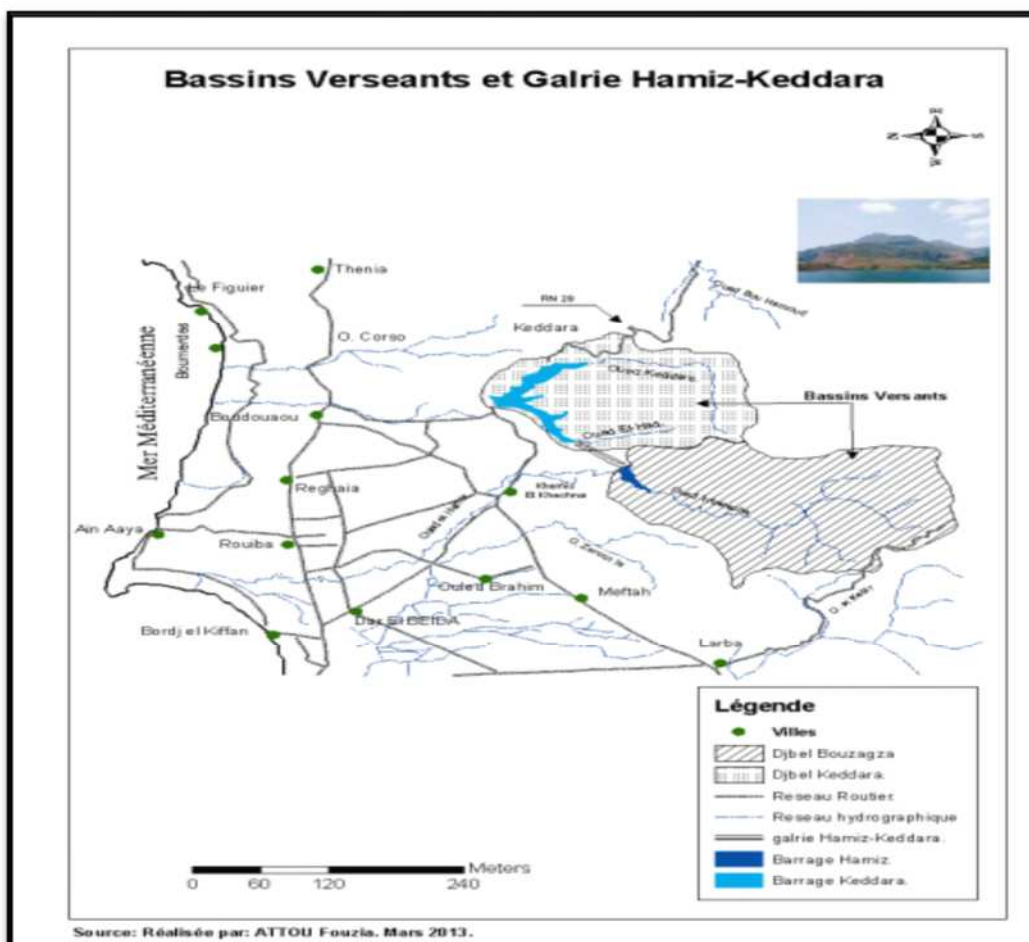


Figure. 2 : Les bassins versants du barrage de Keddara (ATTOU F. 2013).

I-2-4 Faune et Flore :

Au sein de la biocénose, le compartiment végétal (phytocénose) présente un bio marqueur précieux, il joue un rôle important dans la délimitation des stations (**LACOSTE et al., 2001**)

La végétation du bassin versant de Keddara est couvert de lentisque, de palmiers nains, d'olive sauvage, quelque arbre d'eucalyptus et de toutes sortes de broussailles. Sur les rives du barrage se trouve une faible couverture végétale et des pelouses.

Le barrage est caractérisé par une importance avifaune, tels que les canards souchets, corbeau noir, héron et la présence des reptiles représentés par les serpents et les tortues

I-2-5 Le lac de barrage de Keddara et ses contextes socio-économiques :

Selon **BOUCHARD (2000)**, les activités agricoles peuvent être la cause de l'apparition de la perturbation environnementale cas des modifications des caractéristiques naturelles, ce qui peut engendrer une pollution agricole.

Aujourd'hui la pollution de l'eau par les activités agricoles présente quatre formes principales : Les matières en suspensions, les éléments nutritifs, les pesticides et la contamination bactériennes.

Par Ailleurs, l'agriculture entraîne par effet de ruissèlement des modifications physiques de territoire qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la faune et la flore du bassin versant (**BOUDJEMA, 2007**).

La nature de la culture pratiquée au niveau du barrage est la céréaliculture et le maraichage qui nécessitent l'utilisation des pesticides, des engrais de types nitrates qui peuvent conduire à la contamination de la chair des poissons et à la bioaccumulation des contaminants dans les organismes et un risque pour la consommation humaine.

Nous avons aussi remarqué que les agricultures et les habitants du barrage pratiquent l'élevage des bovins et ovins. Cette activité influence sur la végétation des rives qui conduit à la destruction physique du barrage par érosion par conséquence sur les lieux des pentes des poissons et un risque de contamination fécale des eaux des barrages.

*** Il est essentiel de noter que la commune de Kherrouba est une ancienne zone industrielle ce qui présente une importante source économique mais aussi une source de pollution industrielle.

De plus de grand risque industriel et technologique lié à l'explosion de l'oléoduc qui passe à travers le bassin versant de Keddara a conduit à des incendies et à la dissémination de produits toxiques et substances dangereuses à long terme dans l'environnement et notamment dans le barrage de Keddara.

B- Lac de Réghaia

I-2-6 Situation géographique du lac de Réghaia :

Le lac de Réghaia est situé au sud de la Méditerranée entre les latitudes 36° 45' et 36° 48' nord et les longitudes 30° 19' et 30° 21' Est, loin de 30 km de l'est d'Alger et de 14 km de la ville de Boumerdes avec une superficie de 80 ha et une longueur de 1500m et largeur 500 m.

Ce lac correspond à l'estuaire de l'ouest de Réghaia dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire et constitue le dernier vestige de l'ancienne Mitidja marécageuse (ANONYME, 2002).

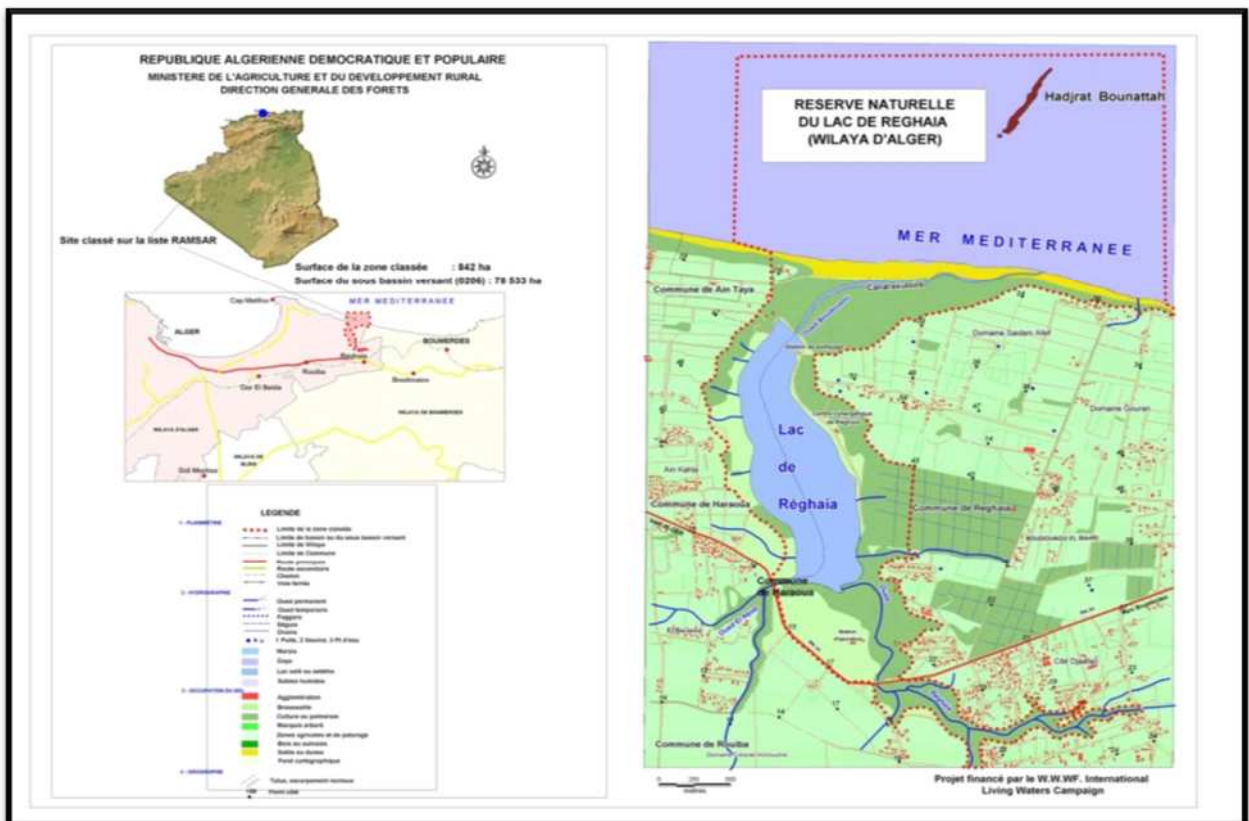


Figure. 3 : Situation géographique du lac de Réghaia (SAYOUD S. 2017)

I-2-7 Géologie :

Est situé dans une zone à une formation géologique qu'est un synclinal néogène de dépôts fins du miocène et du plio-quaternaire (EL-HAOUATI, 2009).

C'est une formation géologique qui est passée par un plissement puis un remblaiement (MUTIN, 1977).

Les principaux faciès géologiques sont de type alluvionnaire et marécageux du quaternaire récent et actuel.

Les données lithologiques basées sur les coupes géologiques et les sondages permettent d'affirmer :

- L'inexistence d'une alimentation verticale du lac en raison de la présence d'une épaisse couche de marne qui constitue son substratum.
- L'alimentation du lac par la nappe aquifère du quaternaire à travers les sables grossiers. Le lac constitue le seul exutoire naturel de la nappe quaternaire de la Mitidja.
- Une deuxième alimentation du lac par les nombreuses sources qui bordent des formations dunaires du Sahel aux alentours internes du lac. Ces sources permettent la mobilisation d'un volume appréciable d'une eau naturelle de bonne qualité chimique car se déversent directement dans la retenue.
- La zone littorale de Réghaia est représentée par un sol à tendance sablo-limoneuse.

I-2-8 Hydrologie :

L'origine des eaux du lac provient des précipitations et des ruissellements des eaux de la nappe du marais de Réghaia. Ce marais est alimenté par deux cours d'eaux :

- Oued Réghia : prend la source dans les environs d'Ouled moussa et il est le plus important avec une longueur de 5500 m et une largeur de 10 m et une profondeur estimée à 17 m. Son bassin versant à une grandeur de 75 km², 25 km² de ce bassin est constitué par un territoire monticule, le reste est une plaine inclinée vers la mer il est alimenté par deux effluents : Oued Guesbai et Oued Berraba.

Oued el Biar : avec une longueur de 4075 m et une largeur de 6 m avec un bassin versant de 20 km², sa source se trouve aux environs de la zone industrielle de Rouïba-Réghaia et traverse une grande partie des champs avant de se déverser dans le lac.

Le bassin versant côtier qui englobe l'ensemble de ces cours d'eau à une surface de 5910 Km² et un débit spécifique de 183 mm/an.

Le lac reçoit quotidiennement environ 80 000 m² d'eau transférées soit par le bassin versant ou par le lessivage de la nappe phréatique.

Il est pourvu d'une station de pompage, d'une capacité de 350 L/s équipée de trois pompes verticales, qui sert à alimenter un réseau d'irrigation d'un périmètre agricole très important (plus de 1200 hectares).

Le lac reçoit quotidiennement une quantité importante d'eaux d'origine industrielle (20 000 m³/J) et urbain (7000 m³/J) (EL-HAOUATI, 2015).

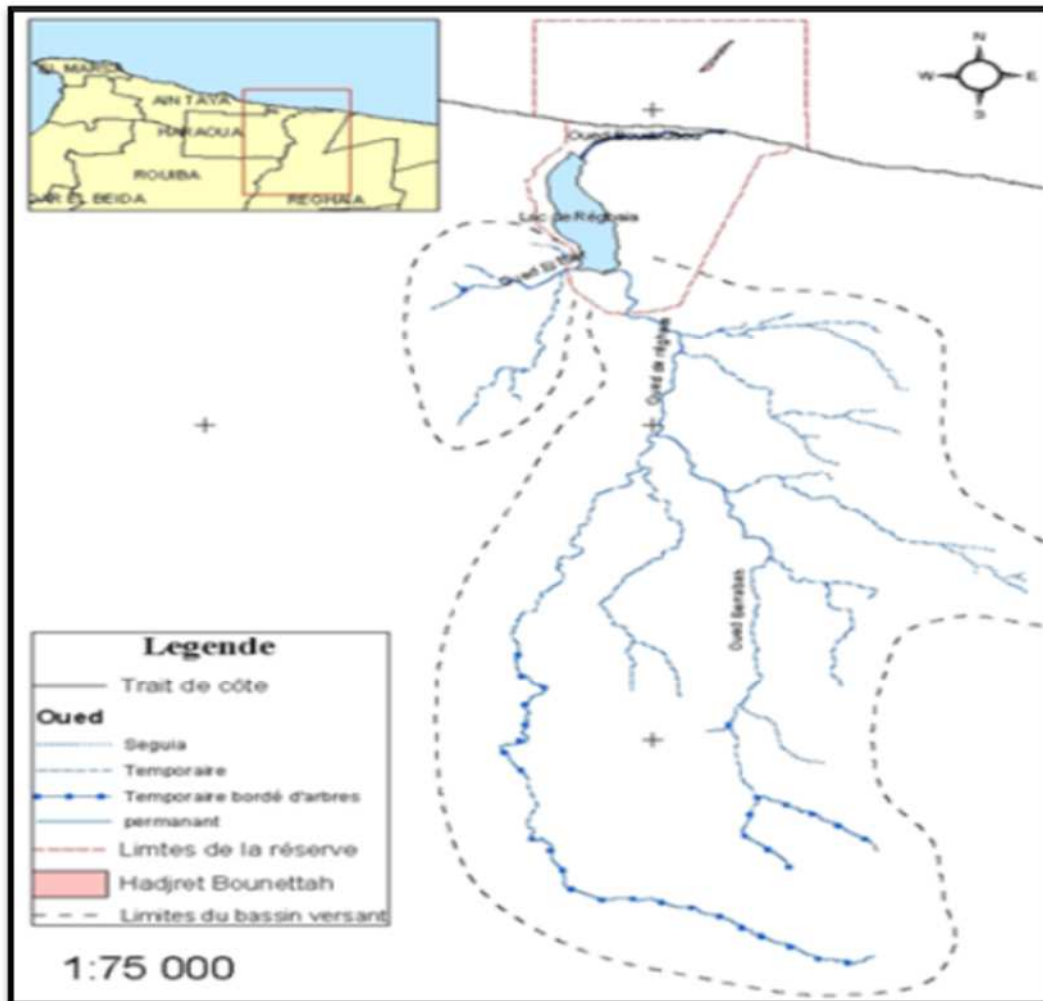


Figure.4 : Les bassins versants du lac de Réghaia (Google earth, 2018)

I-2-9 Faune et Flore

La faune :

La zone humide de Réghaia présente une richesse floristique non négligeable, estimée à un minimum de 233 espèces végétale recensées, soit l'équivalent de 13% de la flore du Nord de l'Algérie. La distribution de cette flore est conditionnée par l'hydromorphie et l'halomorphie du sol qui génère la stratification spatiale suivante :

- Les groupements hygrophiles liés à la présence de l'eau, se développent en bondes vertes dans les zones marécageuse en aval, en amont et sur la rive est du lac. Cette végétation sert de refuge aux oiseaux.
- La zone de transition située entre le lac et le cordon dunaire où subsistent des vestiges du marais lagunaire se composant de phragmitaies à *Phragmites communis* mêlées de *Tamarix*

Chapitre I : Généralités

africana et de masettes *Thyfa latifolia* envahis par un groupement halophile à *Plantago coronopus*.

La faune :

La zone humide de Réghaia a révélé une richesse et une diversité insoupçonnées non seulement en oiseaux migrateurs hivernales mais aussi en nicheurs rares. On recense :

- 20 mammifères.
- 09 espèces entres reptiles et amphibiens.
- 203 espèces d'oiseaux. On dénombre 82 oiseaux d'eau dont :
- 55 espèces protégées par la législation algérienne.
- 4 espèces rares à l'échelle internationale. (EL-HAOUATI, 2015).



Figure.6 : *Marmaronetta angustirostris* et *Sarcelle marbrée*.

I-2-10 Le lac de Réghaia et son contexte socio-économiques :

• Pollution industrielle :

Le lac de Réghaia est situé à proximité de la zone industrielle Rouïba-Réghaia qu'est un pôle industriel très important d'une superficie de 1000 hectares où sont implantées 421 unités industrielles notamment présentées par la transformation des métaux (105 unités), les cuirs et textiles (78 unités), l'agroalimentaire (70 unités) et les matériaux de construction (46 unités). Cette activité industrielle constitue la source la plus importante de pollution et de nuisance au niveau du lac (BENADDASSI *et al.*, 2009).

• Effluents de la STEP de Réghaia :

Les villes et villages raccordés à la station d'épuration de Réghaia sont : Heraoua, Chabchab et Djaafri, Rouïba, Réghaia, Surcouf, Ain Taya, Tamentfoust, Hamiz, Bordj El Kiffan, Bacora. La variation du volume rejeté traduit la collecte des eaux usées par des systèmes non séparatifs, les périodes de pointe correspondent aux saisons des fortes pluies.

Chapitre I : Généralités

- **Pollution démographique:** comme les rejets domestiques, le volume total généré par les rejets des deux communes (Réghaia et Heraoua) est de l'ordre de 4500 Hm³/an, et seuls les rejets des agglomérations de Réghaia et une partie de Heraoua sont collectés par la STEP (environ 7000 m³/j), Le reste est directement rejeté dans les oueds, Pour une dotation de 120 L/hab/j, les volumes d'eaux usées en 12 ans sont passés de 2 180 Hm³ (1992) à 4500 Hm³ (en 2004), ce qui traduit l'impact négatif de l'accroissement démographique.

I-2-11 Les données morpho-métriques des deux sites étudiés :

Les données morpho-métriques du lac de Réghaia et du barrage de Keddara sont résumées ci-dessous selon **EI-HAOUATI, 2015**.

	Lac de Réghaia	Barrage de Keddara
Capacité à l'origine	4 millions m ³	145,79 .10 ⁶ m ³
Superficie de la cuvette	0,75km ²	93 km ²
Longueur de la retenue	1500 m	545,5 m
Largeur de la retenue	500m	-
Hauteur de la digue	9 m	106 m
Destination	Le lac sert à l'irrigation de plus de 1500 ha de terrains agricoles dans les deux communes Réghaia et Heraoua	Destiné à satisfaire les besoins en eau potable des wilayas d'Alger et Boumerdes

I-2-12 Etude Climatologique

La détermination du climat est effectuée à l'aide de moyennes établies à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, précipitation, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

Le climat influence la productivité des lacs en agissant sur l'apport annuel d'eau et d'énergie, sur l'hydrologie du bassin versant et sur le taux de renouvellement de l'eau, ainsi que sur le transport des nutriments et sédiments vers le plan d'eau (MOSS *et al.*, 2005).

I.2.12.1 La température :

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissent directement sur le climat en interaction avec d'autres facteurs météorologiques et biogéographiques.

I.2.12.2 La pluviosité :

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes, des lacs et les cours d'eau et parfois contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion.

