

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB de Blida 1
Faculté des Sciences De la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire
Laboratoire de Recherche Biotechnologies, Environnement et Santé



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en

Filière : *Hydrobiologie Marine et Continentale*

OPTION : *ECOSYSTEMES AQUATIQUES*

Thème

***Comparaison de la structure des communautés
phytoplanctoniques dans deux écosystèmes lacustres algériens
« Barrage de Béni Haroun (Mila) » et
« Barrage de Tichy Haf (Béjaia) »***

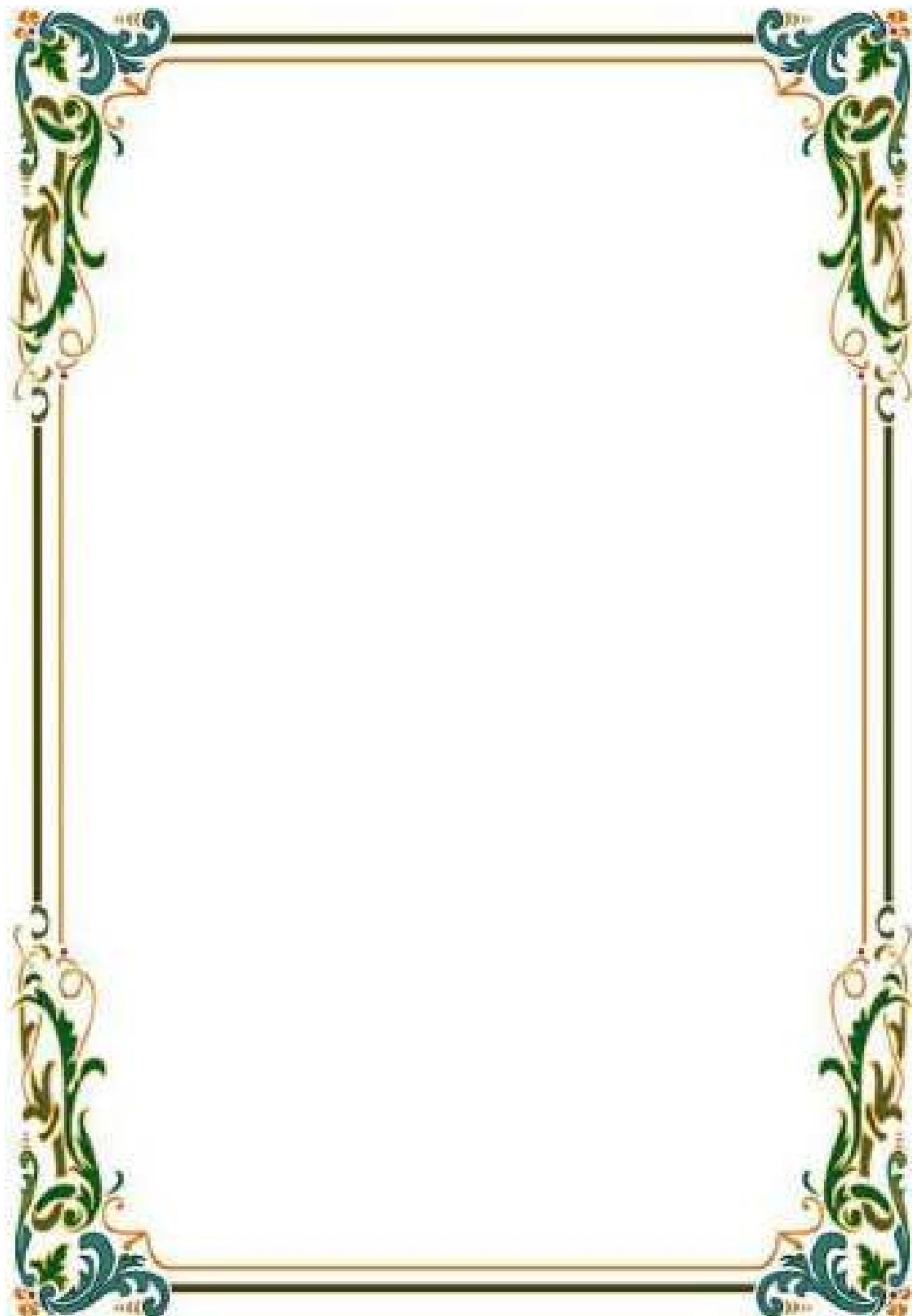
Présenté par

 DRIOUCHE Khadidja
 BLIDI Amel

Soutenu le 02 juillet 2018, Devant le jury composé de :

Mme. RADI N.	M.A.A, USDB 1	Présidente
Mme. FAIDI H.	M.A.A, USDB 1	Examinatrice
Mme. EL HAOUATI H.	M.R.B, CNRDPA	Promotrice
Mme. HAMZI W.	M.A.A, USDB 1	Co-promotrice

Année Universitaire : 2017 - 2018



Remerciements

Avant tout, nous remercions notre créateur « Allah » tout puissant qui nous a guidées, donné la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail et arriver à ce stade scientifique.

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

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

- A Madame RADI.N de nous avoir fait de l'honneur de présider le jury.*
- A Madame FAIDI.H d'avoir accepté d'examiner ce travail*

Notre remerciements aussi au co-promotrice Madame HAMZI.W

Les enseignants du département de Biologie et physiologie cellulaire de l'université SAAD DAHLEB de BLIDA 1.

Nous tenons à remercier aussi tous les ingénieurs de laboratoire d'écosystème aquatique du CNRDPA, et à tous les travailleurs de ce centre de recherche.

Et en fin à toute personne qui de près ou de loin a participé et contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

***A mes parents qui m'ont toujours soutenu et encouragée dans mes
choix***

***A la mémoire de ma grand mère que dieu l'accueille dans son
vaste paradis***

***A mes deux chères sœurs Fatima zohra et A mon adorable frère
Amine, Symbole de générosité, que dieu te garde.***

A mes neveux Lilya, Feriel et Raouf

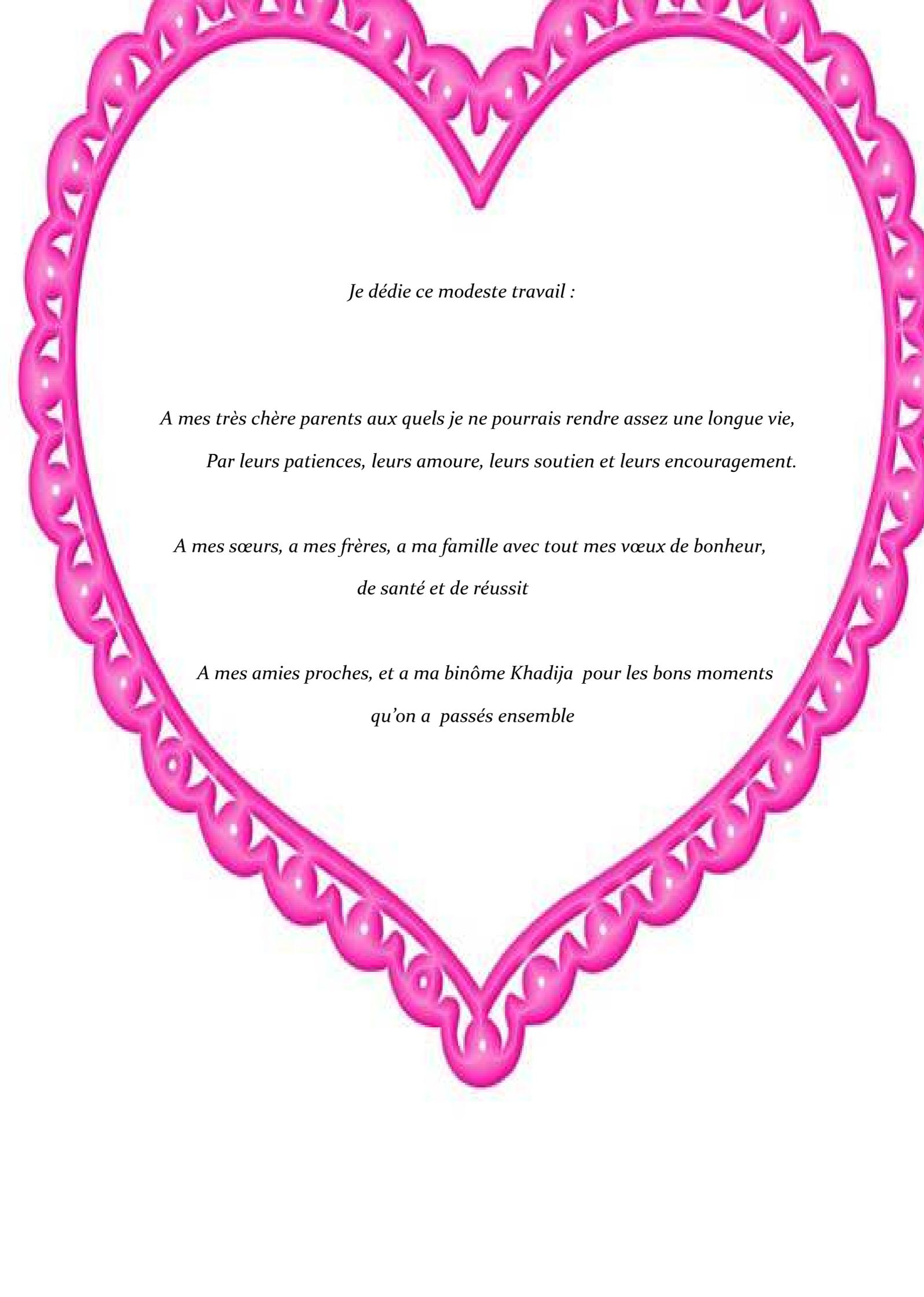
A mes cousins et cousines sans exception

