

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRE**



## **Mémoire de fin d'étude**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en**  
**SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**OPTION**

**EAU, ENVIRONNEMENT ET SANTE PUBLIQUE PAR**

**MAHIDDINE Fatima Zohra**

**Thème**

**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)**

**Soutenu le 21 septembre 2017, Devant le jury composé de:**

<b>Mr. Grandi M.</b>	<b>M.A.A, USDB 1</b>	<b>Président</b>
<b>Mme. FAIDI H.</b>	<b>M.A.A, USDB 1</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme. EL HAOUATI H.</b>	<b>M.R.B, CNRDPA</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mr. KAIS .H</b>	<b>M.A.B, USDB1</b>	<b>Co-promoteur</b>

**Année universitaire 2016- 2017**

## RESUME

Cette étude porte sur deux écosystèmes aquatiques différents, le lac de Réghaia (wilaya d'Alger) et le barrage de Ghrib (wilaya d'Ain Defla). Elle vise à identifier les facteurs susceptibles de provoquer et/ou de contrôler le développement des espèces phytoplanctoniques.

Le phytoplancton a été échantillonné au cours de cinq mois (du mois de Janvier au mois de Mai 2017) dans 6 six stations représentatives de chaque site.

Nous avons pu effectuer 14 paramètres physico-chimiques (température, oxygène dissous, conductivité électrique, salinité, potentiel Hydrogène, transparence, matière en suspension, azote ammoniacal, nitrites, phosphates, magnésium, calcium, bicarbonates et chlorure), avec 5 analyses Bactériologiques (Coliforme Fécaux, Coliforme totaux, E. coli, Streptocoque et les Salmonelles). En plus de ces paramètres, une étude approfondie a été effectuée sur le peuplement phytoplanctonique existant dans les deux lacs.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du lac de Réghaia sont classées comme des eaux polluées et elles sont localisées dans l'état trophique « Hyper-eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que les genres les plus abondants, dans ce dernier site, sont *Clostridium actum* et *Euglena sp.*

Par ailleurs, les eaux du barrage de Ghrib, sont classées comme des eaux de qualité moyenne à bonne et se trouvent dans l'état trophique « Mésotrophe ». Le genre le plus abondant durant toute la période d'étude est *Anabaena*.

**Mots clés :** comparaison, phytoplancton, lac de barrage, niveau trophique.

## ABSTRACT

This study focuses on two different aquatic ecosystems, Réghaia lake (Algiers wilaya) and Ghrib dam (Ain Defla wilaya). It aims to identify the factors that can cause and / or control the development of phytoplankton species.

Phytoplankton were sampled in five months (from January to May 2017) in six representative stations at each site.

We were able to perform 14 physicochemical parameters (temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, salinity, hydrogen potential, transparency, suspended matter, ammoniacal nitrogen, nitrites, phosphates, magnesium, calcium, bicarbonates and chloride), with 5 bacteriological analyzes ( Coliform Fecal, Total Coliform, E. coli, Streptococcus and Salmonella). In addition to these parameters, an in-depth study was carried out on the phytoplankton population existing in the two lakes.

The results of the abiotic parameters show that the waters of Réghaia Lake are classified as polluted waters and are located in the trophic state "Hyper-eutrophic". The phytoplankton study shows that the most abundant genera in the latter site are *Clostridium actum* and *Euglena* sp.

In addition, the waters of the Ghrib dam are classified as medium to good water and are in the trophic state "Mesotrophic". The most abundant genus throughout the study period is *Anabaena*.

Key words: comparison, phytoplankton, barrier lake, trophic level.

## ملخص

تركز هذه الدراسة على اثنين من النظم الإيكولوجية المختلفة المائية، بحيرة رغاية (ولاية الجزائر) و سد غريب (عين الدفلى) و اللتي تهدف الى تحديد العوامل التي يمكن أن تسبب أو تسيطر على تطور أنواع العوالق النباتية. وبذلك فقد تم أخذ عينات من العوالق النباتية في خمسة أشهر (من يناير إلى مايو 2017) في ست محطات تمثيلية في كل موقع ولقد كان بمقدورنا تحليل 14 معلمة (فيزيائية و كيميائية) (درجة الحرارة، الأوكسجين، والموصلية، والملوحة، وإمكانات الهيدروجين، والشفافية، والمواد العالقة والنيتروجين نشادريه، النتريت والفوسفات والمغنيسيوم والكالسيوم والنيتروجين والبيكربونات وكلوريد)، مع 5 تحاليل للبكتريولوجية (الكوليفورم البراز، مجموع القولون، القولونية، العقدية والسالمونيلا). وبالإضافة إلى هذه البارامترات، أجريت دراسة متعمقة على سكان العوالق النباتية الموجودة في كل من البحيرات.

وتظهر النتائج من المعلومات غير الحيوية التي تصنف مياه بحيرة رغاية من مياه ملوثة ويوجدون في وضع غذائي "فرط غني بالنباتات المائية". وتشير الدراسة إلى أن العوالق النباتية أجناس الأكثر وفرة في هذا الموقع الأخير ه

*Clostridium actum* , *Euglena* sp.

وعلاوة على غريب تصنف على انها مياه متوسطة الجوده و توجد في وضع غذائي للعوالق النباتية "Mesotrophic"، أكثر الأنواع وفرة طوال فترة الدراسة هو أنابينا

الكلمات المفتاحية: المقارنة، العوالق النباتية، بحيرة الحاجز، المستوى الغذائي

## **Dédicaces**

Je dédie ce travail aux 2 personnes les plus chère à mon cœur, mes parents, sans qui je ne serai ce que je suis aujourd'hui, je ne vous remercierais jamais assez, pour votre confiance, présence, grande patience et surtout pour votre amour, que Allh vous garde pour moi.

A la Famille Benalia et Mahiddine

A mes sœurs Sarah, Meriem

A ma tante Zina

Au groupe scientifique des énergies renouvelables HELIOS

A mes amies Nahla et Amina , Laila et Wahiba , Moh Web et chamcham

A monsieur Dr Domaz de Département Energie renouvelables

Et bien sûr à toute la promo 2016 d'Eau, Environnement et Santé publique, dont on parlera et s'en souviendra pour un bon moment.

## **Remerciements**

Je tiens à cette occasion à exprimer ma profonde reconnaissance à ma promotrice Mme EL-HAOUATI Habiba qui m'a guidé tout le long de mon stage, encouragé et qui n'a ménagé aucun effort pour mettre disposition tous les éléments nécessaire à la réalisation de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr GRANDI de m'avoir fait l'honneur de présider le jury, à Mme FAIDI H. d'avoir accepté d'examiner mon travail et d'apporter ses critiques tant constructives.

Mes remerciement aussi au co-promoteur KAIS Hichem, ainsi que Mme ITCHIR Rachida et Mr GUECHAOUI Merzak (Chercheurs au CNRDPA) qui m'ont accompagné sur terrain.

Mon remerciement aussi à Mlle Amina Hadouni, Ingénieur au laboratoire d'écosystème aquatique du CNRDPA.

Mes spéciaux remerciements à ma famille, pour leurs soutiens.

## SOMMAIRE

Table des Figures

Table des Tableaux

Introduction ..... 01

### **Chapitre I : Généralité sur le phytoplancton**

I.1. Caractéristiques générales du phytoplancton..... 02

I-2- Importance du phytoplancton..... 03

I.3. Place du phytoplancton dans le réseau trophique..... 03

I .4. Les grands groupes d'Algues d'eau douce ..... 04

I.4.1- Les Chlorophytes..... 04

.4.2- Les Chromophytes..... 05

I.3.3- Les Euglénophytes..... 06

I.3.4- Les Cyanophytes ..... 07

### **Chapitre II : Présentation des sites d'étude**

II.1-Historique des sites:..... 09

II.2-Situation géographique:..... 09

II. 3- Géologie des sites:..... 10

II.4-Réseaux hydrographique:..... 11

II. 5- Les données morfo-métriques :.....	13
II.6-Climatologie:.....	14
II.6.1- Les précipitations :.....	14
II.6.2- La température :.....	15
II.6.3- Le vent :.....	16
II.6.4- L'humidité :.....	16
II.6.5- Synthèses Climatiques.....	17
II.6.5.1-Diagramme Ombrothermique.....	17
II.6.5.2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER .....	18

### **Chapitre III: Matériel et Méthodes**

III.1-Présentation des campagnes de prélèvement .....	20
III.2- Présentation des Points de Prélèvements.....	20
III.3- Principe de Prélèvements et les éléments à analyser .....	20
III.3.1-Prélèvement de l'eau .....	24
III.3.2-Conservation et analyse de l'échantillon d'eau.....	24
III.4-Microbiologie de l'eau : .....	25
III.4.1- Dénombrement des coliformes totaux, fécaux et <i>Escherichia coli</i> .....	25
III.5-Etude du phytoplancton.....	25
III.5.1- Echantillonnage du phytoplancton.....	25
III.5.2-Conservation des échantillons.....	25
III.5.3-Préparation de l'échantillon .....	25

III.5.4-Identification et comptages des paramètres biologiques .....	26
III.5.5-Organisation et structure du peuplement .....	26
III.5.5.1-La richesse spécifique .....	26
III.5.5.2- La densité des espèces .....	26
III.5.5.3- L'abondance ou la fréquence relative.....	26
III.5.5.4- Etude de l'évolution spatio-temporelle de la diversité spécifique.....	27
III.5.5.5- Diagramme de Frontier (Diagramme rang fréquence) .....	28

## **Chapitre IV : Résultats et Discussion**

IV.1- Interprétation de la Physico-Chimie de l'eau.....	29
IV.1.1- La température .....	29
IV.1.2- Potentiel d'hydrogène .....	30
IV.1.3- Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et la salinité (PSU) :.....	31
IV.1.4- Transparence.....	32
IV.1.5. Matière en suspension (M.E.S).....	33
IV.1.6- Oxygène dissous.....	34
IV.1.7- Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) .....	35
IV.1.8 Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) .....	36
IV.1.9-Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) .....	36
IV.1.10- Bicarbonates .....	37
IV.1.11- Sels nutritifs .....	38

IV.1.11.1- Nitrites NO <sub>2</sub> .....	38
IV.1.11.2- Azote ammoniacal NH <sub>4</sub> .....	40
IV.1.11.3-Phosphates.....	39
IV.2.3.: Synthèse sur la qualité physico-chimique .....	42
IV.2- Evaluation de l'état trophique .....	42
IV.3. Paramètres microbiologiques .....	42
IV.3.1.1 Coliformes totaux .....	42
IV.3.1.1 Coliformes fécaux.....	43
IV.3.1.2 <i>Escherichia coli</i> .....	45
IV. 3.2- Entérocoques .....	46
IV.3.3- Salmonelles .....	47
IV.4-Etude du peuplement phytoplanctonique .....	48
IV.4.1-Etude quantitative du peuplement .....	48
IV.4.2-Composition taxonomique du phytoplancton .....	48
IV.4.2.1-Variation spatio-temporelle du peuplement algal .....	48
IV.4.3. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique .....	52
IV.4.3.2.1. L'indice de Shannon (H') et l'Equitabilité (E).....	55
IV.4.4Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rng fréquence).....	58

## Tables des Figures

Fig. 01 : Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique (rectangle en pointillés) et les variables externes.....	02
Fig. 02 : Le barrage de Ghrib en 1942.....	09
Fig. 03 : Le lac de Réghaia en 1972.....	09
Fig. 04: Situation géographique du lac de Réghaia (Wilaya Alger)et du Barrage de Ghrib (Wilaya Ain Defla).....	10
Fig. 05:Utilisation des eaux du barrage pour l'alimentation en eau de la wilaya de Médéa.....	11
Fig. 06 : Vanne pour l'irrigation Barrage.....	12
Fig.07 : L'aval de oued El Biar.....	12
Fig. 08 : Une pompe verticale pour l'irrigation .....	12
Fig. 09 : Rejet de la station d'épuration dans le lac.....	12
Fig10:Carte du réseau hydrographique de la région de Réghaia.....	13
Fig 11:Carte du réseau hydrographique de barrage Ghrib.....	13
Fig. 12: La variation moyenne mensuelle de la Précipitation régions de Ain Defla et Alger(Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).....	15
Fig.13 : La variation La variation moyenne mensuelle de la Température des régions de Ain Defla et Alger(Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).....	15
Fig. 14: La variation moyenne mensuelle de la vitesse du vent des régions de Ain Defla et Alger(Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).....	16
Fig. 15: La variation moyenne mensuelle du taux d'humidité des régions de Ain Defla et Alger(Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).....	17

Fig 16 : Diagramme Ombrothermique du barrage Ghrib (2005-2015).....	18
Fig17 : Diagramme Ombrothermique du Lac de Réghaia (2005-2015).....	18
Fig. 1: Localisation des sites d'étude sur le climagramme d'Emberger pour la période (2005-2015).....	19
Fig 19: Répartition des stations échantillonnées sur le lac de Réghaia (wilaya d'Alger) (Photo du Google 2017 modifié).....	22
Fig.20: Répartition des stations échantillonnées sur le Barrage de Ghrib (Wilaya de Ain Defla) (Photo du Google 2017 modifié).....	23
Fig. 21 :Variation mensuelle et spatiale de la température de l'eau dans le lac de Réghaia et le barrage de Ghrib (de janvier au mai 2017).....	29
Fig. 22 : Les roches du barrage de Ghrib.....	30
Fig. 23 : Variation mensuelle et spatiale de la pH dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghai.....	30
Fig. 25 : Variation mensuelle et spatiale de la Conductivité dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghai.....	32
Fig. 26 :Variation mensuelle de la salinité de l'eau dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia.....	32
Fig 27 : Barrage Ghrib mois d'Avril mesure transparence.....	32
Fig28 :Lac Réghaia mois Mai près de station D(Photo original).....	32
Fig. 29: Variation mensuelle et spatiale du Transparence de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	33
Fig. 30: Variation mensuelle et spatiale des MES de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	33
Fig. 31 : une couche grasse en surface de lac station D (Photo original) .....	34

Fig. 32. : variation mensuelle et spatiale d'oxygène de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	34
Fig. 33 : variation mensuelle et spatiale du Calcium de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	35
Fig. 34: variation mensuelle et spatiale du Magnésium de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	36
Fig.35 : variation mensuelle et spatiale du Chlorure de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia....	37
Fig. 36 : variation mensuelle et spatiale du Bicarbonate de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	38
Fig. 37 : variation mensuelle et spatiale du Nitrite de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	38
Fig. 38 : variation mensuelle et spatiale du Phosphore de Barrage Ghrib et Lac de Réghaia.....	39
Fig. 40 : La digue du Barrage Ghrib.....	42
Fig. 41: Variation mensuelle et spatiale des coliformes totaux de Barrege de Ghrib et en fonction des stations étudiées.....	43
Fig. 42: Variation mensuelle et spatiale des coliformes Fécaux de Barrage Ghrib et en fonction des stations étudiées.....	43
Fig. 43 : Variation mensuelle et spatiale des coliformes Fécaux de Barrage Ghrib et en fonction des stations étudiées.....	44
Fig.44 : Variation mensuelle et spatiale des coliformes Fécaux de Lac de Réghaia et en fonction des stations étudiées.....	44
Fig.45 : Variation mensuelle et spatiale des E-coli de Barrage Ghrib et en fonction des stations étudiées .....	45

Fig.46 : Variation mensuelle et spatiale des E-coli de Lac de Réghaia et en fonction des stations étudiées.....	45
Fig.46: Barrage Ghrib le mois d'Avril photo original....	46
Fig.48 : Variation mensuelle et spatiale des Streptococ de Barrage Ghrib et en fonction des stations étudiées.....	46
Fig.49 : Variation mensuelle et spatiale des streptocoque de lac de Réghaia.....	47
Fig 50: Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le lac de Réghaia.....	49
Fig 51 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib.....	51
Fig. 52 : Variation mensuelle et spatiale des abondance des phytoplanctoniques au lac Réghaia.....	53
Fig. 53 : Variation mensuelle et spatiale des densités des phytoplanctoniques au lac Réghaia.....	53
Fig.53 : Variation mensuelle et spatiale des densités des groupes phytoplanctoniques de Barrage Ghrib.....	54
Fig. 55 : Variation mensuelle et spatiale des abondances des phytoplanctoniques au Barrage Ghrib.....	55
Fig 56 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de shanon (H') de Lac Réghaia.....	55
Fig 57 : Variation del'indice de Shanon (H') et d'équitabilité (R) de Lac Réghaia...	56
Fig 58 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de shanon (H') de Barrage Ghrib.....	57
Fig.59 : Variation mensuelle de l'indice de shannon (H') et d'équitabilité (R) de Barrage Ghrib.....	57

Fig.60 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Réghaia..... 58

Fig.61 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Réghaia..... 58

## Listes des Tableaux

Tableau I : Données morpho-métriques du barrage de Ghrib (ANBT, 2017).....	13
Tableau II: Données morpho-métriques du lac de Réghaia(El-Haouati,2015).....	14
Tableau III :Calendrier des prélèvements.....	20
Tableau IV :Présentation des stations d'échantillonnage dans les deux systèmes lacustres.....	21
-Tableau V : les mesures de paramètres physico-chimiques, microbiologiques et phytoplanktoniques.....	42
Tableau VI : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles (SEQ-Eau).....	41
TableauVII: Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanktonique trouvées au niveau des deux barrages.....	57

## Liste d'abréviation

Fig : Figure

$\text{NO}_2^3$  : Nitrite

Tm : température

COD : carbone organique dissout

Cl : chlorure

$\text{Ca}^+$  : calcium

Mg : magnésium

MES : matière en suspension

NPP : nombre le plus probable

UFC : Unité Forme Colonie

$\text{HCO}_3$  : bicarbonate

OCDE : Organisation de coopération et de Développement économique

ARNA : agence de ressource national hydraulique

RDF : Diagramme Rang fréquence.

PS : Période Sèche

# **Introduction**

## INTRODUCTION

Dans l'histoire de l'humanité les barrages sont les moyens appropriés pour assurer une réserve en eau. A l'heure du réchauffement climatique planétaire en conséquence des gaz à effet de serre, la ressource hydrique devient un bien stratégique qui doit être préservé, conservé, utilisé et géré rationnellement. C'est une ressource épuisable sensible aux conditions du milieu, sujette aux diverses pollutions anthropiques : rejets urbains, agricoles ou industriels. La démographie importante au niveau des pays en développement, ainsi que l'aspiration à un niveau de vie supérieur, font que les besoins en eau domestique seront de plus en plus importants.

L'accroissement de la pollution suscite un intérêt pour ce qui détermine la productivité primaire des lacs, les égouts et le ruissellement ajoutent des nutriments aux lacs favorisant ainsi la prolifération du phytoplancton (**Campbell et Reece, 2004**). Ce dernier étant le premier maillon de la chaîne alimentaire entraîne par sa prolifération excessive le processus d'eutrophisation et de ce fait il peut être envisagé comme bio-indicateur idéal de la pollution hydrique (**Djelita, 2009**).

L'objectif de notre étude est de faire une comparaison entre la composition phytoplanctonique dans deux lacs de barrage situés au centre du pays, le barrage de Ghrib dans la wilaya de Ain Defla qui est classé comme un milieu mésotrophe et le lac de Réghaia dans la wilaya d'Alger qui se trouve dans une situation d'hyper-eutrophisation (**El-Haouati et al., 2015**) malgré qui est classé comme une zone humide d'importance internationale depuis 2003.

Pour mieux comprendre la répartition du phytoplancton en fonction du degré de pollution dans les sites choisis, une étude complémentaire des paramètres physico-chimiques et biologiques a été réalisée.

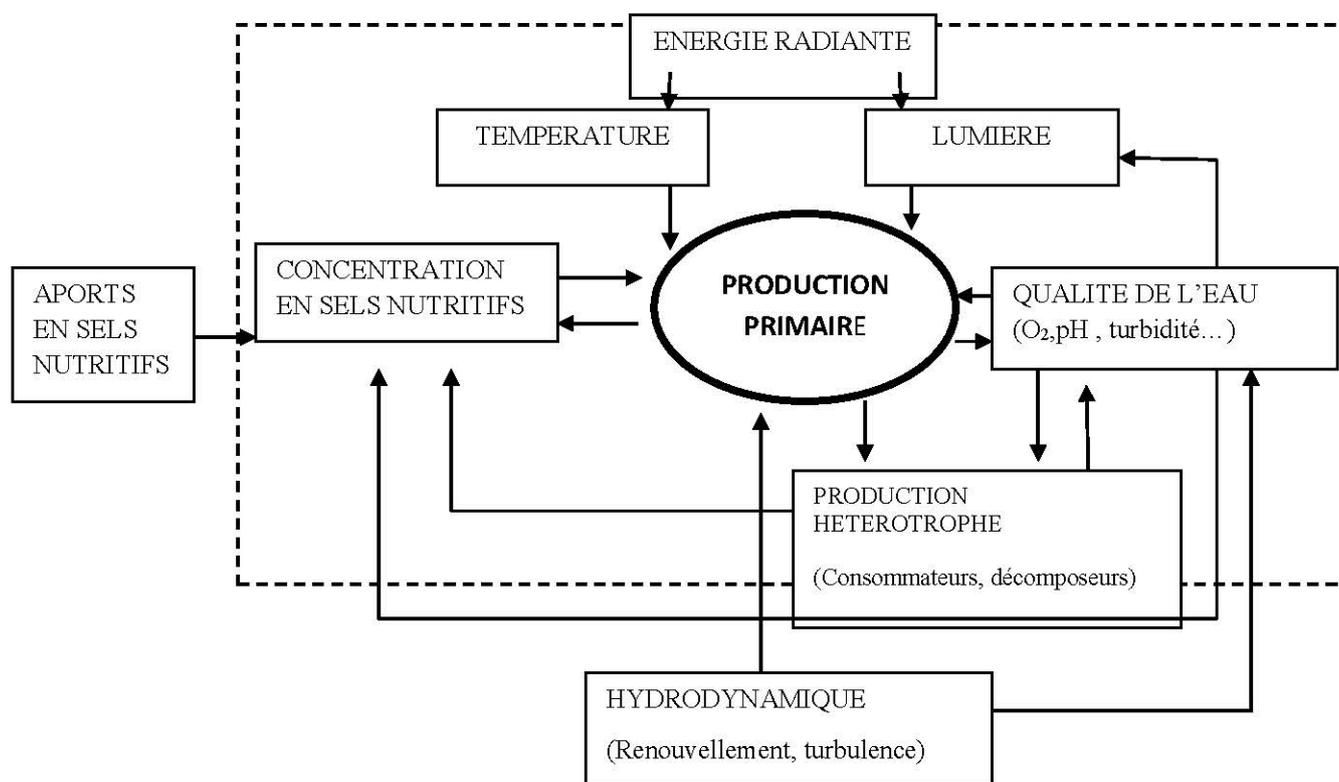
Notre travail comporte quatre chapitres: En premier chapitre, une synthèse bibliographique sur le monde micro algal dans les lacs. Le second chapitre est consacré à la présentation des milieux d'étude : historique, géologie et climatologie. En troisième chapitre, nous avons détaillé les différentes méthodes suivies et le matériel utilisé dans la réalisation de ce travail. Dans le dernier chapitre, une présentation des résultats recueillis au cours des cinq campagnes de prélèvement et dans les 12 points d'échantillonnage avec des discussions. Enfin, une conclusion générale.

 **Chapitre I: Généralités  
sur le phytoplancton**

## I. Généralités sur le phytoplancton

La production primaire des écosystèmes aquatiques est essentiellement attribuable aux communautés végétales : phytoplancton, périphyton et macrophytes. Le phytoplancton, ou le plancton végétal, désigne l'ensemble des algues pélagiques flottant librement au gré des déplacements des eaux (Pourriot *et al.*, 1982).

Les communautés phytoplanctonique peuplent des milieux stagnants ou courants à cours lent qui représentent une grande diversité de conditions chimiques et climatiques. Parallèlement, la nature et la densité du phytoplancton changent d'un plan d'eau à l'autre et au cours des saisons. Les mécanismes qui déterminent ces variations peuvent se schématiser de la façon suivante (Fig. 1) :



**Fig. 1** : Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique (rectangle en pointillés) et les variables externes (Pourriot *et al.*, 1982).

### I.1- Caractéristique générale du phytoplancton

Le phytoplancton est compris d'organismes végétaux (unicellulaires, filamenteux ou coloniaux) microscopiques en suspension dans la colonne d'eau. Toutes les algues renferment de la chlorophylle *a* qui, à l'exception des Cyanophycées, est localisée dans les chloroplastes. L'association des chlorophylles et de pigments auxiliaires caroténoïdes (carotènes et xanthophylles) et biliprotéines confère aux algues des couleurs différentes selon les groupes (Round, 1965).

L'ensemble des organismes végétaux généralement microscopiques vivant librement en plein eau, constitue le phytoplancton. On peut distinguer d'après la taille des algues présentes :

**L'ultranannoplancton de moins de 2  $\mu$**   
**Le nanoplancton de 2 à 20  $\mu$ ,**  
**Le microplancton de 20 à 200  $\mu$ ,**  
**Le macroplancton de 200 à 2000  $\mu$ .**

Plus simplement, on peut distinguer le plancton tamisé (ou netplankton pour les anglophones) pour les tailles supérieures à 20  $\mu$  par opposition avec le nanoplancton de taille inférieure. (Iltis, 1966).

## I.2- Importance du phytoplancton

Les microalgues participent à des processus clés comme la production d'oxygène 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 molécules diverses (Jacquet *et al.*, 2011)

Représentant seulement 1 à 2 % de la biomasse de la biosphère, ces organismes photosynthétiques aquatiques sont tout de même responsables de 45 % de l'activité photosynthétique sur Terre (Falkowski, 1994 ; Field *et al.*, 1998).

La biomasse phytoplanctonique et sa productivité, qui est liée à la rapidité des processus de croissance, de mortalité, de recyclage etc., 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)

## I.3- Place du phytoplancton dans le réseau trophique

Les organismes phytoplanctoniques sont à la base des chaînes trophique pélagiques et donc responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques. Lorsque certaines conditions sont favorables (températures élevées associées à des conditions météorologiques calmes, niveaux élevés d'éléments nutritifs d'origine anthropique ou naturelle), certaines espèces peuvent proliférer de manière significative (Reynolds *et Smith*, 1998).

Le phytoplancton constitue un très bon indicateur biologique de pollution des eaux. 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).

La poussée printanière résulte avant tout de l'augmentation de l'éclairement puisqu'elle débute à une époque où la température est encore basse. Elle est fréquemment le fait d'une seule espèce, souvent de Diatomée dont la croissance exponentielle (Lund, 1950 ; Pechlaner, 1970). Cette phase de croissance aboutit à la formation d'un maximum de biomasse plus ou moins prononcé et plus ou moins éphémère selon les quantités d'éléments nutritifs disponibles. Ainsi, dans les eaux eutrophes, la biomasse de phytoplancton reste élevée pendant tout l'été ; composée d'un microplancton à base Diatomées, de Chlorophycées et de Cyanophycées, elle est relativement peu exploitée par le zooplancton filtreur (Ngansouman., 2006).

#### I.4- Les grands groupes d'Algues d'eau douce :

Les Algues sont des organismes vivants possédant de la chlorophylle dans toutes leurs cellules et croissant dans le milieu aquatique ou dans un milieu très humide. A côté de nombreuses formes unicellulaires, solitaires ou coloniales, se rencontrent des algues pluricellulaires qui se distinguent aisément des autres végétaux cryptogames par leurs organisations relativement simples (thalle sans feuille, ni tiges, ni racines).

Présence de Chlorophylle, vie aquatique, absence de vaisseaux conducteurs, différenciation cellulaire peu poussée, sont les caractères fondamentaux des algues.

A l'heure actuelle, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées technologiques en biologie moléculaire (Iglesias-Rodriguez et al., 2006; Not et al., 2007; Saez et al., 2008). Quatre phylum avec huit principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs sont recensés dans les milieux aquatiques.

##### I.4.1- Les Chlorophytes

Ils forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994).

Toutefois, la plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (Bourrelly, 1972). Les cellules des Volvocales possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de 2, 4 ou 8 flagelles de même taille, un noyau et deux vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles. Les chloroplastes de la plupart des volvocales sont en forme de U et les chlorophylles a et b sont les pigments majeurs (Ettl, 1983). Les Chlorococcales sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de formes filamenteuses (Ettl et Gärtner, 1988). L'état végétatif est sous forme immobile et les flagelles sont absents au stade adulte. On distingue comme précédemment un noyau par cellule et les mêmes pigments majeurs (Bourrelly, 1972). Pour assurer leur reproduction, les Volvocales et les Chlorococcales forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère. On distingue 3 types de zoospores : celles avec membrane et deux fouets

égaux, celles sans membrane et à fouets égaux et celles sans membrane et à fouets légèrement inégaux mais de même structure (**Bourrelly, 1972**).