Les précipitations liquides constituent le facteur essentiel ou leur quantité moyenne est maximale mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permettent de caractériser le climat d'une région.

Les moyennes mensuelles des précipitations et des températures enregistrées sur la période entre 1998-2008 les deux stations, Alger et Boumerdes sont présentées sur les tableaux IV et V (ANNEXE I).

I.2.12.3 L'humidité :

L'humidité moyenne annuelle résulte principalement de l'effet des eaux superficielles et de l'effet des surfaces vertes.

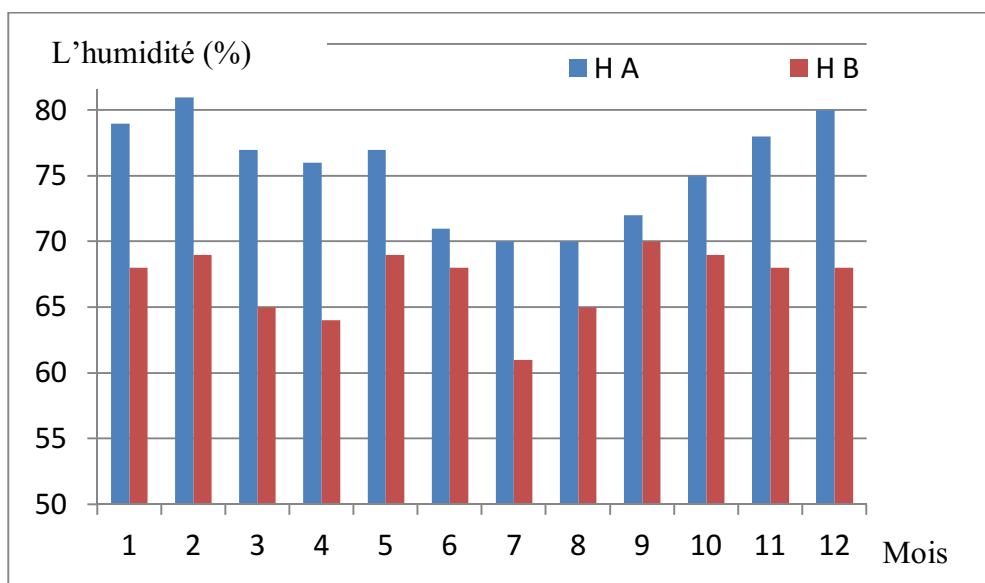


Figure .7 : Les moyennes mensuelles de l'humidité dans la région ALGER(HA) et BOUMERDES (HB).

I.2.12.4 Le vent :

Le vent présente une action directe sur le couvert végétal comme il peut influencer sur le climat par sa charge en humidité. C'est un élément climatique défini par la vitesse et la direction (LACOSTE *et al.*, 2001).

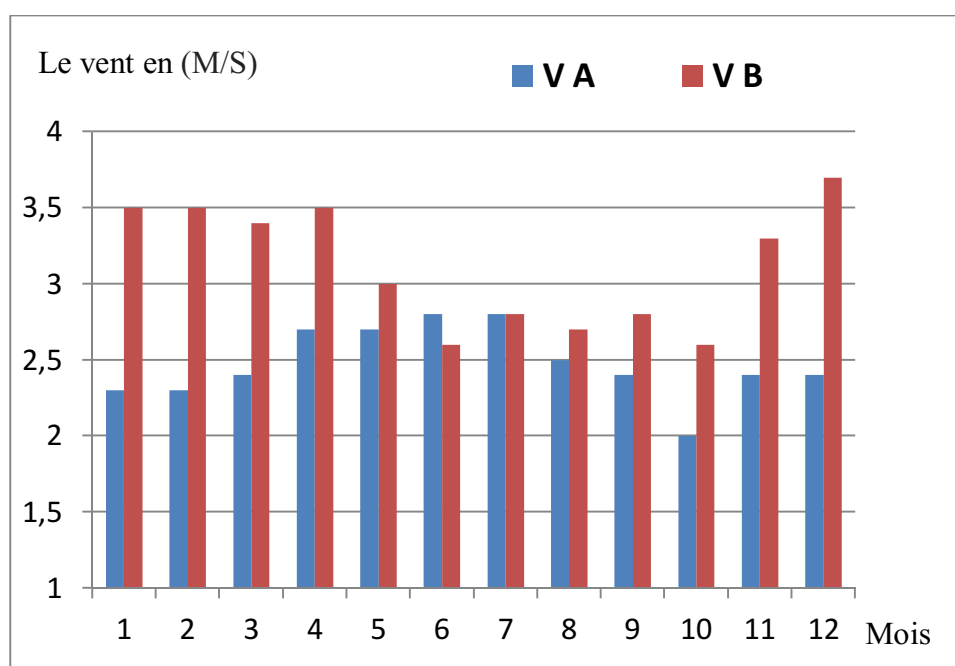


Figure. 8 : Les moyennes mensuelles des vitesses des vents moyens dans la région Alger (VA) et Boumerdes (VB) en (M/S).

I-2-13 Synthèse climatique

I-2-13.1 Diagramme Ombrothermique :

Le diagramme Ombrothermique de (BAGNOULS *et al.*, 1953) permet de quantifier et de visualiser les périodes sèches et humides d'une région donnée.

$T = (M+m)/2$ en °C.

P : pluviosité moyenne mensuelle en mm.

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

m : moyenne des minimas du mois le plus frais en °C.

Avec $P < 2.T$. Si les valeurs de la température sont supérieures à la moitié des précipitations, on considère donc que la période est sèche.

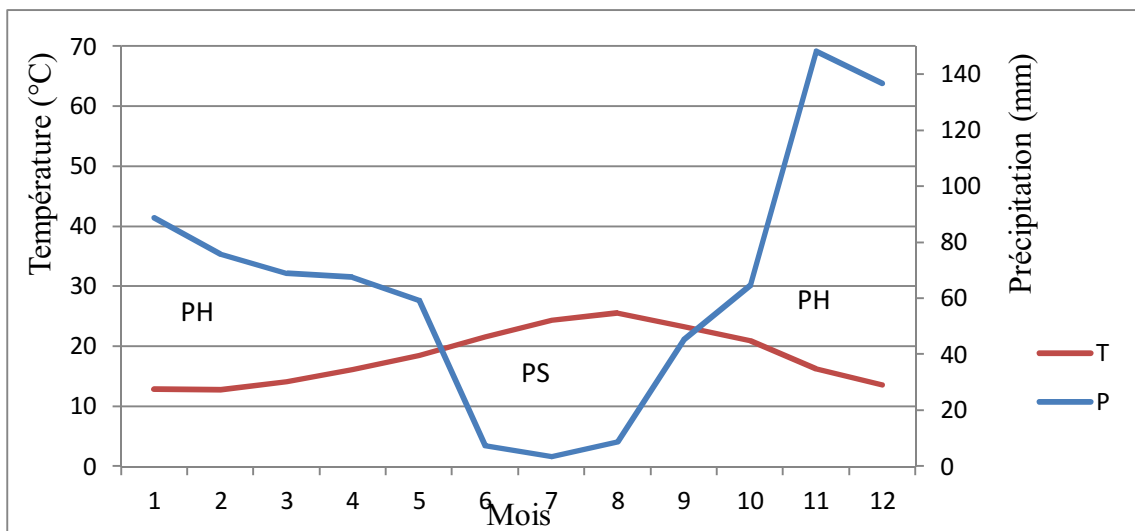


Figure.9 : Diagramme Ombrothermique de la région de Boumerdes

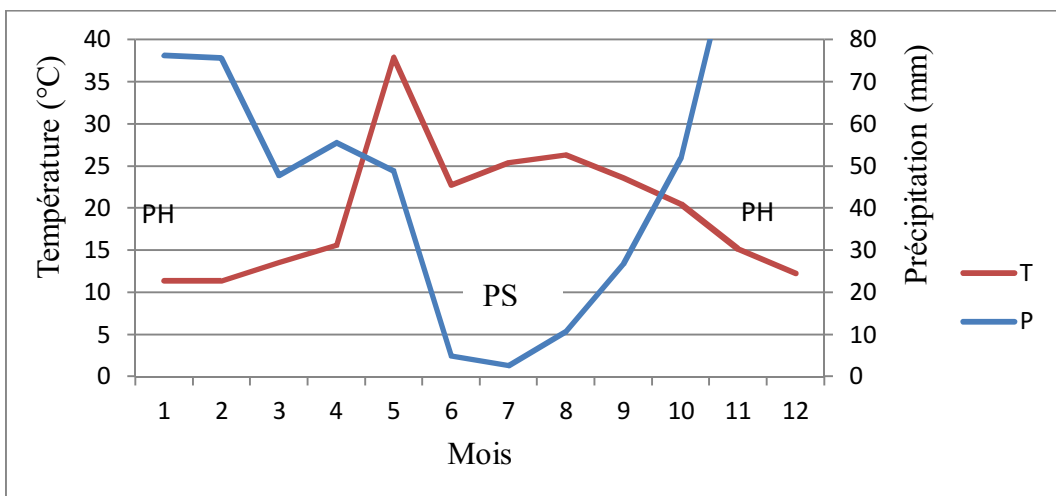


Figure.10 : Diagramme Ombrothermique de la région d'Alger

Avec : PH : période humide. PS : période sèche.

I-2-13.2 Le quotient pluviométrique d'Emberger :

C'est une expression concernant le climat méditerranéen. Elle exprime la sécheresse et son influence sur la végétation.

Il est défini par l'équation de Q_2 :

$$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$$

Avec :

Q_2 : quotient pluviométrique d'Emberger.

P : moyenne annuelle des précipitations exprimées en mm.

M : moyenne annuelle des températures maximales du mois le plus chaud (en degré kelvin).

m : moyenne annuelle des températures minimales du mois le plus froid (en degré kelvin).

Ce quotient est très utile en écologie, en particulier pour l'étude de la répartition spatiale des espèces et des peuplements d'être vivants (**RAMADE, 1993**).

Selon les résultats,

Région de BOUMERDES : $Q_2 = 2000 * 189.9 / (29 + 273)^2 - (9.1 + 273)^2$ $Q_2 = 79.5$

Région d'ALGER : $Q_2 = 2000 * 607.0 / (32.6 + 273)^2 - (5.3 + 273)^2$ $Q_2 = 76.15$

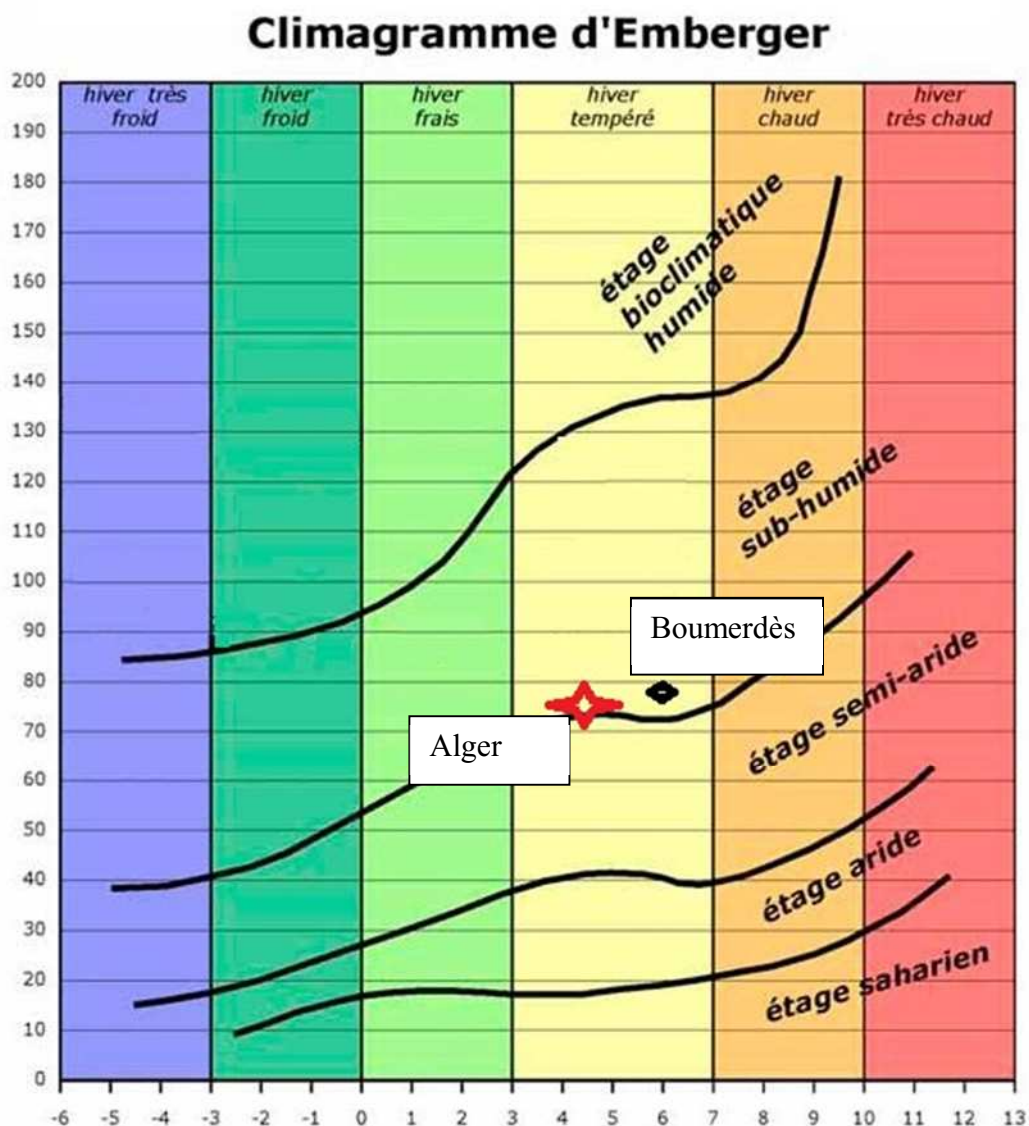


Figure. 11 : Localisation des sites d'étude sur le climagramme d'Emberger pour la période (1998-2008).

Suivant ce climagramme, le lac de Réghaia est situé dans l'étage bioclimatique Sub-humide caractérisé par des hivers tempérés. Par ailleurs, le barrage Keddara est situé dans l'étage bioclimatique sub-humide caractérisé aussi par des hivers tempérés.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

Introduction

Afin d'étudier les variations des paramètres physico-chimiques et phytoplanctoniques, et dans le but de comparer la distribution du phytoplancton en fonction du degré de pollution ; un suivi spatio-temporel a été effectué par des prélèvements mensuels (couvrant deux périodes : la période hivernale et la période printanière) au cours de six mois sur deux sites. Le premier est le barrage KEDDARA dans la wilaya de Boumerdès et le deuxième c'est le lac de Réghaia dans la wilaya d'ALGER.

II-1 Présentation des campagnes de prélèvement

Pour des résultats fiables, le choix des sites est le premier élément à prendre en considération dans l'analyse des communautés phytoplanctoniques. Leur mauvais positionnement dans l'année entraîne des biais (manque de certains cortèges algaux) dans l'interprétation des données collectées. Ces campagnes se répartissent de la manière suivante :

Tableau 2 : Calendrier des prélèvements dans les deux sites étudiés

Prélèvement	Barrage de KEDDARA	Lac de REGHAIA
01	12/02/2018	13/02/2018
02	12/03/2018	-
03	16/04/2018	-
04	08/05/2018	-

Un intervalle minimum de 03 semaines est bien respecté entre chaque campagne afin de bien couvrir l'ensemble de la période de végétation (CEMAGREF, 2007).

Les prélèvements n'ont pas été effectués dans le lac de Réghaia, car le lac a été vidé pour améliorer la qualité de ces eaux, et pour cela on a prit les résultats de l'année passé.

II-2 Présentation des points de prélèvement

Pour tenir compte de l'hétérogénéité horizontale, un choix de plusieurs points de prélèvement est nécessaire (Annexe I), qui dépendent en grande partie de la morphologie et des caractéristiques hydrodynamiques du plan d'eau. C'est la raison pour laquelle il est primordial de localiser toutes les entrées et sorties d'eau (OCDE, 1982).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Il est important d'avoir des points d'échantillonnage fixes, car ils permettent d'évaluer l'évolution des paramètres de qualité des eaux avec le temps et ils constituent des bases de comparaison pour d'autres parties du lac.

Il faut prendre en considération que le site d'échantillonnage soit à distance de 10 m de la berge pour s'affranchir des contaminations par les algues périphtiques et par les efflorescences accumulées sur les berges par les vents.

II-3 Principe de prélèvement et les éléments à analyser

L'évaluation de la qualité des eaux superficielles est régie par un certain nombre de principes :

- ✓ Comme base, il faut déterminer les différentes propriétés naturelles de l'eau, données par des gammes de valeurs paramétriques des stations sélectionnées.
- ✓ Analyser les différents paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée.
- ✓ Déterminer les communautés phytoplanctoniques existantes.

II-3-1 Prélèvement de l'eau :

Lors de chaque campagne, les échantillons sont prélevés dans six stations différentes en surface (niveau 0), à l'aide des bouteilles de renversement de 1,5 litre.

II-3-2 Les éléments à analyser :

Les éléments physiques :

Sur site, nous avons effectué diverses mesures des paramètres physiques à l'aide d'un analyseur multi-paramètre, ces mesures sont :

La température (de l'air et l'eau), la conductivité électrique, la salinité, l'oxygène dissous, le taux de saturation, le pH et le potentiel redox.

Par ailleurs, la transparence de l'eau qui s'agit de l'absorbance de la lumière par la colonne d'eau est mesurée par le disque de Secchi. C'est un disque de 25cm de diamètre coloré alternativement de quartiers noir et blanc, lesté et pendu à un fil, est immergé dans l'eau, par convention, la transparence est la profondeur à laquelle le disque ne devient plus visible lorsqu'on l'immerge dans l'eau. Cette mesure correspond à la profondeur à laquelle l'éclairement résiduel est de 16 à 20% celui de la surface (LEVEQUE, 1996).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Les éléments chimiques :

Au laboratoire du CNRDPA, les mêmes échantillons de l'eau ont subis différentes analyses chimiques.

Sels nutritifs : Phosphates (PO_4), Nitrites (NO_2), Nitrates (NO_3) et Azote ammoniacals (NH_4). Et aussi la Chlorophylle « a ».

Les éléments minéraux : Calcium (Ca), Magnésium (Mg) et Bicarbonate (HCO_3).

II-4 Etude du phytoplancton

Le phytoplancton étudié a été récolté en surface prélevé à l'aide des bouteilles à renversement de 1 litre qui sera par la suite filtré en utilisant des piluliers de 50 ml et un filet phytoplanctonique de maille de 20 μm .

II-4-1 Conservation des échantillons

L'échantillon de phytoplancton récupéré dans le pilulier est fixé à l'aide d'une solution de lugol afin d'obtenir une concentration finale de 1% dans l'échantillon. Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brune claire que doit avoir l'échantillon. Une décoloration peut se produire avec le temps et/à la lumière ; dans ce dernier cas nous avons rajouté quelques gouttes de lugol pour bien maintenir la fixation de l'échantillon.

II-4-2 Préparation de l'échantillon

L'échantillon et le matériel utilisé (chambre ou cuve de sédimentation) sont mis à la même température ambiante afin de permettre une sédimentation aléatoire du phytoplancton dans la chambre de sédimentation. L'échantillon est alors agité quelques fois doucement pour homogénéiser son contenu puis versé dans la chambre de sédimentation. Une chambre de 10 ml est employée. La chambre ainsi remplie, est laissée à l'obscurité, dans un lieu sans vibration afin de permettre une sédimentation correcte de l'échantillon.

Le temps de sédimentation est de 4 heures/cm de hauteur de la colonne de sédimentation pour un échantillon d'eau douce fixé au lugol. Un échantillon de 10 ml devra sédimenter 4 heures (CEMAGREF, 2007).