A toute la famille Driouche et la famille Fekir

A ma binôme Amel et à toute sa famille

A mes chères amie et à tout mes amies

son exception.



Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chère parents aux quels je ne pourrais rendre assez une longue vie,
Par leurs patiences, leurs amoure, leurs soutien et leurs encouragement.*

*A mes sœurs, a mes frères, a ma famille avec tout mes vœux de bonheur,
de santé et de réussit*

*A mes amies proches, et a ma binôme Khadija pour les bons moments
qu'on a passés ensemble*

Dédicaces

Je dédie ce travail :

***A mes parents qui m'ont toujours soutenu et encouragée dans mes
choix***

***A la mémoire de ma grand mère que dieu l'accueille dans son
vaste paradis***

***A mes deux chères sœurs Fatima zohra et A mon adorable frère
Amine, Symbole de générosité, que dieu te garde.***

A mes neveux Lilya, Feriel et Raouf

A mes cousins et cousines sans exception

A toute la famille Driouche et la famille Fekir

A ma binôme Amel et à toute sa famille

A mes chères amie et à tout mes amies

son exception.



Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chère parents aux quels je ne pourrais rendre assez une longue vie,
Par leurs patiences, leurs amoure, leurs soutien et leurs encouragement.*

*A mes sœurs, a mes frères, a ma famille avec tout mes vœux de bonheur,
de santé et de réussit*

*A mes amies proches, et a ma binôme Khadija pour les bons moments
qu'on a passés ensemble*

RESUME

Cette étude porte sur deux écosystèmes aquatiques, le lac de barrage de Béni Haroun (Mila) et le lac de barrage de Tichy Haf (Béjaia). Notre étude vise à identifier les associations phytoplanctoniques en relation avec les facteurs de l'environnement susceptibles de provoquer et/ou de modifier le développement des espèces phytoplanctoniques en général et en particulier des espèces potentiellement toxiques.

Le suivi de l'évolution des dix paramètres abiotiques effectués (température, potentiel Hydrogène, oxygène dissout, salinité, conductivité, transparence, nitrites, nitrates, phosphates et azote ammoniacal) et les paramètres biotiques (évaluation quantitative et qualitative de la diversité des peuplements phytoplanctoniques et la chlorophylle « a ») pendant quatre saisons dans l'année 2017 et la première saison de l'année 2018, dans 5 stations représentatives de chaque barrage, permet de tenter de comprendre les mécanismes fonctionnels et dynamiques des eaux des deux barrages et d'en apprécier leurs qualités.

Les résultats des paramètres abiotiques montrent que les eaux du barrage de Béni Haroun sont classées comme des eaux de qualité moyenne et elles sont localisées dans l'état trophique « eutrophe ». L'étude phytoplanctonique montre que le site abrite 35 espèces dominées par les genres *Peridinium* et *Closterium*.

Par ailleurs, les eaux du barrage de Tichy Haf, sont classées comme des eaux de très bonne qualité et se trouvent dans l'état trophique « oligotrophe », l'étude phytoplanctonique montre que le site abrite 32 espèces dominées par les genres *Trachelomonas* et *Cocconeis*.

Mot clés : phytoplancton, lac de barrage, richesse spécifique, niveau trophique.

Abstract :

This study focuses on two aquatic ecosystems, the Beni Haroun Dam (Mila) and the Tichy Haf Dam (Bejaia). As a first study, it aims to identify phytoplankton associations in relation to environmental factors likely to cause and / or modify the development of phytoplankton species in general and in particular potentially toxic species.

Monitoring the evolution of the ten abiotic parameters (temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, salinity, conductivity, transparency, nitrites, nitrates, phosphates and ammoniacal nitrogen) and the biotic parameters (quantitative and qualitative evaluation of the diversity of phytoplanktonic stands and chlorophyll "a") during four seasons in the year 2017 and the first season of the year 2018, in 5 representative stations of each dam, makes it possible to try to understand the functional and dynamic mechanisms of the waters of the two dams and appreciate their qualities.

The results of the abiotic parameters show that the waters of the Béni Haroun dam are classified as medium quality waters and are located in the eutrophic trophic state. The phytoplankton study shows that the site is home to 35 species dominated by the genera *Peridinium* and *Closterium*. In addition, the waters of the Tichy Haf dam are classified as very good quality waters and are in the trophic state "oligotrophic", the phytoplankton study shows that the site is home to 32 species dominated by the genera *Trachelomonas* and *Cocconeis*.

Key words: phytoplankton, dam lake, species richness, trophic level.

ملخص:

تركز هذه الدراسة على نظامين بيئيين مائيين هما سد بني هارون (ميلة) وسد تيشي حاف (بجاية). تهدف الدراسة الأولى، إلى تحديد ارتباطات العوالق النباتية فيما يتعلق بالعوامل البيئية التي من المحتمل أن تسبب و / أو تعدّل تطوير أنواع من العوالق النباتية بصفة عامة وخاصة الأنواع السامة المحتملة.

مراقبة تطور المعلمات غير الحيوية العشرة (درجة الحرارة ، إمكانات الهيدروجين ، الأوكسجين المذاب ، الملوحة ، التوصيلية ، الشفافية ، النتريت ، النترات ، الفوسفات والنيتروجين الأموني) والمعلمات الحيوية (التقييم الكمي والتنوع العوالق النباتية) والكوروفيل "أ" خلال أربعة مواسم في عام 2017 والموسم الأول من عام 2018 ، في 5 محطات تمثيلية لكل سد ، يجعل من الممكن محاولة فهم الآليات الوظيفية والديناميكية لمياه السدين تقدير. صفاتهم

تظهر نتائج المعلمات غير الحيوية أن مياه سد بني هارون تصنف على أنها مياه ذات نوعية متوسطة وتقع في الحالة التغذوية الغنية بالمغذيات. تُظهر دراسة العوالق النباتية أن الموقع مأوى لـ 35 نوعاً يهيمن عليها جنس *بيريدينيوم* و *كلوستيريوم*. بالإضافة إلى ذلك ، تصنف مياه سد تيشي حاف على أنها مياه ذات نوعية جيدة للغاية وفي حالة تغذوية "تغذية حيوية" تُظهر دراسة العوالق النباتية أن الموقع هو موطن لـ 32 نوعاً يهيمن عليها أجناس *تراكلموناس* و *كوكونيس* .