Dans les formes coloniales, chaque cellule de la colonie se divise par division végétative en  $n$  cellules formant  $2 \times n$  cellules filles. On retrouve également trois types de reproductions sexuées : isogamie (2 gamètes de même taille), anisogamie (gamète male plus petit que gamète femelle) et oogamie (gamète femelle non flagellé et gamète mâle flagellé) (**Nozaki, 2003**).

Globalement les Chlorophytes sont des micro-organismes typiquement thermophiles, photophiles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (**Sane, 2006**).

#### I.4.2- Les Chromophytes

Ils contiennent la chlorophylle « a » et « c ». Leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine selon le cas, toujours dans le cytoplasme. Trois principales classes composent ce phylum :

##### ➤ Les Bacillariophycées ou Diatomées

Engloberaient plus de 100000 espèces et on estime que seulement près de 15000 ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton même si beaucoup d'espèces sont sessiles ou associées aux substrats littoraux. Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée 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 qui ont une symétrie bilatérale.

Les valves des diatomées pennées présentent des parties de cellules plus épaisses et dilatées. Chez certaines espèces, une fente, nommée raphé, traverse une partie ou la cellule entière alors que chez d'autres espèces, on observe une dépression de la paroi cellulaire appelée pseudoraphé. Quatre groupes de diatomées pennées sont différenciés sur la base de ces structures : les Araphidées, les Raphidiodées, les Monoraphidées et les Biraphidées. La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (**Canter-Lund et Lund, 1995**).

##### ➤ Les Chrysophycées

Organismes essentiellement unicellulaires de couleur dorée, d'où leur nom (de khrosos, or en grec). Ce sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles « a ». (**Wetzel, 2001**). La plupart de ces cellules obtiennent leurs énergies par mixotrophie, c'est à dire qu'elles sont capables d'autotrophie et d'hétérotrophie. Dans le dernier cas, elles se nourrissent en consommant de la matière particulaire comme des bactéries ou des protistes (phagotrophie) ou bien en absorbant des molécules organiques

complexes (osmotrophie) (Sanders et al., 1990; Domaizon et al., 2003). Le nombre de flagelles est variable. La plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille. Beaucoup d'espèces appartenant à cette classe n'ont pas 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 zoosporulation. Les phénomènes sexuels, rarement signalés, sont de nature isogamique. En période de repos, la formation endogène de kystes siliceux, globuleux, percés d'un pore obstrué par un bouchon, est caractéristique des Chrysophycées. Ces micro-organismes sont en majorité dulçaquicoles libres ou fixés (De Reviers, 2003).

#### ➤ Les Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) 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 et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces.

Les Xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Ott et Oldham-Ott, 2003).

### I.3.3- Les Euglénophytes

Les Euglénophytes ou Eugléniens, du grec *Euglenos* c.a.d aux belles prunelles sont des algues unicellulaires flagellées rarement coloniales. Elles contiennent de la chlorophylle « a » et « b » et leurs réserves glucidiques sont constituées par le paramylon stocké dans le cytoplasme. Des gouttelettes lipidiques constituent des réserves supplémentaires. La classe des Euglénophycées est unique pour ce phylum, elle se réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (Rosowski, 2003). Bien que certaines euglènes sont non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. Ce sont des micro-organismes surtout dulçaquicoles (en particulier dans des milieux riches en matière organique). La multiplication s'effectue par division cellulaire (De Reviers, 2003).

### I.3.4- Les Cyanophytes

Les Cyanophytes se distinguent des autres phylum car ils regroupent les micro-organismes procaryotes. Cet embranchement est composé de la classe des Cyanophycées et regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. La plupart des Cyanophycées sphériques appartiennent à la famille des Chroococcaceae et les filamenteuses aux familles des Nostocaceae et Oscillatoriaceae (**Bourrelly, 1985**). Les cellules appartenant à cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée.

Les Cyanophycées (ou algues bleues) se distinguent des procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle « a » et de pigments accessoires (phycocyanine, phycoérythrine, caroténoïdes) (**Ganf et al., 1991; Schagerl et Donabaum, 2003; Colyer et al., 2005**). Certaines espèces possèdent des vacuoles gazeuses qui leur permettent de réguler leur position dans la colonne d'eau et de se maintenir à une profondeur où la température, la lumière et les éléments nutritifs sont favorables à leur développement. Un bon exemple de cette propriété physiologique est fourni avec l'espèce *Planktothrix rubescens* (**Schanz et al., 1997; Bright et Walsby 1999; Walsby et al., 2004; Walsby, 2005**).

D'autres Cyanophycées, également filamenteuses comme la précédente, possèdent deux types de cellules particulières : des hétérocystes et des akinètes. C'est par exemple le cas des genres *Anabaena* et *Nostoc* (**Fogg et al., 1973; Mur et al., 1999**). Les hétérocystes sont des cellules à membrane épaisse, à contenu cellulaire homogène et très clair, capables de fixer l'azote atmosphérique. Ces organismes sont donc avantagés en milieu limitant en azote assimilable. Les akinètes sont des spores durables et chargées de réserves qui, une fois détachées en conditions favorables, forment un nouveau filament (**Bourrelly 1985**).

Les Cyanophycées se divisent essentiellement par fission binaire ou division végétative, c'est à dire que la membrane cellulaire s'invagine et sépare la cellule mère en deux cellules filles isomorphiques. Généralement, cette division a lieu dans un, deux ou trois plans qui sont plus ou moins perpendiculaires les uns aux autres entre générations successives (**Komárek, 2003**).

La diversité de ce phylum a été moins étudiée en milieu marin que dans les milieux d'eau douce. Cette différence résulte de l'occurrence de fortes efflorescences de Cyanophytes en milieu d'eau douce et du fait que les espèces marines sont constituées de deux principaux genres unicellulaires de petite taille (*Synechococcus* et *Prochlorococcus*) plus difficilement étudiables. *Prochlorococcus*, découverte en 1988 (**Chisholm et al., 1988**), est le genre photosynthétique le plus abondant de la biosphère (**Partensky et al., 1999**). Elle contribue jusqu'à 84% de la fixation du CO<sub>2</sub> dans certaines eaux oligotrophes (**Groga, 2012**).

Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les cellules renferment de la chlorophylle «a» et des phycobiliprotéines. Les réserves sont constituées par le glycogène, la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (**De Reviers, 2003**). Certaines espèces ont

développées des moyens de défense contre le zooplancton, comme leurs associations en colonies ou leurs formes en filaments (**Lampert, 1987 ; Bouvy et al., 2001**).

Généralement, les Cyanophycées ont une préférence pour l'azote sous forme d'ammonium (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) alors que le nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) est la forme préférentielle des cellules eucaryotes du phytoplancton (**Blomqvist et al., 1994**).

**● Chapitre II:**  
**Présentation des sites d'étude**

## II. Présentation des sites d'étude

### II.1-Historique des sites:

➤ **Barrage de Ghrib** : achevé en 1935, avait à l'origine une capacité utile d'environ 250 millions de m<sup>3</sup> qui s'est réduite à environ 170 million de m<sup>3</sup> lors du dernier sondage dépouillé en 1964. La retenue atteindra de l'ordre de 110 millions de m<sup>3</sup> en 2000.

Il a une hauteur de 65 m au-dessus du lit de l'Oued Chelif. La crête de la digue est à la cote 435 m et le couronnement à une longueur d'environ 300 m. Il est du type « poids », construit en roches et mortier.

Le déversoir de crue a son seuil à la cote 427,5 m et permet d'évacuer 3250 m<sup>3</sup>/s à la cote 432,5 m.

Une usine hydro-électrique a été mise en service au pied du barrage en 1942 (Fig.02). Elle est équipée de deux groupes dont la cote de restitution est 373,2 m et elle produit en moyenne 12 GWh/an.



**Fig. 02** : Le barrage de Ghrib en 1942

➤ **Lac de Réghaia** : appelé aussi le marais de Réghaia, est passé par deux périodes :

- **Pendant la période coloniale** : Après plusieurs tentatives d'assèchement, qui ont été menées sur le lac par les colons. L'administration française a procédé en 1930 à la construction d'une digue en amont de l'embouchure de l'oued de Réghaia et l'installation d'une station de pompage pour irriguer les terres agricoles environnantes.

- **Après l'indépendance**

- ✓ **1970-1974** : Travaux de dévasement ; ainsi la construction d'un canal (Fig. 03).
- ✓ **1977-1978** : Série d'opérations de dragage
- ✓ **1983** : Création d'un centre cynégétique de Réghaia. Un établissement public à caractère administratif, ses activités correspondent à la production et le suivi d'espèces de gibiers.
- ✓ **1997** : Installation d'une station d'épuration en amont du lac qui traite mécaniquement les eaux usées avant leurs déversements dans le lac, avec une capacité journalière de 800 m<sup>3</sup> d'eau.
- ✓ **2003** : Classification du lac Réghaia sur la liste RAMSAR.

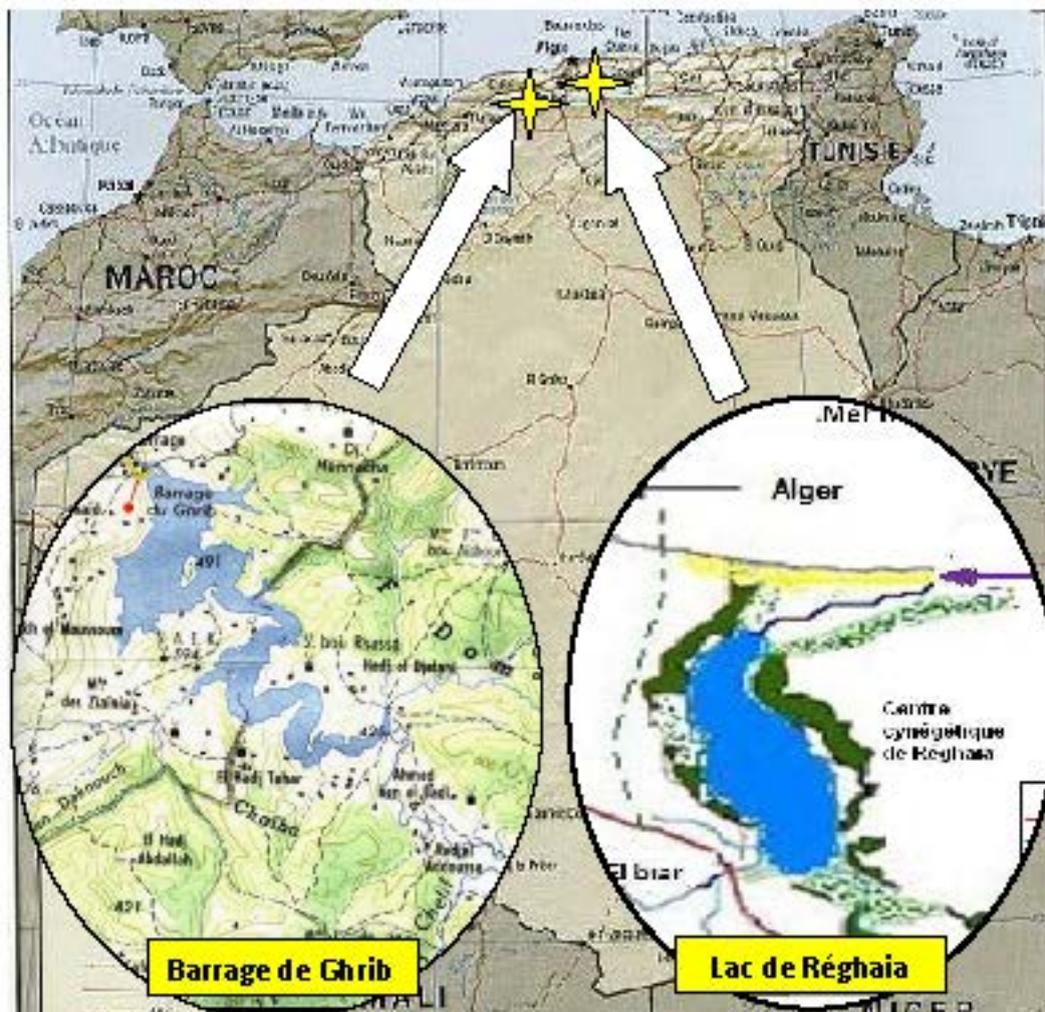


**Fig. 03** : Le lac de Réghaia en 1972

### II.2-Situation géographique:

➤ **Barrage de Ghrib**: (X = 36°07'47 24''N. Y = 2°35'53 13''E. Z = 413m) fait partie de la commune d'Oued Chorfa (Wilaya de Ain Defla). Il est situé à 30 km au Sud-Ouest de Médéa et à 150 km d'Alger, loin de 110 km en aval du barrage de Boughzoul qui sert de bassin de décantation à celui-ci (Fig. 04).

➤ **Le lac de Réghaia**: est situé entre les latitudes  $36^{\circ}45'$  et  $36^{\circ}48'$  Nord et les longitudes  $03^{\circ}19'$  et  $03^{\circ}21'$  Est. Il fait partie de la plaine de Mitidja, loin de 30 Km à l'Est d'Alger, au sud de la mer méditerranéenne et à moins de 10 mètres d'altitude (Fig.04). Il se trouve entre un maquis à l'Est, des terres agricoles à l'Ouest et un cordon dunaire au Nord.



**Fig. 04:** Situation géographique du lac de Réghaia (Wilaya Alger) et du Barrage de Ghrif (Wilaya Ain Defla) (photo google Earth modifiée)

### II. 3- Géologie des sites:

➤ **Barrage de Ghrif**: situé dans une région de terrains d'âge Helvétien, constitués par une alternance de grès et de marnes. Le pendage général qui est celui des plages de la mer Miocène est dirigé du Sud au Nord c'est-à-dire d'amont en aval en suivant le Chelif et atteint  $12^{\circ}$  environ. Il est donc défavorable pour l'établissement d'une butée aux poussées de l'eau.

L'épaisseur des divers bancs est très variable. C'est ainsi que certains horizons gréseux, dit grès supérieur, ont une puissance suffisante pour recevoir les ouvrages du barrage sur presque toute leur hauteur. Par contre, certains niveaux marneux d'une grande continuité,

n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, ce qui est néanmoins suffisant pour créer un niveau aquifère autonome.

L'étanchéité du réservoir aux abords du barrage est assurée par la marne supérieure, les grès moyens (cimenté sur une grande surface) et la marne inférieure dont l'épaisseur est assez importante. Quant à la cuvette elle-même, elle appartient en grande en grande partie, au Crétacé et comporte une prédominance de marnes et de schistes, donc de roches imperméables. Si le pendage général est Sud-nord, il existe certains plissements locaux de faible amplitude qui compliquent le problème des fondations (**Thévenin, 1958**).

➤ **Lac de Réghaia** : est situé dans une zones à une formation géologique qu'est un synclinal néogène de dépôts fins du miocène et du plio-quadernaire (**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 quadernaire 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 raison de la présence d'une épaisse couche de marne qui constitue son substratum ;
- L'alimentation du lac par la nappe aquifère du quadernaire à travers les sables grossiers. Le lac constitue le seul exutoire naturel de la nappe quadernaire 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.

#### II.4-Réseaux hydrographique:

L'hydrologie des systèmes lacustres dépend étroitement du climat local, des apports entre le bassin versant et le lac et enfin de la morphologie de la cuvette lacustre (**Pourriot et Meybeck, 1995**)

➤ **Barrage de GHRIB** : est implanté sur l'Oued Chelif à 20km au Sud-Ouest de la ville de Ain Defla et à 110 km en aval du barrage de Boughzoul qui sert come bassin de décantation à celui-ci.

L'oued Chelif est caractérisé par une grande variabilité intra et inter- annuelle des pluies (**Meddi et Meddi, 2005**). De ces différents caractères, il résulte un débit annuel moyen 86.5 millions de m<sup>3</sup>, soit un module de 2.74 m<sup>3</sup> et un module relatif de 0.12 litre seconde par km<sup>2</sup>, ce qui est particulièrement faible, par conséquent l'extrême irrégularité de son régime. C'est ainsi qu'en certaines années l'oued n'a pas donné plus de 40 hm<sup>3</sup> d'eau, alors qu'il en coulait plus de

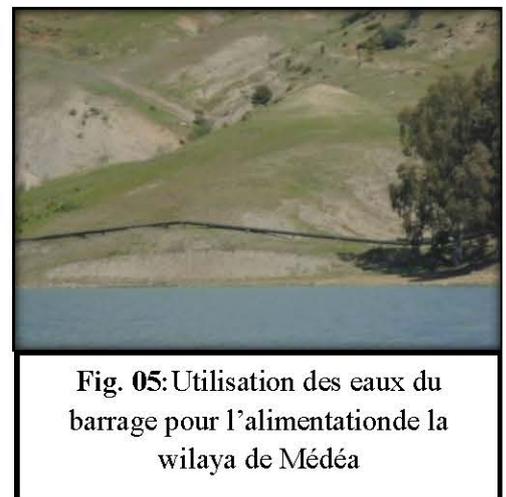


Fig. 05: Utilisation des eaux du barrage pour l'alimentation de la wilaya de Médéa

500 hm<sup>3</sup> dans une seule semaine du mois de janvier 1931. D'autre part les crues à redouter d'un tel bassin versant sont énormes et peuvent atteindre 15 000 m<sup>3</sup>/s. Il fallait donc tenir compte, en premier lieu, de l'irrégularité des apports en créant une réserve interannuelle et ensuite se préserver de l'effet des plus grosses crues admissibles par des dispositions appropriées des ouvrages (Thévenin, 1958).

La remise en eau du barrage a été faite en 1939 dont l'eau retenue est exploitée de plusieurs façons en l'occurrence : l'alimentation en eau potable des villes Médéa, Berrouaghia et Oued Chorfa. L'irrigation du périmètre Haut Chelif. Le transfert vers la retenue de Bouroumi pour le renforcement de l'AEP d'Alger (Fig. 05 et 06).



Fig. 06 : vanne pour l'irrigation  
Barrage (photo original)

➤ **Lac de REGHAIA** : Les précipitations et le ruissellement des eaux des nappes sont à l'origine de la formation du lac de Réghaia, ce dernier est alimenté par deux cours d'eau :

- **Oued Réghaia** : C'est le plus important, son bassin versant est d'une grandeur de 75km<sup>2</sup>, une longueur de 5500 m et une largeur de 10 m. Il est constitué par un territoire monticuleux et une plaine inclinée vers la mer, il est alimenté par deux affluents : Oued Gueusai et Oued Berrada.
- **Oued El Biar** : Son bassin versant est de 20 Km<sup>2</sup>, sa longueur est de 4075 m, avec 6 m de largeur. Il prend naissance aux environs de la zone industrielle Rouiba-Réghaia, et traverse les champs de la commune de Heraoua pour se déverser dans le lac (Fig. 07).



Fig. 07: L'aval d'oued El Biar

La côte actuelle du lac de Réghaia mesure 3m, avec une surface de 1,26 Km<sup>2</sup>, ce qui correspond à un volume de 3,3 hm<sup>3</sup> représentant la réserve possible en eau du lac. Le bassin versant côtier qui englobe l'ensemble de ces cours d'eau à une surface de 5910 Km<sup>2</sup> et un débit spécifique de 183 mm /an.

Le lac reçoit quotidiennement environ 80 000 m<sup>3</sup> d'eau transférée 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) (Fig. 08).



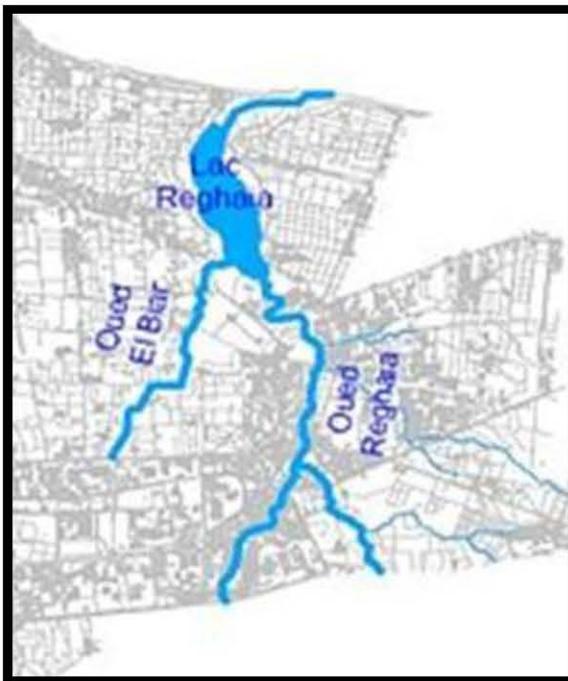
Fig. 08 : Une pompe verticale  
pour l'irrigation



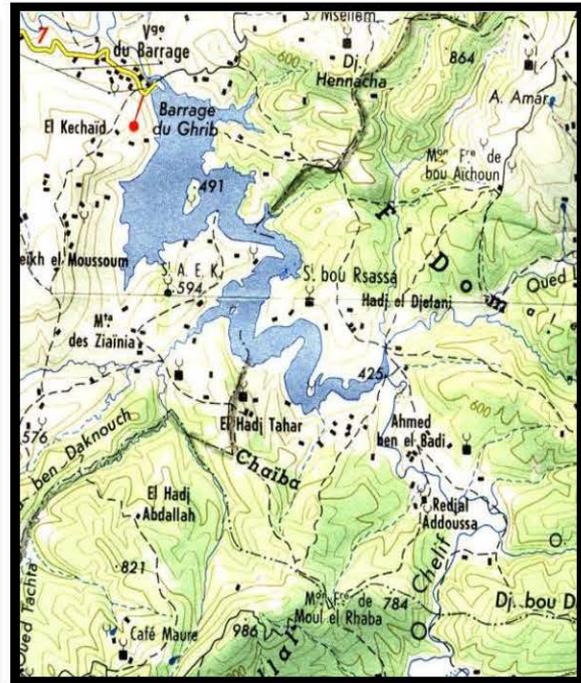
Fig. 09 : Rejet de la station  
d'épuration dans le lac

Le lac reçoit quotidiennement une quantité importante d'eaux d'origine industrielle (20 000 m<sup>3</sup>/J) et urbaine (7000 m<sup>3</sup>/J) (El-Haouati, 2015) (Fig. 09).

Depuis 1997, une station d'épuration est implantée en amont du lac pour assurer le traitement primaire des eaux usées domestiques et industrielles. Cette station est prévue pour le traitement de 8 million de mètres cubes en phase finale. (Fig. 09).



**Fig.10:** Carte du réseau hydrographique de la région de Réghaia. (El- Houati, 2009)



**Fig.11:** Carte du réseau hydrographique de barrage Ghibb. (Kedaid, 2011)

## II. 5- Les données morpho-métriques :

Les données morpho-métriques des deux sites étudiés sont résumées dans les tableaux ci-dessous (Tab I et II).

**Tableau I :** Données morpho-métriques du barrage de Ghibb (ANBT, 2017)

Caractéristique hydrologiques	
Oued	Chelif
Capacité initiale	280 hm <sup>3</sup>
Capacité dernier levé (2004)	115.30 hm <sup>3</sup>
Capacité après surélévation	185.32 hm <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	148,50 hm <sup>3</sup> /an
Envasement	3,20 hm <sup>3</sup> /an
Surface du bassin versant	23 300 Km <sup>2</sup>
Superficie de la retenue	851 ha
Type du barrage	Enrochement avec masque amont
Hauteur de la digue	105 m
Longueur de la digue	270 m

Destination	
Alimentation en Eau Potable des villes Medéa, Berrouaghuaia , et Oued Chorfa	Dotation annuelle en 2007 : 7,0 hm <sup>3</sup> /J
Irrigation du périmètre de Haut Chelif	Dotation annuelle pour la campagne d'irrigation en 2007 =22.0 hm <sup>3</sup>
Transfert vers la retenue de Bouroumi pour le renforcement de l'AEP d'Alger (SAA) pour un volume régularisé annuel de 105 millions de m <sup>3</sup> .	

Tableau II: Données morpho-métriques du lac de Réghaia (El-Haouati,2015).

Capacité à l'origine	4 millions m <sup>3</sup>
Superficie de la cuvette	80 ha ou 75 ha
Longueur de la retenue	1500 m
Largueur de la retenue	500 m
Hauteur de la digue	9 m
Destination	Le lac sert à l'irrigation de plus de 1500 ha de terrains agricoles dans les deux communes Réghaïa et Heraoua

## II.6-Climatologie:

Le climat est constitué par l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point donné sur la surface terrestre (**Paradis, 1979**). D'une année à l'autre les variations annuelles des précipitations ont une action certaine sur la vie aquatique et donc sur la richesse et la répartition de la flore algale (**Meterfi, 1984**).

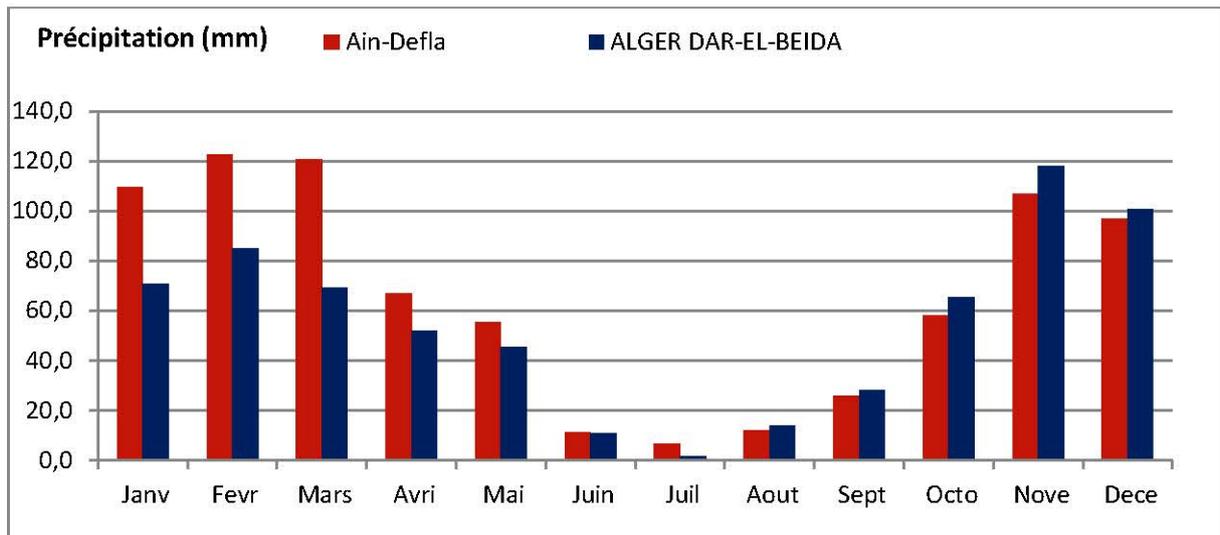
### II.6.1- Les précipitations :

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la réparation 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 moyennes mensuelles des précipitations enregistrées sur la période 2006 à 2015 pour les deux stations, Alger et Ain-Defla, sont représentées sur la figure 12.

L'analyse des moyennes mensuelles des vitesses du vent pour :

- La région de Ain-Defla montre un maximum de 122,8mm en Février et un minimum de 6,48 mm en Juillet.
- Par ailleurs, la région d'Alger enregistre un maximum de 118,2mm en Novembre et un minimum de 1,58mm Juillet.



**Fig. 12:** La variation moyenne mensuelle de la Précipitation régions de Ain-Defla et Alger(Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).