II-4-3 Identification et comptage des paramètres biologiques

L'analyse du phytoplancton se fait conformément aux recommandations de la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscope inversé ; norme NF en 15204 de Décembre 2006, correspondant à la méthode d'Utermohl (UTERMOHL, 1958).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Après la sédimentation, les examens quantitatifs et qualitatifs sont faits au microscope inversé avec un grossissement X 40.

- **L'étude qualitative :** le matériel algal est observé au microscope inversé. Les taxons sont identifiés d'après les travaux de **BOURRELLY** (1972, 1981 et 1985); **AVANCINI et al.** (2006), **BELLINGER** et **SIGEE** (2011) in **EL HAOUATI, 2015**.
- **L'étude quantitative :** le comptage est réalisé suivant la méthode d'**UTERMOHL** (1958) au microscope inversé. Les résultats sont exprimés en nombre d'algues et de cellules par litre d'eau brute.

II-5 Organisation et structure du peuplement

Les résultats bruts des échantillons ne permettent pas de comprendre la structure des communautés. Afin de suivre l'évolution de la population dans le temps et d'évaluer son niveau de maturité, il est nécessaire de suivre les différents stades des successions écologiques au cours d'un cycle annuel. Dans cette étude, nous avons utilisé plusieurs paramètres pour évaluer cette structure :

II-5-1 La richesse spécifique :

Le peuplement phytoplanctonique est également caractérisé, après description de sa composition taxonomique, par sa richesse et son abondance. La richesse spécifique d'un peuplement est le nombre d'espèces qui le constituent (**BARBAULT, 1993**).

II-5-2 La densité des espèces :

C'est un paramètre quantitatif important pour décrire la structure d'un peuplement donné. La densité des espèces phytoplanctoniques a été calculée selon la méthode de comptage d'**UTERMOHL** (**EI-HAOUATI, 2009**).

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre d'organismes dénombrés} \times \text{Nombre de champs} \times 100}{\text{Nombre de champs prospectés} \times \text{Volume concentré}}$$

II-5-3 L'abondance ou la fréquence relative

C'est une caractéristique d'une population, qui permet de connaître l'importance d'une espèce dans une communauté. Elle représente le rapport du nombre d'individu (n_i) d'une espèce donnée, sur le nombre total d'individus (N) pour un échantillonnage considéré. Elle est exprimée en pourcentage, $D (\%) = (n_i/N) \times 100$.

Chapitre II : Matériel et méthodes

II-5-4 Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique

La diversité spécifique est un paramètre quantitatif, traduit le rapport entre le nombre d'individu faisant partie d'un même écosystème, ou d'une même communauté.

- 1) **Indice de Shannon** est une expression quantitative qui nous renseigne sur la structure d'un peuplement. L'indice de Shannon-Weaver (**DAJOZ, 2000**).

$$H' = -\sum_{i=1} P_i \log_2 P_i \text{ avec } P_i = N_i/N$$

H' : indice de Shannon est exprimé en bits par individus, compris entre 0 et $\log S$ (S : richesse spécifique).

P_i : fréquence relative de l'espèce i .

n_i : nombre d'individu de l'espèce i .

N : nombre total de tous les individus de toutes les espèces.

- Une valeur élevée de H' révèle que le peuplement se compose d'un grand nombre d'espèces pour un petit nombre d'individus. On dit qu'il y a équitabilité.
- Une valeur basse de ce dernier révèle que le peuplement est dominé par une espèce présentant une abondance élevée.
- H' est égale à 0 lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce.

Donc H' traduit en général, le degré d'évolution structurale, la maturité et la stabilité d'un écosystème (**VERLAQUE, 1977**).

2) **Indice de Daget (Régularité R ou Equitabilité E) :**

La diversité spécifique est généralement complétée par l'indice d'équitabilité E , proposé par (**DAGET, 1976**).

On appelle régularité d'un échantillon le rapport de sa diversité maximale sur $-\log S$ (**FRONTIER et al., 1993**).

$$R = E = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S$$

S : somme des espèces. H' : indice de Shannon. R : régularité. E : équitabilité. L'indice de régularité varie de 0 à 1, il tend vers 0 quand la quasi-totalité est concentrée sur une espèce par contre celui-ci tend vers 1 quand la majorité des espèces présentent des

Chapitre II : Matériel et méthodes

abondances équilibrées (communauté est en équilibre).

II-5-5 Diagramme de Frontier (Diagramme rang-fréquence)

Le diagramme rang-fréquence (DRF) est utilisé pour compléter les paramètres étudiés précédemment, il permet de visualiser la distribution, et le recouvrement des différents taxons.

Le diagramme rang-fréquence offre une représentation synthétique d'une communauté (pouvant représenter un échantillon unique, ou bien un cumul d'échantillons récoltés dans des conditions similaires) (**Frontier et al., 1990**).

Cette représentation a été choisie pour décrire la diversité spécifique de l'ensemble des cortèges floristiques obtenus. L'échelle est logarithmique, l'allure des courbes du DRF suffit à caractériser chacun des trois stades de la succession écologique. Ces tracés donnent une image synthétique de la population et caractérisent son degré d'avancement au long d'une succession. Les différents stades sont les suivants :

Stade 1 (début de succession) : il correspond à un faible nombre d'espèces abondantes accompagnées de quelques espèces rares ; le diagramme est concave, indiquant une diversité faible, il s'agit donc d'un écosystème juvénile ou en déséquilibre.

Stade 2 (maturité du système) : caractérisé par un nombre important d'espèce avec une égalité d'abondance. L'indice de diversité et de régularité est élevé et la courbe est entièrement convexe, ce qui correspond à un écosystème mature.

Stade 3 (fin de succession) : l'allure est sensiblement rectiligne expliquée par une diminution de la diversité spécifique, c'est un écosystème sénescent

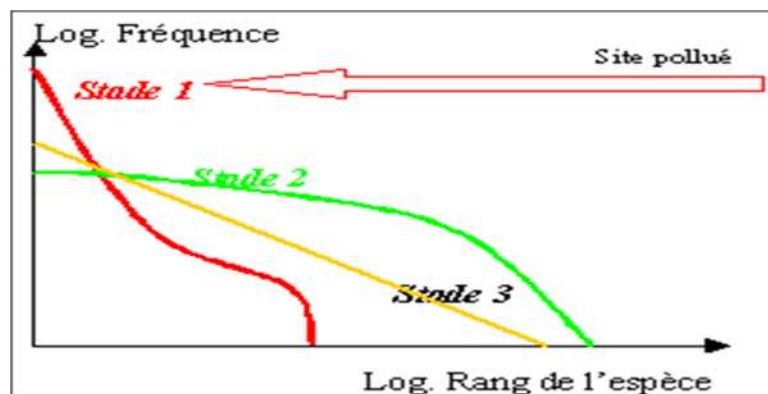


Figure 11: Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (**FRONTIER, 1969**)

Chapitre III.

Résultats et discussions

III-1 -Interprétation de la Physico-chimie de l'eau

III-1 -1-La température :

La température est un facteur fondamental dans les milieux lacustres .Jouant un rôle très important dans la solubilité des gaz et de la dissolution des sels, par conséquent, ce paramètre intervient indirectement dans la détermination du PH et de la conductivité électrique (**EL-HAOUATI *et al.*,2006**).

Sur le plan écologique, la température est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement liée à d'autres facteurs menant le milieu aquatique. Globalement, l'évolution de la température de l'eau superficielle varie en fonction de la température atmosphérique. Certes toute variation brusque de ce paramètre entraine un dérèglement dans l'équilibre de l'écosystème aquatique. (**BENAABIDETE, 2000**).

La température des échantillons d'eau est mesurée sur terrain, à l'aide d'une sonde de température plongée dans l'eau prélevée. La valeur de la température est exprimée en °C.

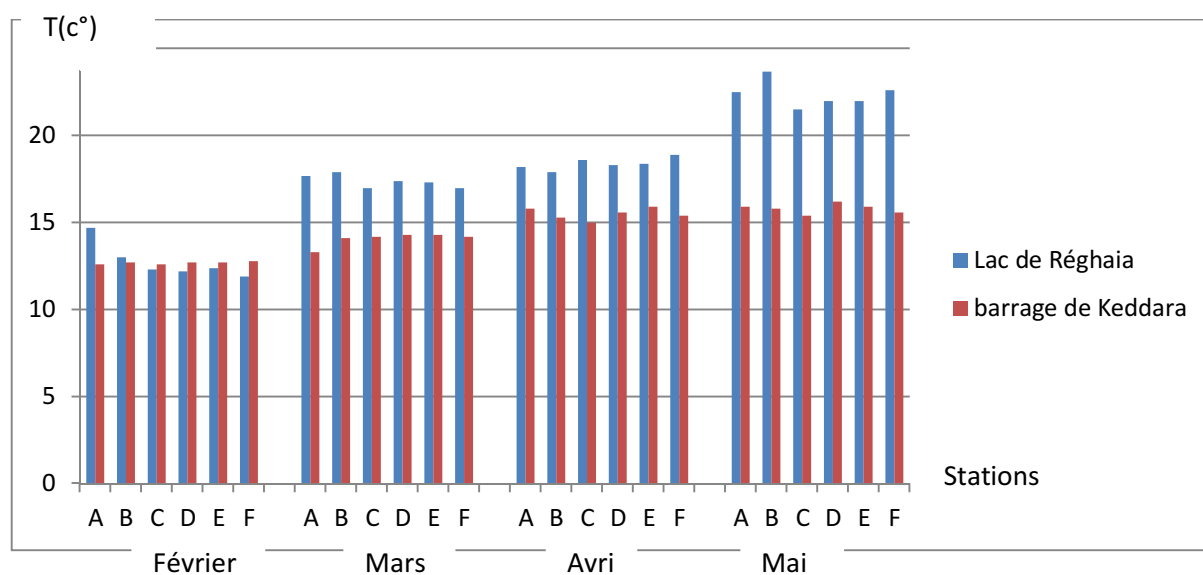


Figure.12 : Variations mensuelles et spatiales de la température de l'eau dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

On remarque à partir de l'analyse thermique de l'eau des deux sites étudiés que :

- La température des eaux du barrage de Keddara atteint son maximum au mois de Mai avec une valeur de 16.2°C enregistrée dans la station D. La valeur minimal est observée au mois de Février (12.6°C) dans les deux stations A et C.

Chapitre III : Résultats et discussion

- Pour le lac de Réghaia les plus grandes valeurs sont enregistrées au mois de Mai atteignant (23.7°C) dans la station B. et la plus basse est détectée au mois de Février (11.9°C) dans la station F. (Fig.12)

Nous avons enregistré durant la période d'étude, une perturbation progressive de la température de l'eau en relation avec le réchauffement climatique, on a remarqué aussi que la température de l'eau dans le lac de Réghaia durant la période de prélèvement était élevée par rapport à la température des eaux du barrage de Keddara, plages entre un intervalle de 3°C à 7°C. Cela est dû à la situation géographique des deux sites. (Fig.12)

III-1 -2 Le Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH joue un rôle important dans la répartition des organismes aquatiques (DAJOZ, 2000). Il dépend de la nature géologique des terrains traversés par les eaux. Les valeurs de pH déterminent l'état trophique de l'eau : oligotrophe si le pH est acide, mésotrophe si le pH est neutre, et eutrophe si le pH est alcalin. (MULHAUSER *et al.*, 1995).

Nous avons mesuré ce paramètre à l'aide d'un pH mètre, Pour s'assurer de la constance de la valeur obtenue, la mesure du pH est répétée 3 fois.

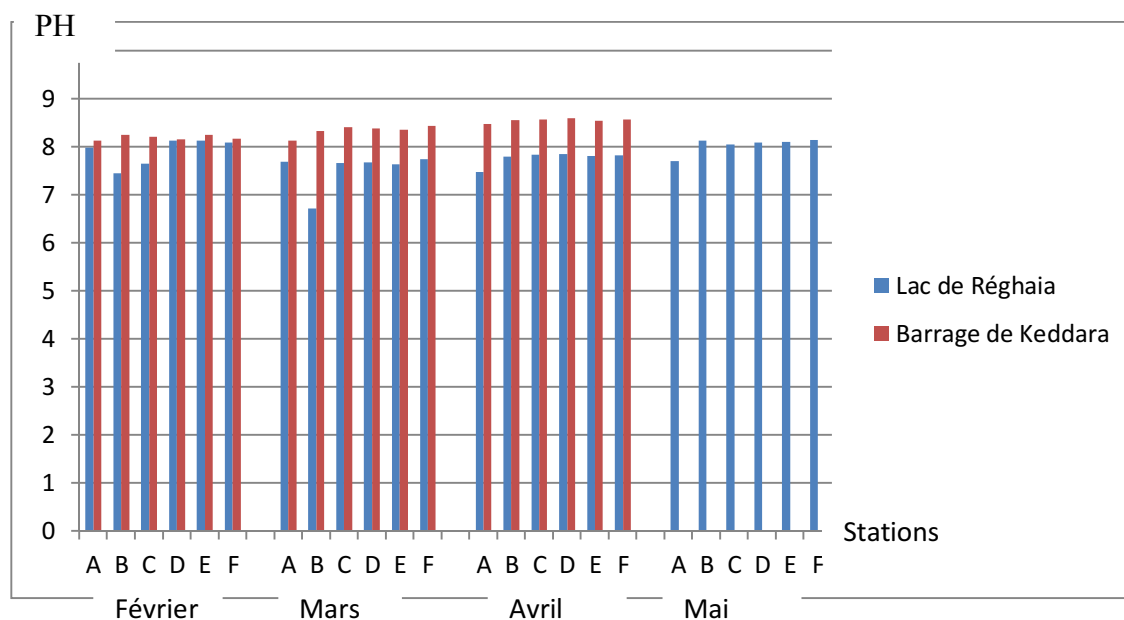


Figure.13 : Variations mensuelles et spatiales du pH dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia

Les valeurs obtenues au niveau du barrage de Keddara varient entre 8.13 et 8.60 dans les trois mois que le pH a été mesuré. Par ailleurs il varie entre 6.72 et 8.15 dans le lac de Réghaia.

Chapitre III : Résultats et discussion

On a remarqué, au niveau du barrage de Keddara une stabilisation des valeurs de Ph. dû à l'absence des fluctuations dans la composition de l'eau sachant que le pH est en relation directe avec la géologie du bassin versant et la nature des roches. (Fig.13)

Pour le lac de Réghaia, nous avons remarqué une augmentation des valeurs du pH au mois d'Avril et Mai, ceci engendre la libération du COD (carbone organique dissous) avec transformation d'une partie des bicarbonates en carbonates. La densité des bactéries aérobies (coliformes fécaux) pourrait aussi influencer sur l'augmentation du pH par la réaction de la respiration (libération du CO₂). (Fig.13).

Le pH est indissociable des valeurs de la température, de l'oxygène dissous et de la conductivité électrique, car pendant la journée l'absorption intense de CO₂ entraîne une évolution du pH et une précipitation des carbonates. (ARRIGNON, 1976).

III-1 -3 La conductivité électrique :

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente (RODIER *et al.*, 1996).

La conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée et du régime alimentaire de la population et des activités industrielles (PESSON, 1978).

La conductivité électrique est mesurée aussi sur terrain, à l'aide d'un conductimètre. Elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les résultats de la conductivité obtenus au barrage de Keddara varient entre 1146 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver et varient entre 1002 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en printemps, par rapport au lac de Réghaia varient entre 793 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1701 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver et entre 1595 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1878 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en printemps.

Concernant le barrage de Keddara les valeurs importantes de la conductivité montrent que le barrage contient une minéralisation importante.

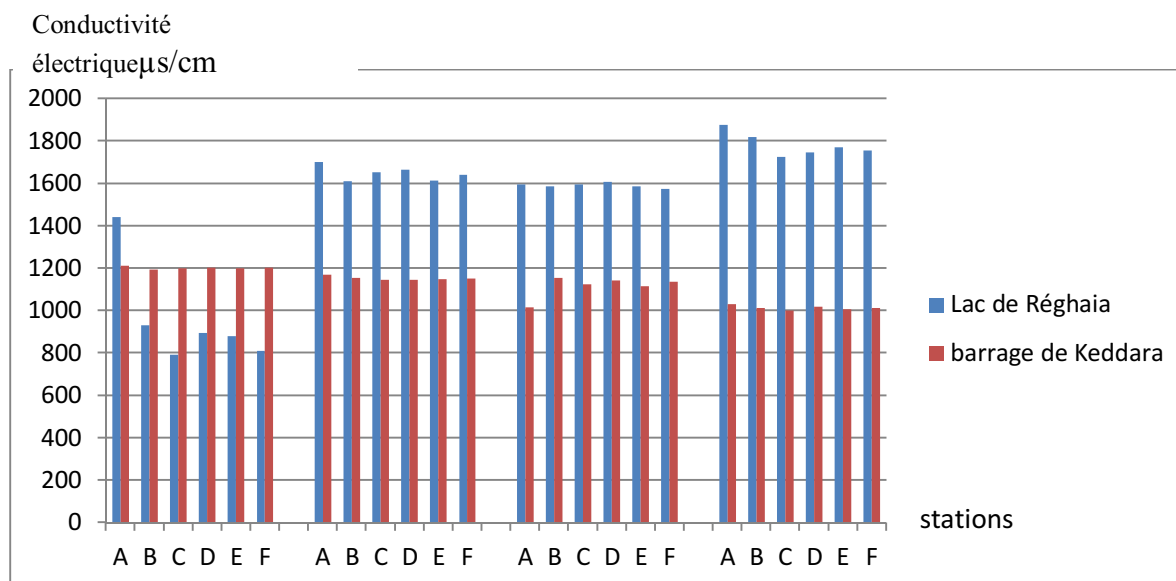


Figure.14 : Variations mensuelles et spatiales de la conductivité électrique dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

La conductivité enregistrée au niveau du lac de Réghaia augmente progressivement avec l'importance des rejets fortement chargés en éléments minéraux, la plus grande valeur qui a été enregistrée c'était au mois Mai dans la station A : amont gauche du lac où diverse Oued El-Biar directement dans le lac sans passé par une station d'épuration. (Fig.14)

III-1-4 La salinité :

Les teneurs en sels sont dépendantes de la géologie du site, des renouvellements des eaux et du climat (notamment l'ensoleillement provoquant l'évaporation). (MULHAUSER *et al.*, 1995).

Elle est mesuré en émergeant l'électrode du conductimètre dans l'eau, elle est exprimée en partie par milles (ppm) (MULHAUSSER *et al.*, 1995).

Dans le barrage de Keddara on voit que la valeur maximale est de 0.4PSU et la valeur minimale est de 0.3 PSU avec une stabilisation dans les deux derniers mois Avril et Mai, cela peut être dû à des apports réguliers en sels et nul en printemps et le lessivage du sol par les crues antérieurs comme elle peut être dû à la nature géologique du site.