الكلمات المفتاحية: العوالق النباتية ، بحيرة السد ، ثراء الأنواع ، المستوى التغذوي

Liste des abréviations

A.N.B.T : Agence Nationale des Barrages et Transferts

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Fig : Figure

CWE : International Water and Electric Corporation

A.P.D : Aide Public au Développement

O.N.M : Office National de Météorologie

Tab : Tableau

C.N.R.D.P.A : Centre Nationale de Recherche et Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

Liste des Tableaux

Tableau. 01 : Données hydromorphométriques des barrages étudiées (A.N.B.T, 2018)	19
Tableau. 02 : Calendrier des prélèvements	27
Tableau. 03 : Les critères de choix des stations d'échantillonnage dans les deux barrages étudiés	28
Tableau. 04 : Normes qualité des eaux des masses d'eau naturelle (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux sites étudiés (barrage de Béni Haroun et barrage de Tichy Haf) durant l'année 2017	50
Tableau. 05 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctonique trouvées au niveau des deux barrages.....	61

Tables des Figures

Fig. 01 : Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique, (rectangle en pointillés) et les variables externe	10
Fig. 02 : Domaines d'application des algues microscopiques	12
Fig. 03 : Le barrage de Béni Haroun en (1991).....	14
Fig. 04 : Le barrage de Tichy Haf en (1990).....	14
Fig. 05 : Situation géographiques des sites d'étude	15
Fig. 06 : Carte géologique de la région de Mila (A.N.B.T 2008)	16
Fig. 07 : Carte géologique de la région de Béjaia (A.N.B.T, 2010)	17
Fig. 08 : Réseau hydrographique du barrage de Beni Haroun (A.N.R.H, 2010).....	18
Fig. 09 : Réseau hydrographique du barrage de Tichy Haf (A.N.R.H, 2010)	19
Fig. 10 : Régime de la pluviométrie mensuelle de la région de Mila (2006-2015)	20
Fig. 11 : Régime de la pluviométrie mensuelle de la région de Béjaia (2006-2015).....	21
Fig. 12 : Variation mensuelle de la température dans la région de Mila	21
Fig. 13 : Variation mensuelle de la température dans la région de Béjaïa	22

Fig. 14 : Variation mensuelle de la vitesse du vent de la région de Mila	22
Fig. 15 : Variation mensuelle de la vitesse du vent de la région de Béjaia	23
Fig. 16 : Diagramme ombrothermique de la région de Mila	24
Fig. 17 : Diagramme ombrothermique de la région de Bejaïa	24
Fig. 18 : Localisation des deux barrages étudiés sur le climagramme d'Emberger	25
Fig. 19 : Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Beni Haroun (Photo du Google Earth 2018, modifiée)	29
Fig. 20 : Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Tichy Haf (Photo du Google Earth 2018, modifiée)	29
Fig. 21: Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession	34
Fig. 22 : Variation annuelle et spatiale de la température de l'eau dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	37
Fig. 23 : Variation annuelle et spatiale de la température de l'air dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	37
Fig. 24 : Variation saisonnière et spatiale du % d'oxygène dissous dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	39
Fig. 25 : Variation saisonnière et spatiale du taux de l'oxygène dissous dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	40
Fig. 26 : variation annuelle et spatiale du PH dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	41

Fig. 27 : variation annuelle et spatiale de la conductivité dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et dans le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	42
Fig. 28 : variation annuelle et spatiale de la salinité dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	42
Fig. 29 : Variation annuelle et spatiale de la transparence de l'eau dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	43
Fig. 30 : Variation annuelle et spatiale du Nitrates dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	44
Fig. 31 : Variation annuelle et spatiale du Nitrites dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	44
Fig. 32 : Variation annuelle et spatiale de l'azote ammoniacal dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	46
Fig. 33 : Variation annuelle et spatiale du Phosphate dans le barrage de Béni Haroun (Mila) le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	47
Fig. 34 : Variation annuelle et spatiale de la Chlorophylle « a » dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).....	49
Fig. 35 : La relation entre la concentration de phosphate et la fréquence des Chlorophycées dans le barrage de Béni Haroun	52
Fig. 36 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Béni Haroun	52
Fig. 37 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Tichy Haf	54
Fig. 38 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Tichy Haf.....	56
Fig. 39 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Tichy Haf	57

Fig. 40 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Béni Haroun	58
Fig. 41 : Variation annuelle des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage de Béni Haroun	58
Fig. 42 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Béni Haroun	59
Fig. 43 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) du barrage de Béni Haroun	60
Fig. 44 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de Barrage de Tichy Haf	60
Fig. 45 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) du barrage de Tichy Haf	61
Fig. 46 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en hiver.....	62
Fig. 47 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en printemps	62
Fig. 48 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en été	63
Fig. 49 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en automne	63
Fig. 50 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en hiver	64

Fig .51 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en printemps	64
Fig. 52 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en été.....	65
Fig. 53 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en automne.....	65

SOMMAIRE

Tables des figures

Tables des tableaux

Introduction 01

Chapitre 1 : Généralité sur le phytoplancton

1. Les algues d'eau douce	04
1.1. Critères de classification.....	04
1.2. Les principaux groupes du phytoplancton.....	05
A. Les Chlorophytes	05
B. Les Chromophytes	05
C. Les Euglénophytes	07
E. Les Cyanophytes	07
F. Les Pyrrophytes	08
1.3. Caractère végétale du phytoplancton « la Photosynthèse »	08
1.4. Ecologie du phytoplancton	08
1.5. La place du phytoplancton dans le réseau trophique.....	09
1.6. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique phytoplanctonique	09
1.6.1. La lumière	09
1.6.2. Les sels minéraux	10
1.6.3. Le gaz carbonique	10
1.7. Importance du phytoplancton	10
1.8. Sources de nuisance du phytoplancton	12

Première partie : Présentations des barrages étudiés

2.1. Historique des sites étudiés	14
2.2. Situation géographique	14
2.3. Géologie des sites étudiés	16
2.4. Réseaux hydrographiques	17
2.5. Caractéristiques hydro morphométriques	19

2.6. Etude climatologique	19
2.6.1. La pluviosité	20
2.6.2. La température	21
2.6.3. Le vent	22
2.6.4. Synthèse climatique	23
2.6.4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson	23
2.6.4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger	24

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1. Compagnes de prélèvement	27
2. Présentations des points de prélèvements	28
3. Principe de prélèvement	30
3.1. Conservation des échantillons	31
3.2. Facteurs abiotiques	31
3.2.1. Les paramètres physiques	31
3.2.2. Les paramètres chimiques	32
3.3. Facteurs biotiques.....	33
3.3.1. Etude qualitative du phytoplancton	33
3.3.2. Etude quantitative du phytoplancton	33
3.3.2.1. Indices écologiques	33
3.3.2.1.1. Indices de composition	32
3.3.2.1.2. Indices de structure	33
3.3.2.2. Etude statistique	35
3.3.2.2.1. Diagramme Rang-fréquence	35

Chapitre 3 : Résultats et discussion

4.1. Interprétation de la Physico-Chimie de l'eau.....	36
4.1.1. La température de l'eau	36
4.1.2. L'oxygène dissous	37
4.1 .3. Le potentiel d'hydrogène.....	40
4.1.4. Conductivité électrique	41

4.1.5. La salinité	42
4.1.6. La Transparence	43
4.1.7. Sels nutritifs	44
4.1.7.1. Nitrites et nitrites	45
4.1.7.2. L'azote ammoniacal	45
4.1.7.3. Phosphate	47
4.1.2. Synthèse sur les paramètres abiotiques	48
4.1.3. La chlorophylle « a »	50
4.2. Etude du peuplement phytoplanctonique	51
4.2.1. Etude qualitative du peuplement	51
4.2.2 Etude quantitative du peuplement	56
4.3. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique	59
4.3.1. L'indice de Shannon (H') et l'Equitabilité (E)	59
4.4. Analyse du diagramme de Frontier (Diagramme Rang fréquence)	62



Introduction générale

INTRODUCTION

L'eau, élément vital, nécessaire à tous les aspects de vie, constitue un élément essentiel de tous les écosystèmes terrestres. Inégalement répartie, elle est aujourd'hui mise en péril par des modes non durables de production et de consommation, par l'absence de prise en compte du long terme et des politiques principalement orientés vers la mobilisation de l'offre de nouvelles ressources.