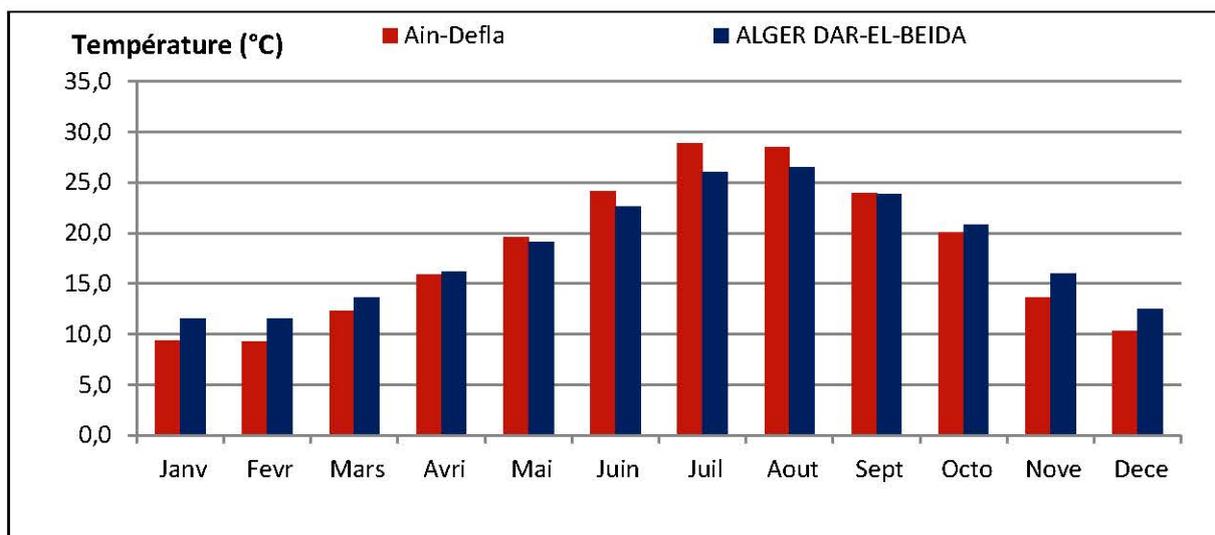
**II.6.2- La température :**

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

Les moyennes mensuelles de Température enregistrées sur la période 2006 à 2015 pour les deux stations, Alger et Ain-Defla, sont représentées sur la figure 13.

L'analyse des moyennes mensuelles des vitesses du vent pour :

- La région de Ain Defla montre un maximum de 28,8 °C en juillet et un minimum de 9,3°C en Décembre.
- Par ailleurs, la région d'Alger enregistre un maximum de 26,5 en Août et un minimum de 11,5°C en mois de Janvier et Février.



**Fig. 13:** La variation moyenne mensuelle de la Température régions de Ain Defla et Alger (Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).

### II.6.3- Le vent :

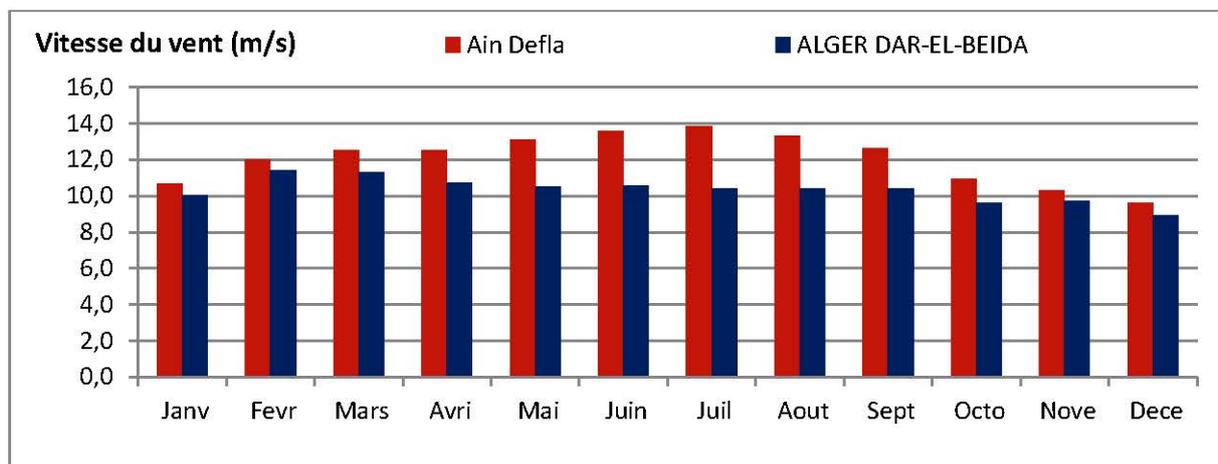
Le vent présente une action directe sur le couvert végétal comme il peut influencer sur le climat par sa charge en humidité. C'est un élément climatique défini par la vitesse et la direction. Il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité.

En principe le vent peut occasionner une distribution latérale hétérogène des matières dissoutes. Il chasse fréquemment les algues (El-Haouati, 2015).

Les moyennes mensuelles des vitesses du vent enregistrées sur la période 2006 à 2015 pour les deux stations, Alger et Ain Defla, sont représentées sur la figure 14.

L'analyse des moyennes mensuelles des vitesses du vent pour :

- La région de Ain Defla montre un maximum de 13.9 m/s en juillet et un minimum de 9.6 m/s en Décembre.
- Par ailleurs, la région d'Alger enregistre un maximum de 11,4 m/s en Mars et un minimum de 8,9 m/s en Décembre.



**Fig. 14:** La variation moyenne mensuelle de la vitesse du vent des régions de Ain Defla et Alger (Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).

### II.6.4- L'humidité :

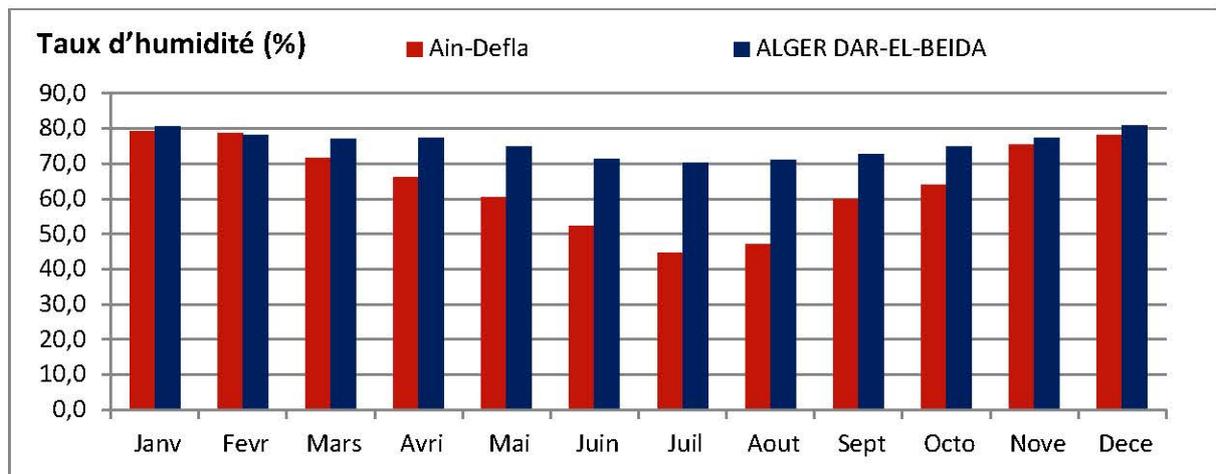
L'humidité est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. Cette vapeur d'eau provient de l'évaporation (des océans, des lacs, des rivières etc), de la sublimation des glaces et de la neige, de l'évaporation des précipitations et de l'évapotranspiration des animaux et des végétaux.

L'atmosphère contient toujours une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur d'eau. Mais, il est une quantité maximale de vapeur d'eau que l'air peut contenir. Dès que l'air atteint cette quantité, on dit qu'il est saturé. La concentration maximale de l'air en vapeur d'eau est fonction de la température.

L'analyse des moyennes mensuelles du taux d'humidité pour :

- La région de Ain-Defla indique un maximum de 79,2 % au mois de janvier et un minimum de 44,6 % en juillet.

- Par ailleurs, la région d'Alger marque un maximum de 80,9 % en décembre et un minimum de 70,3% au mois de juillet (Fig.15).



**Fig. 15:** La variation moyenne mensuelle du taux d'humidité des régions de Ain Defla et Alger (Dar-El Baida) pour la période 2005-2015 (O.N.M, 2017).

## II.6.5- Synthèses Climatiques

Les variables climatiques constituent un système complexe agissant d'une manière synthétique sur les interactions : production primaire– fonctionnement des lacs. Plusieurs formules et approches pratiques essaient de représenter cette action synthétique du climat par des indices et des méthodes graphiques.

### II.6.5.1-Diagramme Ombrothermique:

Ce mode de représentation permet de visualiser et de quantifier les périodes sèches et humides d'une région donnée. Il met en rapport les précipitations et les températures moyennes mensuelles, avec  $T = M + m / 2$ .

Sur le même graphique sont portés :

- En abscisse, les mois de l'année.
- En ordonnée, les températures (C°) et les précipitations (mm) de tel sort que l'échelle des températures est le double de celle des précipitations ( $P \leq 2T$ ).

La période sèche correspond à toute la partie pour laquelle la courbe thermique se trouve au-dessus de la courbe pluviométrique, et les deux zones extrêmes du graphe sont les périodes humides (Dajoz, 2000).

Afin, de mettre en évidence les périodes sèches et humides des deux régions (Alger et Ain Defla), nous avons traité les valeurs de précipitations et de températures qui s'étalent sur la période (2005-2015) (Fig.15 et 16).

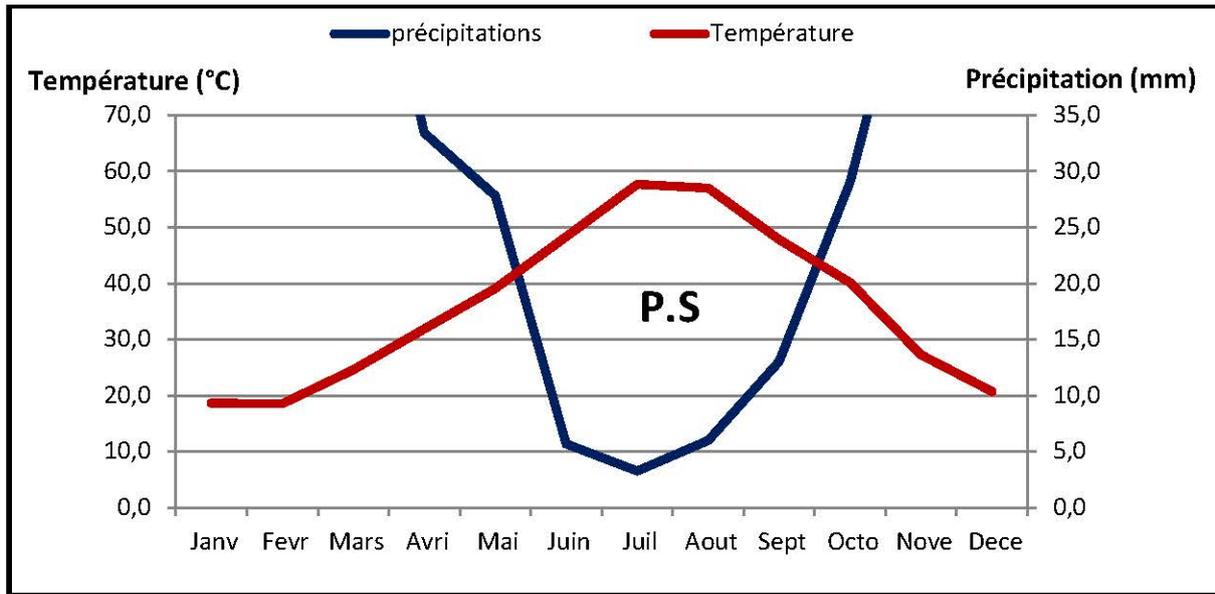


Fig. 16 : Diagramme Ombrothermique du barrage Ghrib (2005-2015).

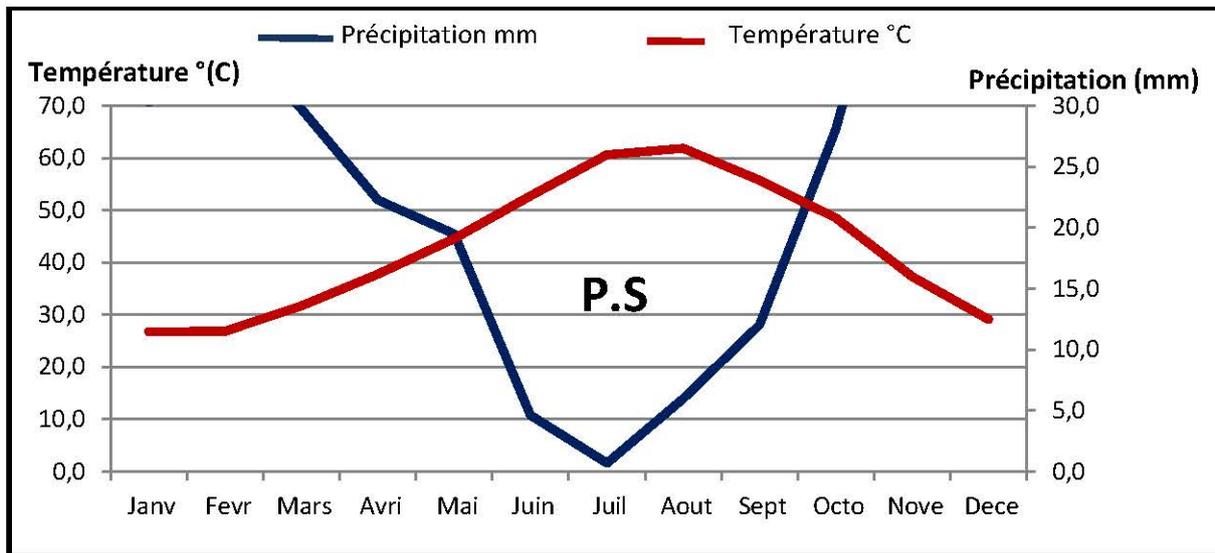


Fig. 17 : Diagramme Ombrothermique du Lac de Réghaia (2005-2015).

La période sèche, pour les deux régions étudiées, s'étale sur quatre mois et demi (du mi de mois de mai au mois de septembre).

**II.6.5.2-Quotient pluviométrique d'EMBERGER:**

En 1955, Emberger a proposé un quotient pluviométrique et un climagramme qui permet de séparer les différents étages bioclimatiques méditerranéens (humides, sub-humides, semi-arides, arides et sahariens) ainsi que les variantes de chaque étage (hiver doux, frais, froid ou chaud).

Il est défini par l'équation de Q<sub>2</sub> :

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M+m)(M-m)} \quad \text{(Dajoz, 2000)}$$

Avec : P : précipitation moyennes annuelle en mm

M : température moyenne maximale mensuelle en degré Kelvin.

m : température moyenne minimale mensuelle en degré Kelvin.

Ce quotient est très utile en écologie, en particulier pour l'étude de la préparation spatiale des espèces et des peuplements d'êtres vivants (Ramade, 1987).

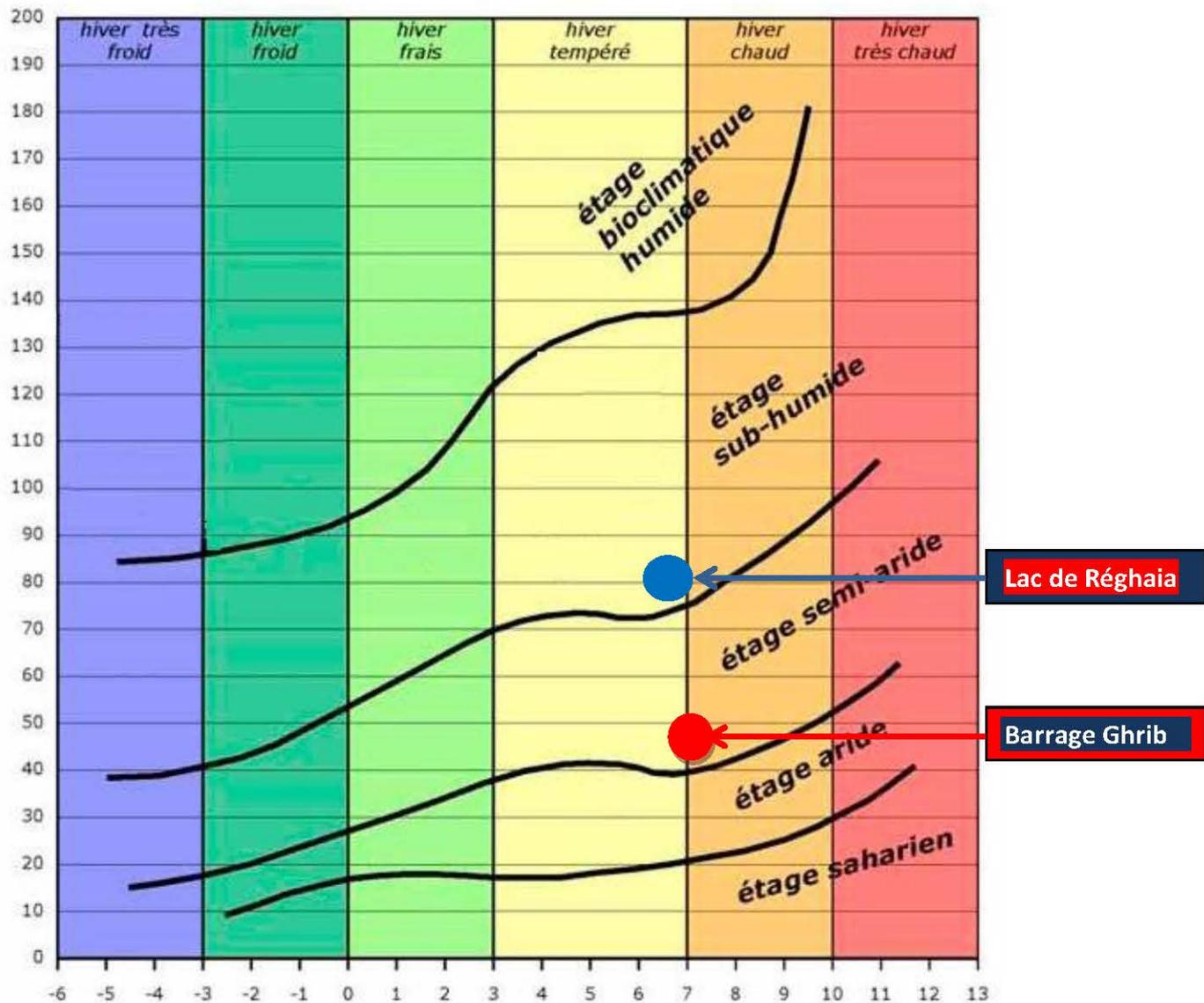


Fig. 18: Localisation des sites d'étude sur le climagramme d'Emberger pour la période (2005-2015)

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

**● Chapitre III:**  
**Matériel et méthodes**

### III. MATERIEL ET METHODES

L'étude de la réparation du phytoplancton en fonction du degré de pollution nécessite une bonne connaissance de la composition de l'eau et ses caractéristiques abiotiques et biotiques. En effet, la détérioration de la qualité de l'eau influe sur la diversité et la biomasse du phytoplancton ce qui modifiée totalement le fonctionnement écologique des milieux.

Afin de comparer la distribution du phytoplancton en fonction du degré de pollution, deux sites ont été choisis. Le barrage de Ghrib dans la wilaya d'Ain Defla et le lac de Réghaia dans la Wilaya d'Alger, ce dernier est classé comme zone humide d'importance internationale.

Notre travail a nécessité des prélèvements mensuels du mois de Janvier au mois de Mai 2017. Ces prélèvements permettent d'avoir les échantillons d'eau qui servent aux : analyses physico-chimiques, microbiologiques, ainsi qu'à l'étude du phytoplancton.

#### III.1-Présentation des campagnes de prélèvement

Le choix des périodes de prélèvement est le premier élément crucial dans l'analyse des communautés phytoplanctoniques. Leur mauvais positionnement dans l'année entraine des biais (manque de certains cortèges algaux) dans l'interprétation des données collectées. Ces campagnes se répartissent de la manière suivante (Tableau III).

Tableau III : Calendrier des prélèvements

Prélèvement	Lac de REGHAIA	Barrage de GHRIB
01	30/01/2017	01/02/2017
02	26 /02/2017	28 /02/2017
03	26/03/2017	28 /03/2017
04	24 /04/2017	27 /04/2017
05	24/05/2017	29 /05/2017

Un intervalle minimum de 3 semaines est respecté entre chaque prélèvement afin de bien couvrir l'ensemble de la période de végétation (Cemagref, 2007).

#### III.2- Présentation des Points de Prélèvements

Le choix des deux sites est motivé par le fait que ces milieux présentés un état écologique différent. La fréquence des échantillonnages dépendent en grande partie de la morphologie et des caractéristiques hydrodynamiques du plan d'eau. C'est la raison pour laquelle il est important de localiser toutes les principales entrées et sorties d'eau (OCDE, 1982). Il est nécessaire d'avoir des points d'échantillonnage fixes dans le lac, 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 (El-Haouati, 2015).

Pour tenir compte de l'hétérogénéité horizontale dans chaque plan d'eau, un choix de plusieurs points de prélèvements est nécessaire. En effet, **le choix des stations** a été fait selon : la topographie du milieu, la morphométrie (les principaux cours d'eaux qui déversent au niveau du lac), la nature de la couverture végétale, l'ombrage, les activités agricoles et industrielle. C'est pourquoi, nous avons choisis **six** stations pour chaque plan d'eau.

Sachant que les sites d'échantillonnages doivent être à une distance au moins de 10 mètres loin de la berge pour s'affranchir des contaminations par les algues périphtiques et par les efflorescences accumulées sur les berges par les vents. Le tableau IV résume les caractéristiques de chaque point choisi.

Tableau IV: Présentation des stations d'échantillonnage dans les deux systèmes lacustres

	Stations	Caractéristiques
<b>Lac de Réghaia</b>	<b>A</b>	Amont Ouest du lac où déverse oued El Biar ; Présence de végétation arboricole importante ; Présence du pompage d'eau pour l'irrigation des terres agricoles.
	<b>B</b>	Amont Est du lac où diverse oued Réghaia et la STEP ; Présence de végétation herbacée ; Station fréquentée par les poules d'eau et entourée par des bidonvilles.
	<b>C</b>	Située sur la rive droite du lac ; Caractérisée par une végétation importante.
	<b>D</b>	Située sur la rive gauche du lac ; Présence des terrains agricoles, construction, pâturage et pompage d'eau.
	<b>E</b>	Centre du lac.
	<b>F</b>	Aval du lac, Proche la digue ; Présence du pompage d'eau ; Station fréquentée par les oiseaux d'eau.
<b>Barrage de Ghrif</b>	<b>A</b>	Située en amont du barrage ; Station dénudée, localisée à proximité de la rive gauche où se trouvent des terres agricoles.
	<b>B</b>	Située à l'opposé de la première station.
	<b>C</b>	Située en amont, à proximité de la rive gauche, dans un bras mort ; Station ombragée abritée du vent
	<b>D</b>	Située en aval du barrage à proximité de la rive droite, terrain dénudé.
	<b>E</b>	Station dénudée, se trouve au milieu du plan d'eau, loin des rives
	<b>F</b>	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.

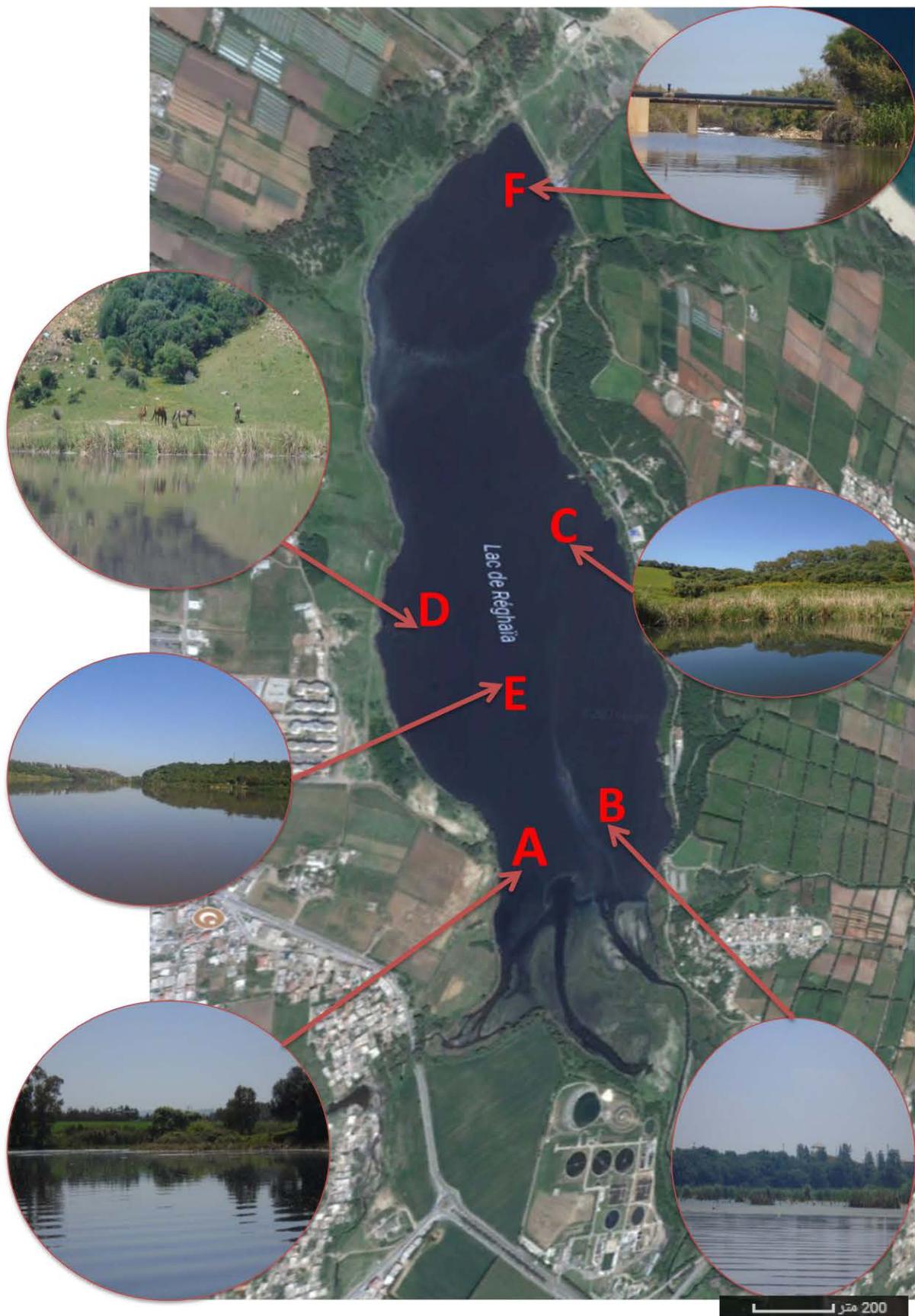


Fig. 19 : Répartition des stations échantillonnées sur le lac de Réghaia (wilaya d'Alger)  
(Photo du Google Earth 2017 modifié)

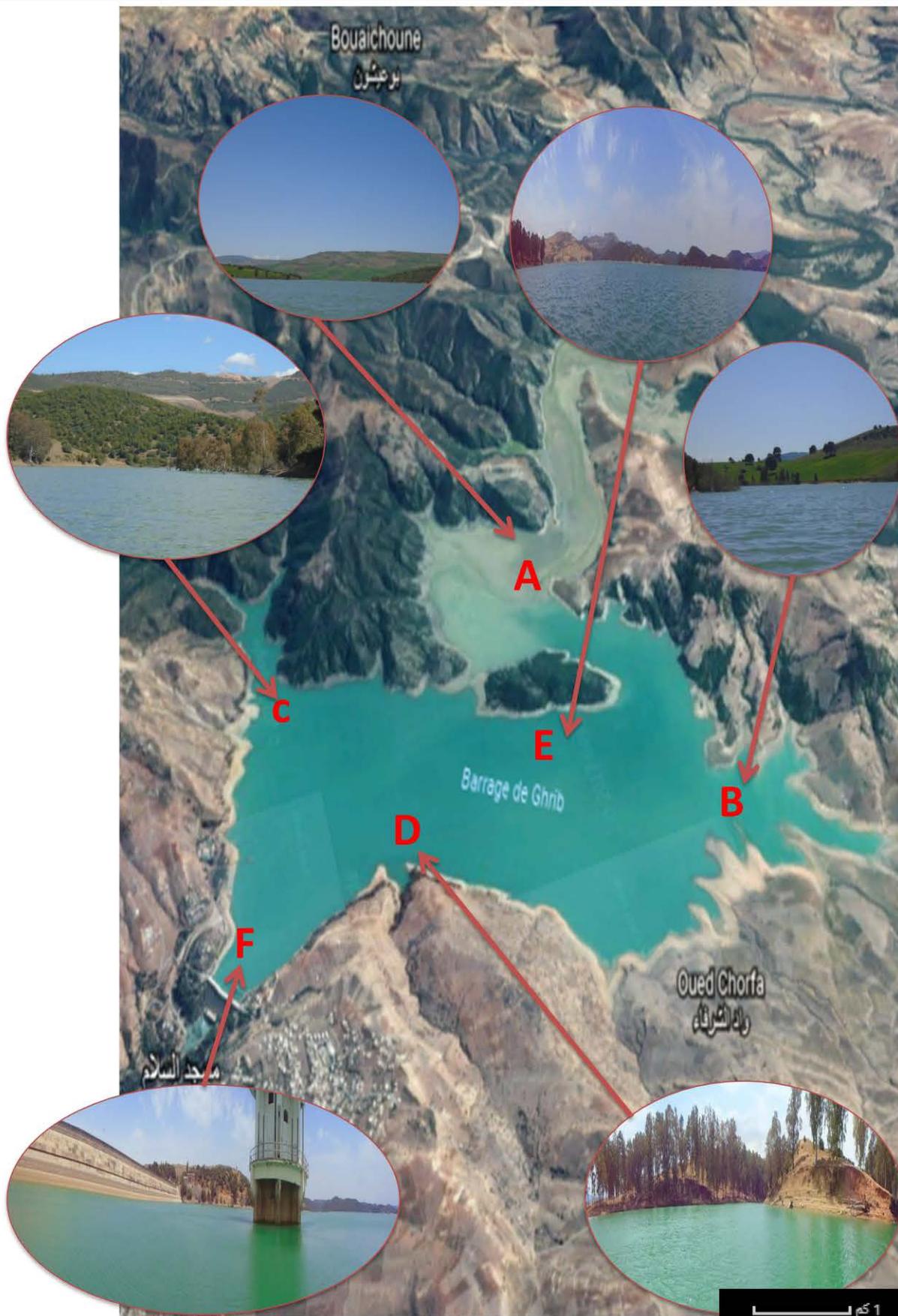


Fig. 20 : Répartition des stations échantillonnées sur le Barrage de Ghrif (Wilaya de Ain Defla)  
(Photo du Google Earth 2017 modifié)

### III.3- Principe de Prélèvements et les éléments à analyser

L'évaluation de la qualité des eaux superficielles est régie par un certain nombre de principe. En premier, comme base d'évaluation, la référence aux propriétés naturelles de l'eau, données par des gammes de valeurs paramétriques des stations sélectionnées. Le seconde consiste à prélever l'eau afin d'analyser les différents paramètres physico-chimiques. Le troisième point est de déterminer les communautés phytoplanctoniques existantes.