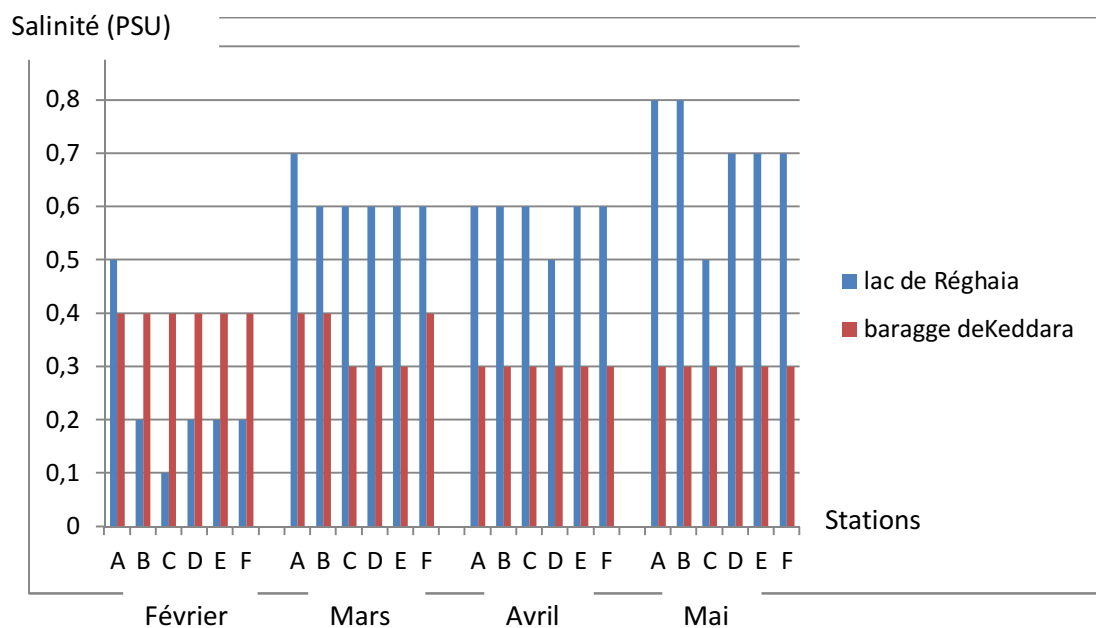


Figure.15 : Variations mensuelles et spatiales de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Concernant le lac de Réghaia on remarque que les valeurs minimales sont marquées au mois de Février 0.1 PSU c'est dû à la dilution des eaux du lac par les précipitations au mois de Janvier après elles augmentent jusqu'à 0.9 PSU sa valeur maximale au mois de Mai dans la station A, cette variation serait en relation avec l'apport des éléments chimiques par ruissellement. **(Fig.15)**

III-1-5 Transparence de l'eau :

La transparence est en relation étroite avec le phytoplancton (CAPBLLANCQ, 1974). Les matières en suspension ont un effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments diminuant la transparence des eaux et formant un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part (PESSON, 1978).

Elle est mesurée en mètres à l'aide d'un disque de Secchi immergé au moment où il devient invisible, la profondeur ainsi indiquée par une corde graduée correspond à la transparence de l'eau.

Le disque Secchi porte le nom de son inventeur Pietro Angelo Secchi (1818-1878). Il consiste en un disque d'une vingtaine de centimètres, noir et blanc (chaque quart alternativement), Le disque est fixé au bout d'une corde et lesté, qu'on laisse descendre jusqu'à disparition, puis on note la longueur de la corde.

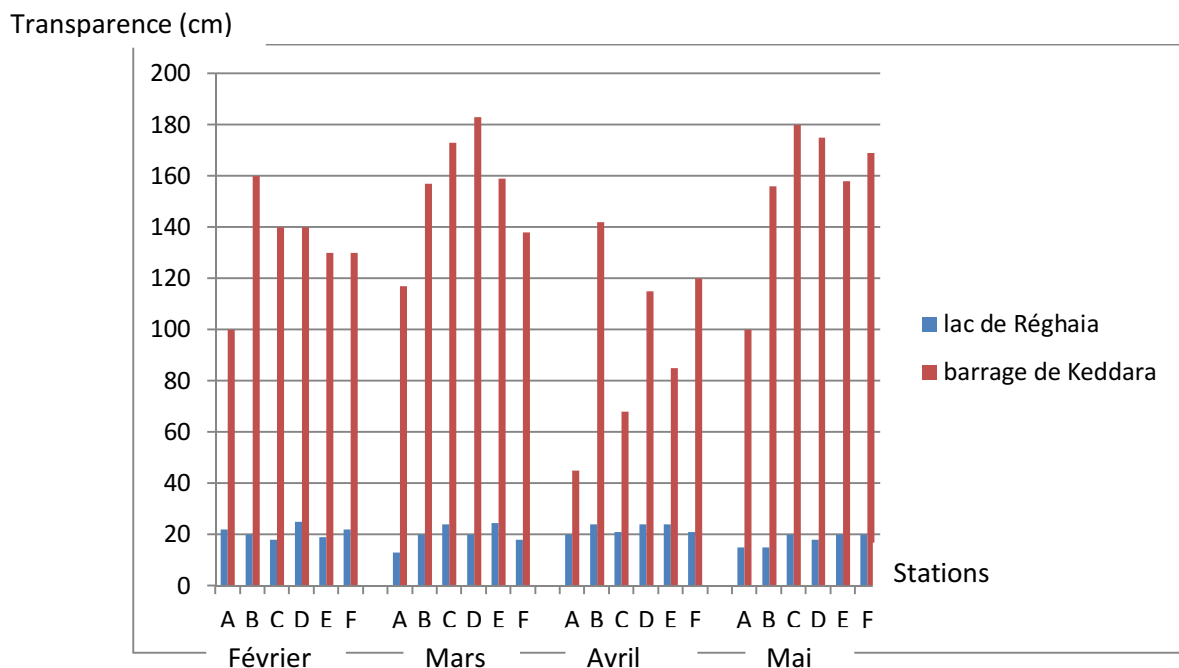


Figure.16 : Variations mensuelles et spatiales de la transparence de l'eau (cm) dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia

Dans le barrage de Keddara la valeur maximale a été enregistrée au mois de Mai 183 cm dans la station D, les valeurs minimales ont été enregistrées au moi de Avril dans la station A avec une odeur mauvaise, la station A où l'oued Beni- Amran verse. **(Fig.16)**

Les valeurs de la transparence du lac de Réghaia sont plus faible par rapport à celles de Keddara elles atteignent un maximum de 24.5cm marquée dans le centre du lac (station E) au mois de Février. **(Fig.16)**

En comparaison avec la littérature, le maximum de la transparence est enregistré en 2007 avec une valeur maximale de 1.2m **(EL-HAOUATI, 2009)**.

Durant la période de l'échantillonnage le niveau de la turbidité été élevé dans la station A avec une mauvaise odeur, cela traduit une détérioration de la qualité d'eau dans cette station qui se situe en aval de oued El-Biar.

III-1-6 Matière en suspension :

Les MES, appelées aussi Seston, sont la fraction minérale et organique, vivante ou détritique, comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.5 μm **(STRICKLAND et al., 1983)**. La transparence de l'eau est inversement proportionnelle à la présence de matière en suspension, grains minéraux ou organismes divers.

Chapitre III : Résultats et discussion

La détermination des matières en suspension dans l'eau, s'effectue par filtration ou par centrifugation et séchage à 105°C.

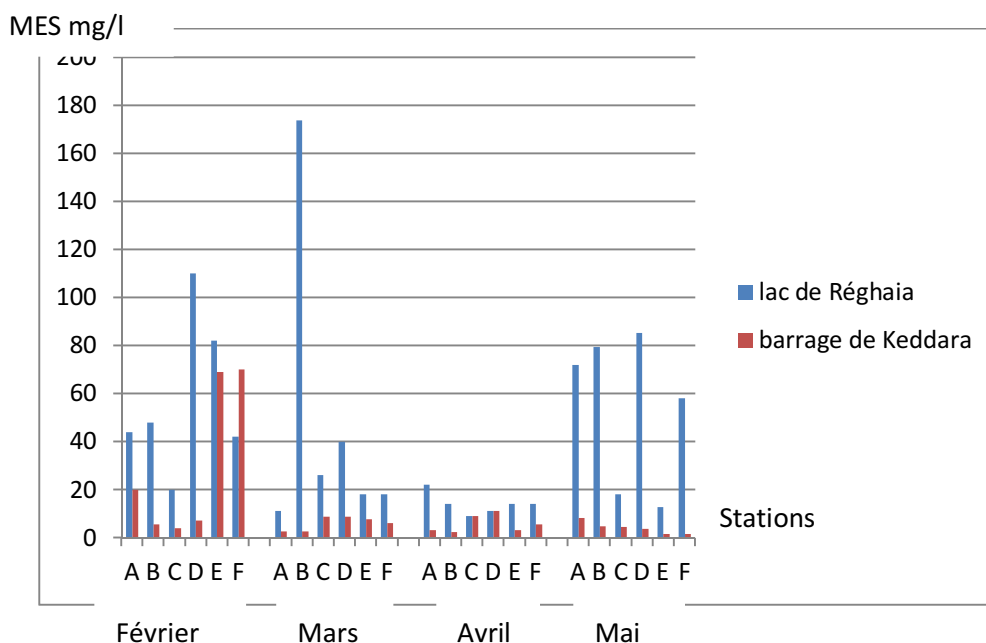


Figure.17 : Variations mensuelles et spatiales de MES dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Dans le barrage de Keddara les valeurs de la matière en suspension indiquent que les plus faibles concentrations sont enregistrées au mois de Avril et le mois de Mai avec un minimum de 1.1mg/l dans la station B,E,F des moyennes plus élevées ont été enregistrées au mois de Février avec un maximum de 70mg/l dans la station F, souvent les concentrations de MES sont très variable selon la nature de l'eau ruisselée et la géologie du site en fonction de la pluviométrie et aussi par rapport les apport les bassins versants.

Dans le lac de Réghaia un seuil maximum est enregistrée durant le mois de Mars dans la station B avec une valeur de 174mg/l. ceci est dû aux rejets de la STEP avec la présence d'une couche de graisse à la surface du lac avec des déchets d'un abattoir, les mois de Avril et Mai sont caractérisés par les plus faible valeurs à cause de la dilution de l'eau du lac par la pluviométrie qui ont précédés le jour de prélèvement.

III-1-7 L'oxygène dissous :

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé en mg/l ou en pourcentage de saturation.

Chapitre III : Résultats et discussion

Les variations d'oxygène dissous sont dues à plusieurs facteurs, principalement la température et la salinité qui diminuent en présence de quantité importante d'oxygène (LACAZE, 1996).

Sa principale source dans les milieux stagnants est la photosynthèse. (ADDY *et al.*, 1997).

Il est apporté également au milieu par les échanges gazeux avec l'atmosphère (BONTOUX, 1993), ceci aura lieu quand l'eau est sursaturée et les eaux superficielle son agitées par le vent, tandis que les eaux profondes ne seront oxygénées qu'en période de circulation, sous l'effet du courant d'eau. (LAMPERT *et al.*, 2007).

Selon KALOUN, (2008). L'oxygène dissous dans l'eau varie considérablement dans le temps et dans l'espace en influençant la distribution des organismes dans les milieux.

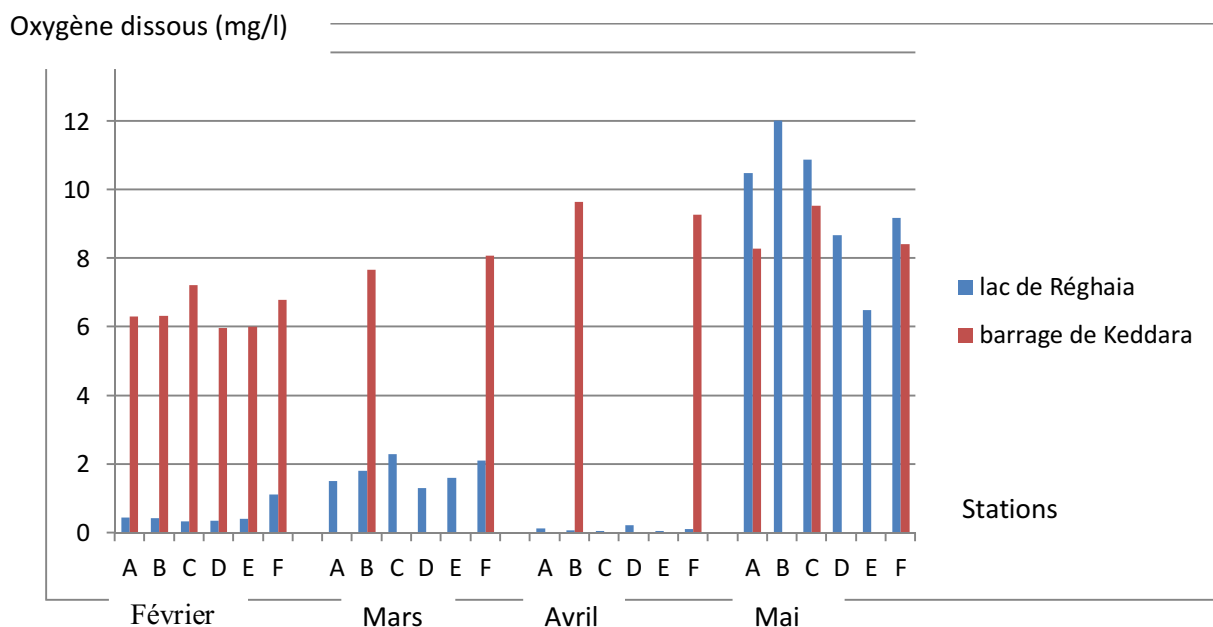


Figure 18 : Variations mensuelles et spatiales de l'oxygène dissous dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Dans le barrage de Keddara la valeur minimale d'oxygène dissous a été enregistrée au mois de Février dans la station D (5.98mg/l), Cette valeur augmente progressivement dans les mois qui suit jusqu'à elle atteindre (9.66mg/l). Cela traduit par le développement maximal de l'activité photosynthétique dans la période d'été qui en résulte le rejet important d'oxygène qui l'emporte sur la respiration consommatrice de cet élément, Par contre avec le début de la phase hivernale qui coïncide avec une moindre activité algale on observe une baisse de l'activité algale qui ne reprendra brièvement qu'en début d'automne avec un début de refroidissement de l'eau.

Concernant le lac de Réghaia, il est en faible concentration par rapport au barrage de Keddara avec un minimum de 0.05mg/l au mois d'Avril et une valeur maximale de 12.03 au mois de Mai,

Chapitre III : Résultats et discussion

ceci peut être dû à la consommation d'oxygène par les bactéries aérobie telles que les germes totaux et les coliformes fécaux durant cette période.

La respiration bactérienne consommera d'autant plus d'oxygène qu'il y a de la matière organique susceptible d'être dégradée. (BONTOUX, 1993).

III-1-8 Calcium (Ca^{2+}) :

Selon Gaujous, (1995), le calcium est un élément indispensable à la vie, il joue un rôle dans la respiration et la photosynthèse ; il peut être d'origine naturelle (dissolution des roches), ou industrielle (industrie de brasserie). Son origine est souvent naturelle (dissolution du calcaire et du gypse).

La dissolution ou la précipitation du calcaire dépend de la teneur en CO_2 et du pH.

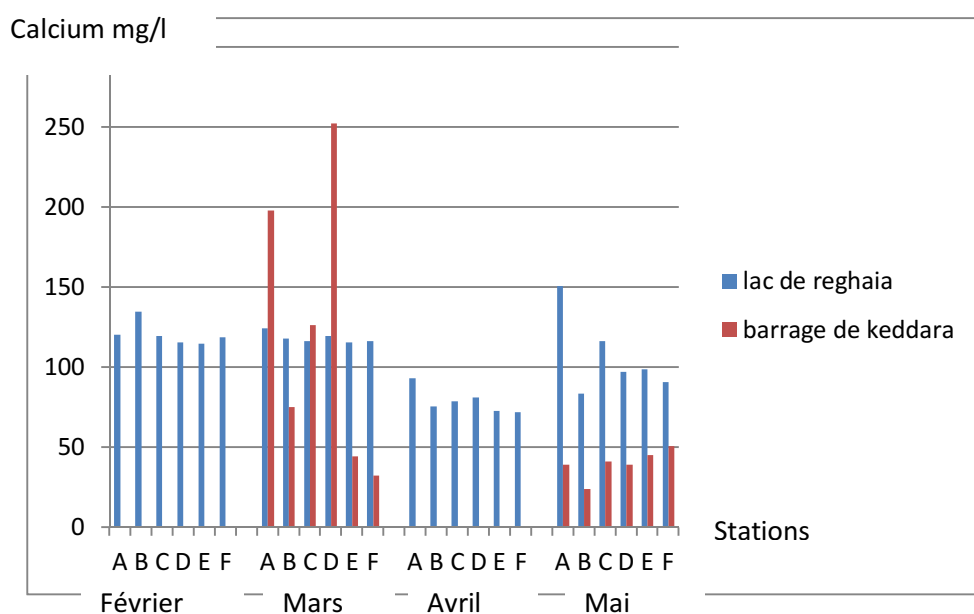


Figure 19 : Variations mensuelles et spatiales du Calcium dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les eaux du barrage de Keddara présentent une irrégularité avec un pique qui atteint 250mg/l enregistré dans la station D et une valeur minimale de l'ordre de 24.05mg/l

Ces valeurs permettent de dire que le barrage est moins riche en calcium et cela est dû à la nature des terrains traversés et à la lithologie de substratum du barrage.

Le résultat obtenu dans le lac de Réghaia présente une irrégularité temporelle plus au moins importantes, avec des concentrations maximales de l'ordre de 150.3mg/l enregistrées dans le mois Mai dans la station A. durant le mois d'Avril une valeur minimale de 72.1mg/l a été

Chapitre III : Résultats et discussion

noté dans la station F. Globalement, le calcium est en relation avec la dureté et la productivité de l'eau douce.

III-1-9 Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est un élément indispensable à la vie, jouant un rôle dans la respiration et la photosynthèse. Il est aussi un élément de la dureté totale (DJAMMEL, 2009). C'est un composant essentiel de la chlorophylle (REYNOLDS, 2006). Leurs variations suivent la même variation du Ca^{2+} et du SO_4^{2-} .

Le magnésium a une origine naturelle (dissolution des roches magnésites, basaltes et argile) ; il est plus soluble que le calcium et c'est un élément d'accompagnement dont l'action diffère sensiblement, justement à cause de cette différence de solubilité (RODIER, 1984).

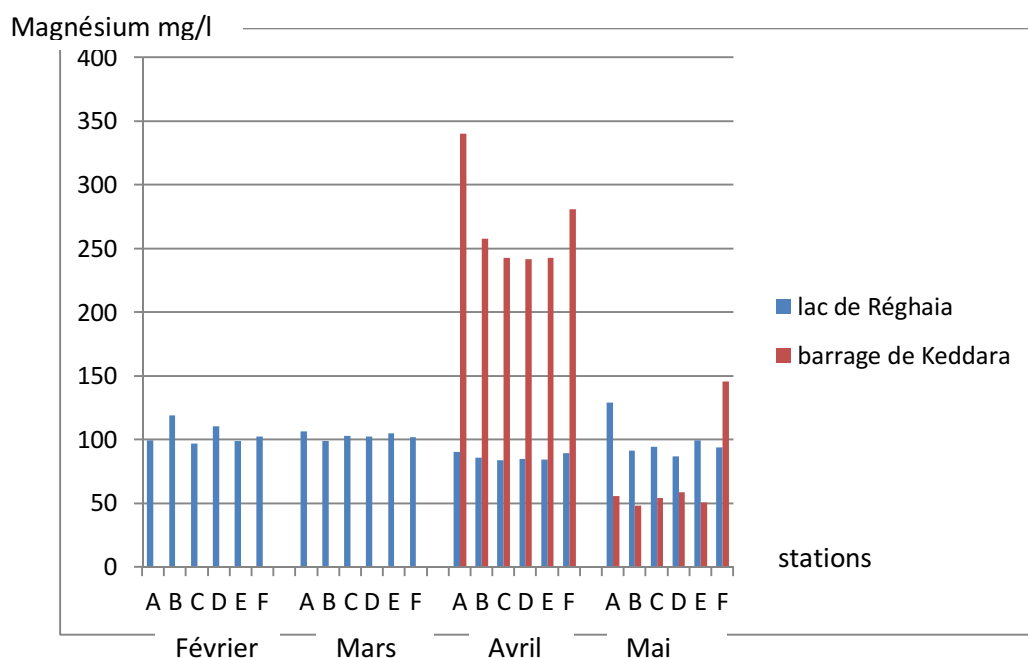


Figure 20 : Variations mensuelles et spatiales du Magnésium dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

La valeur maximale qui a été enregistrée dans le barrage de Keddara est de l'ordre 340.02 mg/l dans la station A, dans le mois d'Avril et la valeur minimale est de 48.6 mg/l dans le mois de Mai station B.