Le réseau hydrographique de l'Algérie est très dense au Nord du pays et abrite une variété de paysages et de biotopes (lacs naturels, lacs de réservoirs, marais, oueds, chotts, sebkhas...). Parmi les plans d'eau continentaux que recèle notre pays, il existe Quatre-vingts lacs de barrages qui sont répartis sur tout le littoral algérien (ANBT, 2018).

En raison de cette diversité des écosystèmes, une importante flore aquatique se développe. Cette richesse est constituée de différentes espèces végétales, parmi lesquelles : les microalgues (AUDINEAU, 1985). Ce dernier groupe est le plus abordé dans les études concernant la vie aquatique.

Les microalgues ou le phytoplancton représentent une grande importance tant du point de vue écologique qu'économique, médical et industrielles (CADORET et BERNARD, 2008) et elles sont utilisées en environnement comme des bons indicateurs de la pollution des eaux (EL HAOUATI, 2009).

Le phytoplancton, regroupe les algues, unicellulaires ou coloniales, photosynthétiques dont le rôle est essentiel au sein des cycles biogéochimiques et dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques puisqu'il est, entre autres, à la base des chaînes trophiques (SOURNIA, 1986).

En Algérie, malgré la présence d'une multitude de plans d'eau caractérisés par des richesses biologiques vastes, le phytoplancton a fait l'objet de très peu d'études comme ceux de RETIMA (1999) ; CHAIBI (2004) ; AMRI (2008) ; BACHA (2010) ; KEDAID (2011) ; et EL HAOUATI (2015).

Dans ce contexte, nous avons choisie d'étudier deux barrages appartenant à deux étages bioclimatiques différents, le barrage de Béni Haroun dans la wilaya de Mila et le barrage de Tichy Haf à Béjaïa. Les wilayas de Mila et Bejaïa se trouvent à l'Est Algérien et elles reçoivent des précipitations importantes durant l'année.

L'objectif essentiel de ce travail est de comparer la structure et le fonctionnement des deux barrages Mila et Bejaïa basant sur l'évaluation de la qualité de l'eau, l'état trophique et l'étude de la diversité phytoplanctonique.

Notre travail comporte trois chapitres:

Le premier chapitre est une recherche bibliographique avec la description des caractéristiques des différents groupes phytoplanctoniques et la présentation des deux zones d'étude.

Dans le deuxième chapitre est défini le matériel et les méthodes utilisées pour mener cette étude. Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation des résultats obtenus, en soulignant les points les plus marquants.

Enfin, un bilan de ces résultats est dressé en conclusion ouvrant des perspectives de recherche issues de notre travail.

Première partie : Généralités sur le phytoplancton

Le phytoplancton (du grec *phyton* ou plante et *planktos* ou errant) est constitué par l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des micro-organismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau. Il s'agit de cellules, colonies ou filaments qui :

- ❖ Ne peuvent nager et dont les mouvements dépendent de ceux de l'environnement aquatiques.
- ❖ ou qui sont motiles (flagellées ou ciliées) mais dont les déplacements sont restreints.

La principale source d'acquisition de l'énergie effectuée par le processus de la photosynthèse chez ces organismes, qui se procurent l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur reproduction en combinant les modes de nutrition autotrophe et phagotrophe et sont qualifiées comme des organismes « mixotrophes ». (STICKNEY et *al.*, 2000). Par ailleurs, de nombreuses cellules phytoplanctoniques possèdent des capacités hétérotrophes et elles utilisent des matières organiques à la base de leur métabolisme ou sont capable d'ingérer des bactéries.

Leur forme est extrêmement variée, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison et mouvement verticaux). La chlorophylle est l'un des pigments assimilateurs, c'est le pigment majoritaire impliqué dans le processus de la photosynthèse. Le phytoplancton se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique (ZUBKOV et TARAN, 2008).

1. Les microalgues d'eau douce

1.1. Critères de classification

Les microalgues peuvent être classées selon : leur propriété morphologique (FOGG, 1953), la nature de leur cycle de vie, la nature chimique des produits photosynthétiques de réserve (produit d'accumulation intracellulaire), l'organisation de leur membrane photosynthétique ou leur pigmentation (CARLSSON et *al.*, 2007).

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). Cinq phylums avec huit principales classes différenciées.

1.2. Les principaux groupes du phytoplancton

1.2.1. Les Chlorophytes

Ils forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifiés. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées. Celle-ci comportent environ 15000 espèces (JOHN, 1994) dont la plupart vivent en eau douce (HASLAY et LECLERC, 1993).

On l'appelle aussi groupe des algues vertes dont les plastes sont d'un beau vert franc et mettent de l'amidon en réserve, cet amidon est logé dans les plastes (BOURRELLY, 1966). Elles constituent le seul groupe de protistes eucaryotes possédant l'ensemble des pigments chlorophylliens qui caractérisent le monde végétal. Ce caractère qui s'explique par leur couleur verte est l'un des éléments principaux sur lesquels se base l'hypothèse d'évolution des végétaux à partir d'un ou plusieurs membres « ancestraux » de ce phylum (HASLAY et LECLERC, 1993).

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). Elles sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de forme filamenteuse (ETTL et GARTNER, 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).

Globalement, les Chlorophytes sont des micro-organismes typiquement thermophyles, photophyles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (SANE, 2006).

1.2.2. 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 (EL HAOUATI, 2015). 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 appelé « 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.

Quatre groupes de Diatomées pennées sont différenciées sur la base de ces structures : les Araphidées, les Raphidoidées, les Monoraphidées et les Biraphidées. La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (CANTERLUND et LUND, 1995).

➤ **Les Chrysophycées**

Organismes essentiellement unicellulaires de couleur dorée, d'où leur nom (de khrosos, or en grec). Ce sont des algues coloniales (rarement filamenteuses), dont certains vivent dans une enveloppe protectrice appelé « lorique ». Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes (β -carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles « a » (WETZEL, 2001). La plupart de ces cellules obtiennent leurs énergies par mixotrophie.

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. La multiplication se fait par fission binaire ou par zoosporulation. Les phénomènes sexuels, rarement signalés, sont de nature isogamique (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 grande portion de pigments caroténoïdes (β -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (ETTL, 1978). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de différente taille, la paroi est souvent absente (EL HAOUATI, 2015)

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 isogamie (OTT et OLDHAM-OTT, 2003).

1.2.3. Les Euglénophytes

Les Euglénophytes ou les Eugléniens constituent un groupe d'algues relativement limité, d'environ 450 espèces (HASLAY et LECLERC, 1993). Elles sont unicellulaires flagellées rarement coloniales, constituent de la chlorophylle « a » et « b » et leurs réserves glucidiques sont constituées par le paramylon stocké dans le cytoplasme.

L'une de leurs caractéristiques est l'absence de membrane cellulosique, remplacée par une paroi souple, leur permettant de changer de forme et de se mouvoir à la façon des amibes. Elles possèdent aussi un, deux ou trois flagelles, un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes et une vacuole contractile (ROSOWSKI, 2003). Cette dernière règle la pression osmotique, ce qui est rarement observé chez les algues, mais plutôt chez les protozoaires.

La plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. Ce sont des micro-organismes surtout dulçaquicoles. La multiplication s'effectue par division cellulaire (DE REVIERS, 2003).

1.2.4. Les Cyanophytes

Ils regroupent les micro-organismes procaryotes avec une seule classe des Cyanophycées. La plupart des Cyanophycées sphériques appartiennent à la famille des Chroococcaceae et les filamenteuses à la famille des Nostocaceae (BOURRELLY, 1985)

Les Cyanophycées (ou algues bleues) se distinguent des procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle « a » et de pigment accessoires (phycocyanine, phycoérythrine, caroténoïdes) (GANF et *al.*, 1991 ; SCHZGERL 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 maintenir à une profondeur où la température, la lumière et les éléments nutritifs sont favorables à leur développement (SCHANZ et *al.*, 1997 ; BRIGHT et WALSBY, 1999 ; WALSBY et *al.*, 2004 ; WALSBY, 2005).

Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, coloniales 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).

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 dulçaquicole (CHISHOM et *al.*, 1988).

1.2.5. Les Pyrrophytes

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

1.3. Caractère végétale du phytoplancton « la Photosynthèse »

Les microalgues utilisent la lumière comme une source énergétique pour fabriquer leur propre substance à partir des sels nutritifs par photosynthèse (JAQUES, 1975 ; HARRIS, 1978). La photosynthèse se fait selon l'équation ci-dessous :



La production de la matière organique ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) et la libération de l' O_2 sont les résultats de la photosynthèse (BOUGIS, 1974).

1.4. Ecologie du phytoplancton

Les organismes qui constituent le phytoplancton ont d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres ou aquatiques, et se retrouvent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures

Ce pouvoir de dispersion dépend beaucoup plus de leur grande faculté d'adaptation aux conditions physico-chimiques variées du milieu (ubiquiste), que de l'influence du lieu géographique. Ce cosmopolitisme des algues est également le résultat de leur facile transport par les principaux agents disséminateurs : l'eau, comme élément essentiel le plus important à leur existence.

Certaines espèces vivent en association avec les animaux comme des protozoaires, ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes « endophytiques » (COUTE et BERNARD, 2001). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes. Au cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques, fixées ou très proche de divers substrat (roche, coraux, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments (MUR *et al.*, 1999; COUTE et BERNARD, 2001).

1.5. La place du phytoplancton dans le réseau trophique

Le phytoplancton est le premier maillon du réseau trophique, il est indispensable pour transformer les éléments nutritifs et le gaz carbonique dissous dans l'eau en matière organique vivante, l'une des principales ressources alimentaires du zooplancton et poisson planctonophage.

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique et il évolue de façon saisonnière en milieu lacustre (AMBLARD, 1987). Ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité (ROSSI, 2008).

1.6. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique phytoplanctonique

1.6.1. La lumière

La lumière joue un rôle essentiel dans la répartition verticale des microalgues. Il existe pour chaque espèce une illumination maximale, minimale et optimale pour son développement (BELKOURA *et al.*, 1994). D'après ANGELIER (2000), les hautes intensités lumineuses ont une action inhibitrice sur le mécanisme photosynthétique ainsi que sur l'activité fixatrice des microorganismes photosynthétiques fixateurs d'azote (Fig. 1).

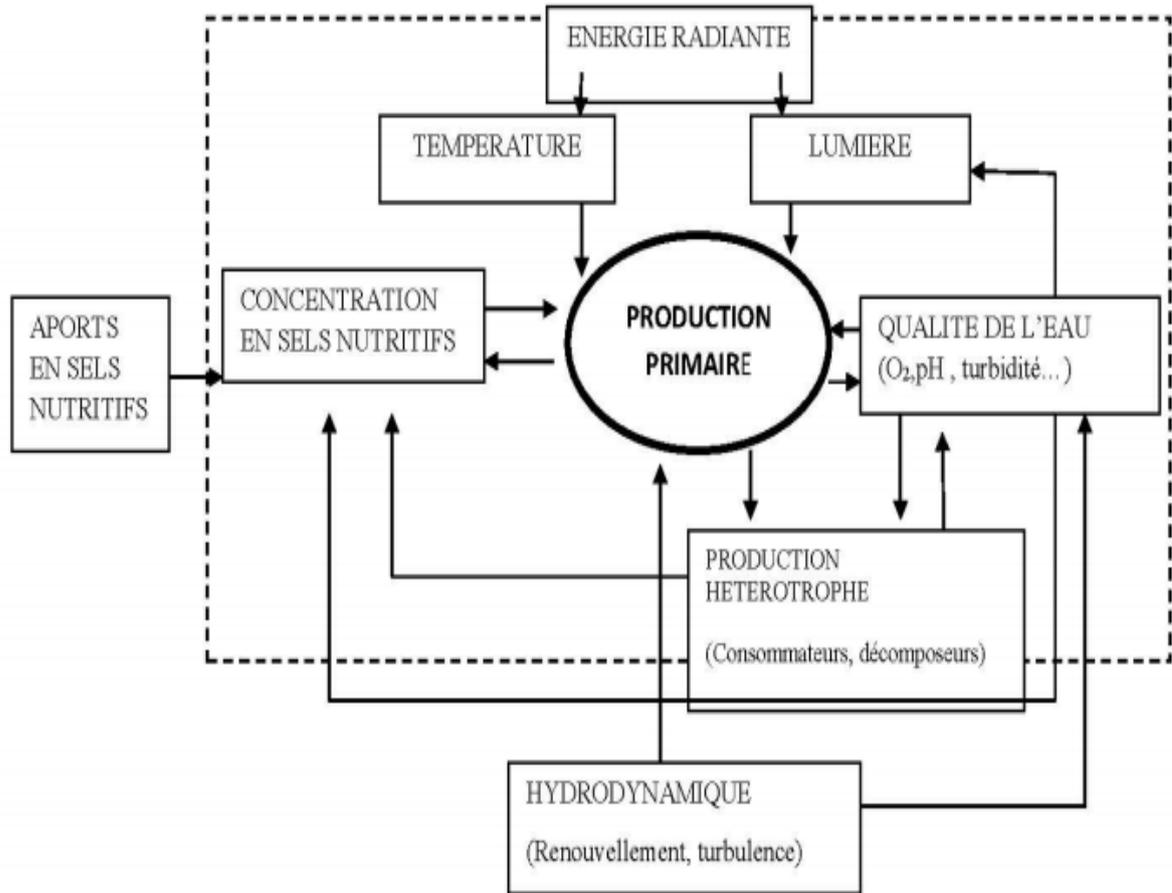


Fig.1:Relation entre la production primaire, les variables internes du système aquatique, (rectangle en pointillés) et les variables externe « Aports en sels nutritifs » (POURRIOT et al.,1982).

1.6.2. Les sels minéraux

Sont présents partout, mais pour qu'ils soient accessibles au phytoplancton, ils doivent rester en suspension dans les eaux de surface où se trouvent tous les éléments de la photosynthèse. Pour cela, ils dépendent des vents et des courants qui brassent de l'eau leur évitant de tomber ou de rester sur les fonds où ils s'ajoutent aux sédiments.

1.6.3. Le gaz carbonique

Le gaz carbonique dissout dans l'eau entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO₂ vient des échanges gazeux (CO₂ – O₂) avec l'atmosphère et il est présent partout (MOLLO et NOURY, 2013).

Globalement, le développement du phytoplancton dépend de l'intensité lumineuse, de la température de l'eau et des substances nutritives dissoutes (MICHA, 1988).