#### III.3.1-Prélèvement de l'eau

L'eau, en raison de ses propriétés électriques et de sa constitution moléculaire, se comporte comme un solvant puissant. C'est pourquoi la composition chimique d'une eau dépend de la composition des roches et des sols du bassin versant dans lequel elle a ruisselé. C'est également la raison pour laquelle l'eau contient une grande variété d'élément dissous. Cependant, la composition chimique des eaux naturelles varie considérablement dans le temps et dans l'espace selon la nature et l'abondance des sources en éléments dissous ou en suspension (Leveque, 1996).

Les échantillons de l'eau et du phytoplancton sont prélevés lors de chaque campagne, dans les six stations en surface. Sur site, nous avons réalisées diverses mesures de paramètres physiques, il s'agit de : la température (de l'air et l'eau), pH, conductivité électrique, salinité et essentiellement l'oxygène dissous. Tous ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un analyseur multi-paramètres de terrain de type (WTW 340 I).

Par ailleurs, la transparence de l'eau c.a.d l'absorbance de la lumière dans la colonne d'eau a été mesuré par le disque de Secchi.

Ce disque, lesté et pendu à un fil, est immergé dans l'eau. Par convention, on appel la transparence 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% de celui de la surface (Leveque, 1996).

Au laboratoire, les mêmes échantillons de l'eau ont subi différentes analyses, comme :

**Les sels nutritifs :** Nitrites ( $\text{NO}_2$ ), Phosphates ( $\text{PO}_4$ ), Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ )

**Les éléments minéraux :** Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) et Bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ ).

**Ainsi que les analyses Bactériologiques :**

- Les germes totaux : coliformes totaux, fécaux et *Escherichia coli*
- Les salmonelles
- les streptocoques

#### III.3.2-Conservation et méthodes d'analyse de l'échantillon d'eau

Les échantillons prélevés, sont placés dans des flacons propres et conservés à une température basse de 4 °C dans des glacières. Les analyses se font au laboratoire d'écosystème aquatique du CNRDPA (Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture), selon les méthodes du Rodier et *al.* (1996) pour le dosage des phosphates, Carbonates et les matières en suspension. Le dosage des Chlorures selon CNEXO (1983), ainsi que les méthodes d'ISO pour le dosage de Calcium, Magnésium, les Nitrites et l'azote ammoniacal.

### III.4-Microbiologie de l'eau :

#### III.4.1- Dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *Escherichia coli*

La détection des bactéries (coliformes) dans les eaux du barrage est réalisée par la méthode: la détermination du Nombre le Plus Probable (NPP) en milieu liquide, (AFNOR, 1990). Ces techniques sont préconisées dans la plupart des normes de qualité des eaux.

La méthode de détermination du NPP consiste à inoculer, à l'aide de solution mère et des dilutions décimales de l'échantillon à analyser, une série de tube contenant un milieu nutritif (BCPL D/C, S/C) qui n'est pas véritablement sélectif mais qui permet de mettre en évidence la fermentation de lactose. Après une incubation de 24 h à 37°C (test présomptif), les tubes positifs sont repiqués pour un test confirmatif. Ce dernier est dans un milieu sélectif contenant des sels biliaries ou agents de surface. L'incubation se fait pendant 24 à 48 h à 37°C (coliformes totaux (CT)) ou 44°C (Coliformes fécaux (CF)). La loi de poisson permet de calculer le NPP par unité de volume sur la base du nombre de tubes positifs comptés pour les diverses dilutions.

### III.5-Etude du phytoplancton

#### III.5.1- Echantillonnage du phytoplancton

Le phytoplancton étudié a été récolté en surface à l'aide d'un filet phytoplanctonique à vide de maille de 20 µm.

#### III.5.2-Conservation des échantillons

L'échantillon de phytoplancton 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 brun clair que doit avoir l'échantillon. Une décoloration peut se produire avec le temps et /à la lumière Dans ce dernier cas nous avons rajouté quelque gouttes de Lugol pour maintenir la fixation de l'échantillon.

#### III.5.3-Préparation de l'échantillon

L'échantillon et le matériel employé (chambre 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 une dizaine de fois doucement afin d'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 par 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).

### III.5.4-Identification et comptages des paramètres biologiques

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

Après sédimentation des échantillons du phytoplancton, les examens quantitatifs et qualitatifs sont faits aux microscopes avec un grossissement X 40 et parfois X100.

- **L'étude qualitative** : le matériel algal est observé, entre lame et lamelle, au microscope, à fort grossissement. Les taxons sont identifiés d'après les travaux de Bourrelly (1972,1981 et 1985).
- **L'étude quantitative** : le comptage est réalisé suivant la méthode d'UTERMOHL (1958) au microscope inversé. Les résultats sont exprimés en nombre d'algues par litre d'eau brute.

### III.5.5-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 mensuelle. Dans cette étude, nous avons utilisé plusieurs paramètres pour évaluer cette structure :

#### III.5.5.1-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**)

#### III.5.5.2- 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 (**El-Haouati, 2009**).

$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre d'organismes dénombrés} \times \text{Nombre de champs} \times 1000}{\text{Nombre de champs prospectés} \times \text{Volume concentré}}$
--

#### III.5.5.3- 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 (ni) d'une espèce donnée, sur le nombre total d'individus (N) pour un échantillonnage considéré. Elle est exprimée en pourcentage,  $D(\%) = (ni / N) \times 100$ .

### III.5.5.4- 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 qualitative qui nous renseigne sur la structure d'un peuplement. L'indice de Shannon-Weaver (Dajoz, 2000)

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

$H'$  : 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 équipartition.

\* Une valeur basse de celui-ci permet de conclure à un peuplement 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 (Frontir et Pichod-viale, 1993).

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

$N$ : 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 abondances équilibrées (communauté est en équilibre).

### III.5.5.5- Diagramme de Frontier (Diagramme rang fréquence)

Pour compléter les paramètres étudiés précédemment, les diagrammes rangs fréquences (DRF) sont utilisés pour permettre de visualiser la distribution, le recouvrement des différents taxons.

Les diagrammes rangs fréquences offrent une représentation synthétique d'une communauté (pouvant représenter un échantillon unique, ou bien un cumul d'échantillons récoltés dans des conditions similaires) (**Frontier et Etienne, 1990**). Cette représentation a été choisie pour décrire la diversité spécifique de l'ensemble des cortèges floristique 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 en voie de maturation.

**Stade 2** (maturité du système) : il est 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 sénescant.

# ● **Chapitre IV: Résultats et Discussion**

## IV.1- Interprétation de la Physico-Chimie de l'eau

### IV.1.1- La température

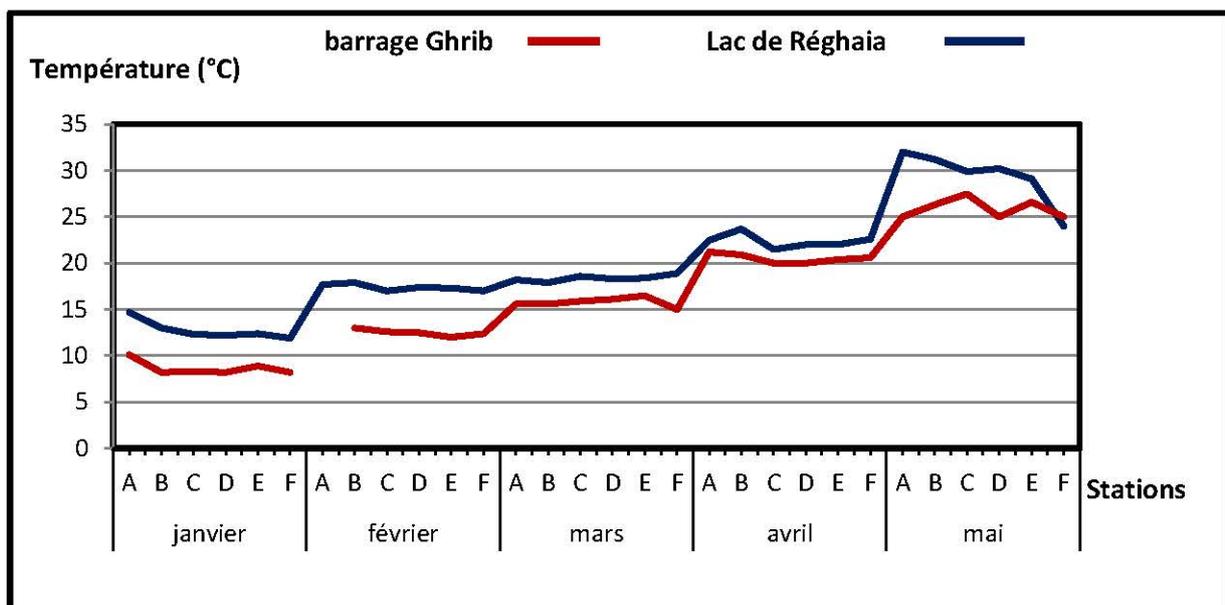
La température constitue un facteur primordial dans les milieux lacustres. Elle joue un rôle très important dans la solubilité des gaz et de la dissolution des sels, par conséquent, elle intervient indirectement dans la détermination du pH et de la conductivité électrique (El-Haouati et Djemane, 2006).

D'un point de vue écologique, la température est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement liée à d'autres facteurs régissant le milieu aquatique. Globalement, l'évolution de la température de l'eau superficielle varie en fonction de la température atmosphérique.

L'analyse thermique de l'eau, dans les deux sites étudiés, montre que :

- La température des eaux du **barrage de Ghrib** est élevée au mois de Mai avec un maximum de 27,5 °C enregistrée dans la station C. La valeur minimale est observée au mois de Janvier (8,2 °C) dans les deux stations D et F (Fig. 21).
- Pour le **lac de Réghaia**, la valeur maximale enregistrée au mois Mai est de 32 °C et la plus faible valeur est marquée au mois de Janvier avec 11,9 °C. Quant aux variations spatiales (de la station A jusqu'à F), nous avons remarqué que la température est élevée dans les deux stations A et B, ceci est dû à la période de prélèvement.

Nous avons enregistré aussi, durant la période de notre étude (Janvier-Mai), une augmentation progressive de la température de l'eau en relation avec le réchauffement atmosphérique.



**Fig. 21:** Variation mensuelle et spatiale de la température de l'eau dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia (du mois de Janvier au mois de Mai 2017)

Nous avons remarqué que la température de l'eau dans le lac de Réghaia, durant la période de prélèvement, est élevée environ 2°C par rapport au barrage de Ghrib, ceci peut être expliqué par la localisation du barrage de Ghrib dans la wilaya de Ain Defla connue par son hiver froid, et la situation du lac de Réghaia en aval des rejets de la STEP et des eaux usées et industrielles (Fig. 22).



Fig. 22 : Oued El Biar (Effluent du lac de Réghaia)

Selon **Gaujous, 1995**, la température influe sur la densité de l'eau du barrage. Elle présente un facteur d'accroissement de la productivité biologique et peut perturber fortement le milieu.

#### IV.1.2- Potentiel d'hydrogène

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.

**Mulhauser et Monniers (1995)** associent souvent la valeur du pH à une appréciation de l'état trophique de l'eau : un plan d'eau acide est oligotrophe, un plan d'eau neutre est mésotrophe et un plan d'eau alcalin est eutrophe.

Durant la période d'étude, le pH des eaux du **barrage de Ghrib** varie entre 7,31 et 8,4 respectivement aux mois de Février et Mai. Par ailleurs, il fluctue entre 6,9 et 8,18 dans le **lac de Réghaia** (Fig. 23).

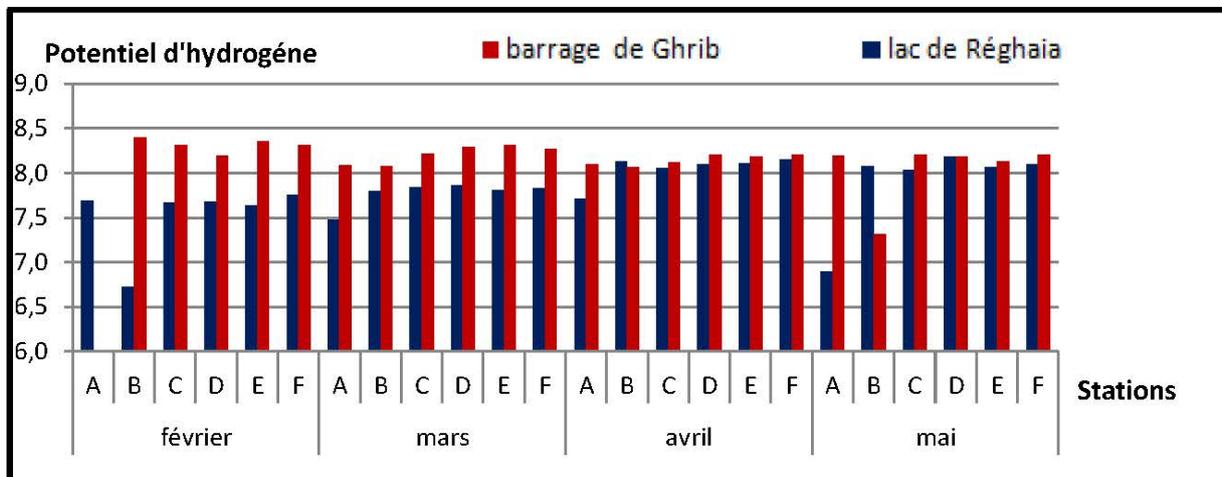


Fig. 23 : Variation mensuelle et spatiale du pH dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia

Nous avons remarqué, au niveau du Barrage de Ghrib, une stabilisation des valeurs du pH durant les 2 mois (Avril-Mai), ce qui est expliqué par l'absence des grandes fluctuations dans la composition de l'eau sachant que les valeurs du pH sont en relation directe avec la géologie du bassin versant et la nature des roches (Fig. 24).

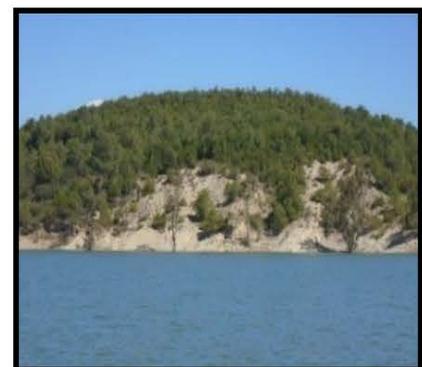


Fig. 24 : Les roches du barrage de Ghrib

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 CO<sub>2</sub>).

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 CO<sub>2</sub> entraîne une évolution du pH et une précipitation des carbonates (Arrignon, 1976).

#### IV.1.3- Conductivité électrique et Salinité

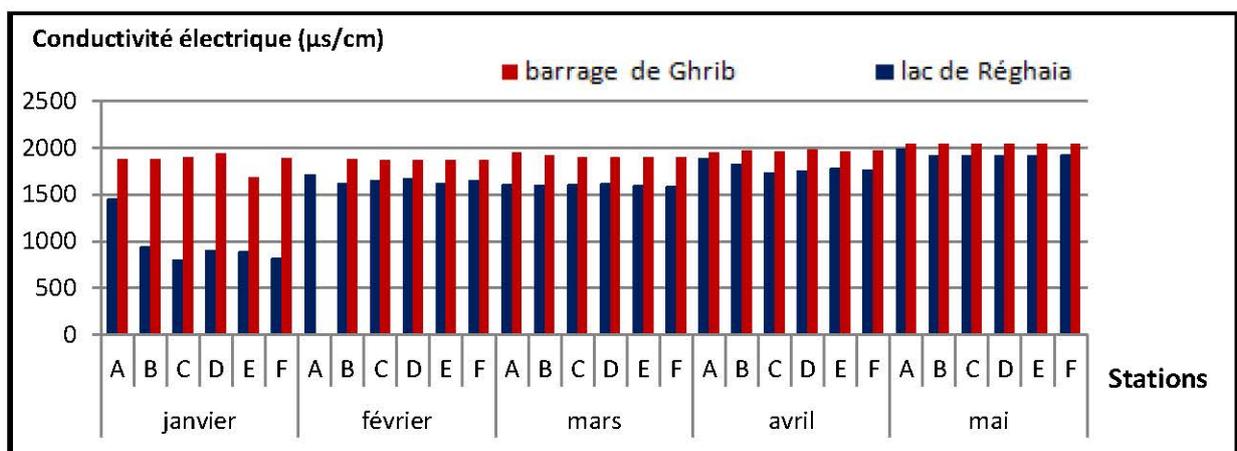
La conductivité électrique varie suivant la concentration ionique de l'eau, elle reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous (Savary, 2003). Elle donne une indication sur la minéralisation globale de cette eau.

Dans le **barrage de Ghrib**, la conductivité maximale a été observée aux mois de Mai avec 2040 µS/cm (Fig. 25), ceci coïncide avec une salinité de 0,9 PSU (Fig. 26). La valeur minimale de la conductivité a été enregistrée au mois de Janvier (1685 µS/cm) ce qui coïncide avec une salinité de 0,4 PSU. Cette variabilité indique que l'eau du barrage présente une minéralisation importante.

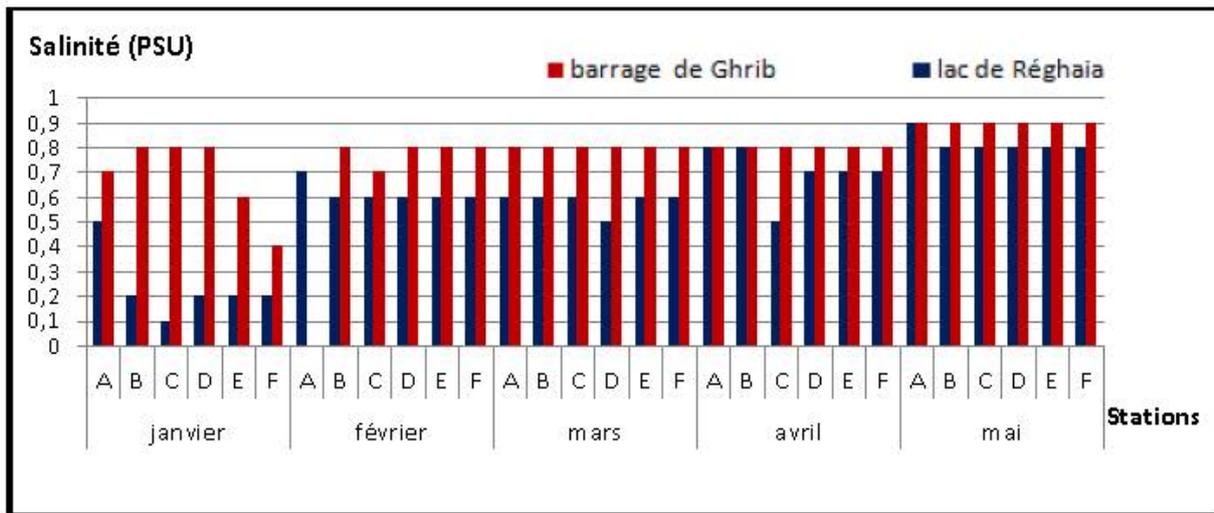
En comparaison au **lac de Réghaia**, les valeurs minimales de la conductivité sont marquées au mois de Janvier avec 810µS/cm dans toutes les stations, sauf la station A qui enregistre une valeur de 1441 µS/cm. Ces valeurs de la conductivité coïncident avec une salinité faible et sont liées à la dilution des eaux du lac par les précipitations au mois de Janvier. Par contre, nous avons remarqué que la station A est la plus minéralisée, cette variation serait en relation avec l'apport des éléments chimiques par ruissellement.

La conductivité augmente, dans les autres mois, avec l'importance des rejets fortement chargés en éléments minéraux. La valeur maximale (1978 µS/cm) est marquée aux mois Mai dans la même station (station A : amont gauche du lac où diverse Oued El-Biar directement dans le lac sans passé par une station d'épuration).

Globalement, la conductivité mesure la quantité des sels minéraux contenus dans l'eau (Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>...) et elle varie suivant la concentration ionique de l'eau.



**Fig. 25 :** Variation mensuelle et spatiale de la Conductivité électrique dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia



**Fig. 26 :** Variation mensuelle et spatiale de la salinité de l'eau (PSU) dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia

#### IV.1.4- Transparence de l'eau

Elle est mesurée en mètres au moyen d'un disque de Secchi immergé (Fig.2, annexe I), au moment où il devient invisible, la profondeur ainsi indiquée par une corde graduée correspondant à la transparence de l'eau.

La transparence de l'eau varie d'une façon irrégulière et en fonction des manifestations hydrologiques et du développement de la biomasse algale (El-Ghachtoul et al., 2005).

- Dans le **barrage de Ghrib** et durant notre période d'étude, la profondeur moyenne de disparition du disque de Secchi est de 173,41 cm ce qui coïncide avec une faible concentration des matières en suspensions en moyenne (14,4 mg/l). Les valeurs minimales de la transparence ont été enregistrées dans le mois de Janvier avec un minimum de 49 cm marqué dans la station D. Par ailleurs, une augmentation de la transparence de l'eau a été notée dans les autres mois, avec une valeur maximale de 250 cm (Fig. 27 et 29).

- Pour le **lac de Réghaia** : les données enregistrées au cours des cinq campagnes de prélèvement (Janvier–Mai) montrent une transparence maximale de l'eau de 24,5 cm marquée dans le centre du lac (Station E) au mois de Février (Fig. 29).

En comparaison avec la littérature, le maximum de la transparence est enregistré en 2007 avec une valeur maximale de 1,2 m (El-Haouati, 2009).

Nous avons remarqué, durant notre échantillonnage, que le niveau de turbidité été élevé dans la station A (Fig. 28), avec une odeur très mauvaise, cela traduit une détérioration de la qualité de l'eau dans cette station qui se situe en aval de oued El-Biar.



**Fig. 27:** Mesure de la transparence dans le barrage de Ghrib au mois d'Avril



**Fig. 28 :** Lac de Réghaia au mois Mai près de station A

Au mois de Mai, nous avons noté une coloration très trouble de l'eau avec la présence des blooms algaux à la surface, ce qui provoque une diminution de la transparence où nous avons marqués une valeur de 14,5 cm dans la station A (Fig. 29).

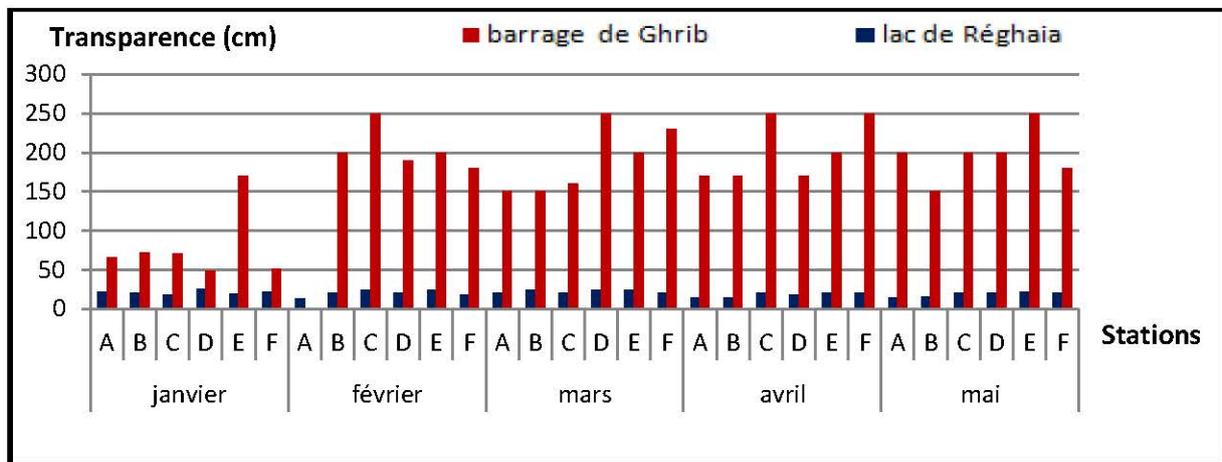


Fig. 29 : Variation mensuelle et spatiale de la transparence de l'eau (cm) dans le barrage de Ghrif et le lac de Réghaia

#### IV.1.5. Matière en suspension (M.E.S)

Les MES, appelées aussi Seston, sont la fraction minérale et organique, vivante ou détritique, comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0,5µm (Strickland et al., 1983). La transparence de l'eau est inversement proportionnelle à la présence de matière en suspension, Grains minéraux ou organisme divers.

- **Barrage de Ghrif** : Les fluctuations mensuelles des matières en suspension indiquent des plus faibles concentrations au mois de Mai avec un minimum de 0,7 mg/l dans la station A (Fig. 30). Des moyennes plus élevées ont été marquées au mois de Février avec un maximum de 101 mg/l enregistrée dans la station E (le centre du barrage où tous les effluents se rencontrent). Globalement les concentrations des MES sont très variables selon la nature de l'eau ruisselée et la géologie du site et sont en fonction de la pluviométrie.