Dans le lac de Réghaia une variabilité des valeurs a été enregistrée, une valeur maximale au moins de Mai à la station A (129.28 mg/l) et minimale au mois d'Avril à la station C (84.08 mg/l).

III-1-10 Sels nutritifs :

III-1-10-1 Nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites sont naturellement présents dans les lacs et les cours d'eau, en conséquence de la nitrification de l'ammoniaque et de la dénitrification des nitrates. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment oxydé et leur présence indique un état critique d'une pollution organique (FAO, 1984).

Selon Lacaze, (1996), l'azote nitreux est très réactif, il intervient dans de nombreux phénomènes de toxicité.

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Ils résultent soit de la réduction des nitrates ou de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, ils sont exprimés en mg/l.

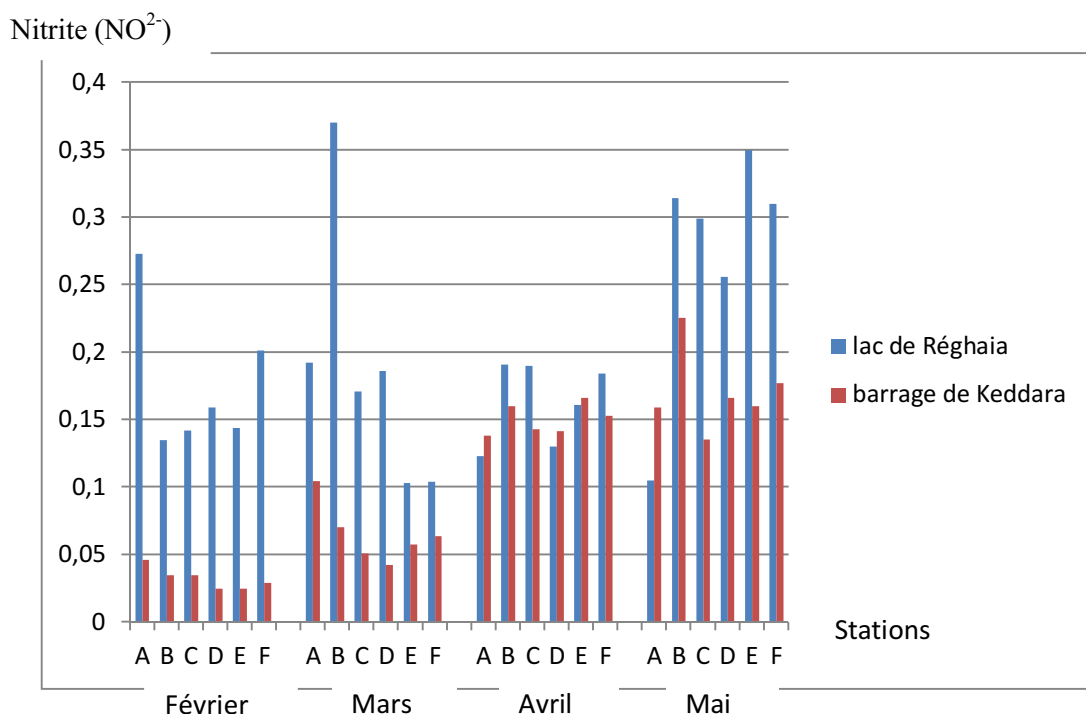


Figure 21 : Variations mensuelles et spatiales des nitrites dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les teneurs en nitrites sont supérieures à 0,1 mg/l ce qui indique une situation médiocre pour le lac de Réghaia la valeur maximale a été notée au mois de Mars à la station B (0.370mg/l) et la valeur minimale enregistrée est de 0.110mg/l dans la station E dans le même mois.

Cela est probablement dû aux rejets d'eaux usées et l'effluent de la STEP et aussi à la pollution agricole, domestique etc....

Dans le barrage de Keddara les valeurs sont faibles par rapport au lac de Réghaia, parce qu'il est beaucoup moins pollué par rapport au lac de Réghaia, les valeurs sont de l'intervalle de [0.024-0.2256]. (Fig.21).

III-1-10-2 Nitrate (NO₃⁻) :

Les nitrates (NO₃⁻) sont l'une des formes d'azote que l'on retrouve dans les eaux de surface. Ils sont généralement la principale forme d'azote présente dans les eaux à teneur normale en oxygène dissous. Les nitrates peuvent provenir de l'oxydation d'autres formes d'azote par les bactéries du sol et des eaux, ou directement de la libération dans les eaux par des sources industrielles, résidentielles et agricoles.

Ils proviennent en grande partie de l'écoulement d'eau sur le sol constituant le bassin versant et aussi de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites. Ils constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. (CHAPMAN *et al.*, 1996), ils sont exprimés en mg/l.

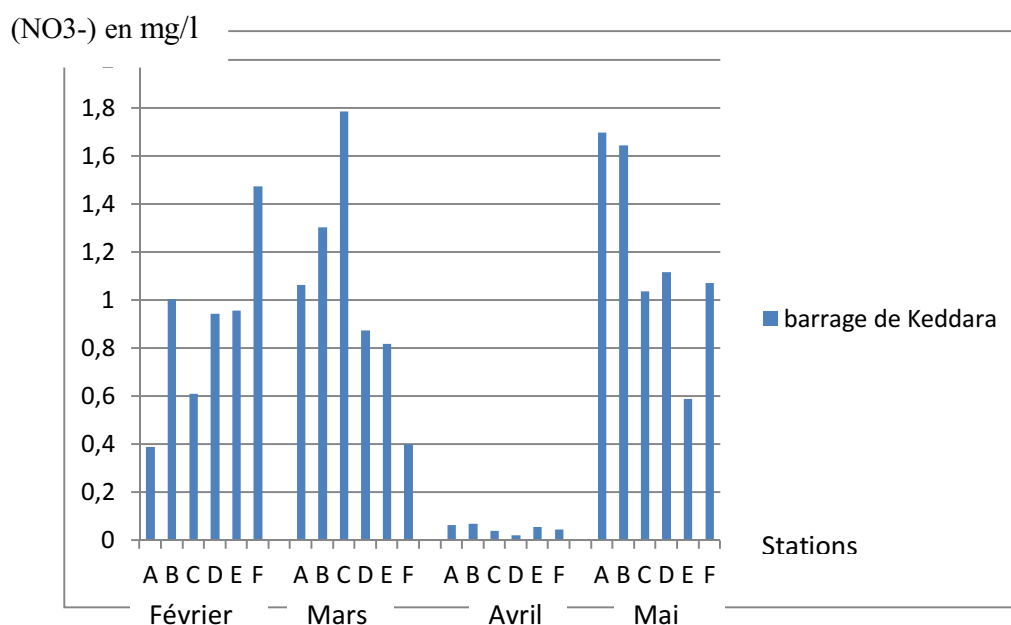


Figure 22 : Variations mensuelles et spatiales des nitrates dans le barrage de Keddara.

Lorsqu'il pleut, les nitrates non absorbés par les plantes, pénètrent dans le sol et sont captés par les eaux souterraines ou ruissellent jusqu'aux eaux de surface. Si les nitrates aboutissent dans des eaux peu oxygénées, certains types de bactéries peuvent les transformer en nitrites (NO₂⁻), et finalement en azote gazeux (N₂), qui peut s'échapper dans l'atmosphère. Dans les eaux bien oxygénées, les nitrates sont rapidement absorbés par les plantes aquatiques et les algues (CELLAMARE, 2009).

Les concentrations obtenues sont toutes inférieures à 5 mg/l. Cela est due probablement à la dénitrification des nitrates en nitrites, qui nous permet de dire de point de vu nitrate que cette eau est d'une situation bonne. (Fig.22).

III-1-10-3 Azote ammoniacal (NH_4^+) :

Selon LACHEVANNE, 1980, la présence de l'ion ammonium dans l'eau est un signe de pollution, il est peut-être exogène (apporté par les eaux) ou endogène (décomposition bactérienne des composés organiques azotés).

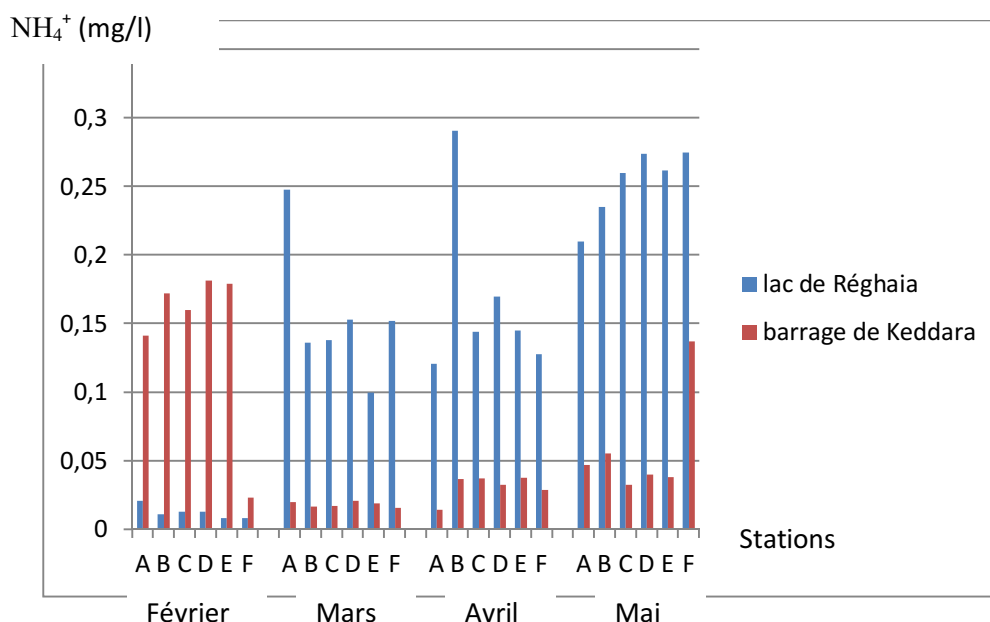


Figure 23 : Variations mensuelles et spatiales de l'azote ammoniacal dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les teneurs en NH_4 dans le barrage de Keddara sont élevées au mois de Février avec une valeur qui atteint 0,1814 mg/l. après on distingue une diminution brusque des teneurs en NH_4 avec une valeur minimale de 0,01436 mg/l dans le mois de Avril dans la station A.

Le lac de Réghaia : dans le mois de février des faibles teneurs en NH_4 sont enregistrées avec une valeur minimale de 0.008 mg/l dans les stations E et F, Des valeurs plus élevées sont enregistrées dans les autres mois avec un maximum de 0.291 mg/l dans la station B au mois d'Avril.

D'après NISBET *et al.*, (1970), l'azote ammoniacal n'existe que dans les eaux riches en matières en décomposition lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Ce qui explique l'augmentation de cet élément durant la période de notre étude (augmentation de la température). (Fig.23).

III-1-10-4 Ortho-Phosphates (PO_4^+) :

Le phosphore est peu abondant dans la biosphère et constitue souvent un facteur limitant la production algale (DAJOZ, 2006 ; LEVEQUE, 2001). Il existe plusieurs formes du phosphore

Chapitre III : Résultats et discussion

mais la principale forme utilisable par le phytoplancton est l'ion ortho-phosphate(PO_4^+). **(RACHIQ, 2003).**

En milieu aquatique, le phosphore est principalement présent sous forme soit particulaire liée à différents colloïdes ou cations soit soluble mais en proportion beaucoup plus faible, cette dernière (P-soluble $<0.45\mu\text{m}$) peut être considérée comme totalement bio disponible alors que la fraction particulaire ne l'est que partiellement.

La biodisponibilité du phosphore particulaire varie en fonction de la composition chimique des particules. Sous chaque forme, le phosphore est à la fois organique et minéral ce dernier étant plus abondant **(TRINTIGNAC, 2004).**

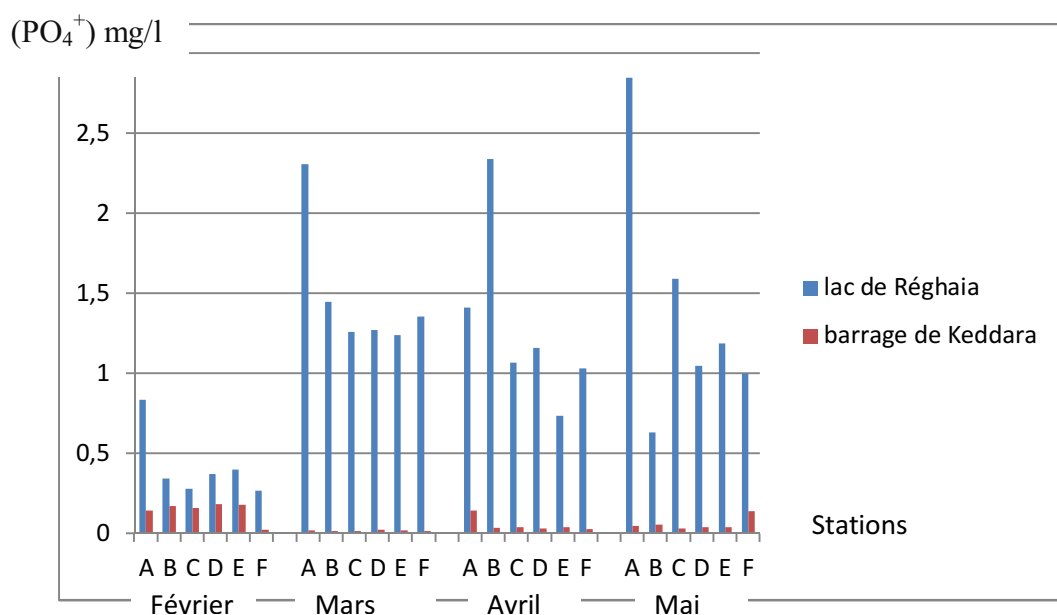


Figure 24 : Variations mensuelles et spatiales de l'orthophosphates dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les valeurs obtenues pour le barrage de Keddara en hiver sont plus élevées par rapport au printemps qui diminue à des valeurs minimales, cette diminution des concentrations en phosphates serait le résultat d'une assimilation par les micro-organismes autotrophes **(CAPBLANCO, 1974).** Ces faibles teneurs sont expliquées, d'une part par l'absence des sources exogènes de cet élément et d'autre part, par l'utilisation de cet élément par le phytoplancton, car le phosphate joue un rôle important dans le développement des algues.

Cet élément nutritif dont la teneur limite favorise habituellement la croissance des algues et des plantes aquatiques. Il y a un lien entre la Concentration de phosphore, la productivité du lac et son niveau trophique. Les lacs eutrophes ont une forte concentration de phosphore **(CELLAMARE,2009).**

Chapitre III : Résultats et discussion

Dans le lac de Réghaia et durant la période étudiée, les charges des phosphates sont élevées par rapport au barrage de Keddara elle varie entre 0.278mg/l est 3.375mg/l ces valeurs élevées sont expliquées par la décomposition de la matière organique ou par les eaux des lessivages qui ont toutes fois profondément perturbées le cycle naturel de cet élément, sont oublier les apports endogènes. **(EL-HAOUATI, 2009)**.

Une différence a été observée entre les stations. Le maximum a été noté au niveau des stations A et B, cela confirme que les effluents ramènent au lac une charge considérable de phosphate minéral. Malgré l'installation de la STEP en aval de l'oued Réghaia, le taux de (PO_4^{-3}) dans la station B (elle se trouve à côté de la STEP) est élevé, cette concentration est due à l'échappement de cet élément en majeure partie (80%) au traitement des stations d'épuration **(RODIER *et al.*, 2005)**. La station F (aval du lac) vient en deuxième position concernant la charge du phosphate, ceci est expliqué par la localisation de cette dernière qui se trouve près de la digue, là où il y a l'accumulation de cet élément. Par contre la station C'est la moins chargée, cette diminution est due à l'absorption du (PO_4^{-3}) par les macrophytes immergées dans la station. **(Fig.24)**.

III-1-11 Bicarbonates (HCO_3^-) :

Les bicarbonates et les carbonates proviennent de la dissolution de dioxydes de carbone dans l'eau, comme ils peuvent provenir directement de la dissolution des roches calcaires pendant les fortes pluies **(BOUKABACHE, 2003)**.

Leur présence dans l'eau est due au phénomène de respiration organique et au lessivage des roches au contact de l'eau.

Les valeurs obtenues dans le lac de Réghaia varient entre 42 et 51mg/l, il y a presque une stabilité dans toutes les stations durant le mois de Mai.

La charge des carbonates enregistrés durant la période d'étude varient entre 94.5 mg/l au mois de février à la station F et 156 mg/l au mois de Mai avec des valeurs à la station E. Les valeurs les plus élevées sont enregistrés au mois de Mars et Mai avec des valeurs mensuelles moyennes qui sont respectivement de l'ordre de 143 mg/l et 140 mg/l.

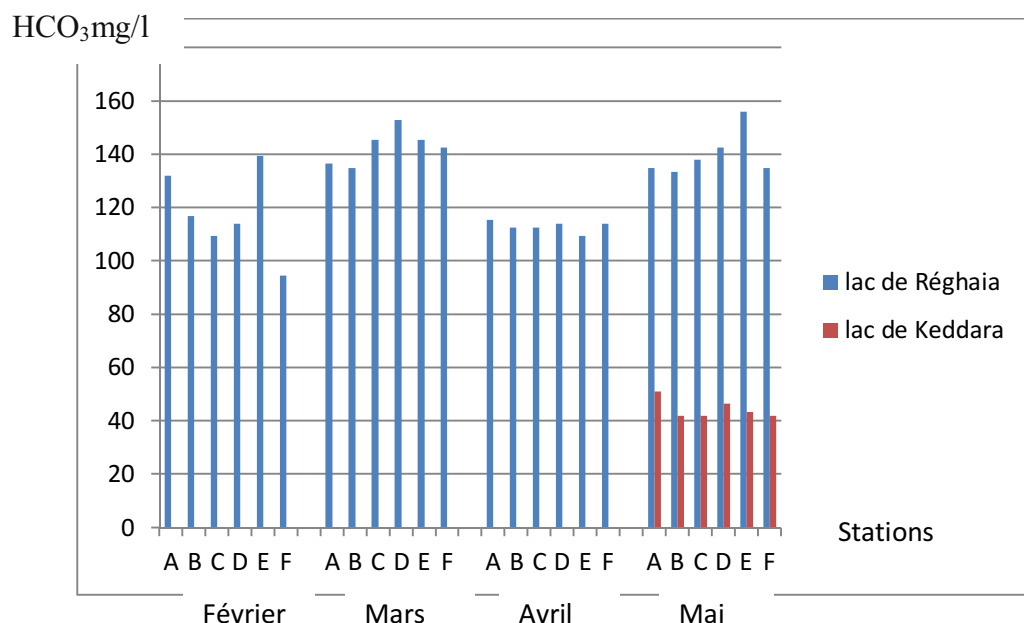


Figure 25 : Variations mensuelles et spatiales des bicarbonates dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les valeurs obtenues dans le lac de Réghaia varient entre 42 et 51 mg/l, il y a presque une stabilité dans toutes les stations durant le mois de Mai.

La charge des carbonates enregistrés durant la période d'étude varient entre 94.5 mg/l au mois de février à la station F et 156 mg/l au mois de Mai avec des valeurs à la station E. Les valeurs les plus élevées sont enregistrés au mois de Mars et Mai avec des valeurs mensuelles moyennes qui sont respectivement de l'ordre de 143 mg/l et 140 mg/l.

Cette augmentation est due d'une part, à l'augmentation de l'activité bactérienne (bactérie aérobie) qui dégrade la matière organique d'origine végétale présente dans le lac après la première floescence du printemps, d'une part, à la présence des rejets industriels et urbains très chargés. **(Fig.25).**

III-1-12-Chlorophylle « a » :

Elle représente le facteur essentiel de la photosynthèse conduisant à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique et permettant ainsi le suivie du zooplancton. La chlorophylle « a » est le seul pigment capable de produire de l'énergie chimique, nécessaire à la fixation du carbone, à partir de l'énergie lumineuse **(ROLLAND, 2009)**. La chlorophylle « a » est en relation proportionnelle avec la photosynthèse.