1.7. Importance du phytoplancton

Tous les organismes qui vivent dans l'eau, les animaux autant que les végétaux, peuvent être utilisés comme indicateurs de la qualité d'un environnement aquatique. Puisque tout changement de la qualité de l'eau provoque une perturbation de leurs biocénoses (MATTHEWS *et al.*, 1982). Parmi les organismes largement utilisés se trouvent les algues et plus particulièrement les Diatomées. Ces dernières sont considérées comme faisant partie des meilleurs bio indicateurs (SCHOEMAN et HAWORTH 1986, ROUND 1991 et COX 1991).

De nombreux travaux cités par ANNVILLE *et al.*, (2001) ont associé des disparitions ou des modifications dans la composition des associations phytoplanctoniques avec le processus d'eutrophisation. Ces observations montrent que les espèces sont de bons indicateurs car elles répondent souvent bien aux changements de concentrations en nutriments.

Outre l'intérêt écologique considérable comme agents épurateurs des eaux usées, les algues microscopiques jouent un rôle important dans de nombreux domaines: Elles sont utilisées en agriculture comme engrais biologique pour la fertilisation des sols pauvres, en particulier les sols sahariens squelettiques dont la structure est amoindrie par l'abondance des ions sodium dans l'eau d'irrigation, ce qui engendre des conditions asphyxiantes très défavorables, ainsi l'apport d'algues microscopiques riches en azote à ce type de sol, peut corriger l'insuffisance en matière organiques.

Par ailleurs, ces mêmes algues représentent une source potentielle de protéines alimentaires non négligeable (50 à 60% du poids sec) pour l'homme et l'animal qu'il soit terrestre ou aquatique. En effet ces organismes sont considérés comme le premier maillon de la chaîne alimentaire (phytoplancton) pour les producteurs secondaire (poissons, crustacés). Elles représentent indéniablement le nutriment essentiel en aquaculture (croissance et développement de poissons) (Fig. 2).

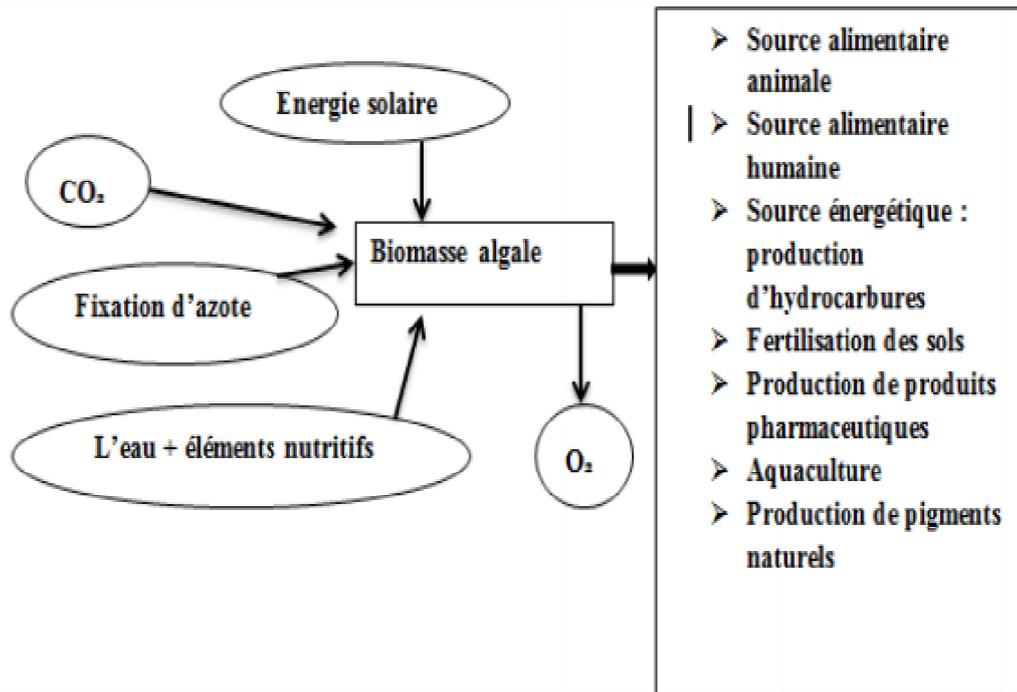
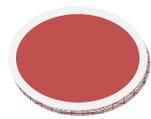


Fig.2 : Domaines d'application des algues microscopiques (CHADER et TOUZI, 2001)

1.8. Sources de nuisance du phytoplancton

Globalement, les Cyanophycées sont un indicateur de la mauvaise qualité de l'eau. En effet, leur prolifération trahit la présence en quantité d'insecticides, de pesticides, de métaux lourds...qui rendent l'eau invivable pour les autres espèces. S'y multipliant massivement, elles absorbent les excès de nutriments minéraux et métalliques, jouant, comme à leur origine, leur rôle d'épurateur, mais, simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance.

Une telle prolifération d'une sorte de microalgue porte le nom d'efflorescence ou de bloom et change souvent visuellement l'aspect de l'eau : eaux colorées ou mousses en surface. Ce phénomène est comparable à celui des algues vertes qui envahissent les milieux aquatiques. C'est ce qu'on appelle l'eutrophisation de l'eau. Une espèce domine et prive de nourriture et de lumière les autres phytoplanctons qui ne peuvent plus se développer (MOLLO et NOURY, 2013).



Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

Partie 1 :

Présentation des sites d'étude

Deuxième partie : Présentation des barrages étudiés

L'Algérie a réalisé une avancée considérable en matière d'accès à l'eau afin d'assurer la couverture des besoins en eau domestique, industrielle et agricole. Le nombre de barrages en Algérie a atteint 80 barrages en 2018 avec une capacité de stockage de 8.7 milliards/m³ (A.N.B.T, 2018). Des grands projets ont été effectués par le ministère des ressources en eau dans le cadre de transfert de l'eau en citant le projet de transfert de l'eau du barrage de Beni Haroun vers 05 wilayas.

2.1. Historique des sites étudiés

La construction du barrage de Béni Haroun a été lancée lorsque l'administration confia les études au bureau d'étude « Harza Engineering », l'ordre de service de commencer les travaux a été notifié à l'entreprise CWE en 25 Juillet 1988. La retenue a été mise en eau en 2003 (Fig.3).



Fig. 3 : Le barrage de Béni Haroun en cours de construction en (1991).

Par ailleurs, le projet du barrage de TichyHaf est dérivé de l'APD, il a été confié en 1989, à l'entreprise Yougoslave Hydro-technica après qu'elle abandonnée,



Fig. 4 : Le barrage de TichyHaf en cours de construction (1990).

l'entreprise nationale « Cosider » a repris le projet. La retenue a été mise en eau en 2007 (Fig. 4).

2.2. Situation géographique

Le bassin hydrographique de l'Algérie orientale comporte plusieurs écosystèmes aquatiques parmi lesquels le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de TichyHaf (Béjaia) (Fig. 5).

Le barrage de Béni Haroun est considéré comme le plus grand complexe hydraulique en Algérie. Il est situé dans le Nord-Est de l'Algérie, à environ 40 Km au Nord de la ville de Mila et à 350 Km à l'Est d'Alger. La retenue se retrouve à l'extrémité amont de la gorge de Béni Haroun, à environ 4 Km du confluent de l'Oued Rhumel et de l'Oued Endja.

Par ailleurs, le barrage de TichyHaf se situe près de village de Mahfouda dans la Daïra d'Akbou sur l'Oued Boussellem auprès de 10 Km de la vallée de l'Oued Soummam. Il est situé à environ 84 Km de la ville de Béjaïa et à 186 Km à l'Est d'Alger



Fig. 5 : Situation géographique des sites d'étude

2.3. Géologie des sites étudiés

Le barrage de Béni Haroun est fondé sur une barre calcaire éocène d'orientation globale Est-Ouest, reposant sur des marnes noires paléocènes à l'aval et surmontée par des marnes éocènes à l'amont. En rive gauche, cette barre s'incurve vers le Nord et remonte parallèlement au versant.