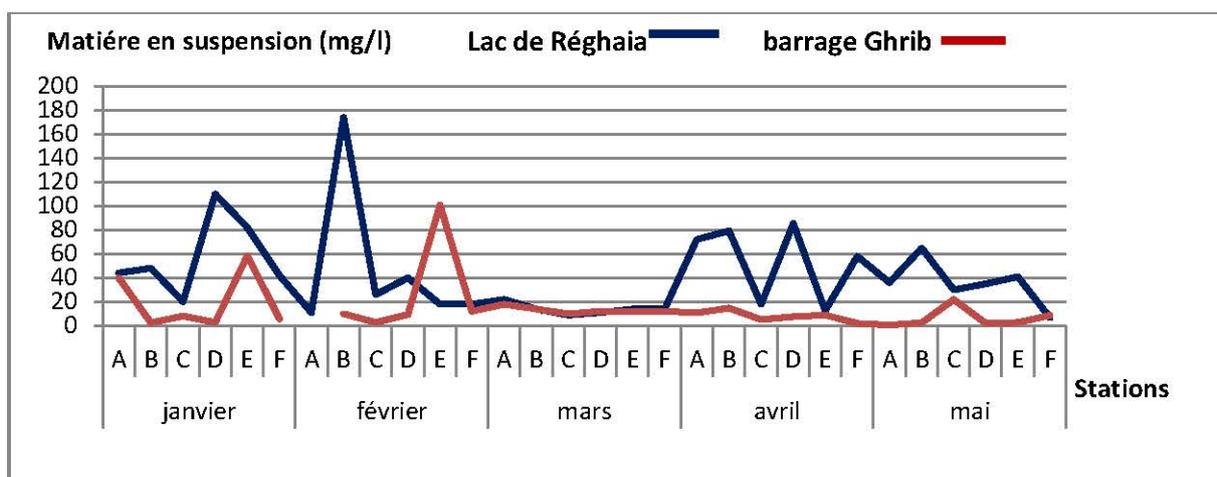


Fig. 30 : Variation mensuelle et spatiale des MES dans le barrage de Ghrif et le lac de Réghaia

- Lac de Réghaia :** Une concentration maximale enregistrée durant le mois de Février dans la station B avec une valeur de 174 mg/l. Ceci est dû aux rejets de la STEP avec la présence d'une bonne couche de graisse à surface du lac accompagnée des déchets d'un abattoir (présence des pattes et des plumes des poulets) (Fig. 31). Les mois de Mars et Mai sont caractérisés par les plus faibles valeurs ceci est dû à la dilution de l'eau du lac par la pluviométrie qui ont précédés le jour de prélèvement.



Fig. 31 : Des couches de matière grasse en surface du lac de Réghaia

#### IV.1.6- Oxygène dissous

- Dans le barrage de Ghrib**

Les mouvements de masses d'eau qui peuvent entraîner de faible variation de température suivie de modification dans le profil d'oxygène. Une forte vitesse du vent avec une moyenne enregistré durant 2005-2016 (66,1 m /s) ce qui permet un brassage superficiel et contribue à l'augmentation de la concentration d'oxygène dissous, ce qui favorisant le développement normal de l'activité photosynthétique assurée par le phytoplancton lors de la production primaire. La valeur maximale d'oxygène dissous a été enregistrée dans la station F au mois de Janvier avec 11,26 mg/l, et la valeur minimale est de 2,5 mg/l dans la même station au mois de Mai (Fig. 32).

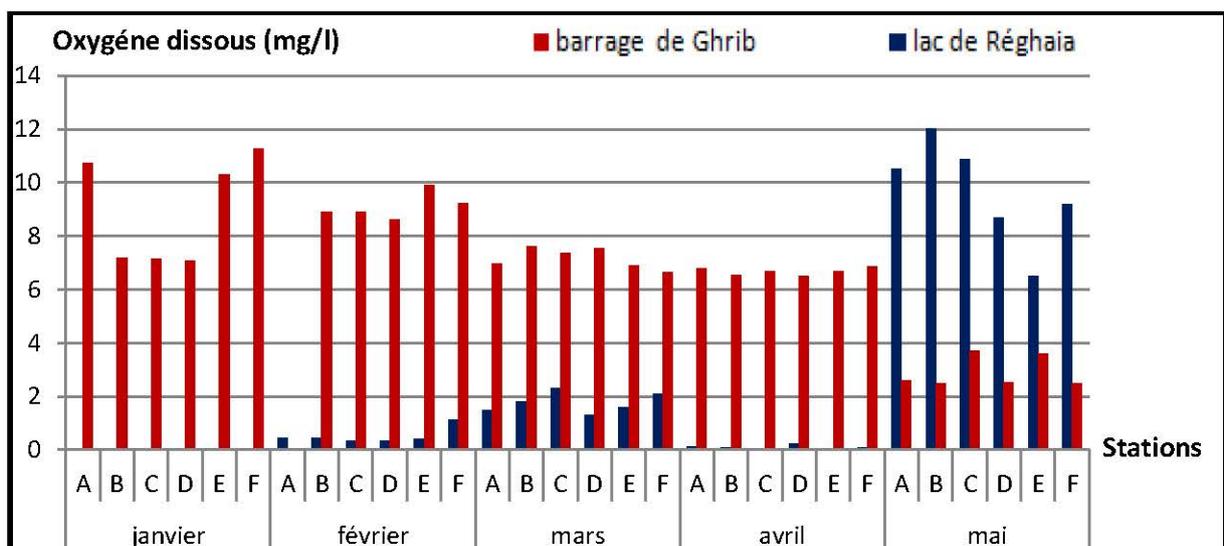


Fig. 32 : Variation mensuelle et spatiale de l'oxygène dissous dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia

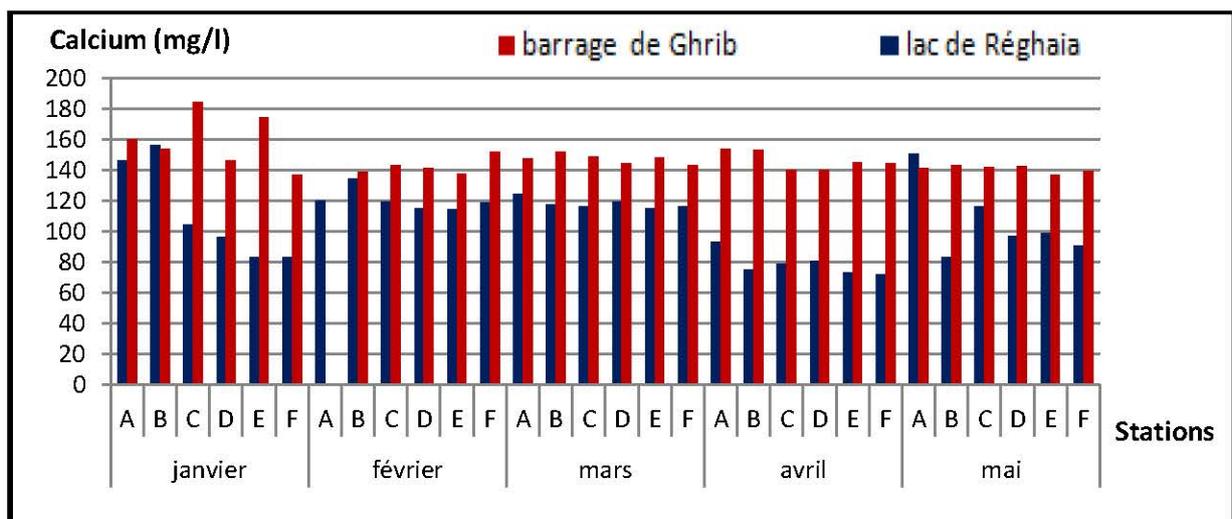
- **Lac de Réghaia** : Il est en faible concentration par rapport au barrage de Ghrib, avec un minimum de 0,05 mg/l aux mois de Février et Avril (Fig. 32). Ceci peut être dû à la consommation d'oxygène par les bactéries aérobies telles que les germes totaux et les coliformes fécaux durant cette période. Nous avons noté, dans ce mois, une charge maximale des germes totaux dans la station A avec 1100 NPP et une valeur maximale des coliformes fécaux avec 240 NPP. Selon Bontoux (1993), la respiration bactérienne consommera d'autant plus d'oxygène qu'il y a de la matière organique susceptible d'être dégradée.

L'oxygène dissous est un facteur limitant pour la plupart des organismes aquatiques (Dajoz, 2006 ; Ramade, 2009). Sa principale source dans les milieux stagnants est la photosynthèse (Pourriot et Meybeck, 1995 ; Dajoz, 2006 ; Addy et Green, 1997). Il est apporté également au milieu par les échanges gazeux avec l'atmosphère (Bontoux, 1993 ; Pourriot et Meybeck, 1995), ceci aura lieu quand l'eau est sursaturée et les eaux superficielles sont 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 Winfried, 2007). L'oxygène dissous dans l'eau varie considérablement dans le temps et dans l'espace en influençant la distribution des organismes dans les milieux (Kaloun, 2008).

#### IV.1.7- Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium peut être considéré comme un micronutriment pour le phytoplancton, car ce dernier n'a besoin que de concentration micro-molaire (Lampert et Winfried, 2007). Plusieurs espèces de cyanobactéries contiennent dans l'enveloppe mucilagineuse de leurs cellules le carbonate de calcium (Lee, 2008).

- Les eaux du **barrage de Ghrib** présentent des valeurs plus en moins stables de l'ordre de 137,1mg/l (Fig. 33) avec une valeur maximale de 184,4 mg/l. Ces résultats permis d'admet que l'eau du barrage est très riche en calcium. Son origine est en relation avec la nature des terrains traversés et la lithologie de substratum du barrage essentiellement calcaire (Winiarski, 2004).



**Fig. 33** : Variation mensuelle et spatiale du Calcium dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia

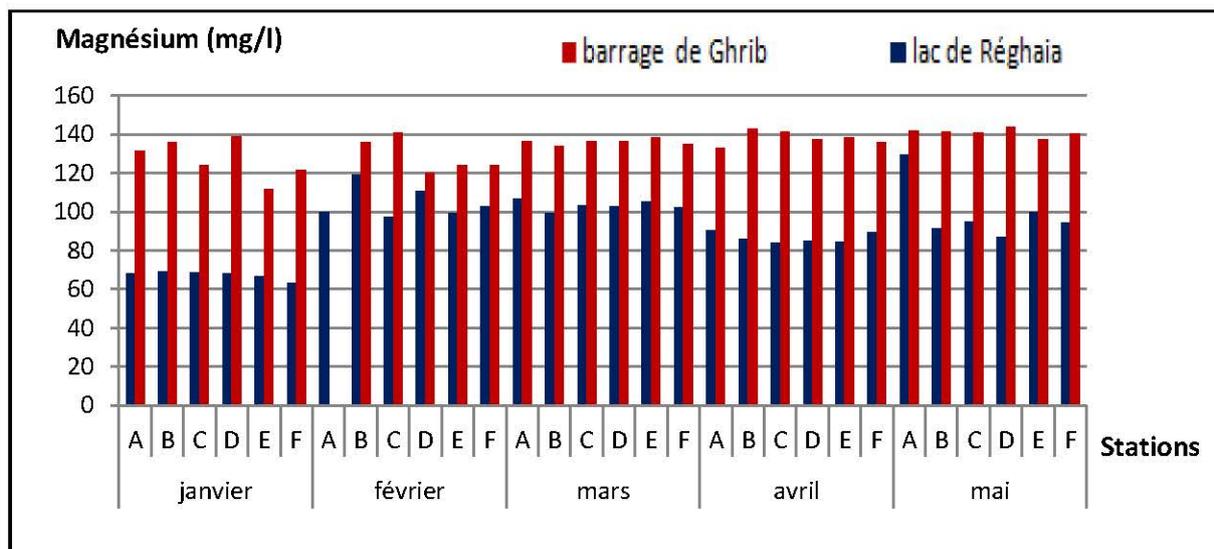
- Les résultats obtenus dans le **lac de Réghaia** montrent une irrégularité temporelle ± importante, avec des concentrations maximales dans le mois de Janvier à la station B (156,3 mg/l). Par contre, durant le mois d'Avril, nous avons noté une valeur minimale de 72,1 mg/l dans la station F (Fig. 33). Globalement, le calcium est en relation avec la dureté et la productivité de l'eau douce (Rodier et al., 1996).

#### IV.1.8- Magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

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<sup>2+</sup> et du SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

- **Barrage de Ghrib** : Le maximum a été noté au Mois de Mai à la station A avec une valeur de 141,91 mg/l (Fig. 32). Ceci est en relation avec la nature géologique du site et la dissolution des roches (Winiarski, 2004). Par contre, la valeur minimale est enregistrée en hiver dans le mois de Janvier (111,78 mg/l) à la station E.

- **Lac de Réghaia** : Une variabilité des valeurs a été enregistré, une valeur maximale au mois de Mai à la station A (129,28 mg/l) et minimale au mois de Janvier à la station F (63,18 mg/l) (Fig. 34).



**Fig. 34** : Variation mensuelle et spatiale du Magnésium dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia.

#### IV.1.9-Chlorures (Cl)

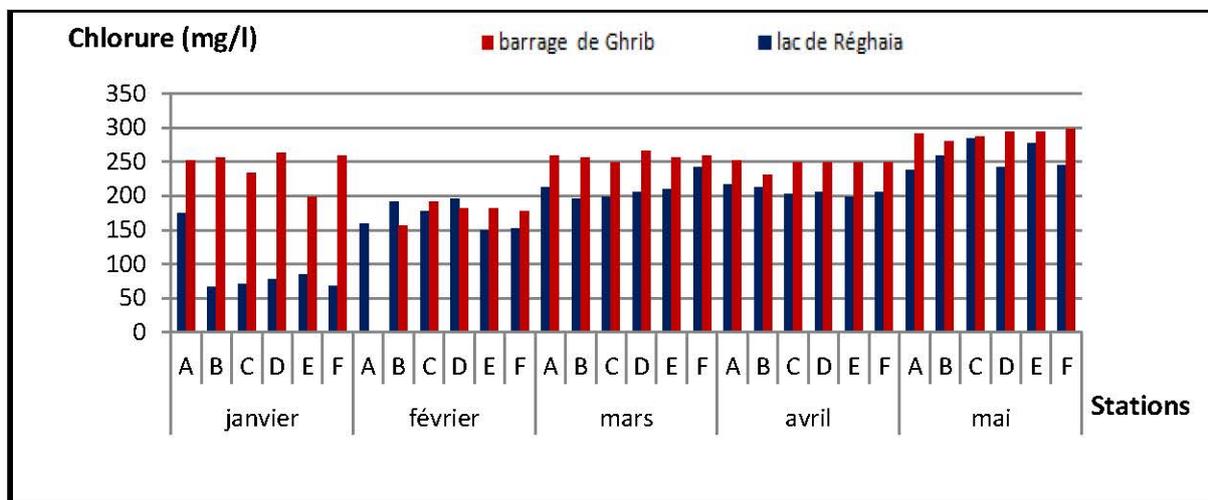
D'après Arrignon (1982), la teneur en chlorures est importante à connaître en raison de son influence sur certaines espèces. Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables.

- **Barrage Ghrib** : Les concentrations mensuelles en chlorure montrent des valeurs faibles durant les mois de Février à la station B (156,20 mg/l). Pour les autres mois, la valeur

la plus élevée a été enregistrée au mois de Mai avec 298,20 mg/l dans la station F. L'augmentation du taux de chlorure, dans ce site, peut ne pas être liée à une pollution d'origine humaine ou animale puisque les chlorures sont très facilement solubles dans l'eau et ils ne jouent aucun rôle dans les phénomènes de dégradation (processus biologiques) (Rodier *et al.*, 1996).

- **Lac de Réghaia :** Les teneurs en chlorures des eaux du lac sont extrêmement variées ; elles fluctuent entre 67,45 mg /l et 284 mg /l (Fig. 35).

Les faibles valeurs sont marquées au mois de Janvier pour toutes les stations sauf la station A. Pour les autres mois, on constate une augmentation du taux de chlorure avec des valeurs qui dépassent 200 mg/l. Cette charge est liée principalement à la nature du bassin versant et aux lessivages des eaux usées urbaines et industrielles (Rodier *et al.*, 2005). Leur présence est liée aussi aux rejets de TAMEG (Tannerie mégisserie de Rouiba) caractérisés par une forte teneur en sel (Na Cl) utilisé pour activer la saponification.



**Fig. 35 :** Variation mensuelle et spatiale des chlorures dans le barrage de Ghrif et le lac de Réghaia

#### IV.1.10- Bicarbonates

Globalement, le taux des bicarbonates dissous le plus élevé a été enregistré au **lac de Réghaia** en moyenne de 128,43 mg/l contrairement au **Barrage Ghrif** (38,7 mg /l) (Fig. 36).

- **Barrage de Ghrif :** La charge des carbonates est faible durant toute la période d'étude, les valeurs varient de 28,5 mg/l à 67,5 mg/l. Une distribution homogène et une faible charge sont enregistrées sur la majorité des stations (Fig. 36) à l'exception de la station B au mois de Février et la station D au mois de Mars, où nous avons mesuré une concentration de 28,5 mg/l.

- **Lac de Réghaia :** Les valeurs des bicarbonates enregistrées 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 à la station E. Nous avons remarqué que des fortes teneurs sont notées en Mars et Mai avec des valeurs mensuelles moyennes qui sont respectivement de d'ordre de 143 mg/l et 140 mg/l.

Cette élévation est due d'une part, à l'augmentation de l'activité bactérienne (bactéries aérobies) qui dégrade la matière organique d'origine végétale présente dans le lac après la première florescence du printemps ; d'autre part, à la présence des rejets industriels et urbains très chargés.

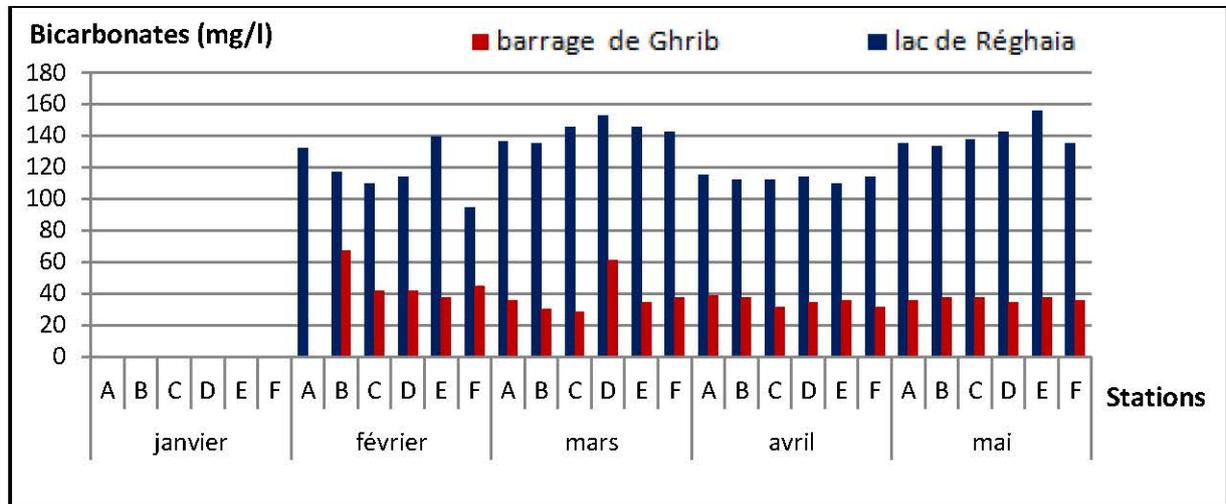


Fig. 36 : Variation mensuelle et spatiale des Bicarbonates dans le Barrage de Ghibb et le lac de Réghaia

IV.1.11- Sels nutritifs :

IV.1.11.1- Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

Les nitrites sont naturellement présents dans les lacs, en conséquence de la nitrification de l'ammonium et de la dénitrification des nitrates. Ils ne se maintiennent que lorsque le milieu n'est pas suffisamment d'oxydant et leurs présences indiquent un état de pollution organique (F.A.O, 1984).

- Dans le **Barrage de Ghibb** : Les concentrations mensuelles des nitrites sont faibles, elles varient entre 0,104 mg/l (Janvier) et 0,335 mg/l (Avril) (Fig.37).

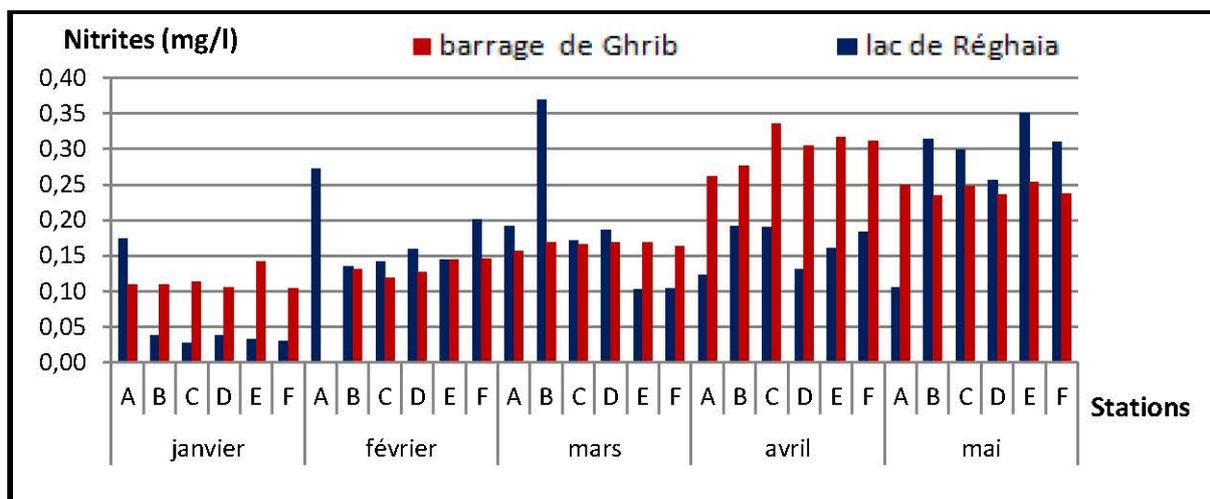


Fig. 37 : Variation mensuelle et spatiale des Nitrites dans le barrage de Ghibb et le lac de Réghaia

- Dans le **lac de Réghaia** : La valeur maximale a été notée au mois de Mars à la station B (0,370 mg/l) et la valeur minimale enregistrée est de 0,028 mg/l dans la station C au mois de Janvier (Fig.37).

Globalement, dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont intermédiaires entre l'azote ammoniacal et les nitrates (Golterman, 1975 ; Fustec et al., 2000 ; Aminot, 2004 et Dajoz, 2006). La présence de nitrites dans les eaux est un signe de pollution. D'après Lacaze (1996), l'azote nitreux est la forme la plus toxique des formes minérales de l'azote. Les faibles concentrations (0,1-10 g/l) des nitrites dans les lacs et les étangs sont normales.

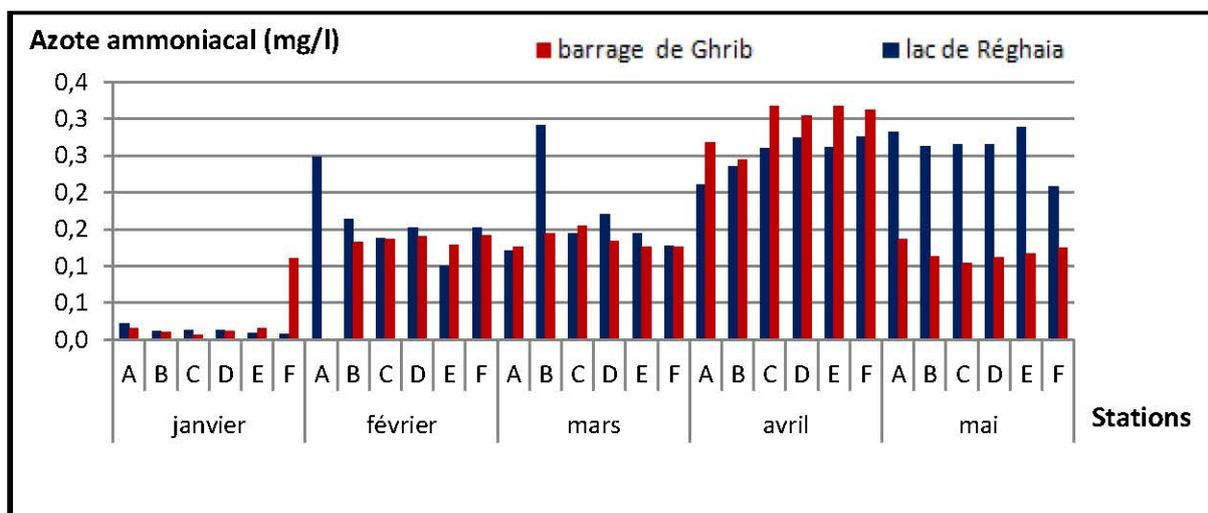
#### IV.1.11.2-Azote ammoniacal $\text{NH}_4^+$

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) (Lachevane, 1980).

- Dans le **Barrage de Ghrib** : l'évolution de la teneur de  $\text{NH}_4$  est progressive. Au mois de Janvier, des faibles concentrations ont été observées, ceci est dû aux fortes pluies. Par ailleurs, une augmentation est marquée durant les mois de Février, Mars et Avril dont sa valeur maximale atteint 0,318 mg/l au mois d'avril à la station E. Contrairement au mois de Mai où nous avons remarqué une diminution de la concentration de cet élément (Fig. 36).

- Dans le **lac de Réghaia** : des faibles teneurs sont marqués au mois de Janvier dans toutes les stations avec une valeur minimale de 0,008 mg/l dans les stations E et F. Des valeurs plus élevées sont enregistrées les autres mois avec un maximum de 0,291 mg/l dans la station B au mois de mars (Fig. 38).

Globalement, nous avons remarqués une augmentation des teneurs de cet élément durant la période de notre étude, ceci est en relation avec celle de la température. D'après (Nisbet et Verneaux, 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.



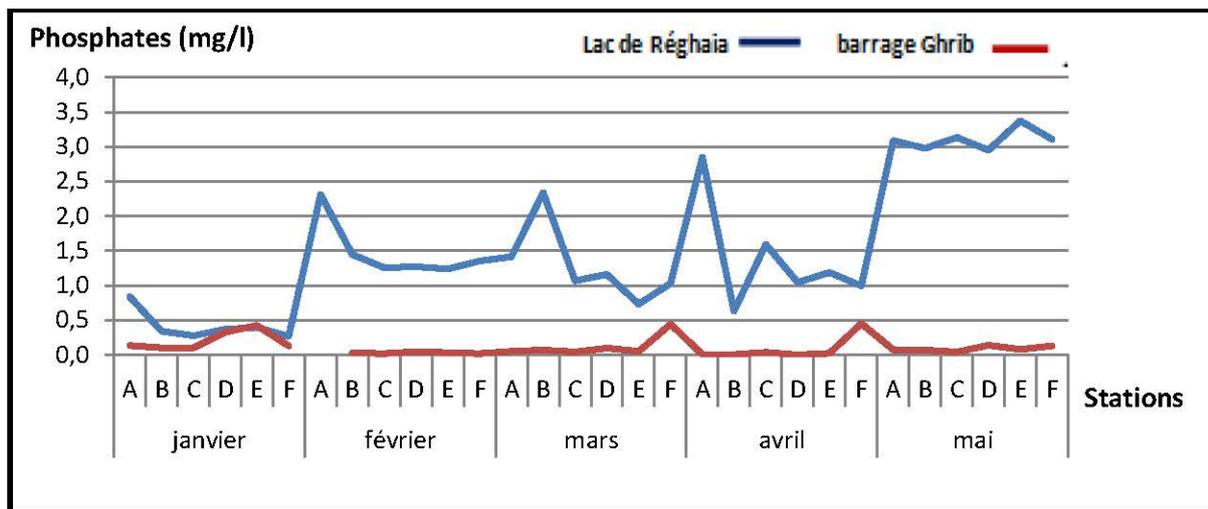
**Fig. 38** : Variation mensuelle et spatiale de l'azote ammoniacal dans le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia.

### IV.1.11.3- Phosphates

Le phosphore est peu abondant dans la biosphère et constitue souvent un facteur limitant la production algale (Dajoz, 2006 ; Iévéque, 2001). Il existe plusieurs formes du phosphore mais la principale forme utilisable par le phytoplancton est l'ion orthophosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) (Rachiq, 2003 ; Rodier et al., 2009).

Khajornkiat et Siripen (2007) préconisent qu'il est l'élément nutritif limitant des Cyanobactéries. C'est un composant vital du processus qui transforme la lumière solaire en énergie utilisable par les producteurs.

- **Barrage de Ghrif** : Les eaux de ce milieu présentent des valeurs faibles en phosphates de l'ordre de 0,006 mg/l (valeur minimale au mois Avril à la station B). Le pic de concentration a été enregistré au mois Janvier, Mars et d'avril (Fig. 39) avec une valeur maximale de 0,453 mg/l au mois Avril à la station F. Ces faibles teneurs sont expliqués, 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.