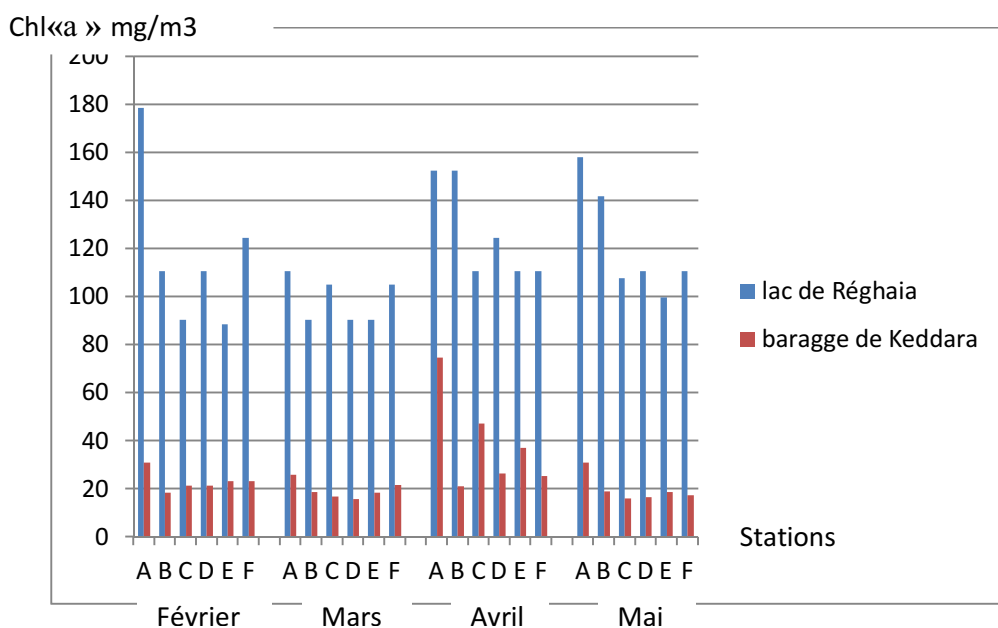


Figure 26 : Variations mensuelles et spatiales de la chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara et le lac de Réghaia.

Les teneurs en chlorophylle « a » dans le barrage de Keddara varient de 15.748 à 30.8 mg/m³ en hiver et de 16.040 à 74.728 mg/m³ en printemps cette différence est dû à l'augmentation de l'intensité lumineuse et par conséquent l'augmentation de l'activité photosynthétique et du taux de la chlorophylle « a ». **(Fig.26).**

Mais les valeurs restent moins par rapport au lac de Réghaia, la valeur minimale est de 88.425 mg/m³ a été enregistrés dans le mois de Février, station E, la plus grande valeur a été enregistrés dans le même mois dans la station A avec une valeur de 178.679 mg/m³.

Ces résultats sont dus à la faible luminosité et le temps couvert le jour du prélèvement, et peuvent être dû aussi à la diminution de la température des eaux **(FQIH BERRADA et al., 2000).**

III-2-1 Synthèse sur la qualité physico-chimique :

La qualité des eaux du barrage est évaluée aussi par des paramètres physicochimiques, elle est déterminée en comparant nos résultats aux bornes de la grille de qualité de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H). qui sont portés sur le tableau si dessus :

Chapitre III : Résultats et discussion

Elément de qualité de l'eau	Limites inférieures					Lac de Réghaia	Barrage de Kedddara
	Mauvaise	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon		
Oxygène Dissous (mg/l)	< 3	3	4	6	8	3	7.65
Nitrite (mg/l)	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0.71	0.10
Azote ammoniacal (mg/l)	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	0.17	0.05
Température (C°)	>28	28	25	21.5	20	20.0	14.50
pH minimum	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	6.7	7.45
pH maximum	>10	10	9.5	9	8.2	8.1	8.60
MES (mg/l)	>150	150	100	50	25	41.9	11.26

Tableau.4 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles et les moyennes calculées dans les deux sites étudiés lac de Réghaia et barrage de Kedddara.

Les moyennes mensuelles des paramètres abiotiques dans les eaux des deux sites montrent que les eaux de barrage de Kedddara sont de qualité bonne à très bonne pour la plupart des paramètres mesurés, contrairement au lac de Réghaia, ces moyennes sont médiocres, les eaux du lac sont polluées.

III-2-2 Evaluation de l'état trophique :

Chapitre III : Résultats et discussion

Selon les critères établis par l'O.C.D.E. (1982) basés sur la profondeur Secchi et les concentrations en chlorophylle « a », on peut déduire l'état trophique des deux sites étudiés. D'après le tableau de classification de l'état trophique des deux sites on remarque que le lac de Réghaia est en état hyper eutrophe et le barrage de Keddara est en état eutrophe.

Tableau 5 : Etat trophique du lac de Réghaia et le barrage de Keddara selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).

Etat trophique	Secchi (m)	Chl « a » _m (mg/m ³)
Oligotrophe	≥ 6	≤ 2.5
Mésotrophe	6-3	2.5-8
Eutrophe	3-1.5	8-25
Hypereutrophe	≤ 1.5	≥ 25

IV-1 Etude du peuplement phytoplanctonique :

L'écosystème aquatique ne se définit pas uniquement par les facteurs abiotiques étudiés précédemment, il comprend également l'ensemble des organismes qui flottent au sein de l'eau et qui constituent le plancton. Ce dernier se divise en phytoplancton (plancton végétal) et zooplancton (plancton animal).

La communauté phytoplancton du **lac de Réghaia** et du **barrage de Keddara** a été étudiée par une analyse et un suivi dans le temps en étudiant sa fluctuation qualitative (richesse spécifique) et quantitative (densité, abondance). En complément à cette étude, nous avons effectué une analyse structurale par le calcul des indices de diversité (Shannon et Equitabilité) et le tracé des diagrammes Rangs Fréquences, afin de déterminer le degré d'organisation et sa répartition.

IV-2 Etude qualitative du peuplement phytoplanctonique :

IV-2-1 Composition taxonomique du phytoplancton :

- Dans les eaux du **lac de Réghaia**, nous avons répertoriées plus de **43** espèces réparties en **5** groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Euglénophytes, Dinophytes et les Cyanophytes) avec 5 classes, qui sont, selon leurs abondances :

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Les Diatomées ou les Bacillariophycées : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 21 taxons, soit 42.58% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Cyclotella cf. meneghiniana* et *Cyclotellacf.ocellata*.
2. Les Euglénophycées : il est aussi diversifié, il vient en deuxième position avec 10 taxons, soit 39.10% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par *Euglenaproxima*.
3. Les Cyanophycées : il vient en troisième position compte 6 taxons, soit une proportion de 9.67%, dominés par : *Lyngbya cf. birgei*
4. Les Chlorophycées : regroupe 5 taxons, soit une proportion de 5.06%, représentés surtout par le genre : *Closteriumacutum*.
5. Les Dinophycées : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (2,30%), représentés surtout par le genre *Peridinium sp2*.

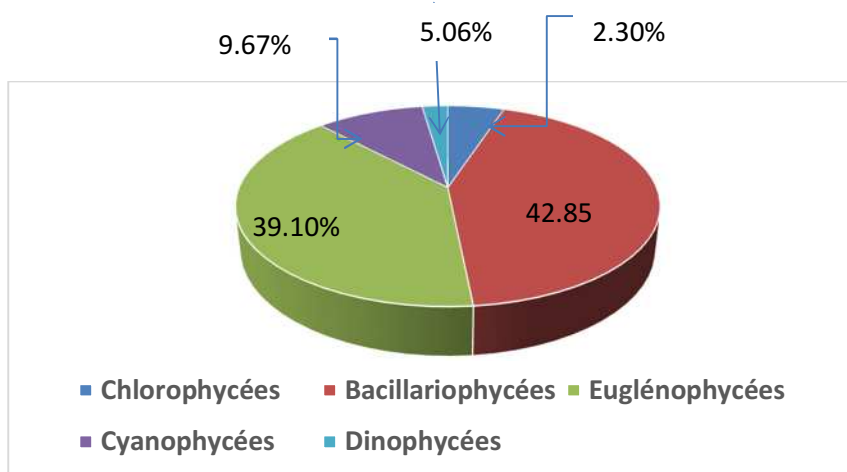


Figure 27 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le lac de Réghaia

Les 43 espèces déterminées dans le lac de Réghaia sont démontrées dans la liste suivante :

1- Les Diatomées :

<i>Cyclotellacf.meneghiniana</i>	<i>Nitzschiapalea</i>	<i>Cyclotellaocellata</i>
<i>Cyclotellacf.ocellata</i>	<i>Cyclotellasp</i>	<i>Navicula cf. cryptotenella</i>
<i>Cyclotella sp3</i>	<i>cf. Stephanodiscns</i>	<i>Nitzschiahungariaea</i>
<i>Cyclotella sp2</i>	<i>Pinnulariasp</i>	<i>Nitzschiapalea</i>
<i>Nitzschiacapitellata</i>	<i>Stephanodiscussp</i>	<i>Nitzschia sp1</i>
<i>Nitzschia cf. palea</i>	<i>cf. Cyclotella</i>	
<i>Cocconeis sp1</i>	<i>Craticulaambigna</i>	
<i>Cocconeis sp2</i>	<i>Cyclotella cf. atomus</i>	

2- Les Euglénophycées :

Chapitre III : Résultats et discussion

Phacus pleuronectes

Phacus sp1

Phacus sp2

Euglenaproxima

3-Les Cyanophycées :

Lyngbya cf. birgei

Lyngbyasp

Phacusacuminatus

Euglena cf. oxyris

Euglenaoxyuris

Trachelomonassp

Oscillatoriarubescens

Merismopediaelegans

Euglenacaudata

Euglenaproxima

Oscillatoria cf. geminata

Merismopedia sp1

Peridinium sp2.

Pour le barrage de Keddara nous avons répertoriées aussi 59 espèces réparties en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Euglénophytes, Rhodophytes et les Cyanophytes) avec 7 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. **Les Chlorophycées** : forme le groupe le plus diversifiés, vient en première position avec 8 taxons, soit 50.99% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Closteriumacerosum*.
2. **Les Bacillariophycées** : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 24 taxons, soit 29.56% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Stephanodiscus cf. neoastrae* et les *Cyclotellaocellata*.
3. **Les Euglénophycées** : il vient en troisième position avec 11 taxons, soit 9,45 % du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Cocconeis sp1*.
4. **Les Cyanophycées** : regroupent 05 taxons, soit une proportion de (7.19%), représentés surtout par le genre : *Euglena* et *Phacus*.
5. **Les Dinophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (1,99%), représentés surtout par le genre : *cf. Dinobryon*.
6. **Les Pyrrhophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (0,26 %), représentés par le genre : *Ceratiumhirundinella*.
7. **Les Rhodophycées** : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (%), représentés par le genre : *Chroodactylonramosum*.

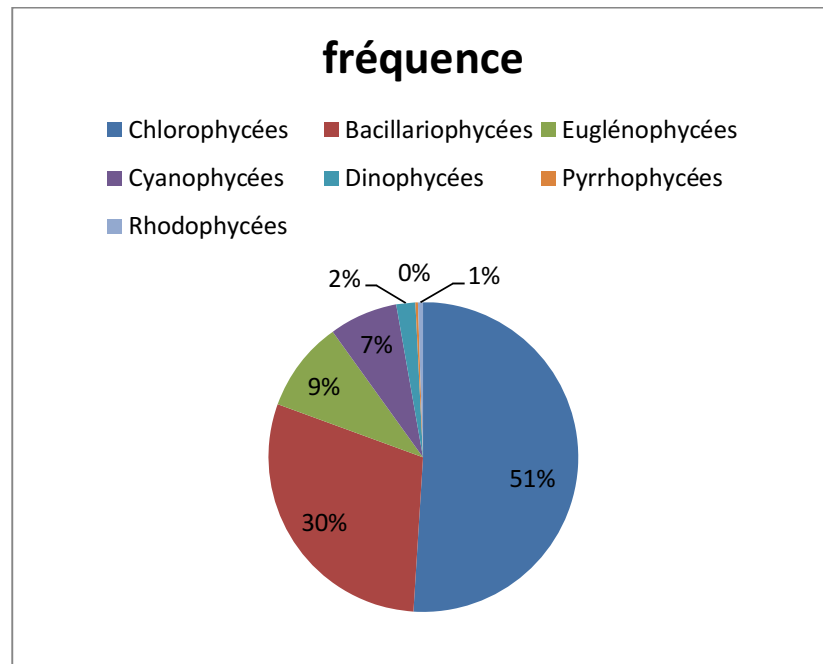


Figure.28 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Keddara

Les espèces déterminées dans le barrage de Keddara sont démontrées dans la liste suivante :

1. Les Chlorophycées

<i>Chlamydomonas sp1</i>	<i>Closteriumsp</i>	<i>Closteriumacerosum</i>
<i>Cosmariumsp</i>	<i>Closteriumacutum</i>	<i>cf. Spirulina</i>
<i>Oocystislacustris ssp1</i>	<i>Closterium sp1</i>	
<i>Closteriumacerosum</i>		

2. Bacillariophycées

<i>Cyclotellameneghiniana</i>	<i>cf. Stephanodiscus</i>	<i>Aulacoseirasp</i>
<i>Cocconeis sp.3</i>	<i>Cocconeis sp1</i>	<i>Stephanodiscus.cf. neoastraea</i>
<i>Cyclotella sp1</i>	<i>Cyclotellaocellata</i>	<i>Cocconeis sp.3</i>
<i>Cyclotella sp2</i>	<i>Cocconeis sp2</i>	<i>Nitzschiasp</i>
<i>Cyclotella sp3</i>	<i>Cyclotella cf. atomus</i>	<i>Cyclotellasp</i>
<i>Cyclotella sp.4</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>cf. Cyclotella</i>
<i>Nitzschiapalea</i>	<i>Navicula cf. cryptotenella</i>	<i>Craticulaambigna</i>
<i>Cyclotella cf. ocellata</i>	<i>Cocconeis cf. pediculus</i>	<i>Fragilariasp</i>

3. Les Euglénophycées

Chapitre III : Résultats et discussion

<i>Euglenacaudata</i>	<i>Phacus spl</i>	<i>Phacussp</i>
<i>Euglenaoxyuris</i>	<i>Phacus pleuronectes</i>	<i>Phacusacuminatus</i>
<i>Euglenaproxima</i>	<i>Trachelomonassp</i>	<i>Phacus pleuronectes</i>
<i>Euglenaoxyuris</i>	<i>Phacus pleuronectes</i>	

4. Les Cyanophycées

<i>Oscillatoriarubescens</i>	<i>Lyngbyasp</i>	<i>Anabaena cf. affinis</i>
<i>Oscillatoria cf. geminata</i>	<i>Lyngbya cf. birgei</i>	

5. Les Dinophycées

cf. Dinobryon

6. Les Pyrrhophycées

Ceratiumhirundinella

7. Les Rhodophycées

Chroodactylonramosum

IV-4 Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

IV-4-1 L'indice de Shannon (H ') et l'Equitabilité (E) :

Lac de Réghaia :

L'indice de Shannon atteint une valeur de 4,92 et note aucune diversité spécifique car l'étude s'est limité en un seul mois (Février).

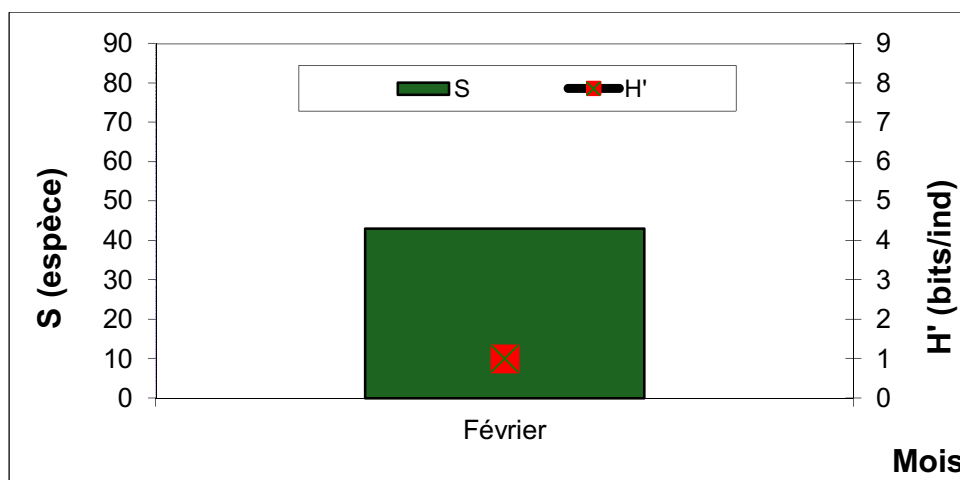


Fig. 29 : Variations de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du Lac de Réghaia

Barrage de Keddara :

L'indice de Shannon varie entre 2,82 et 5,30 bits /ind (Fig.36). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *Coelastrum acutum*. La richesse spécifique durant cette période varie entre 18 et 47. Aux mois de Février, Mars, Avril et Mai, on note que l'indice de Shannon dépasse les 3 bits /ind pour atteindre sa valeur maximale (4,33 bits /ind) au mois d'Avril qui marque aussi une grande richesse spécifique (46). Ces valeurs élevées révèlent que le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces qui présentent une répartition équilibrée.

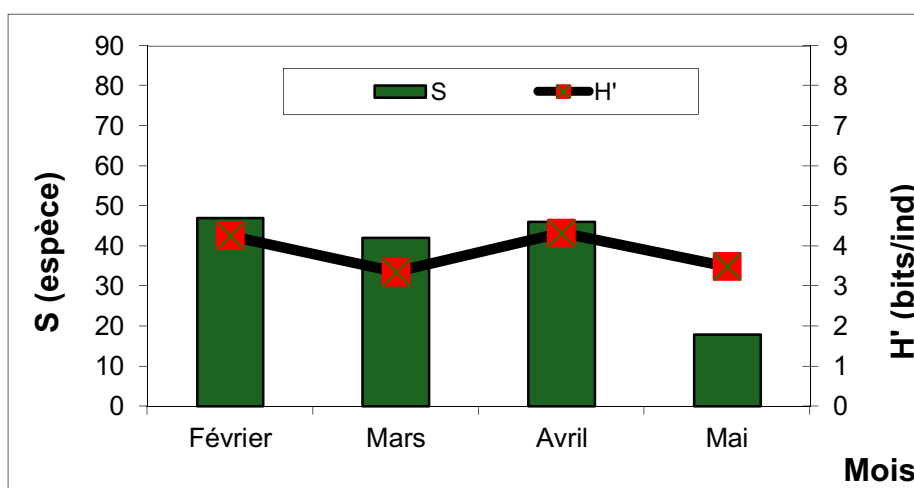


Figure 30 : variations de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Keddara

Globalement l'indice de diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig.30), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant tous les 4 mois (Février, Mars, Avril, Mai).

Chapitre III : Résultats et discussion

Quand l'équitabilité est minimale (se rapproche de 0), la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Closteriumacerosum*) ce phénomène est observé au mois Mars ($R=0.13$).