Cette barre calcaire subit une torsion d'Est en Ouest, Elle présente en rive droite un pendage sud (amont) de 32° à 40° . La limite calcaire/marne passe sous le barrage à plus de 160 m de profondeur (A.N.B.T, 2018) (Fig. 6).

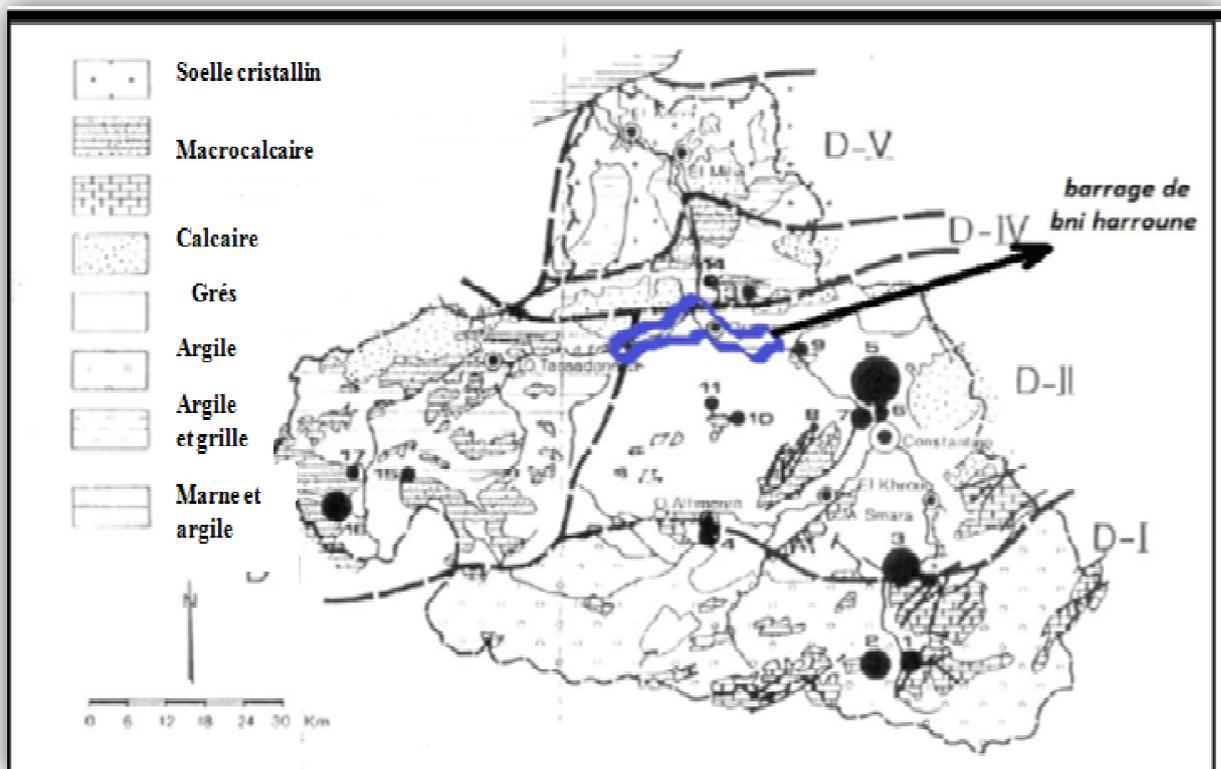


Fig.6 : Carte géologique de la région de Mila (A.N.B.T 2008)

Par ailleurs, la région d'Oued Soummam est structurée par une série de nappes de charriage, le barrage de TichyHafest au contact entre une nappe de charriage de marnes du crétaé et un massif calcaire du jurassique. Une tectonique « compressive » à générer des décollements à l'intérieur du massif calcaire. Les calcaires sont à la limite de leur disparition sous les marnes, plusieurs failles importants traversent la fondation en particulier en rive droite, la fracturation est intense due au contexte du chevauchement tectonique.

La composition du contact marnes/calcaire est décrite comme une zone de matériaux divers (sable, bloc de dolomie, argile...) broyés et mélonitisés d'épaisseur variable entre 0 et 15m. (A.N.B.T, 2018) (Fig. 7).

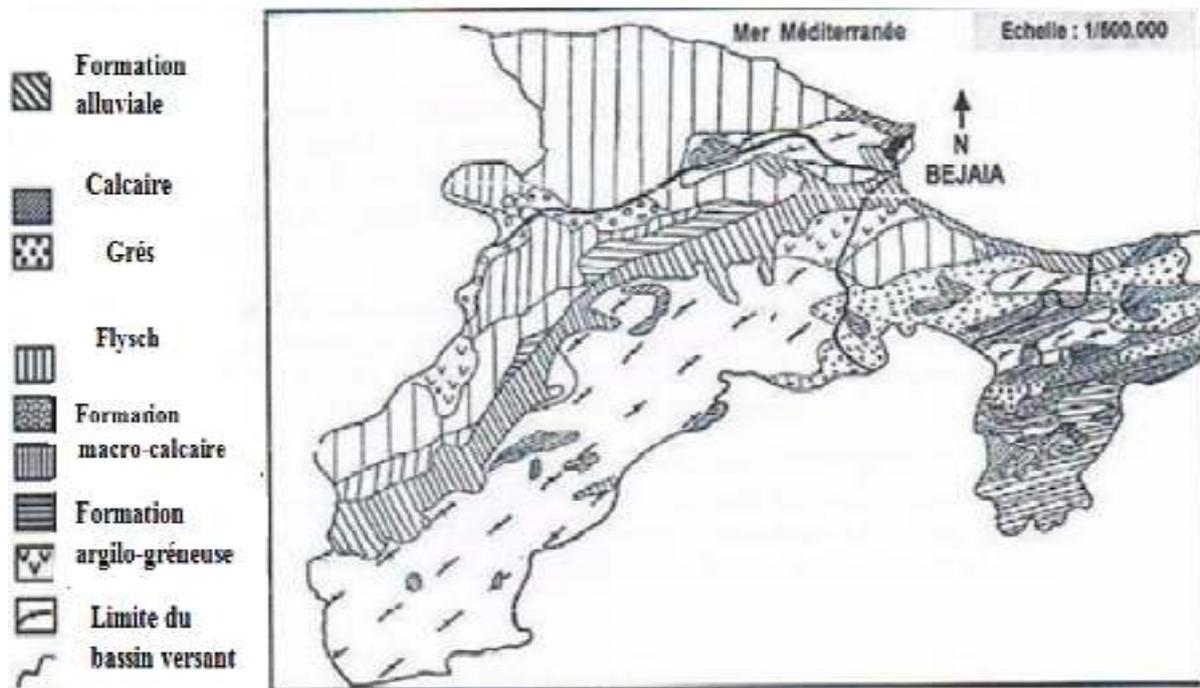


Fig.7: Carte géologique de la région de Béjaïa(A.N.B.T, 2010).

2.4. Réseaux hydrographiques

Les wilayas de Mila et Béjaïa se trouvent dans le même bassin hydrographique « constantinois-Seybousse-Mellegue », dans l'Algérie orientale.

Le barrage de Béni Haroun est alimenté par l'Oued El Kebir qui est incluse dans le réseau hydrographique du bassin de l'Oued El Kébir. Ce dernier est bordé au Sud par les Hauts plateaux telliens, à l'Ouest par la montagne de petite Kabylie, au Nord par la frontière de partage des eaux que forme l'Atlas Telliens, et à l'Est par le bassin du Seybousse (Fig. 8).

Le bassin se divise en deux parties distinctes :

- La partie occidentale, constituée par le bassin de l'Oued Endja, se caractérise par des précipitations relativement élevées et une topographie montagneuse.
- La partie orientale, constituée par le bassin de l'Oued Rhumel, se caractérise par une topographie plus douce et précipitations modérées.

Les deux rivières, Endja et le Rhumel, confluent près de l'extrémité amont de la gorge de Béni Haroun pour former l'Oued Kébir. La confluence se situe à environ 3 Km au Sud de l'extrémité amont de la gorge.