**Fig. 39** : Variation mensuelle et spatiale des phosphates dans le barrage de Ghrif et le lac de Réghaia

- **Lac de Réghaia** : Durant la période étudiée, les charges des phosphates sont élevées par rapport au barrage de Ghrif, elle varie entre 0,278 mg/l et 3,375 mg/l (Fig. 39). Ces valeurs élevées sont expliquées par la décomposition de la matière organique ou/et par les eaux de lessivage qui ont toutefois profondément perturbé le cycle naturel de cet élément, sans oublier, les apports endogènes (El-Haouati, 2009).

Une différence a été observée entre les six stations (Fig.37). Le maximum a été noté au niveau des stations A et B, cela confirme que les effluents ramènent au lac une charge considérable de phosphore minéral (phosphate). Malgré l'installation de la STEP en aval de l'oued Réghaia, le taux de  $\text{PO}_4^{-3}$  dans la station B (qui se trouve à côté de 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  $\text{PO}_4^{-3}$  par les macrophytes immergées dans la station.

#### IV.2- Synthèse sur les paramètres Physico-chimiques de l'eau

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 V.

**Tableau V** : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelles (SEQ-Eau) et les moyennes trouvées dans les deux sites étudiés (Barrage de Ghrib et lac de Réghaia) durant la période de Janvier au Mai 2017

Eléments de qualité de l'eau	Limites inférieures					Lac de Réghaia	Barrage de Ghrib
	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon		
Oxygène dissous (mgO <sub>2</sub> /l)	< 3	3	4	6	8	3	6,88
Nitrites (mg/l)	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0,71	0,19
Azote ammoniacal (mg/l)	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	0,17	0,14
Température (°C)	>28	28	25	21.5	20	20.0	16.2
pH minimum	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	6,7	7,3
pH maximum	>10	10	9.5	9	8.2	8,1	8,36
MES (mg/l)	>150	150	100	50	25	41,9	14,4
Chlorures (mg/l)	>350	350	250	150	50	187,3	245,44

Les moyennes mensuelles des paramètres abiotiques dans les eaux des deux sites étudiés (le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia), pour la plupart des paramètres physico-chimiques, montrent que : l'eau du **lac de Réghaia** est de qualité polluée et l'eau du **barrage de Ghrib** est de bonne qualité.

### II.4.2.3. Evaluation de l'état trophique :

Selon les critères établis par l'O.C.D.E. (1982) basés sur la profondeur Secchi et les concentrations en chlorophylle « a » (Tableau VI), on peut déduire l'état trophique des deux lacs de Réghaia et Barrage Ghrib.

Tableau VI : Etat trophique des lacs selon les critères de l'O.C.D.E. (1982).

Etat trophique	Secchi <sub>m</sub> (m)	Chl "a" <sub>m</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
Oligotrophe	≥6	≤2,5
Mésotrophe	6-3	2,5-8
Eutrophe	3-1,5	8-25
Hypereutrophe	≤1,5	≥25

m : moyenne saisonnière.

Lac de Réghaia est d'état trophique : **Hyper eutrophe**

Barrage Ghrib est d'état trophique : **Eutrophe**.

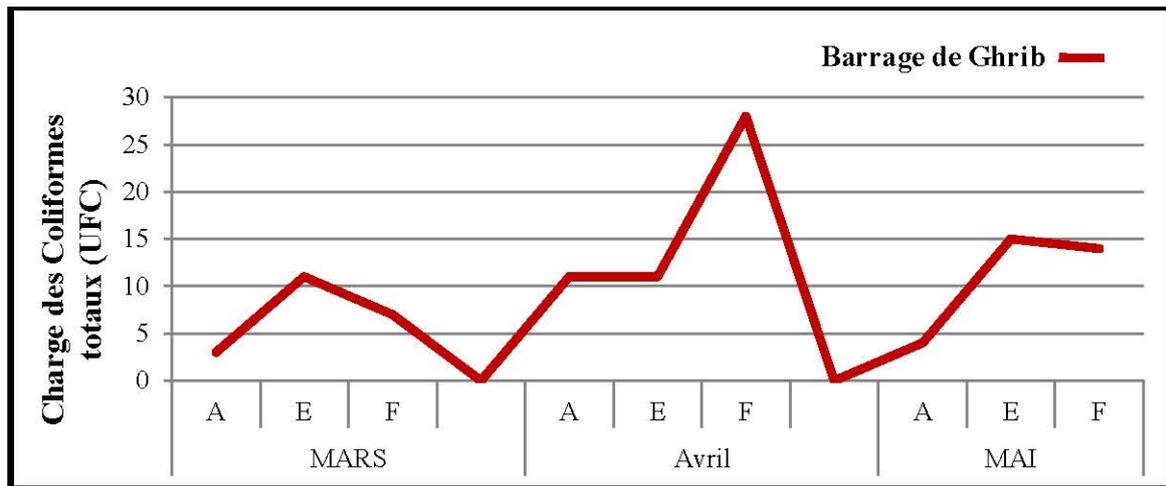
## IV.3. Paramètres microbiologiques

**IV.3.1. Germes totaux :** Les germes totaux constituent la population bactérienne présente dans les milieux aquatiques. Ce sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives. La recherche de ces germes nous informe sur l'évolution de la biomasse bactérienne, sans préciser la source de contamination. Généralement un faible dénombrement de ces germes dans l'eau permet d'en apprécier sa bonne qualité (CEAEQ, 2005).

- **Barrage Ghrib :** Durant la période d'étude on a enregistré des faibles charges des germes totaux au mois de Mars station A est de (3 UFC), La fréquence des germes totaux est assez variable d'une station à l'autre mais plus élevée aux mois de Avril sur la stations F (Fig.41) ceci peut être dû à la nature du milieu lessivé, de la nature physique et la chronique des apports de l'oued CHELIF et la présence des oiseaux d'eau (Fig. 40). Nous avons la présence Canard Colvert nom scientifique : *Anas platyrhynchos*. La station F est plus chargée par les germes totaux comparant par les autres stations.

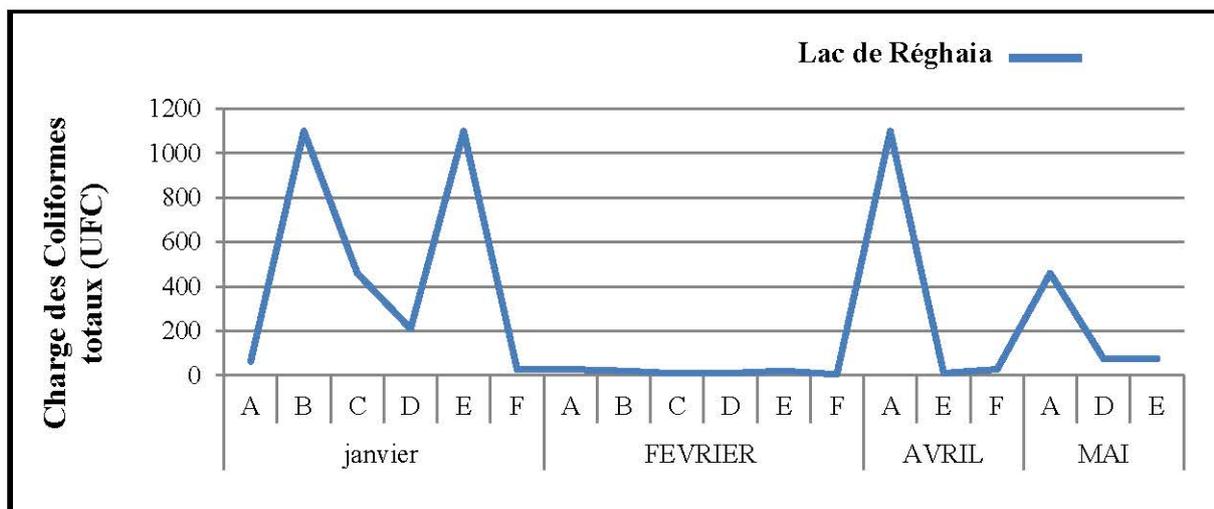


Fig. 40 : La digue du Barrage Ghrib



**Fig. 41:** Variation mensuelle et spatiale des coliformes totaux dans les eaux du barrage de Ghib

- **Lac de Réghaia :** La présence de ces germes nous donne une appréciation globale de la contamination et une évaluation de la flore bactérienne, sans préciser les sources de contamination (CEAEQ, 2005). La charge des germes totaux est répartie d'une façon irrégulière on remarque durant la période d'étude un pic aux mois, Février Avril et Mai toujours pour la station A qui atteignent la charge maximale 1100 UFC. On remarque une dégradation de charge des germes totaux au début de rejet jusqu'à la digue de lac (Fig. 42).



**Fig. 42:** Variation mensuelle et spatiale des coliformes totaux dans les eaux du lac de Réghaia

**IV.3.1.1 Coliformes fécaux :** Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*. (CEAEQ, 2005).

- Barrage Ghrib :** Les variations mensuelles des coliformes fécaux sont irrégulières (Fig. 43). De faibles charges apparaissent durant les mois de Mars, Avril, Mai, où nous avons dénombré, comme une valeur maximale, 11 UFC à la station F au mois d'Avril.

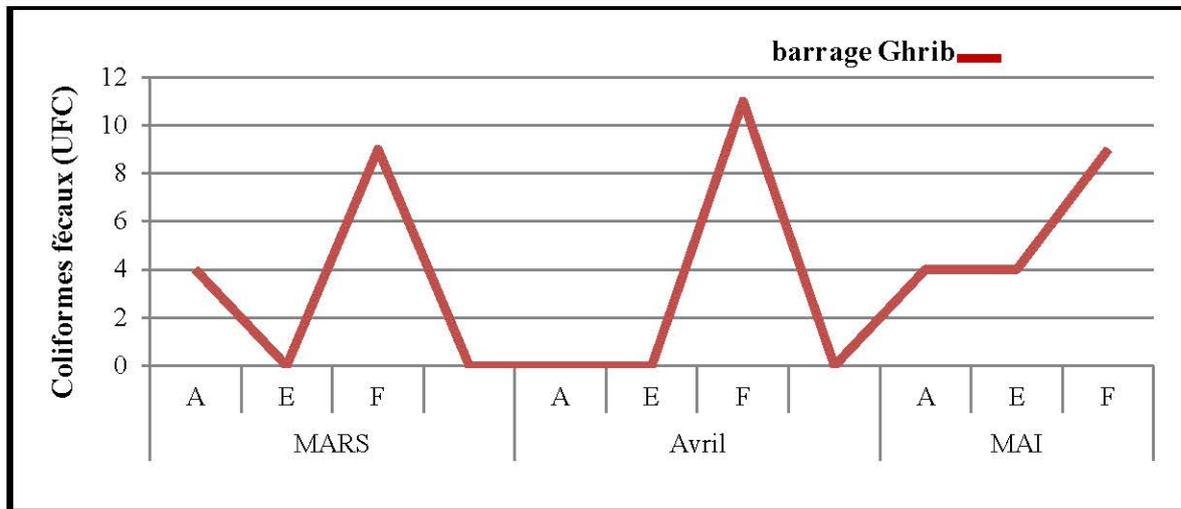


Fig. 43: Variation mensuelle et spatiale des coliformes Fécaux dans les eaux du Barrage Ghrib

- Lac de Réghaia :** Les variations mensuelles des coliformes fécaux sont irrégulières (Fig. 44). De faibles charges apparaissent aux stations C, D, F, E excepté de la station A avec une charge maximale de 210 NPP. Ces piques montrent le taux de pollution et la dégradation de la qualité de l'eau, plus la présence, des bulles d'air qui dégagent des gaz (Annexe 01). Ces résultats sont la conséquence de plusieurs facteurs environnementaux tels que les précipitations, les apports de différentes nature et le ruissellement des sols.

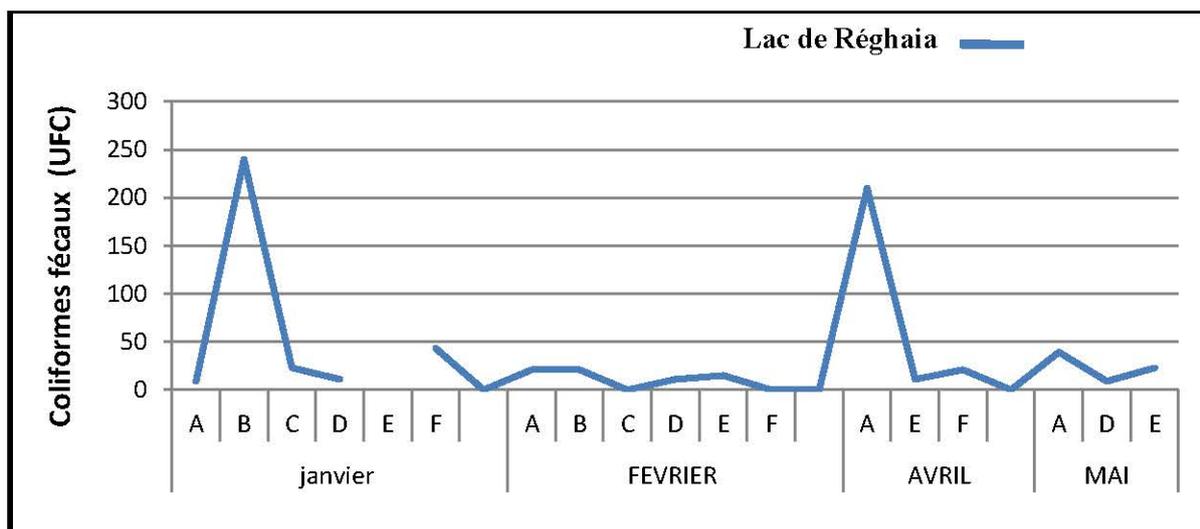


Fig. 44 : Variation mensuelle et spatiale des coliformes Fécaux dans les eaux du lac de Réghaia.

IV.3.1.2 *Escherichia coli* :

C'est l'espèce la plus fréquente, elle représente 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés. Parmi les coliformes fécaux, *Escherichia coli* est la seule qui soit équivoque toujours d'origine fécale (humaine ou animale) (Edberg et al., 2000). Elle peut atteindre des concentrations de 10<sup>9</sup> par gramme de matière fraîche. On la trouve dans les eaux d'égout, les effluents traités, ainsi que dans toutes les eaux naturelles. (CEAEQ, 2003).

• **Barrage Ghrib** : Les fluctuations temporelles de la contamination fécale par *E. coli* des eaux du barrage ont été observées pendant les mois de Mars et Mai avec de faible charge de 4 UFC à 9 UFC (Fig. 45).

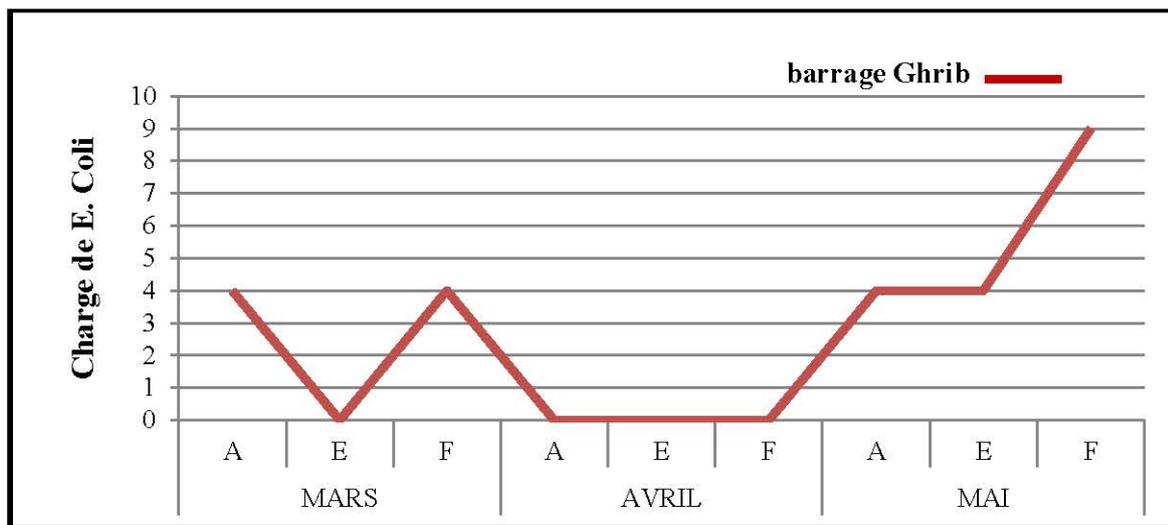


Fig. 45: Variation mensuelle et spatiale d'E-coli dans les eaux du Barrage Ghrib

• **Lac de Réghaia** : La concentration moyenne des six stations est plus élevée 7,11 UFC durant la période d'étude. Par ailleurs, La distribution et la dynamique d'E. coli dans les eaux du lac de Réghaia diffèrent d'une station à une autre (Fig. 46).

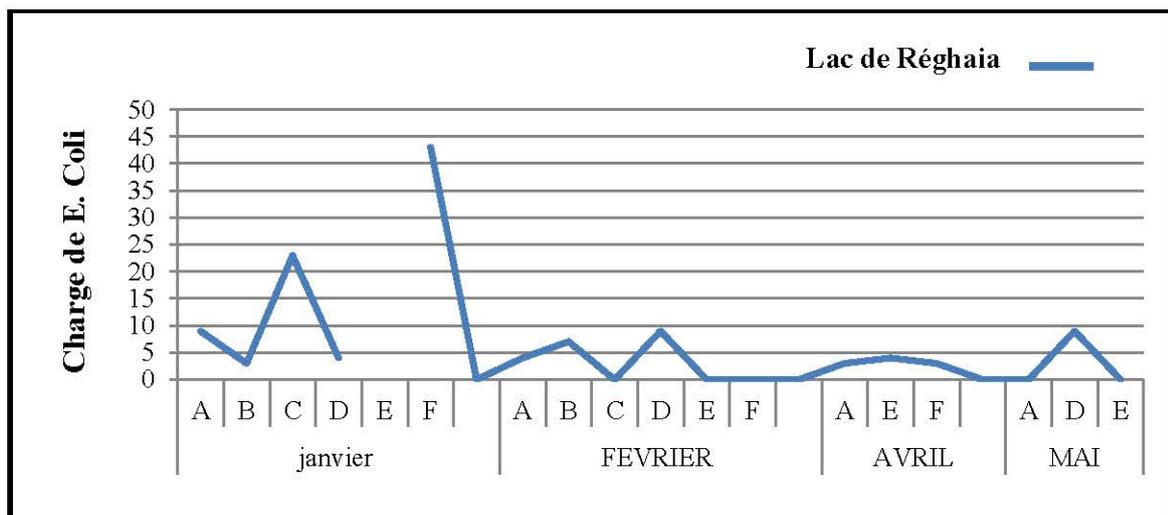


Fig. 46 : Variation mensuelle et spatiale d'E-coli dans les eaux du lac de Réghaia

**IV. 3.2- Entérocoques :** Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux ». Sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield, c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux (Rodier et al., 2009).

- **Barrage Ghrib :** une faible charge est remarquée durant la période d'étude. Au mois de Mars, nous avons enregistrées une absence totale des Streptocoques dans toutes les stations, ce ci déduire par une forte pluie durant ce mois. Pour les mois d'Avril et Mai on a enregistré des faibles charges des Streptocoques avec des valeurs respectivement de 7 et 4 UFC (Fig. 48). Ceci est déduire par la diminution de niveau du barrage.



Fig. 47 : Barrage Ghrib le mois d'Avril

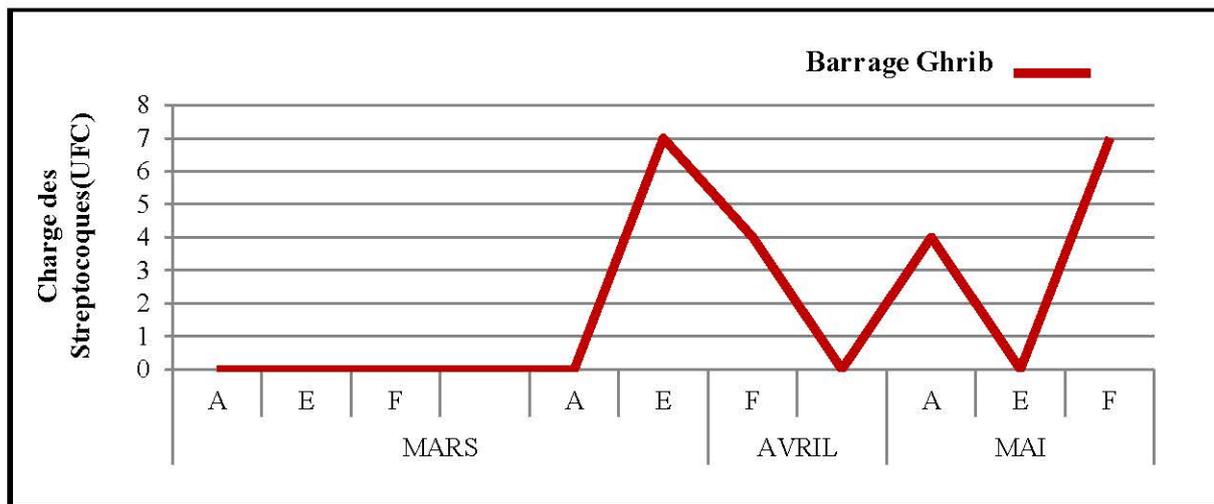
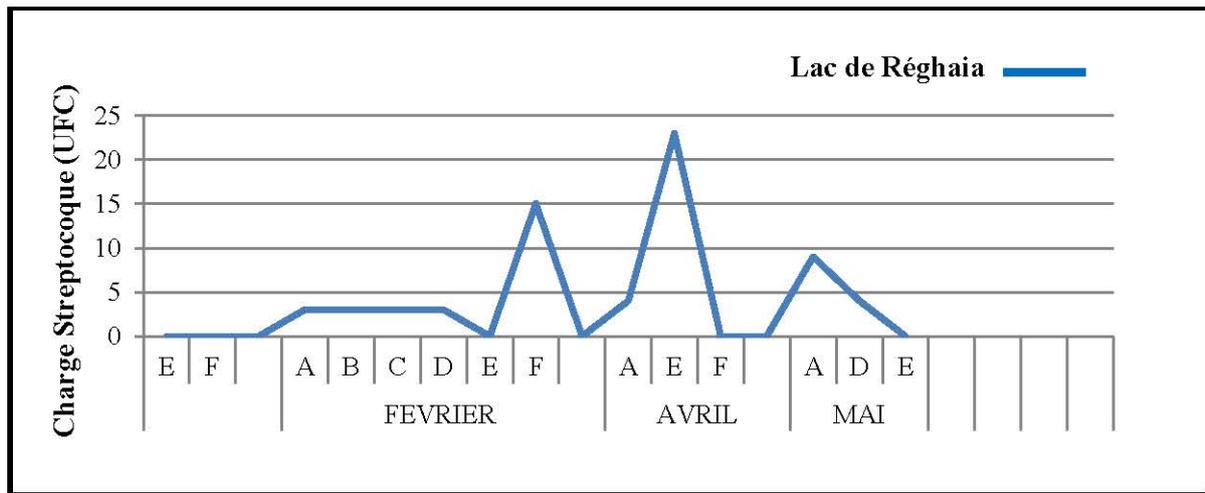


Fig. 48 : Variation mensuelle et spatiale des Streptocoques dans les eaux du Barrage Ghrib

- **Lac de Réghaia :** Nous avons noté l'absence totale des streptocoques au mois de Janvier et une faible charge au mois de Février au moyenne 4,5 UFC, et une pique au mois d'Avril.



**Fig. 49 :** Variation mensuelle et spatiale des streptocoques de lac de Réghaia

**IV.3.3- Salmonelles :** Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénicité varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Les hôtes naturels des salmonelles sont la population humaine, les animaux domestiques, les volailles et le bétail ainsi que les animaux sauvages, y compris les oiseaux communs. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladie mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer (Rodier *et al.*, 2009)

Durant notre étude, nous avons constaté l'absence totale des agents pathogènes tels que Salmonelles pour lac de Réghaia et Barrage Ghrib.

## IV.4-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 diversifie en phytoplancton (plancton végétal) et zooplancton (plancton animal).

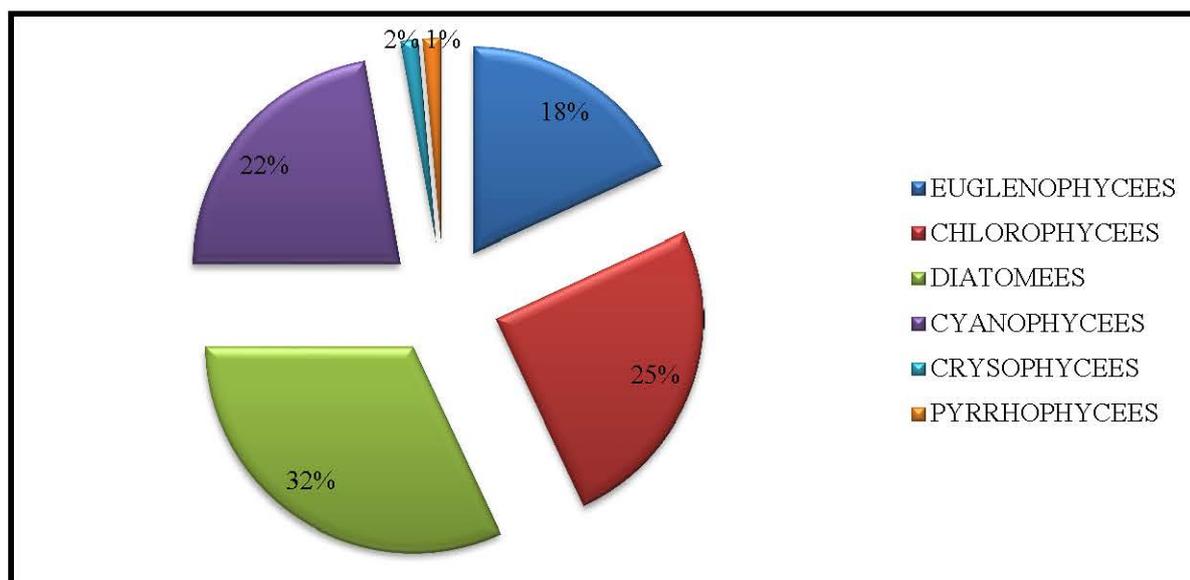
La communauté phytoplancton du **lac de Réghaia** et du **barrage de Ghrib** a été étudiée par une analyse et un suivi dans le temps en étudiant sa fluctuation qualitative (richesse spécifique) et quantitative (densité, abondance). En complément à cette étude, nous avons effectué une analyse structurale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

### IV.4.1-Etude qualitative du peuplement :

#### Composition taxonomique du phytoplancton :

- Dans les eaux du **lac de Réghaia**, nous avons répertoriées plus de **72** espèces réparties en **4** groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Euglénophytes et les Cyanophytes) avec 6 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. Les Diatomées ou les Bacillariophycées : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 23 taxons, soit 31,9% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Nitzschia*, *Cyclotella* et *Fragilaria*.
2. Les Chlorophycées : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 18taxons, soit 25,06% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Oocystis*, *Closterium* et *Scenedesmus*.
3. Les Cyanophycées : comptent 16 taxons, soit une proportion de 22,22%, dominés par les genres : *Anabaena*, *Oscillatoria* et *Synechococcus*.
4. Les Euglénophycées : comptent 13 taxons, soit une proportion de 18,05%, dominés par le genre : *Euglena*.
5. Les Cryptophycées : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (1,38%), représentés uniquement par le genre : *Cryptomonas*.
6. Pyrrophycées : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (1,38%), représentés surtout par le genre *Ceratium*.