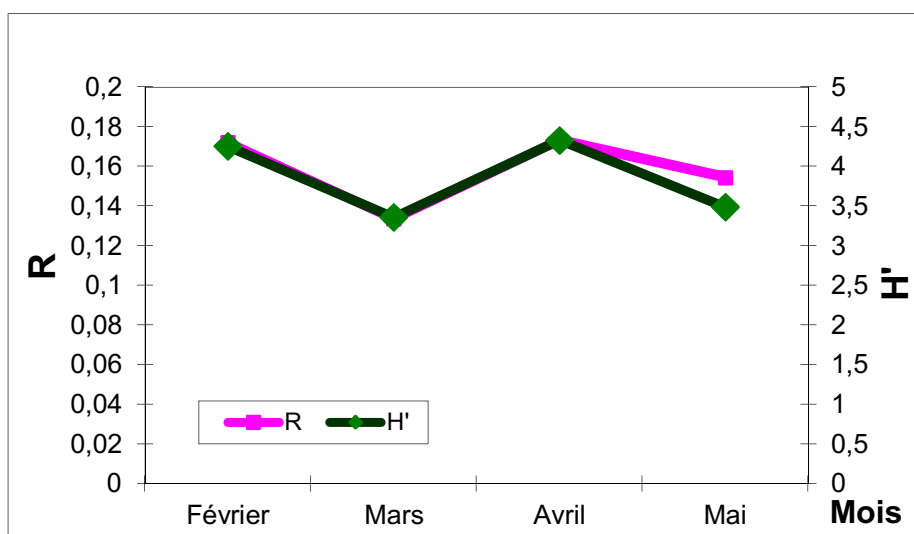


Fig. 31 : Variations de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) de Lac Keddara

Tab.6 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau des deux barrages

	Lac Réghaia			Barrage Keddara		
	S	H'	R	S	H'	R
Février	43	4,9202	0,2078	47	4,2543	0,1721
Mars	-	-	-	42	3,3577	0,1336
Avril	-	-	-	46	4,3306	0,1732
Mai	-	-	-	18	3,4870	0,1544

IV.4.3.3 Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang fréquence) :

Etant donné que l'indice de diversité et la régularité ne permettent que de caractériser globalement la structure d'une population (DEVAUX, 1976), nous avons eu recours aux diagrammes rang- fréquence pour visualiser l'évolution de la population phytoplanctonique du lac tout au long de la période d'étude. Ces diagrammes ont été réalisés en coordonnées logarithmiques (FRONTIER, 1969), à partir des biomasses spécifiques.

Chapitre III : Résultats et discussion

L'analyse de l'allure des courbes de DRF, pour le barrage de Keddara et le lac de Réghaia, permet de décrire l'évolution de la structure de peuplement algal. Les figures 32 et 36 montrent que l'allure du DRF est entièrement convexe, ce qui correspond au stade 2 indiquant des écosystèmes matures et équilibrés : ils sont caractérisés par un nombre important d'espèces avec une égalité d'abondance (FRONTIER, 1976).

Barrage Keddara

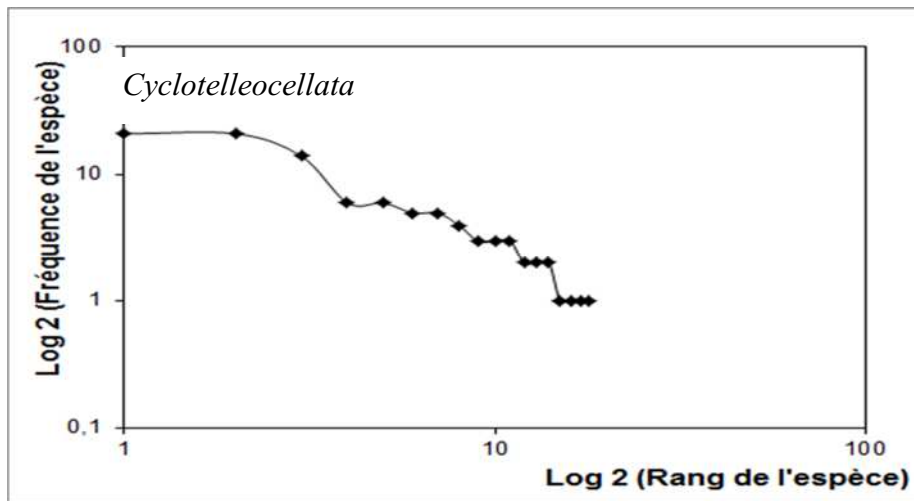


Figure32 : Variations de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac du Barrage de Keddara au mois de Mai

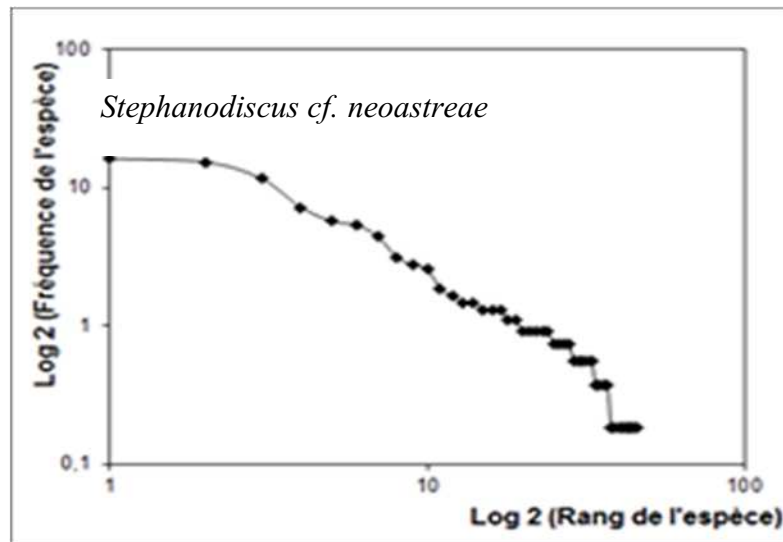


Figure33 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac du Barrage de Keddara au mois d'Avril

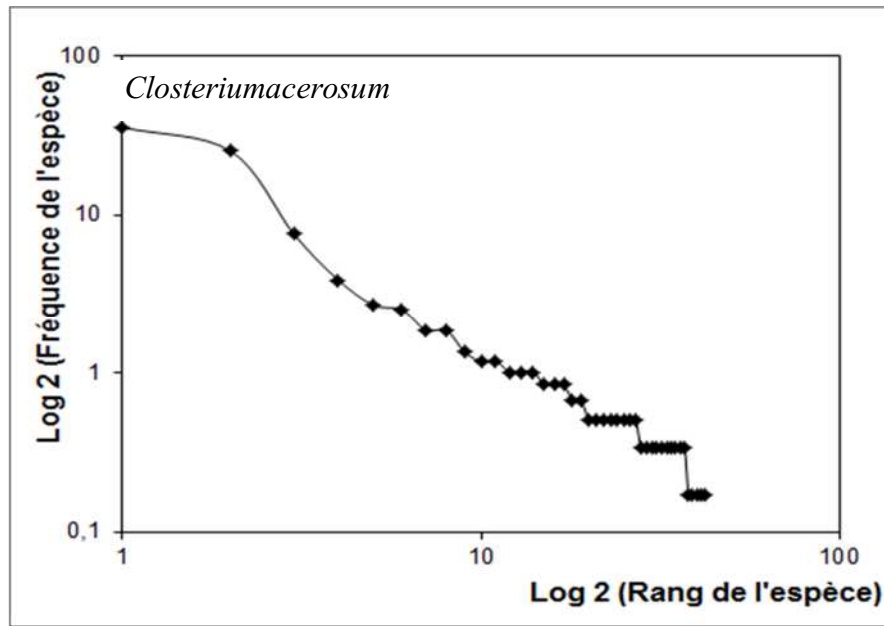


Figure34 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac du Barrage de Keddara Dans le mois de Mars

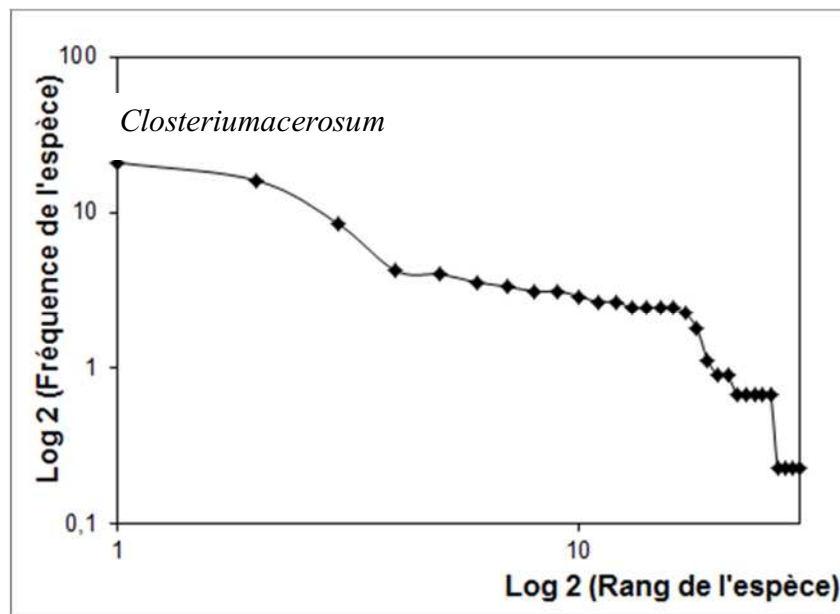


Figure35 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac du Barrage de Keddara Dans le mois de Février.

Lac de Réghaia

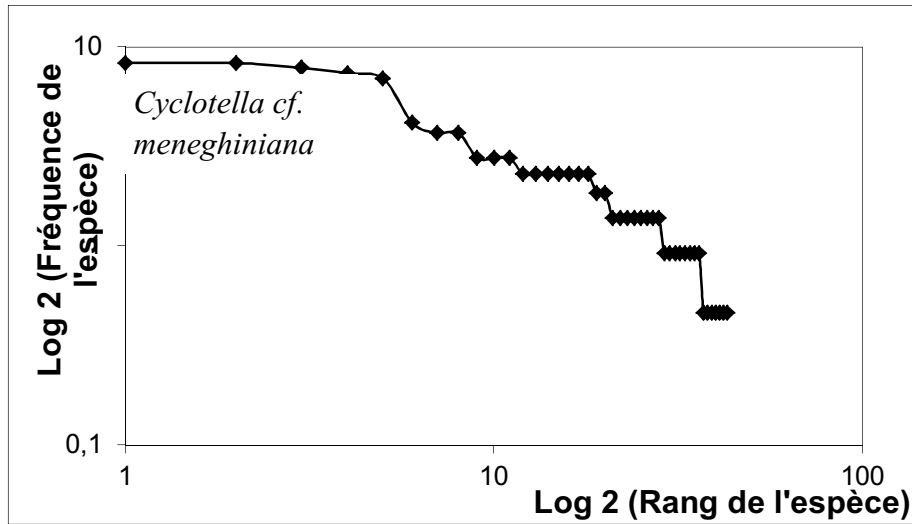


Figure 36 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Réghaia (Février)

Conclusion

CONCLUSION GENERALE

Les résultats obtenus lors d'un suivi mensuel (du mois de Février au mois de Mai) dans deux systèmes lacustres (lac de Réghaia et le barrage de Keddara) ont pour but d'étudier les différentes communautés phytoplanctoniques peuplant les eaux des deux milieux ayant des niveaux trophiques différents, ceci est en relation étroite avec les différentes caractéristiques physico-chimiques et écologiques des deux sites d'étude.

L'étude écologique des deux lacs, nous a permis d'évaluer les paramètres biotiques et abiotiques tout au long de la période d'étude et de connaître les concentrations de certains éléments essentiels pour l'estimation de l'état trophique aussi que pour la vie phytoplanctonique.

Le phytoplancton étant considéré le premier maillon de la chaîne trophique, présente une réponse immédiate et très importante aux changements environnementaux ; c'est pour cette raison qui est depuis longtemps utilisé comme un indicateur biologique de la qualité des eaux. La DCE sur l'eau (2000/60/CE) préconise l'utilisation du phytoplancton afin de mesurer l'état écologique des écosystèmes lacustres.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que le lac de Réghaia est classé comme une eau polluée. L'étude phytoplanctonique montre que le lac abrite plus de 43 espèces réparties en cinq classes, avec la dominance des genres : *Phacus*, *Cyclotella* (avec une fréquence de 8,29%), et le genre *Nitzschia* qui est moins abondant (2,30%). Notant aussi que notre étude a été limitée en un seul mois (Février) à cause de la vidange du lac, ce qui a empêché la bonne estimation du phytoplancton.

Par ailleurs, les eaux du barrage de Keddara sont classées comme des eaux de bonne qualité. Avec une diversité planctonique remarquable estimée à plus de 61 espèces réparties en sept classes essentielles et dominé par le genre *Closterium* de la classe des Chlorophycées, *Cyclotella* et *Stephanodiscus* (des Diatomées).

L'étude dynamique basée sur les fréquences de l'ensemble des échantillons a permis de caractériser le stade de maturité du peuplement phytoplanctonique. Globalement, l'analyse des courbes de DRF montre que le lac de Réghaia et le barrage de Keddara se trouvent dans le stade 2 indiquant la maturité du système, qui est caractérisé par un nombre important d'espèces. Les courbes sont convexes, ce qui correspond à un écosystème mature.

Une étude de plus a été faite pour évaluer l'état trophique des eaux des deux barrages en les classant selon les critères de l'OCDE (1982), reposée sur la transparence des eaux et la teneur en chlorophylle « a » permettant de déduire que les eaux du lac de Réghaia présentent un état hyper eutrophe, et les eaux du barrage de Keddara présentent un état eutrophe.

A l'issue de cette étude, et lors de l'interprétation des résultats, il nous est apparu utile de suggérer quelques perspectives en vue de l'amélioration de la qualité des eaux des deux milieux :

- ✚ Un suivi régulier physico-chimique et biologique de l'eau est imposé sur une durée plus importante, afin de constituer une base des données de ces sites, particulièrement le dosage de l'azote total et le phosphore total.
- ✚ Poursuivre l'étude du phytoplancton, afin de déterminer les espèces existantes naturellement et celles liées à la pollution ponctuelle provenant des bassins versants, cet aspect est proposé dans le cadre d'un projet national de recherche 2015-2020 ;
- ✚ Contrôler les déversements des déchets urbains, domestiques et agricoles dans les oueds alimentant ces lacs tout en plaçant des stations d'épurations des eaux usées à proximité des sources de pollution.

Annexes

1) Présentation des points d'échantillonnage

Tableau I : Caractéristique des zones d'étude dans le lac de Réghaia

station	Coordonnées géographiques	Caractéristiques de la zone
A	35° 55' 10.49'' N 1° 00' 41.05'' E	Amont Sud-ouest où déverse oued EL-Biar, caractérisé par une végétation arboricole importante et le pompage d'eau pour l'irrigation des terres agricoles
B	35° 55' 08.02'' N 1° 00' 50.71'' E	L'amont Sud-est, le point de déversement du oued Réghaia et la STEP ; le site présente une végétation herbacée
C	35° 54' 44.22'' N 0° 58' 03.25'' E	La rive droite du lac, elle représente une végétation importante
D	35° 57' 34.71'' N 0° 58' 03.25'' E	La rive gauche du lac ; présence des terrains agricoles, construction, pâturage et pompage d'eau
E	35° 57' 34.71'' N 0° 58' 03.25'' E	Centre du lac, la plus grande profondeur est de 7m
F	35° 57' 34.71'' N 0° 58' 03.25'' E	Aval du lac, proche de la digue, station du pompage d'eau



Photo 1 :Station RA



Photo 2 :Station RB



Photo 3 :Station RC



Photo 4 :Station RD



Photo 5 :Station RE



Photo 6 :Station RF

Tableau II : les caractéristiques des stations du barrage de Keddara

Station	Coordonnées géographiques	Caractéristiques de la zone
A	36°38'07.8'' N 03° 24' 12.2'' E	L'amont Ouest, où déverse oued de Béni Amrane, présence de végétation importante et construction
B	36° 38' 80.0'' N 3° 25 ' 02.2'' E	La rive gauche, à proximité de la prise d'eau
C	36° 38' 72.9'' N 3° 25' 63.5'' E	L'amont Est, où déverse oued EL-Hadd et oued Keddara (l'intersection des deux oueds), présence d'une importante végétation
D	36° 38' 90.2'' N 3° 25' 64.5'' E	La rive droite
E	36° 38' 90.5'' N 3° 25' 22.8'' E	Le centre du barrage, à proximité de l'ilot
F	36° 39' 00.3'' N 3° 25' 07.1'' E	L'aval du barrage, à proximité de la digue

Tableau III : Les données morpho-métriques du barrage les jours du prélèvement

Date	Cote	Surface (Hm ²)	Réserve (Hm ³)	Keddara	Hamiz	B-amrane	Evapo-Ration (Hm ³)	Défluent totale (mm)	Pluie (mm)
12/02/2018	130.950	3.850	78.937	0.022	0.00	0.358	0.006	0.417	0.00
12/03/2018	131.27	3.887	80.134	0.035	0.00	0.340	0.014	0.450	0.00
16/04/2018	134.24	4.214	91.787	0.974	1.800	0.538	0.003	0.474	0.00
08/05/2018	135.09	4.351	95.315	0.017	0.00	0.552	0.011	0.359	1.0



Photo 7 :Station KA



Photo 8 :Station KB



Photo 9 :Station KC



Photo 10 :Station KD



Photo 11 : Station KE



Photo 12 :Station KF

2) Tableaux des données climatiques des deux sites :

Tableau IV :Données des températures et précipitations moyennes du lac de REGHAIA (ONM, 2018)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
TC min(m)	5.5	5.3	7.1	9.3	12.9	16.4	19.1	20.1	17.7	14.4	9.7	6.9
TCmax(M)	17.3	17.5	20.0	22.0	25.0	29.2	31.7	32.6	29.7	26.5	20.7	17.7
T=(M+m)/2	11.4	11.4	13.55	15.65	37.9	22.8	25.4	26.35	23.6	20.45	15.2	12.3
P(mm)	76.2	75.6	47.8	55.5	48.9	4.9	2.6	10.7	26.8	52.1	107.4	98.5

Tableau V :Données des températures et précipitations moyennes du barrage de KEDDARA (ONM, 2018)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T°C min(m)	6.6	9.1	10.5	12.4	15.1	18.2	20.9	22	19.8	17.2	12.8	10.2
T°Cmax(M)	16.3	16.3	17.7	19.8	21.8	25.0	27.8	29.0	26.8	24.6	19.8	17.0
T=(M+m)/2	12.8	12.7	14.1	16.1	18.45	21.6	24.35	25.5	23.3	20.9	16.3	13.6
P(mm)	88.8	75.7	69.0	67.5	59.3	7.4	3.4	8.7	45.1	64.5	148.3	136.9

3) Illustration du matériel utilisé lors des campagnes :



Photo 13 :GPS 72H type GARMIN



Photo 14 :Multi analyseur



Photo 15 : Fiche technique du terrain



Photo 16 :Disque de Secchi



Photo 17 :Echantillon prélevé



Photo 18 :lugol

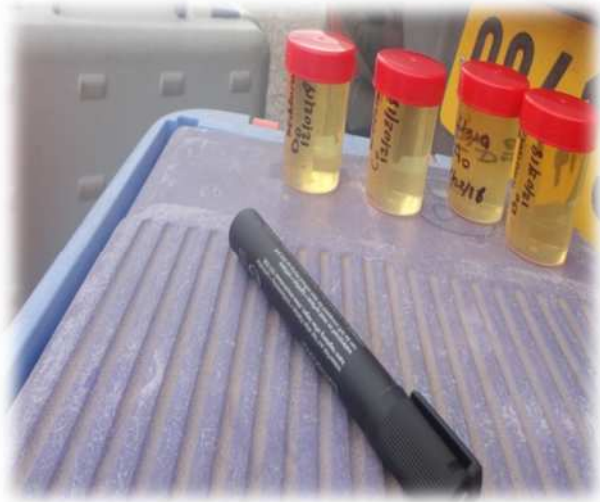


Photo 19 : Piluliers du phytoplancton



Photo 20 : pH-mètre



Photo 21 : incubateur

4) Méthodes de dosage des différents paramètres

I) Le paramètre physique :

Tableau I :Matières En Suspension (M.E.S).

Méthode de Filtration (Rodier, 2005).