**Fig. 50 :** Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le lac de Réghaia

Les 72 espèces déterminées dans le lac de Réghaia sont démontrées dans la liste suivante :

### 1- Les Diatomées :

*Achnantheidium cf catenatum*  
*Cyclotella meneghiniana*  
*Cyclotella ocellata*  
*Cyclotella cf ocellata*  
*Cyclotella sp2*  
*Stephanodiscus cf neoastraea*  
*Cymbella heteropleura*  
*Cymbella sp*

*Navicula cf cryptotenella*  
*Navicula cf gregaria*  
*Navicula sp 1*  
*Nitzschia cf vermicularis*  
*Nitzschia hungarica*  
*Nitzschia palea*  
*Fragilaira ulna*  
*Fragilaria sp*

*Frustulia cf rhomboides*  
*Gmphorema angusatum*  
*Hantzschia amphioxys*  
*Melosira varians*  
*Synedra parasitica*  
*Thalassiosira sp*  
*Ulnaria contracta*

### 2-Les Chlorophycées :

*Actinastrum hantzchii*  
*Cladophora sp*  
*Chlorobotrys regularis*  
*Closterium acutum*

*Coelastrum astroideum*  
*Closterium sp*  
*Monocaphidium griffithii*  
*Oocystis sp*  
*Oocystis marssonii*  
*Oocystis sp1*  
*Oocystis sp2*

*Peridinium cinctum*  
*Peridinium cfcinctum*  
*Pleurotaenium sp*  
*Scenedesmus protuberans*  
*Scenedesmus crassus*  
*Stigeoclonium sp*  
*Ulothrix bipyrenoidosa*

### 3-Les Cyanophycées :

*Anabaena cf affinis*  
*Anabaena cf delicatula*  
*Anabaena spiroides*  
*Anabaeno psiscircularis*  
*Aphanoca paelachista*  
*Hapalosiphon sp*

*Merismopedrasp*  
*Nodularia bharveyana*  
*Oscillatoria cf delicatula*  
*Oscillatoria sp*  
*Raphidiopsis curvata*  
*Synechoccus nidulans*

*Synechococcus cf lineare*  
*Synechococcus leopoliensis*  
*Synechocystis aquatilis*  
*Westiella sp*

**4-Les Euglénophycées :***Euglena caudata**Euglena oxyuris**Euglena cf oxyuris**Euglena sp1**Euglena sp2**Euglena sp3**Euglena sp4**Euglena sp5**Lepocinclis fusiformis**Lyngbya cf birgei**Phacus cf pleuronectes**Phacus sp1**Trachelomonas hispida***5 -LesCryptophycées :***Cryptomonas cf ovata***6 –Les Pyrrophycées :***Ceratium hirundinella*

• Pour le barrage de Ghrib nous avons répertoriées aussi 71 espèces réparties aussi en 4 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Euglénophytes et les Cyanophytes) avec 6 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. Les Diatomées : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 27 taxons, soit 38,02 % de la communauté phytoplantoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Cyclotella* et *Navicula*.

2. Les Chlorophycées : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 24 taxons, soit 33,80% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Oocystis* et *Coelastrum*.

3. Les Cyanophycées : comptent 13 taxons, soit une proportion de 18,30%, dominés par deux genres : *Anabaena*, *Synechococcus*.

4. Les Euglénophycées : regroupent 04 taxons, soit une proportion de (5.56%), représentés surtout par le genre : *Euglena* et *Phacus*.

5. Cryptophycées : regroupe deux taxons, soit une proportion de (2,8%), représentés surtout par le genre : *Cryptomonas*.

6. Pyrrophycées : regroupe un seul taxon, soit une proportion de (1,42%), représentés surtout par le genre : *Ceratium*.

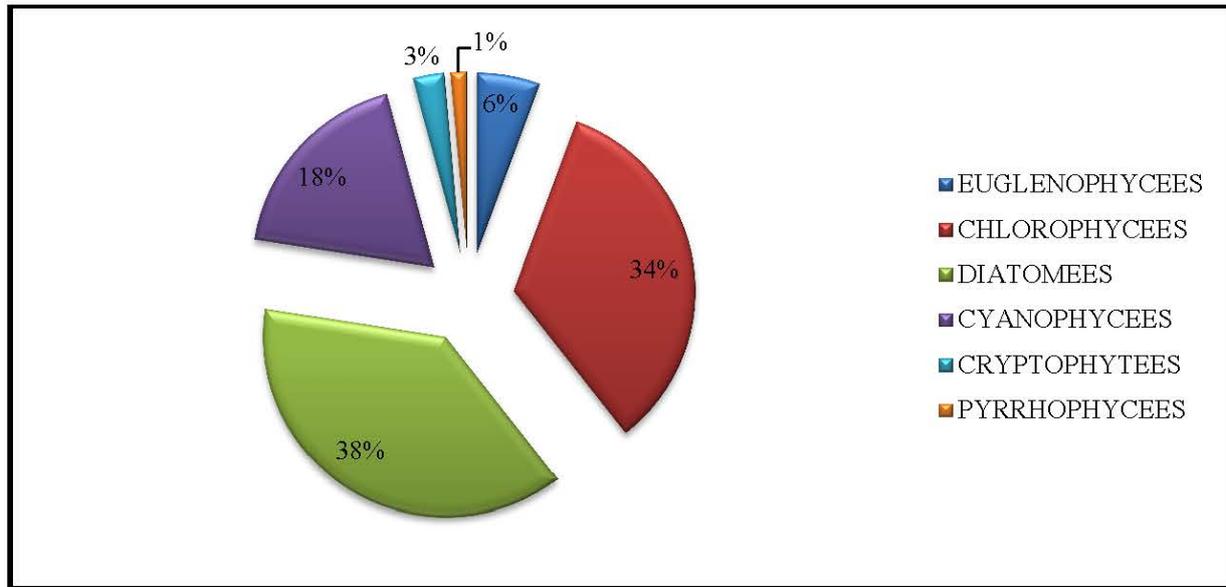


Fig. 51 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib

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

### 1- Les Diatomées

<i>Amphipleura pellucida</i>	<i>Gyrosigma cf acuminatum</i>	<i>Nitzschia capitellata</i>
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Gyrosigma sp</i>	
<i>Cyclotella ocellata</i>	<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Nitzschia hungarica</i>
<i>Cyclotella cf ocellata</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Nitzschia sp</i>
<i>Cyclotella sp1</i>	<i>Navicula cf cryptotenella</i>	<i>Stauroneis phaenicenteron</i>
<i>Cyclotella sp2</i>	<i>Navicula cf minima</i>	<i>Stephanodiscus cf neoastraea</i>
<i>Cymbella heteropleura</i>	<i>Navicula cf gregaria</i>	<i>Synedra parasitica</i>
	<i>Navicula hastavar</i>	<i>Thalassiosira sp</i>
<i>Encyonema sp</i>	<i>Navicula notha</i>	
<i>Frustulia cf rhomboides</i>		
<i>Gmphorema angusatum</i>		
<i>Gomphonema sp2</i>		

### 2-Les Chlorophycées :

<i>Actinastrum hantzchii</i>	<i>Costerium acerosum</i>	<i>Oocystis marssonii</i>
<i>Botryosphaera asudetica</i>	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>Oocystis sp1</i>
<i>Cladophora sp</i>	<i>Crucigernia cf tetrapedia</i>	<i>Oocystis sp2</i>
<i>Chlorobotrys regularis</i>	<i>Monocaphidium griffithii</i>	<i>Pleurotaenium sp</i>
	<i>Oocystis lacustris</i>	
<i>Closterium acerosum</i>	<i>Closterium cf acutum</i>	<i>Scenedesmus crassus</i>
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>
<i>Closterium acutum</i>	<i>Oocystis cf borgei</i>	<i>Tetraedron triangulare</i>
<i>Coelastrum astroideum</i>	<i>Oocystis elliptica</i>	
<i>Coelastrum sp</i>	<i>Oocystis sp</i>	

**3-Les Cyanophycées :**

<i>Anabaena cf affinis</i>	<i>Raphidiopsis curvata</i>
<i>Anabaena cf delicatula</i>	
<i>Anabaena spiroides</i>	<i>Synechococcus nidulans</i>
<i>Anabaenopsis circularis</i>	<i>Synechococcus cf lineare</i>
<i>Merismopedra sp</i>	<i>Westiella sp</i>
<i>Nodularia harveyana</i>	<i>Synechocytis aquatilis</i>
<i>Oscillatoria cf delicatula</i>	<i>Zimmermanniella sp</i>

**4-Les Euglénophycées**

*Euglena oxyuris*  
*Lyngbya cf birgei*  
*Phacus cf pleuronectes*  
*Trachelomonas hispida*

**5 - Les Cryptophycées :**

*Cryptomonas cf ovata*  
*Mallomonas sp1*

**6 –Les Pyrrophycées :**

*Ceratium hirundinella*

Dans cet inventaire floristique, nous sommes arrêtées au niveau du genre dans quelques groupes, car il est très difficile de déterminer l'espèce avec précision par le microscope inversé. Dans d'autres cas, nous avons éliminé d'autres espèces qui ne sont pas déterminées et qui présentent des pourcentages très faibles.

**IV.4.2-Etude quantitative du peuplement :****IV.4.2.1-Variation spatio-temporelle du peuplement algal :**

La composition spécifique du phytoplancton est en relation avec plusieurs facteurs ; des facteurs externes représentés essentiellement par les fluctuations climatiques et les changements de la charge des nutriments, et d'autres internes, propre au lac, comme le rôle des herbivores dans la régulation des populations algales (**Bertolo, 1998**).

Après le dénombrement cellulaire du phytoplancton ayant des dimensions supérieures à 20µm, nous avons remarqué une variété dans la densité des groupes phytoplanctonique dans le **lac de Réghaia**, le groupe le plus abondant est les Diatomées avec une densité de 72648500 alg/l et une abondance de 31,94%. Les genres les plus abondants sont *Cyclotella* et *Nitzschia*.

Les Chlorophycées viennent en deuxième position. Ce sont des organismes qui dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azotés (**Beralet et al., 1996 ; Carlsson et Graneli, 1999**). Présente la relation entre le  $\text{NH}_4^+$ . Le genre le plus abondant est *Actinastrum* au mois de Janvier avec une fréquence de 33,56% et le genre de *Closterium* avec une fréquence de 30,37% au mois Mars.

Le troisième groupe est les Cyanophycées avec une densité de 1048900 alg/l au Mois de Mars les espèces les plus abondantes sont *Anabaena sp* et *Synechococcus sp*.

Les Diatomées occupent la place la plus importante dans le peuplement micro algal. La classe des Diatomées forme le groupe le plus diversifié dans le lac de Réghaia avec 23 espèces soit 31,94% de la communauté totale.

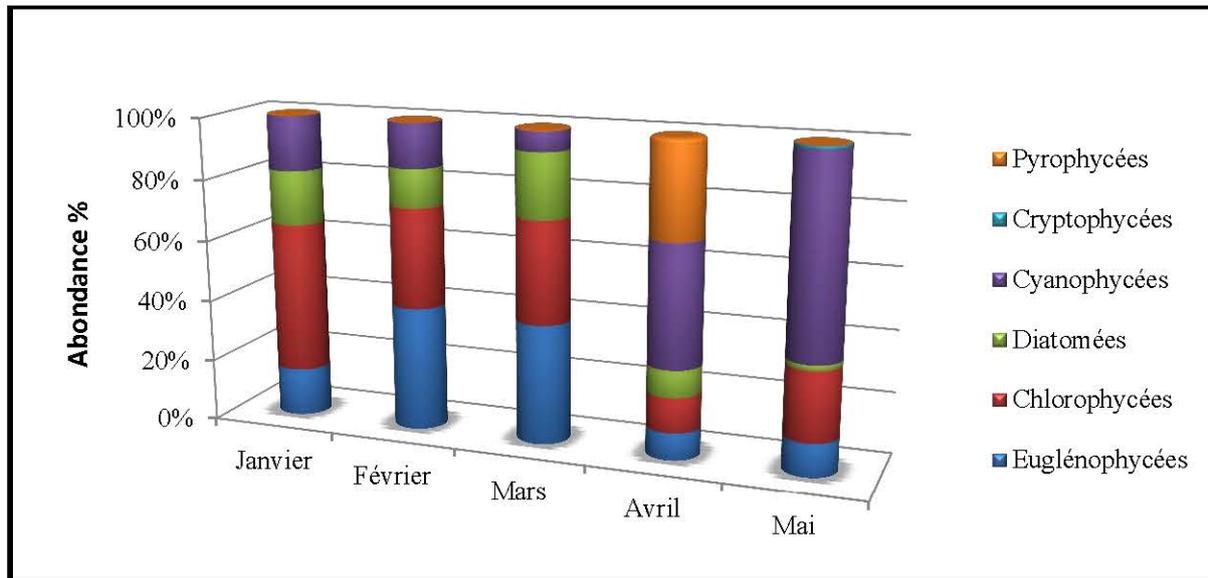


Fig. 52 : Variation mensuelle et spatiale des abondances des phytoplanctoniques au lac Réghaia

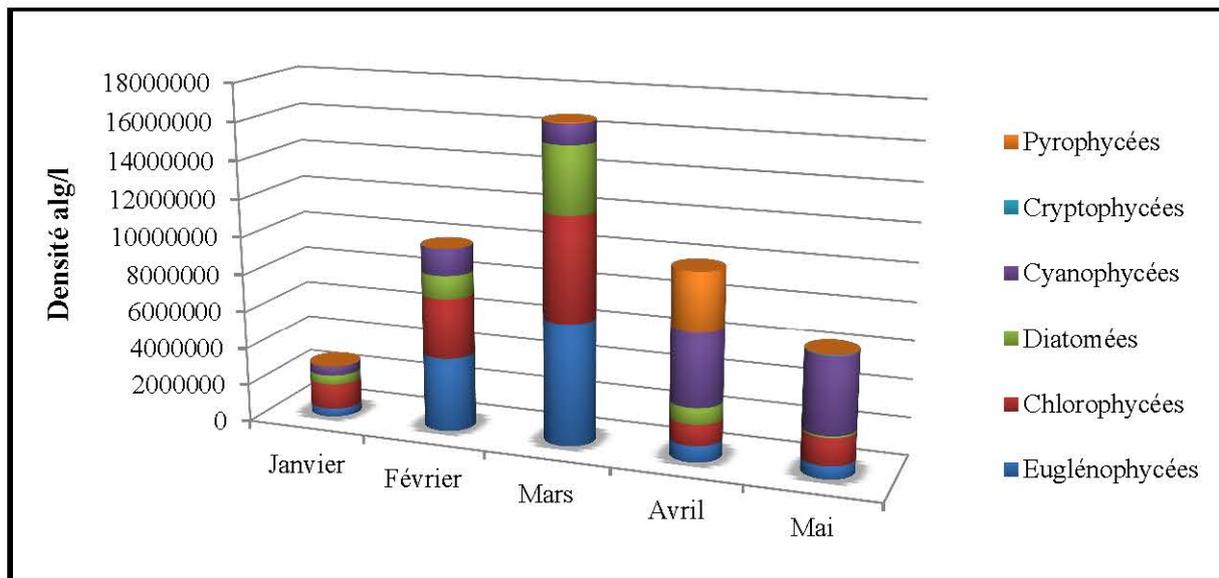


Fig. 53 : Variation mensuelle et spatiale de la densité des groupes phytoplanctoniques au lac Réghaia

Par ailleurs, le **Barrage de Ghrib** est composé de 71 espèces :

Les Diatomées viennent en première position avec une densité de 47509000 alg/l (Fig. 53) soit 38,08% (Fig. 54). Les genres les plus abondants sont : *Cyclotella* et *Navicula*.

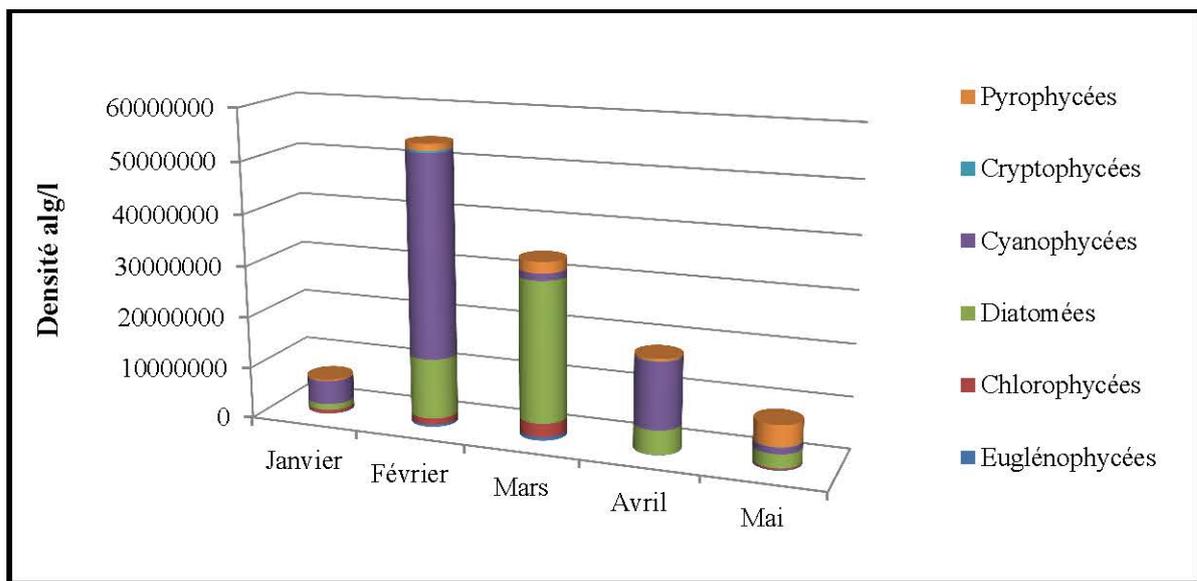
En deuxième position les Chlorophycées avec une densité de 36217900 alg/l et une abondance de 33,80%. Les genres les plus abondants sont : *Coelastrum* et *Oocystis*.

En troisième position, les Cyanophycées avec une densité de 59417100 alg/l. et une abondance de 18,30%. Les genres abondants sont *Anabaena* et *Synechococcus*.

En quatrième position les Euglénophycées qui représente une faible densité (1357400 alg/l) comparant avec le lac de Réghaia avec une abondance de 5,63%.

Les Cryptophycées est une classe rare avec une densité de 493600 alg/l et une abondance de 2,81%, représenté par deux espèces : *Mallomonas sp* et *Cryptomonas cf ovata*.

En sixième position les Pyrrophyées, cette classe est plus abondante par rapport au lac de Réghaia avec une densité de 8329500 alg/l et une abondance de 1,4%. Elle est présentée par l'espèce *Ceratium hirundinella*.



**Fig. 54 :** Variation mensuelle et spatiale des densités des groupes phytoplanctoniques de Barrage Ghrib.

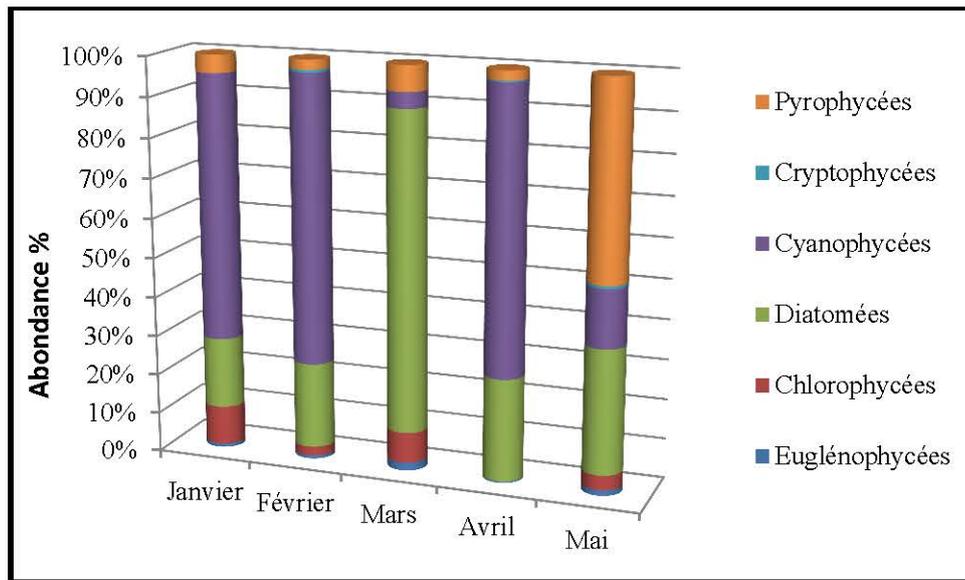


Fig. 55 : Variation mensuelle et spatiale des abondances des phytoplanctoniques au Barrage Ghrib.

#### IV.4.2.2-Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

##### IV.4.2.2.1. L'indice de Shannon (H') et l'Equitabilité (E) :

**Lac de Réghaia :** l'indice de Shannon varie entre 3,1 et 3,8 bits /ind (Fig.55). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *Coelastrum acutum*. La richesse spécifique durant cette période varie entre 15 et 34. Aux mois d'Janvier, Février, Mars, Avril et Maio note que l'indice de Shannon dépasse les 3bits /ind pour atteindre sa valeur maximale (3,80 bits /ind) au mois de Mai qui marquent aussi une grande richesse spécifique (34). Ces valeurs élevées révèlent que le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces qui présentent une répartition équilibrée.

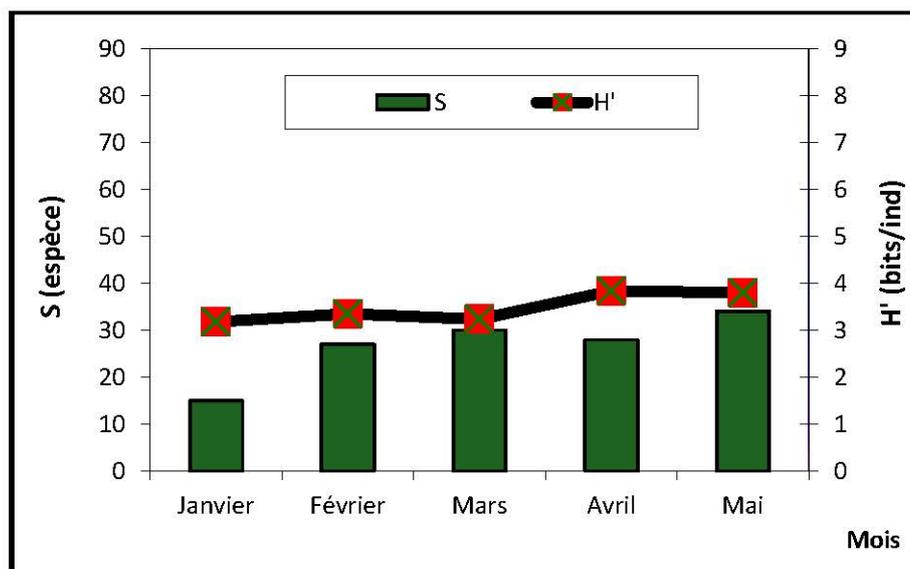
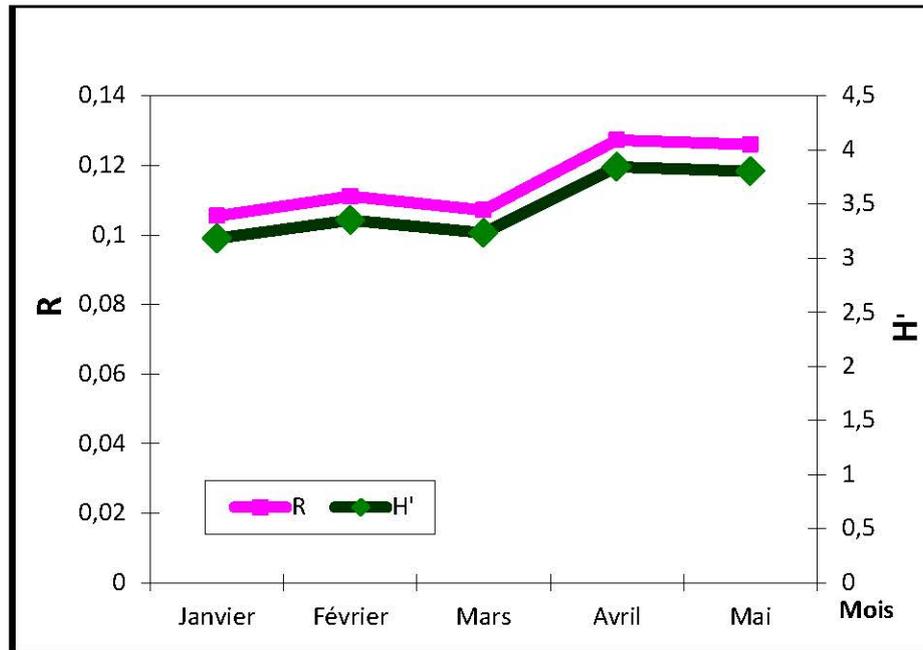


Fig.56 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de Lac Réghaia

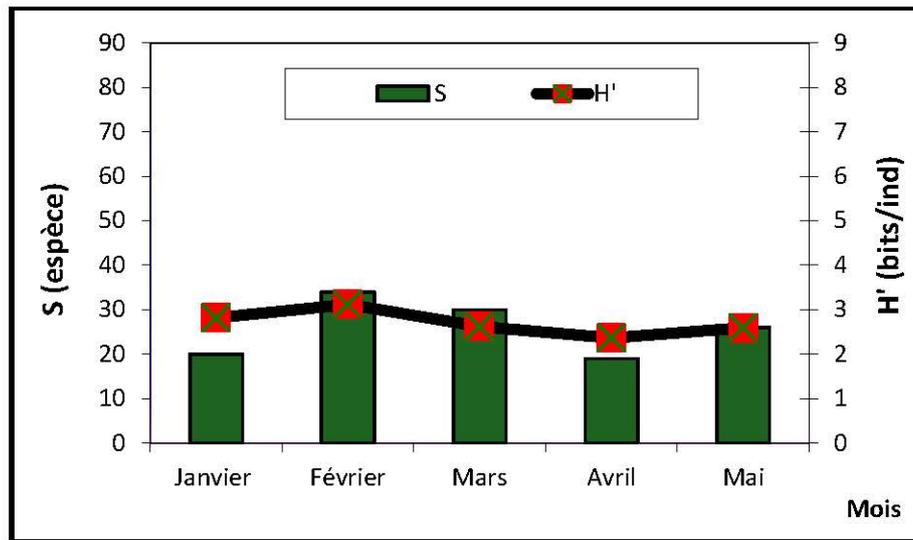
Globalement l'indice de diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig.57), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant tous les 5 mois (Janvier, Février, Mars, Avril, Mai).

Quand l'équitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi-totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Coelastrum actum*), ce phénomène observé au mois Janvier, Février, Mars, Avril, Mai ( $R=0.10$  et  $0.12$  respectivement).



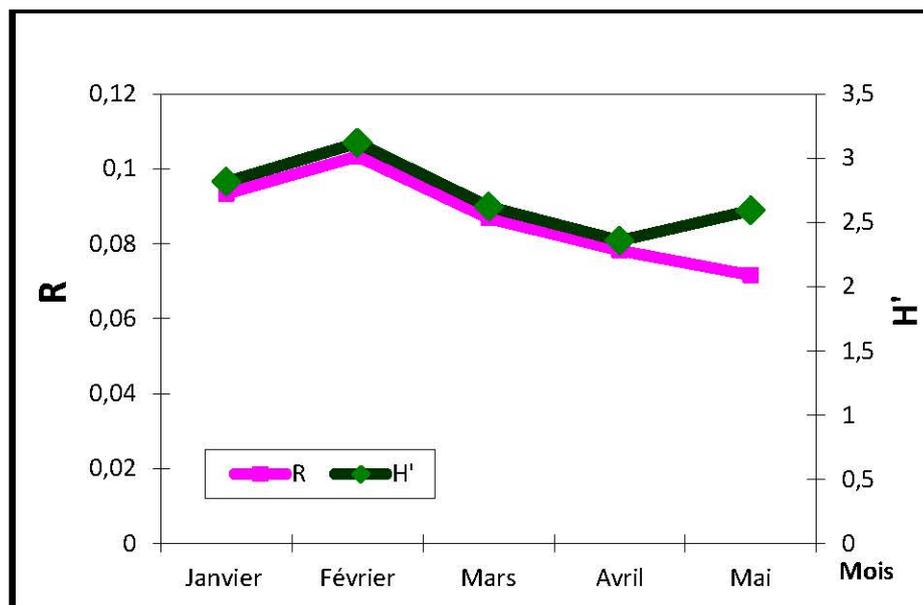
**Fig.57** : Variation de l'indice de Shannon ( $H'$ ) et d'équitabilité ( $R$ ) de Lac Réghaia.

**Barrage Ghrib** : l'indice de Shannon varie entre 2,35 et 3,11 bits / ind (Fig : 57). Les faibles valeurs sont enregistrées aux mois Mars, Avril, Mai, (2,6, 2,3, 2,5 bits /ind respectivement). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *Cyclotella ocellata*. La richesse spécifique durant cette période varie entre 19 et 34. Aux mois d'Janvier, Février respectivement on note des valeurs maximales (2,815 et 3,11 bits /ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique (20 et 34 respectivement).



**Fig. 58 :** Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de Barrage Ghrib

Les résultats obtenus (Fig.58), montrent qu'en général, la diversité spécifique est moins importante durant tous les 5 mois (du mois de Janvier au mois de Mai).



**Fig. 59 :** Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) de Barrage Ghrib.

**Tableau VII :** Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctonique trouvées au niveau des deux barrages.

	Lac Réghaia			Barrage Ghrib		
	S	H'	R	S	H'	R
Janvier	15	3,1813	0,1054	20	2,8153	0,0934
Février	27	3,3511	0,1111	34	3,1189	0,1034
Mars	30	3,2333	0,1071	30	2,6209	0,0868
Avril	28	3,8423	0,1273	19	2,3596	0,0782
Mai	34	3,8011	0,1260	26	2,5928	0,0717

**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 long de la période d'étude. Ces diagrammes ont été réalisés en coordonnées logarithmiques (Frontier, 1969), à partir des biomasses spécifiques.

L'analyse de l'allure des courbes de DRF, pour le barrage de Ghrib et le lac de Réghaia, permet de décrire l'évolution de la structure de peuplement algal. Les figures 59 et 60 montrent que l'allure de 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).

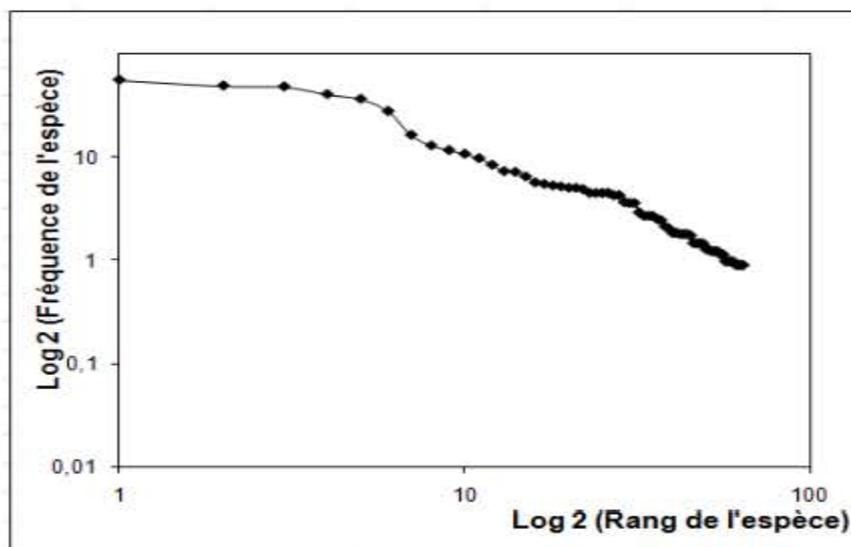


Fig.60 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Barrage de Ghrib.

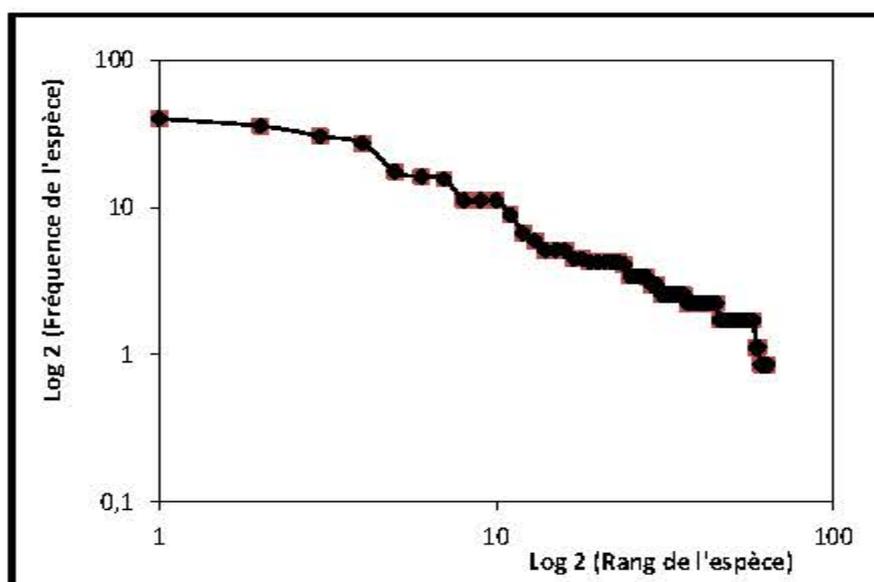


Fig.61 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du lac de Réghaia

## **Conclusion**

## CONCLUSION

Notre étude, basée sur un suivi mensuel (du mois de Janvier au mois Mai 2017) dans deux lacs de barrage (barrage de Ghrib et le lac de Réghaia), a été réalisée dans le but d'identifier les espèces phytoplanctoniques existantes dans les deux systèmes lacustres en relation avec les différentes caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

L'étude écologique des deux lacs nous a permis d'estimer l'évolution des paramètres abiotiques et biotiques durant la période d'étude et de connaître la concentration de certains éléments nutritifs tels que l'azote et les phosphates, qui sont les principales substances à l'origine de l'eutrophisation. Cette dernière a pour conséquence une grande diversité du phytoplancton.

En raison de leur importante capacité de réponse aux changements environnementaux, les producteurs primaires (le phytoplancton) sont depuis longtemps utilisés comme indicateurs biologiques de la qualité des milieux aquatiques. La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000/60/CE) préconise ainsi l'utilisation du phytoplancton, afin de mesurer l'état écologique des écosystèmes lacustres. Dans cette étude, ces compartiments ont été utilisés pour comparer l'état écologique dans deux lacs de barrage ayant la particularité de présenter des niveaux trophiques différents.

Les résultats des paramètres biotiques montrent que le lac de Réghaia est classé comme une eau polluée. L'étude phytoplanctonique montre que ce dernier lac abrite plus de 72 espèces réparties en 6 classes fonctionnelles avec la dominance des espèces résistantes à la pollution comme le genre *Nitzschia* des Diatomées et le genre *Anabaena* des Cyanophycées. Cette dernière classe, qui est connue par des espèces résistantes à la pollution et qui libèrent des toxines dans les milieux, est présente dans le lac de Réghaia avec une fréquence de 22,22%. Notant aussi que notre période d'étude est limitée à cinq mois et que cette dernière classe prolifère surtout en été.

Par ailleurs, les eaux du barrage de Ghrib, sont classées comme des eaux de bonne qualité. Elles sont composées essentiellement d'espèces cosmopolites dont nous avons recensés 71 espèces dominées surtout par la classe des Diatomées qui est représentée par le genre polluo-sensible (*Navicula*).

L'étude dynamique basée sur les fréquences de l'ensemble des échantillons a permis de caractériser l'état de la maturité du peuplement. Globalement, l'analyse des courbes de DRF montre que le lac de Réghaia et le barrage de Ghrib se trouvent dans le Stade2 indiquant la maturité du système : ils sont caractérisés par un nombre important d'espèce. Les indices de diversité et de régularité sont élevés et les courbes sont entièrement convexes, ce qui correspond à des écosystèmes matures.

En plus des espèces indicatrices de la pollution, on a procédé à une évaluation de l'état trophique des deux barrages en les classant selon les critères de l'O.C.D.E. (1982) qui se reposent sur la transparence de l'eau et la teneur en Chlorophylle « a », ce classement nous a ramené à déduire l'état trophique du lac de Réghaia, durant notre période d'étude, qui est

classé en état Hyper-eutrophe et du barrage de Ghrib qui est classé dans un état méso-eutrophe.

A l'issue de cette étude et lors de l'interprétation des résultats, il est apparu utile de faire certaines suggestions en vue de l'amélioration de la qualité des eaux des deux milieux :

✓ Poursuivre le travail de suivi physico-chimique et bactériologique de l'eau sur une durée plus importante, afin de constituer une base de données de ces sites, particulièrement le dosage de: carbone total, azote total et phosphore total, DCO et DBO<sub>5</sub>.

✓ Poursuivre l'étude du phytoplancton, afin de déterminer les espèces existantes naturellement et celles liées aux pollutions ponctuelles en provenance du sous bassin versant, cet aspect est proposé dans le cadre d'un projet national de recherche (2015-2020).

✓ Contrôler les déversements des déchets urbains et industriels dans les oued salimentant ces lacs tout en plaçant des stations d'épuration des eaux usées à proximité de chaque source de pollution surtout dans le lac de Réghaia qui est dans un état de disparition totale de toute sorte de vie.

✓ Contrôler l'utilisation des engrais par les agriculteurs en les sensibilisant pour l'utilisation modéré des fertilisants.

 **Références  
bibliographiques**

Références bibliographiques

**Addy et Green, (1997)** - Addy K. and Green L. 1997-Dissolved oxygen and temperature. Natural Resources Facts. Fact Sheet no. 96-3.

**AFNOR, (1990).** Norme française NF V 12-054, Saint-Denis La Plaine. France.

**AFNOR, (2000).** Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Norme française NF T 90-354. *Association Française de Normalisation*. Saint-Denis La Plaine. France

**ANBT (2017).** Agence nationale des barrages et transfert. *Appl. Microbiol.* 88 (S1) : 106S-116S.

**Arrignon J., (1976).** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 3ème édition Gauthier-Villars ; Paris. 340p

**Arrignon J., (1982).** – Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces, 3ème édition Gauthier Villars, 49-125 p.

**Arrignon J., (1997)-** Publication Paris : Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 1997.

**Barbault R., (1993)-** Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. Ed. Paris. 326p.

**Berdalet E., Marrase C., Estrada M., Arin I. Maclean M.L., (1996)-** Microbial community reposes to nitrogen-and phosphorus deficient nutriment inputs : microplankton dynamics and biochemical characterization. *J Plankton Res* 18 : 1627-1641 p.

**Bertolo A., (1998)** - Etudes expérimentales sur le rôle des poissons dans le fonctionnement des systèmes pélagiques lacustres. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris. 85p.

**Blomqvist P., Pettersson A. et Hyenstrand P., (1994)** - Ammonium-nitrogen: A key regulatory factor causing dominance of non-nitrogen-fixing cyanobacteria in aquatic systems. *Arch. Hydrobiol.*, 132 : 141-164p.

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

**Bourelly, 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.

**Bourelly, P. (1972).** Les algues d'eau douce : initiation à la systématique .les algues vertes. Tome I. éd N. Boubée et Cie. 572 p.

**Bourelly, P. (1985).** Les algues d'eau douce : initiation à la systématique – Eugléniens, Périдиниens, algues rouges et algues bleues. Tome III.éd N. Boubée ET Cie.400 p.

- Bouvy M., Pagano M. et Troussellier M., 2001.** Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis ciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquat. Microb. Ecol.* 25 (3) : 215-227p.
- Bright, D-I. et Walsby, A-E. (1999).** The relationship between critical pressure and width of gas vesicles in isolates of *Planktothrix rubescens* from lake Zurich. *Microbiology*. 145. pp. 2769-2775.
- 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.
- Cantin P.H. (2003).** Fiche synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec. 205p
- Carlsson, P. et Graneli, E. (1999).** Effects of N: P: Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea. II. Phytoplankton species composition. *Aquat. Microb. Ecol.* 18. pp. 55-65.
- CEAEQ. (2003).** Méthode d'analyse. Recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence. Centre d'expertise en Analyse environnementaux du Québec. 12p.
- CEAQ. (2005).** Méthode d'analyse. Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives : méthode par incorporation à la gélose. Centre d'expertise en Analyse environnementaux du Québec. 15p
- 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. 19 p.
- Chisholm, S-W., Olson, R-J., Zettler, E-R., Goericke, R., Waterbury, J-B. et Welschmeyer, N-A. (1988).** A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*. 6180. pp. 340-343.
- CNEXO, (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395 p.
- Colyer, C-L., Kinkade, C-S., Viskari, P-J. et Landers, J-P. (2005).** Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 382. pp. 559-569.
- Dajoz, R. (2000).** Précis de l'écologie, 7ème Ed, Edition DUNOD ; p615.
- De reviers, B. (2003).** Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. *Collection Sup Sciences. Tome 2.* 255 p.
- Devaux A. (1976).** Dynamique des populations phytoplanctoniques dans deux lacs du massif central français. *Ann. Stn. Biol. Besse Chandesse.*, 10, 1-184.

- Djelita, B. (2009).** Etude du phénomène d'eutrophisation dans le barrage de Hammam Boughrara (wilaya de Tlemcen). Algérie. Thèse Magister. U.S.T.H.B. 160 p.
- Domaizon, I., Viboud, S. et Fontvieille, D. (2003).** Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy. Importance of mixotrophy. *FEMSM microbiology. Ecology.* 46. pp. 317-329.
- Dorioz J.M., Loocozy Y.M., Monrozier L.J., Prigent C. Texier, Poulenard J. et Trevisan D. (2006).** Pratique pastorales et qualité microbiologique des eaux à l'échelle bassin versant : rôles des facteurs pédoclimatiques et hydrométéorologiques dans la survie, l'état physiologique et le transfert des populations de bactéries fécales bovines. Projet AXE2 « pratique agricoles et qualité des eaux ». Université de Savoie- INRA. 59p.
- Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *J. Appl. Microbiol.* 88:106S-116S.
- El Ghachtoul Y., Alaoui Mhamdi M., Gabi H., 2005-** Eutrophisation des eaux des retenues des barrages Smir et Sehla (Maroc) : cause, conséquences et consignes de gestion. *Rev. Sci. Eau* 18/ spécial (2005). 75-89 p.
- El Haouati, H. et Djemane, K. (2006).** Evaluation des ressources aquacoles (phytoplancton, zooplancton et poissons) du barrage Gargar (wilaya de Relizane). Mémoire d'ingénieur, U.S.T.H.B. Alger. 45 p.
- El Haouati, H. (2009).** Suivi des caractéristiques physico-chimiques et phytoplanctoniques du lac de Réghaia (Wilaya d'Alger). Thèse de Magister. U.S.T.H.B. 160 p.
- El Haouati, H. (2015).** Adaptation d'un indice phytoplanctonique pour l'évaluation de la qualité des eaux des écosystèmes lacustres algériens. Thèse de Doctorat en Sciences. U.S.T.H.B. 242 p.
- El Haouati, H., Arab, A., Tudesque, L., Lek, S. et Samraoui, B. (2015).** Study of the diatoms of Reghaialake, northern Algeria. *Rev. Ecol (Terre et Vie),* Vol. 70 (1). pp. 44-57.
- Ettl, H. (1978).** Xanthophyceae. éd. Süßwasserfloravon Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Ettl, H. (1983).** Chlorophyta I Phytomonadina. éd. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- Ettl, H. et Gärtner, G. (1988).** Chlorophyta II Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. et Mollenhauer, D. éd. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.
- Falkowski P.G., 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.

- Fogg, G-E., Stewart, W-D., Fay, P., et Walsby, A-E. (1973).** The blue-green algae. *Academic Press-London and New York*. pp. 9-297.
- Frontier S., 1976-** Utilisation des diagrammes rang fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, I, vol. 3,35-48p.
- Frontier S. et Etienne M., 1990-** Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes Rangs Fréquences : modélisation, variabilité d'échantillonnage. *Biométrie et Oceanographie*, 10 Actes de colloques, IFREMER : 145-177p.
- Frontier, S. (1969).** Méthodes d'analyse statistique applicables à l'écologie du plancton. *Doc. Sci- Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be. 7. Multigr.* 45 p.
- Ganf, G., Heaney, S-I et Corry, J. (1991).** Light absorption and pigment content in natural populations and cultures of a non-gas vacuolated cyanobacterium *Oscillatoria*. *Tychomema bourrellyi*. *Journal of Plankton Research*. 13. pp. 1101-1121.
- Gaujous D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques- aide-mémoire. 2e édition. *Technique & documentation- Lavoisier, Paris*. 220p
- Germain, H. (1981).** Flore des Diatomées. eaux douces et saumâtres. *Soc. Nouv. éd. Boubée. Paris*. pp.1- 444.
- Golterman (H.L.) 1975.-** Physiological limnology, an approach to the physiology of lake ecosystems. Elsevier, Amsterdam. 489p.
- Groga, N. (2012).** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). *Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (U. Toulouse)*. 224 p.
- Iglesias, M-D., Schofield, O-M., Batley, J., Medlin, L-K. et Hayes, P-K. (2006).** Intraspecific genetic diversity in the marine coccolithophore *Emiliania huxleyi* Pymnesiophyceae. The use of microsatellite analysis in marine phytoplankton population studies. *Journal of phycology*. 42. pp. 526-536.
- Iltis A. 1966.** Les Algues d'eau Douce Initiation à la systématique. Tome 1 : Les algues vertes, Edition N. Boubée et Cie 3. Place Saint-André-Des -ART , part , PARIS-VI e . Pp. 9- 10.
- Jacquet S., Domaizon I., Masquelier S., Lepère 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 pathogènes du phytoplancton le rôle insoupçonné des parasites dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques , 1 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, UMR 7144 et UPMC, place Georges Tessier, 29282 Roscoff cedex 3 Université Blaise Pascal, CNRS, UMR 6023, Microorganismes : génome et environnement, 63177 Aubière cedex , page 38-40 .

- John, D-M. (1994).** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review*.69. pp. 275-291.
- Kedaid O., 2011,** Estimation des ressources phytoplanctoniques dans le barrage de Ghrib et l'aspect d'érosion dans son sous bassin versant, Thèse de Magister. 131 p.
- Komárek, J. (2003).** Coccoid and colonial Cyanobacteria. Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification. éd. Academic Press. Paris.
- Lacaze J-C., 1996-**Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences 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.
- Lampert et Winfried, 2007** Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. Second Edition. By Winfried Lampert and, Ulrich Sommer. Oxford and New Yor, page 83.
- Lampert W., 1987-** Laboratory studies on zooplankton-cyanobacteria interactions. *New Zeal. J. Mar. Fresh. Res.* 21 : 483-490p.
- Leveque C., 1996-** Ecosystèmes aquatiques. *Edition IRD.* 159p.
- Leveque C., 2001-** Ecologie de l'écosystème à la biosphère. *Edition IRD.* 502p.
- Lund (J.W.G.) 1949.-**Studies on *Asterionella*.1.The origin and nature oft he cells producing seasonal maxima *J .Ecol.*, 37, 389-419.
- Lund (J.W.G.) 1950.-**Studies on *Asterionella formosa* Hass 2.Nutrient depletion and the spring maximum. *J. Ecol.*,38,1-35.
- Kedaid Oumelkhir 2011** estimation des ressources phytoplanctoniques dans le barrage de ghrib et l'aspect d'érosion dans son sous bassin versan ,page 3.
- Meterfi, B.1984.**Contribution à la caractérisation des sols saharien et évaluation de leursaptitude des culturelles d'oasis d'El Goléa. Mémoire d'Ingénieur d'état /ENSA, Alger.
- Mulhauser, B., Monniers, G.1995.** Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe, Edition Delachaux et Niestle ; p335.
- Mur et al 1999 Mur L, Skulberg O, and Utkilen H.1999.** Cyanobacteria in the environment. In : Chorus I, Bartam J . Toxic cyano bacteriain water : Aguide public health significance, consequences, monitoring and management, 15-40. E and FN SPON , London.
- Mutin G., 1977** La Mitidja de colonisation et espace géologique.*OPU, Alger,* 30p.
- Nisbet., Verneaux. 1970.** Composants chimiques des eaux courantes, discussion et proposition des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de limnologie* 1,6 Fasc ; pp 161-190.

- Not, F., Valentin, K., Romari, K., Lovejoy, C., Massana, R., Tobe, K., Vaultot, D. et Medlin, L-K. (2007).** Picobiliphytes. A marine picoplanktonic algal group with unknown affinities to other eukaryotes. *Science*. 5809. pp. 253-255.
- Nozaki, H. (2003).** Flagellated Green Algae. Dans: *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Wehr, J-D. et Sheath, R-G. éd. *Academic Press, Paris*.
- O.C.D.E, (1982).** Eutrophisation des eaux: méthode de surveillance, d'évaluation et de lutte. Organisation de Coopération et de Développement Economiques. Paris.
- Ott, D-W. et Oldham-ott, C-K. (2003).** Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. Dans : *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Wehr, J-D. et Sheath, R-G. éd. *Academic Press. Paris. Rosowski*.
- Paradis, O. 1979.** Ecologie. Edition Decaries ,p450.
- Partensky, F., Hess, W-R. et Vaultot, D. (1999).** Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63. pp. 106-124.
- Pechlaner (R.) 1970.-** The phytoplankton spring outburst and its conditions in lake Erken (Sweden). *Limnol. Oceanogr.*, 15, 113-130.
- Pourriot R. et Capblancq J. et Champ P. et Meyer J.A. 1982,** Ecologie du plancton des eaux continentales, Masson S.A. 120, Bd Saint Germain, 75280 Paris CEDEX. Page 1,8-9.
- Pourriot, R. et Meybeck, M. (1995).** Limnologie générale. *Masson. Paris. Collection Ecologie*. pp. 6-59.
- Rachiq Saâd, 2003, Structure et fonctionnement du peuplement phytoplanctonique et capacités phagotrophes des microalgues dans le réservoir Allal El Fassi (Maroc ),**
- Ramade F., 1987-** Les catastrophes écologiques. Paris (France) : MCGRAW-Hill 317p.
- Ramade F., 2005 -** Elément d'écologie : Ecologie appliquée. Action de l'homme sur la biosphère. *Nouvelle Edition, Paris*. 302p.
- Reynolds, R-W et Smith, T-M. (1998).** A High-Resolution Global Sea Surface Temperature Climatology for the 1961-90 Base Period. *J. Climate*, 11. pp 3320-3323.
- Reynolds, C., 2006.** Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J-P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8e édition. Dunod, Paris. 1383p
- Rodier, 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*. 1365 p.
- Rodier, J., Bernard LEGUBE? Nicole MERLET et Coll (2009)** Analyse de l'eau 9 éme édition, page 790.

- Rosowski, J-R. (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, 269 pages.
- Saez, A-G., Zaldivar-Riveron, A. et Medlin, L-K. (2008).** Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal coccolithophores Haptophyta. *Journal of Plankton Research*.30. pp. 559-566.
- Sanders, R-W., Porter, K-G., et Caron, D-A. (1990).** Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poterioo chromonas malhamensis*. *Microbial Ecology*. 19. pp.97-109.
- Sane, S. (2006).** Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal. *Thèse de Doctorat de 3ème cycle*. 180 p.
- Schagerl, M. et Donabaum, K. (2003).** Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae.1.Cyanoprokaryota, Rhodophyta and Cryptophyta. *Annales de Limnologie*.39. pp. 35-47.
- Schanz, F., Micheletti, S. et Walsby, A-E. (1997).** Factors leading to the success of the cyanobacterium *Planktothrix rubescens* in Lake Zurich. *Phycologia*36. pp. 89-99.
- STRICKLAND, T. C., and J. W. FITZGERALD. 1983.** Mineralization of sulphur in sulphoquinovose by forested soils. *Soil Biol. Biochem.* 15: 347-349.
- Thévenin J., 1958.** Le barrage de Ghrib. 6ème congrès international des grands barrages, Travaux, N°286, août 1958, 711-732p
- Utermöhl, H. (1958).** Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton- Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 9. pp. 1-38.
- Verlaque, M., 1977.** Étude du peuplement phytobenthique au voisinage de la centrale thermique de Martiques-ponteau sur le Macrophyt obenthos Golf de Fos. Fr. Méditer. *Thèse de 3ème cycle. Unive. Aix-Marseille. Fr.* 172 p.
- Walsby, A-E. (2005).** Stratification by cyanobacteria in lakes: a dynamic buoyancy model indicates size limitations met by *Planktothrix rubescens* filaments. *New Phytologist*.168. pp. 365-376.
- Walsby, A-E., NG, G., Dunn, C. et Davis, P-A. (2004).** Comparison of the depth where *Planktothrix rubescens* stratifies and the depth where the daily insolation supports its neutral buoyancy. *New Phytologist*.162.pp.133-145.
- Wetzel, R-G. (2001).** Limnology. Lake and River Ecosystems.éd N°3. Academic Press. London.
- Winiarski TH., 2004** - Les lacs montagnards : indicateurs de la qualité du milieu. Application aux lacs d'altitude des réserves de Haute- Savoie. *Revue de géographie alpine*, N°3. 9-22p.

## **Annexe I**

# 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
<i>M.E.S</i>	-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 : Chlorures.

### Méthode de dosage : Volumétrique (CNEXO, 1983).

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Chlorure</i>	- solution de nitrate d'argent 0,1N  - indicateur coloré K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> 10%.	- Prendre 5 ml de l'eau à analyser, .- Ajouter 2 gouttes de K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> . - Titrer avec nitrate d'argent par le jusqu'à la coloration brunâtre.	- La teneur en chlorures exprimée en mg/l  $V_{AgNO_3} \times 71 \times F$  V : Volume de AgNO <sub>3</sub> F : constant

*Tableau III : Carbonates.*

**Méthode de dosage : Titrage (Rodier, 2005).**

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Carbonate</i>	- 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. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>V \times 61</math></div> -V : Volume d'acide chlorhydrique utilisé.

*Tableau IV : Calcium.*

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

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Calcium</i>	- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 2N. -E.D.T.A N/50. -Murixide.	- Prendre 50 ml d'eau à analyser. - Ajouter en suite 2ml de NaOH. - Ajouter du Murixide. -Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage violet.	-La teneur en calcium exprimée en mg/l. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>[Ca] = V_1 \times F</math></div> - $V_1$ : Volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée. - $F$ : Facteur de dilution.

*Tableau V : Magnésium.*

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

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Magnésium</i>	- Acide hydroxyde d'ammonium à pH=10,1 ; - E.D.T.A. - noir Eriochrome.	- Prendre 50 ml d'eau à analyser. - Ajouter en suite 2ml de NH <sub>4</sub> OH. - Ajouter le noir Eriochrome. -Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage bleu.	-La teneur en magnésium exprimée en mg/l <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;"><math>[Mg] = (V_2 - V_1)</math></div> - $V_1$ : Volume d'E.D.T.A nécessaire. - $V_2$ : Volume d'E.D.T.A total. - $F$ : Facteur.

*Tableau VI* : Nitrites.

**Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005).**

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
<i>Nitrites</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- réactif de zambelli.</li><li>- Ammoniaque pure.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prendre 50 ml de l'eau à analyser.</li><li>- ajouter 2 ml de réactif de zambelli.</li><li>- agiter et laisser reposer 10mn.</li><li>- ajouter 2 ml de Ammoniaque pure.</li><li>- mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 435 nm.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-La teneur en nitrites exprimée en mg/l</li></ul>

*Tableau VII* : Nitrates.

**Méthode de dosage : Spectrophotométrie (Rodier, 2005).**

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

*Tableau VIII* : Phosphates.

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

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

### Analyse Bactériologique par la méthode NPP série de 3

#### -Test de présomption

On porte aseptiquement à partir de l'eau à analyser:

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham

- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham. Il faut Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. - Lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères sont témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP .

-Test de confirmation ou test de Mac Kenzie. Il est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels *Escherichia coli*. Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à une température différente de 44°C. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures. -Lecture : sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP. N.B : Etant donné que les Coliformes fécaux font partie des Coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux.



## ● **Annexe II**



Analyseur multiparamètres de type W.T.W 340i



Disque de Secchi



Microscope inversé



Ph Mètre



Incubateur



Embarcation pour le Barrage Ghrib et Lac Réghaia



**Filet planctonique**

## Photos de Barrage Ghrib et Lac Réghaia

### Barrage Ghrib



Barrage Ghrib station (F) photos  
Prise le mois Avril



Barrage Ghrib station (D) photos  
Prise le mois Mai.



Barrage Ghrib station (E) photos  
Prise le mois Mai.



Barrage Ghrib station (A) photos  
Prise le mois d' Mai.



Barrage Ghrib station (B) photos  
Prise le mois d' Février.

## Lac de Réghaia



Lac de Réghaia photos prise le mois d’Mai qui représente le taux de pollution au point près de la station (D).



Lac de Réghaia station (B) photos  
Prise le mois d’ Février.



Lac de Réghaia station (A) photos prise le mois d'Mars



Lac de Réghaia station (C) photos prise le mois d'Mars



Lac de Réghaia station (F) photos prise le mois d'Mars



Lac de Réghaia station (E) photos prise le mois d'Février