Elément	Le principe	Matériels utilisés	Mode opératoire	Expression des résultats
M.E.S	-L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.	- Dispositif de filtration sous vide. - Papiers Wattman.	- Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) puis le peser. - Le mettre en place sur le dispositif puis verser l'échantillon <i>V</i> sur le filtre. - Sécher le filtre à 105°C ; puis le peser.	La teneur de l'eau en M.E.S est exprimée en mg/l $MES = (M1 - M0 / V) \times 1000$ M1 : Masse du disque filtrant après utilisation (mg). M0 : Masse du disque filtrant avant utilisation (mg). V : Volume de l'eau utilisé (ml).

II) Les paramètres chimiques :

Tableau II :Carbonates.

Méthode de dosage : Titrage (Rodier, 2005).

paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Carbonate	- Solution d'acide chlorhydrique 0,1 N.	- On fait le titrage de l'eau à analyser par l'acide chlorhydrique.	-La teneur en carbonates exprimée en mg/l. $V \times 61$ -V : Volume d'acide chlorhydrique utilisé.

Tableau III: Calcium.

Méthode de dosage : Titrage molaire (ISO N° 6058).

paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Calcium	<ul style="list-style-type: none"> - Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 2N. -E.D.T.A N/50. -Murexide. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre 50 ml d'eau à analyser. - Ajouter en suite 2ml de NaOH. - Ajouter du Murexide. -Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage violet. 	<p>-La teneur en calcium exprimée en mg/l.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $[Ca] = V_1 \times F$ </div> <ul style="list-style-type: none"> -V_1: Volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée. -F: Facteur de dilution.

Tableau IV : Magnésium.

Méthode de dosage : Titrage molaire (ISO N° 6058).

paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Magnésium	<ul style="list-style-type: none"> - Acide hydroxyde d'ammonium à pH=10,1 ; - E.D.T.A. - Noir Eriochrome. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre 50 ml d'eau à analyser. - Ajouter en suite 2ml de NH₄OH. - Ajouter le noir Eriochrome. -Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage bleu. 	<p>-La teneur en magnésium exprimée en mg/l</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $[Mg] = (V_2 - V_1)$ </div> <ul style="list-style-type: none"> -V_1: Volume d'E.D.T.A nécessaire. -V_2: Volume d'E.D.T.A total. -F: Facteur.

Tableau V: Nitrites.

Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005).

paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Nitrites</i>	<ul style="list-style-type: none"> -solution de Sulfanilamide -solution de N-Naphtyléthylène-diamine 	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre 50 ml de l'eau à analyser. - ajouter 1ml du réactif 1 -agiter et laisser reposer 2 à 8mn. -ajouter 1 ml du réactif 2, et attendre 10min - mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543 nm. 	<ul style="list-style-type: none"> -La teneur en Nitrites exprimée en mg/l

Tableau VI: Nitrates.

Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005).

paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Nitrates</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Solution de salicylate de sodium. - Acide sulfurique concentré. - Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prendre 10 ml de l'eau à analyser. - Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium. -Agiter et laisser reposer 10mn. -Evaporer à sec et laisser refroidir. -Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré, attendre 10mn. -Ajouter 15ml d'eau distillé puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. - Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 415nm. 	<ul style="list-style-type: none"> -La teneur en nitrates exprimée en mg/l

Tableau VII :Phosphates.

Méthode de dosage : Colorimétrie (Rodier et al., 2005).

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Phosphates	<ul style="list-style-type: none">- Solution de molybdate d'ammonium- Solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine- Acide sulfurique-Acide ascorbique	<ul style="list-style-type: none">- Préparer le mélange des réactifs- Ajouter le mélange aux échantillons- Attendre 30 mn et mesurer l'absorbance à 885nm.	La teneur en phosphates exprimée en mg/l

Tableau VIII :Azote ammoniacal

Méthode de dosage : spectrophotométrie (Rodier et al., 2005).

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Azote ammoniacal	<ul style="list-style-type: none">-solution de Phénol-Nitroprussiate de Sodium-solution d'alcaline d'hypochlorite	<ul style="list-style-type: none">-prendre 100ml de l'eau filtrée à analyser-ajouter 3ml du réactif 1, homogénéiser-ajouter 3ml du réactif 2 et agiter-placer immédiatement à l'obscurité pendant 6 à 8h-mesurer l'absorbance à 630nm	les teneurs de l'azote ammoniacal exprimées en mg/l

Tableau VIII : Sulfate

Méthode de dosage : gravimétrique (Rodier, 1996).

Paramètre	Réactifs	Mode opératoire	Expressions des résultats
Sulfate	-Acide acétique concentré -Chlorure de Baryum (BaCl ₂) 2N -Eau distillée	-Introduire 100ml d'eau à analyser -Ajouter 10ml d'acide acétique concentré, puis chauffer à 62°C -Ajouter le mélange de 5ml de Chlorure de Baryum 2N+ 20ml d'eau distillée à la solution et mélanger le tout -Laisser reposer à l'obscurité 4h -Filtrer et peser	Les teneurs de Sulfates sont exprimées en mg/l $[SO_4]=P \times 4,12$ P : le poids en (g)

References bibliographiques

Références bibliographiques

- ADDY et Green (1997).** Addy K. and Green L. 1997-Dissolved oxygen and temperature
- AKLI S. (1988).** Etude de la structure verticale de la communauté zooplanctonique du lac de Réghaia. Thèse. Ing. U.S.T.H.B. 79p.
- AKSIL O., RABEHI F. (2010).** Distribution spatiale du phytoplancton en fonction du degré de pollution dans le lac de Réghaia (W. Alger). Mémoire d'Ingéniorat. 71p.
- ANBT, (2017).** Agence nationale des barrages et transferts. Appl. Microbiol.88 (S1): 106S-116S.
- ANONYME, (2002).** Atlas des 26 zones humides Algériennes d'importances internationales. Ministère de l'agriculture. Direction générale des forêts. Algérie, 89p.
- ANRH, (2000).** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Bulletins mensuelles de la qualité des eaux superficielles. Alger.
- ARAB S. (2011).** Etude de l'état trophique des lacs des barrages Hammam-Debagh (W. Guelma) et Ain-Dalia (W. Souk Ahras). Mémoire de Master. 79p.
- ATTOU F. (2014).** Dynamique et éco-biologie d'*Alburnus alburnus* (poisson Cyprinidae) dans le lac de barrage de Keddara (W. Boumerdès). Thèse de Doctorat. 200p.
- ARRIGNON, (1976).** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 3ème édition Gauthier-Villard ; Paris.340p.
- BAGNOULS G. et GAUSSEN H., (1953).** Climats biologiques et leur classification. Annale de géogr., 193-220p.
- BARBAULT, (1993).** Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. ED. Paris.326p
- BENAABIDETE, (2000).** Caractérisation hydrologique du bassin versant de Sebou: hydrogéologie, qualité des eaux et géochimie des eaux thermales. Thèse Doc. Es-sc., F.S.T. Fès. p250.
- BENADDASSI et KHELIFA, (2009)** Bibliothèque thématique municipale de Réghaia. Mémoire d'ingéniorat. Ecole Nationale supérieur de l'architecture. Alger, 67p.

Références bibliographiques

BENAICHA A., MADDI S., (2001). L'évaluation du lac de Réghaia et le phénomène de dégradation. Mémoire d'Ingéniorat. 117p.

BLOMQUIST P., PETTERSSON A. et HYENSTRAND., (1994). Ammonium-nitrogen: A Key regulatory factor causing dominance of non-nitrogen-fixing cyanobacteria in aquatic Systems. Arch. Hydrobiol., 132 : 141-164p.

BOUDJEMA N. (2007). Variation spatio-temporelle de la communauté microbienne des eaux du barrage de Boukourdane en relation avec les paramètres environnementaux. Mémoire de Magister. 143p.

BOUKABACHE L. (2003). Contribution à l'étude physico-chimique et zooplanctonique d'une zone humide le lac de la réserve de chasse de Zéralda. Mémoire d'ingéniorat, U.S.T.H.B. Alger, p45.

BOURRELY, (1972). Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Les algues vertes. Tome I éd N Boubée et Cie. 572.

BOURRELLEY, P. (1981). Les algues d'eau douce : initiation à la systématique-les algues jaunes et brunes. Tome II ; éd N. Boubée et Cie. 517 p.

BOURRELLEY, P. (1985). Les algues d'eau douce : initiation à la systématique-Eugléniens, Péridiniens, algues rouges et algues bleues. Tome III. Éd N. Boubée et Cie. 400 p.

BOUTOUX, (1993). Introduction à l'étude des eaux douces. Edition Cebedoc.382p.

CAMPBELL et REECE, (2004)-Biologie. 2 EME édition. Ed de Boeck. Bruxelles. 1367 p.

CANTER-LUND, H. et LUND, J-W. (1995). Freshwater Algae. Their microscopic world explored Biopres Limited. Bristol.

CAPBLANCQ J. (1974). Recherche sur la productivité primaire des lacs adultes. Thèse de Doctorat, université Paul Sabatier de Toulouse. 230p.

CELLAMARE M. (2009). Evaluation de l'état écologique des plans d'eau aquitains à partir des communautés de producteurs primaires. Thèse de Doctorat, pp 55-119.

CEMAGREF, (2007). Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation et d'observation du phytoplancton en plan d'eau. Rapport Cemagref. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse. Lyon.19p.

Références bibliographiques

CHAPMAN D., KIMSTACH V., (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd Ed. E et FN Spon; pp 59-126.

CNEXO, (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395p.

DAGET J., (1976). Les modèles mathématiques en écologie. Masson édition, Paris. 170p.

DAJOZ, (2000). Précis de l'écologie 7eme ED, Edition DUNOD. P615.

DAJOZ, (2006). Précis d'écologie. Cours et questions de réflexion. Edition Dunod. 631p.

DERAIFI F., HACHEMI N. (2010). Evolution spatio-temporelle du zooplancton dans le lac du barrage de Keddara. Mémoire d'Ingéniorat. 39p.

DE REVIERS, (2003). Biologie et phylogénie des algues. Belin, paris. Collection Sup Sciences. Tome 2.255p.

DEVAUX A. (1976). Dynamique des populations phytoplanctoniques dans deux lacs du massif central français. Ann. Stn. BiolChandesse., 10,1-184 p.

DJELITA, B. (2009). Etude du phénomène d'eutrophisation dans le barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen). Algérie. Thèse de Magister. U.S.T.H.B. 160 p.

EL-HAOUATI H et DJEMANE K, (2006). Evaluation des ressources aquacoles (phytoplancton, zooplancton et poisson) du barrage Gargar (wilaya de Relizane). Mémoire d'ingéniorat, USTHB. Alger.45p.

EL-HAOUATI, (2009). Suivi des caractères physico-chimiques et phytoplanctoniques du lac de Réghaia (wilaya d'Alger).Thèse de magister. USTHB.160p.

EL-HAOUATI, H. et ARAB, A. (2011) : Etude de la flore diatomique du lac de Réghaia (Algérie). *BEA Conférence – INOC*. pp. 150-158.

EL-HAOUATI, (2015). Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algérien. Thèse de doctorat en sciences. USTHB.242p.

EI HAOUATI H., ARABA., TUDESQUE L., LEKS. et SAMRAOUI B. (2015). Study of the diatoms of Reghaia Lake, northern Algeria. *Rev. Ecol (Terre et Vie)*, Vol. 70 (1). pp. 44-57.

Références bibliographiques

- ETTL, (1978).**Xanthophyceae. Ed. Subwasserflora Von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- ETTL H, (1983).**Chlorophyta 1 phytonadina.éd. Subwasserflora Von Mitteleuropa. Gustav Fish.
- ETTL H. et GARTNER. (1988).** Chlorophyta 2 Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.
- EMBERGER L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. Science Montpellier 7, 7-34p.
- FALKOWSKI, (1994).** The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis Research*, 39(3), 235-258.
- FAO, (1984).** « Food and agriculture organization » : l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FRONTIER S. (1969).** Méthodes d'analyses statistiques applicables à l'écologie du plancton. Doc. Sci-Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be. 7. Multigr. 45p.
- FRONTIER S. (1976).** Utilisation des diagrammes rang fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, I, vol. 3, 35-48 p.
- FRONTIER S et ETIENNE, (1990).** Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes Rangs Fréquences : modélisation, variabilité d'échantillonnage. *Biométrie et océanographie*, 10 Actes de colloques, IFREMER : 145-177p.
- FRONTIER S. et PICHOD-VIALE D., (1993).** Dynamique des populations. Ecosystème, structure, fonctionnement et évolution, 2eme éd. Masson, coll. d'écologie. 447p.
- FQIH., BERRADA D., BERRADE F., BENZEKRI A., BRY E., (2000).** Evolution saisonnière des peuplements phytoplanktoniques dans le lac-réservoir EL Kansera (Maroc), en relation avec certains paramètres abiotiques et biotiques. *Hydroecol. Appl.* (2000). Tome 12 Vol. p1-2.
- GAUJOUS, (1995).** La pollution des milieux aquatique, aide mémoire 2ème Edition Paris ; p217.

Références bibliographiques

- GERMAIN, (1981).** Flore des diatomées. Eaux douce et saumâtres Paris. pp.1-444.
- GOLTERMAN H.L. (1975). Physiological limnology, an approach to the physiology of Lake Ecosystems. Elsevier, Amsterdam. 489 p.
- GROGA, (2012).** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (cote d'Ivoire). Thèse de doctorat, institut national polytechnique de Toulouse (U. Toulouse). 244p.
- ILTIS, (1966).** Les algues d'eau douce initiation à la systématique. Tome1 : les algues vertes, Edition N. Boubée et Cie3. Place Saint-André-Des-ART, part, PARIS-6e .Pb. 9-10.
- JAQUET S., DOMAISON I., MASQUELIER S., LEPERE C., GUILLOU L., CHAMBOUVET A., DEBROAS D., SIME-NGANDO T. (2011).** Courrier de l'environnement de l'INRA n° 60 , mai 2011, virus , bactéries , et protistes pathogène du phytoplancton du phytoplancton le rôle insoupçonné des parasites des le fonctionnement des écosystèmes aquatiques , INRA ;UMR 42 , Centre alpin de recherches sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques(CARRTEL), Station d'hydrobiologie lacustre, 74203 Thonon-les-Bains cedex 2 station biologique de Roscoff , UMR7144 et UPMC, place Georges Tessier, 29282Roscoff cedex 3 université Blaise Pascal , CNRS, UMR 6023, Microorganismes : génome et environnement , 63177 Aubière cedex, page 38-40.
- LACAZE, (1996).** Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes manifestation, conséquence et moyens de lutte. Edition Ellipse. 191p.
- LACHEVANNE J., (1980).** Les manifestations de l'eutrophisation des eaux dans un grand lac profond de Léman, département de biologie végétale. Université de Genève. 151p.
- LACOSTE A. et SALANON R. (2001).** Eléments de biogéographie et d'écologie. 2eme édition Nathan Université. 300p.
- LEVEQUE C., (1996).** Ecosystèmes aquatiques. Edition IRD.159P.
- LEVEQUE C., (2001).** Ecologie de l'écosystème à la biosphère. Edition IRD. 159p.
- LAMPERT et WINFRIED, (2007).** Limnologie : The Ecology of lakes and streams.
- LAZEREG, (1983).** Etude des changements de la végétation à l'embouchure de l'oued Réghaia. Thèse ingénieur INA. El-Harrach 84p.

Références bibliographiques

MAHIEDDINE F. (2017). Etude comparative de la répartition du phytoplancton en fonction du degré de pollution dans le lac de Réghaia (wilaya d'Alger) et le barrage de Ghrib (wilaya d'Ain Defla). Mémoire de Master. 105p.

MEZOUAR S., RACHDI L. (2010). Evolution spatio-temporelle des CLADOCERES du lac de Réghaia. Mémoire d'Ingénieur. 79p.

MOLLO P. et NOURY A., (2013). Manuel du plancton C.L.Mayer. paris.21.23-32 p.

MULHAUSER B. et MONNIERS G. (1995). Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe, Edition Delachaux et Niestle.p335.

MUTTIN, (1977). La Mitidja de colonisation et espace géologique. OPU, Alger, 30p.

NISBET., VERNEAUX. (1970). Composants chimiques des eaux courantes, discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Anale de limnologie 1,6 Fasc., pp 161-190.

OCDE, (1982). Eutrophisation des eaux : méthode de surveillance, d'évaluation et de lutte.

Organisation de coopération et de Développement Economiques. Paris.

O.N.M (2018). Office National de la Météorologie.

OTT et D-W. et OLDHAM-OTT, C-K, (2003).Eustigmatophyte, Raphidophyteand tribophyteAlgae. Dans: Freshwater Algae of North America. Ecology and classification. Wehr, J-D. etSheth, R-G. éd. AcademicPress. Paris. Rosowski.

PESSON, (1978). La pollution des eaux continentales, Edition GAUTHIER VILLARS Paris. p285.

PRESCOTT L.M., MARLEY J.P. et KLEIN D.A., (1995). Microbiologie. 1ere éd. Bruxelles. Rapport AEE n°4. (2006). Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen Luxembourg. 11-20 pp.

PRESCOTT L., K LIEN D. et HRLE Y.J. (2003). Microbiologie. 2eme édition française. I 136p.

RACHIQ S., (2003). Structure et fonctionnement du peuplement phytoplanctoniques et capacités phagotrophes des micro-algues dans les réservoirs ALLAL El Fassi (Maroc).

Références bibliographiques

REYNOLDS, R-W et SMITH, T-M(1998). A high-Resolution Global Sea surface temperature climatology for the 1961-90 Base period. *J. Climate*, PP 3320-3323.

REYNOLDS, (2006). Ecology of phytoplankton. Cambridge University Press.

Rodier J. (1984). L'analyse de l'eau-eaux naturelles, eaux résiduaires. Eaux de mer. 7eme édition Dunod.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L. (1996). L'analyse des eaux : eau naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8ème édition. Dunod, Paris. 1383p.

RODEIR J., BAZIN C., BROUTIN J-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. *Éd N°8. Dunod. Paris.*

RODIER J., BERNARD L., NICOLE MERLET et COLL, (2009). Analyse de l'eau 9eme édition, p790.

ROLLAND A. (2009). Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir MARNE (bassin versant de la Seine).

ROSOWSKI, (2003). Photosynthetic Euglenoids, Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. éd. Academic Press. Paris.

ROUND (F.E) 1965. The biology of the algae .EDWARD ARNOLD, LONDON, 269P.

SANE, (2006). Contrôle environnemental de la production primaire du lac Guiers au nord du Sénégal. Thèse de doctorat de 3eme cycle. 180p.

SAYOUD S. (2017). Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du lac de Réghaia par Indice Diatomique Générique- IDG. Mémoire de Master. 55p.

STRICKLAND T. C., et J.W. FITZGERALD, (1983). Mineralization of sulphur in sulphoquinovose by forested soils. *Soil Biol. Biochem.* 15 : 347-349.

TRINTIGNAC P. (2004). Impacts des étangs à la gestion piscicole sur l'environnement.

UICN : Union nationale pour la conservation de la nature.

Références bibliographiques

UTERMOLH, (1958). Zur Verollkommung der quantitaven phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Verein. Limnol., 9. pp. 1-38.

VERLAQUE, (1977). Etude du peuplement phytobenthique au voisinage de la centrale thermique de Martique-ponteau sur le Macrophyt benthos Golf de Fos. Fr. Méditer. Thèse de 3ème cycle. Unive. Aix-Marseille. Fr. 172p.

WETZEL, (2001). Limnologie. Lake and Rive Ecosystèmes. éd N° 3. Academic Press. London.

ZETCHI M. (2016). Contribution à l'évaluation du degré de pollution des eaux du lac de Réghaia et propositions des procédés de traitement des eaux usées. Mémoire d'ingénieur. 94p

ZIDOUR F., (2001). Etude physico-chimique, bactériologique et phytoplanctonique des eaux brutes du lac de barrage de Keddara (W. Boumerdes). Mémoire de Master. 97p.

Références bibliographiques