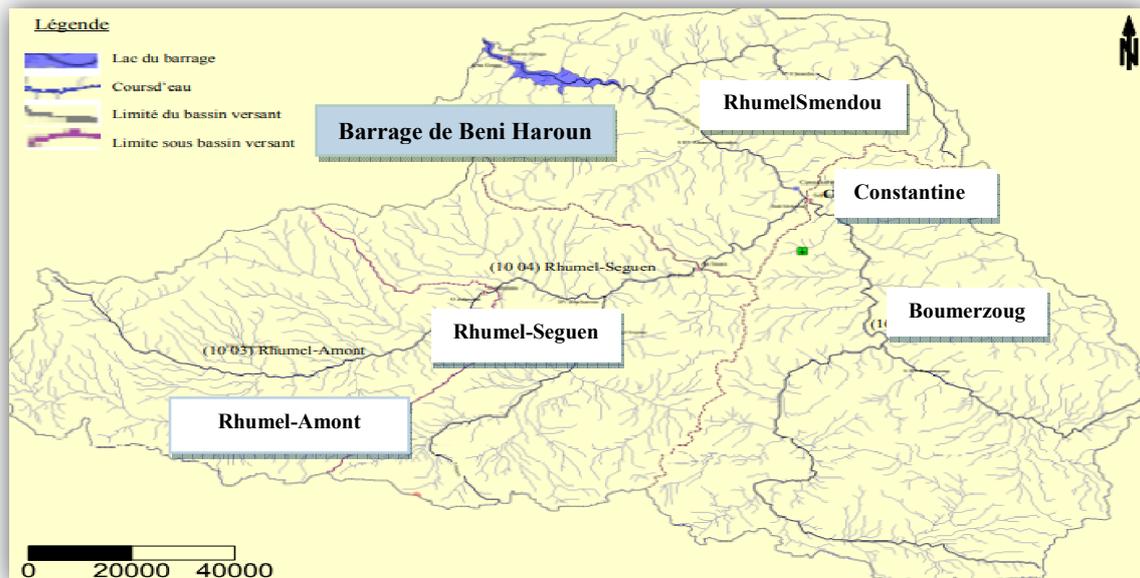


Fig. 8 : Réseau hydrographique du barrage de Beni Haroun (A.N.R.H, 2010).

Le barrage de TichyHaf est alimenté par l'Oued Boussellem qui est incluse dans le réseau hydrographique du bassin de la Soummam, ce dernier il compte 09 principaux Oueds totalisant une longueur de 726 Km. Le plus long est l'Oued Soummam avec 226 Km et le plus court est l'Oued O'Khriiss avec 23 Km de long.

Le bassin de la Soummam est composé de trois grands sous bassin (Fig. 9) :

- Sous bassin Eddous- Sahel : il est situé sur la partie Ouest du bassin de la Soummam. Il est formé par la réunion des Oueds Eddous et Zaiane (affluent principale de l'Oued Sahel).
- Sous bassin Soummam : il s'étend sur la partie Nord du bassin, son système principal de drainage comprend l'Oued El Soummam qui traverse une vallée relativement étroite mais fertile allant d'Akbou à Bejaia, avant de se jeter dans la mer.
- Sous bassin Boussellem : il s'étend sur la partie Sud- Est du bassin de la Soummam, le cours d'eau supérieur de l'Oued Boussellem se trouve sur le plateau du Sétif. Dont la plus grande partie de son cours, une fois le plateau passé traverse des régions montagneuses en suivant des gorges ou des vallées très étroites.

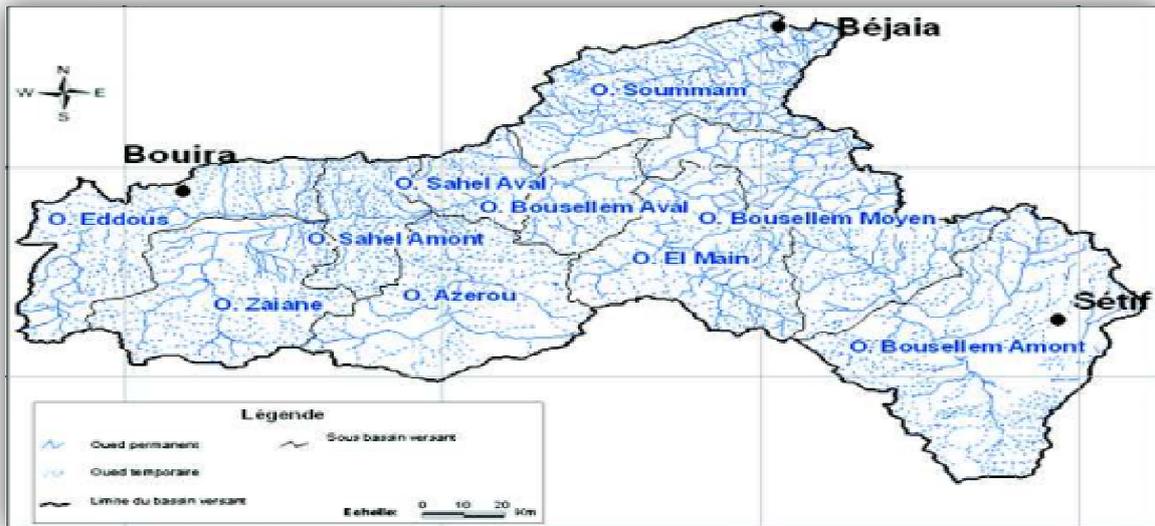


Fig. 9 : Réseau hydrographique dubarrage de TichyHaf(A.N.R.H, 2010).

2.5. Caractéristiques hydromorphométriques

L’hydrologie des systèmes lacustres dépend étroitement du climat local, des apports entre le bassin versant et de la morphologie de la cuvette lacustre (POURRIOT et MEYBECK, 1995). Les données hydro morphométriques des deux barrages sont résumées dans le tableau I.

Tab. 1 : Données hydromorphométriques des barrages étudiées(A.N.B.T, 2018)

Barrage	Affluent principale	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Capacité é initiale (Hm³)	Capacité dernier levé (Hm³)	Surface du bassin versant	Volume de la retenue (Hm³/AN)	Superficie de la retenue
BéniHaron	El Kébir	36°33'47"N	06°16'29" E	118	997	996,9	7725Km²	435	3700 ha
TichyHaf	Bousellem	36°25'38"N	04°39'16" E	310	80	80	3980 Km²	150	-

2.6. Etude climatologique

Le climat est un facteur important dans la vie et l’évolution d’un écosystème aquatique car il détermine entre autres,les variables abiotiques,la stratification de la colonne d’eau,la période de croissance végétale et le taux de renouvellement d’eau (RYDING et RAST, 1994).

Parmi les éléments du climat susceptibles d’influer sur la biologie du lac, essentiellement sur le développement des algues, il faut citer la température (qui est un facteur énergétique), la pluviosité (un facteur hydrologique) et le vent « un facteur mécanique »(LEVEQUE,2001).

Nous avons interprété des données climatiques relatives à nos régions durant la période (2006-2015), effectuée par des mesures sur des données atmosphériques locales

(précipitations, température et vitesse du vent) par l'office national de la météorologie (O.N.M).

2.6.1. La pluviosité

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes, des lacs et les cours d'eau. Parfois, elles contribuent à la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion. Les précipitations liquides constituent le facteur essentiel où leur quantité moyenne et maximale mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permettent de caractériser le climat d'une région. L'Est Algérien est la partie la plus humide du pays avec une moyenne pluviométrique de 530 mm/ an (KADI, 1997).

Les données d'observations utilisées sont celles des précipitations mensuelles enregistrées au niveau de la station de Mila et de Béjaïa durant la période allant de 2006 au 2015.

Ces données sont représentées par les figures 10 et 11.

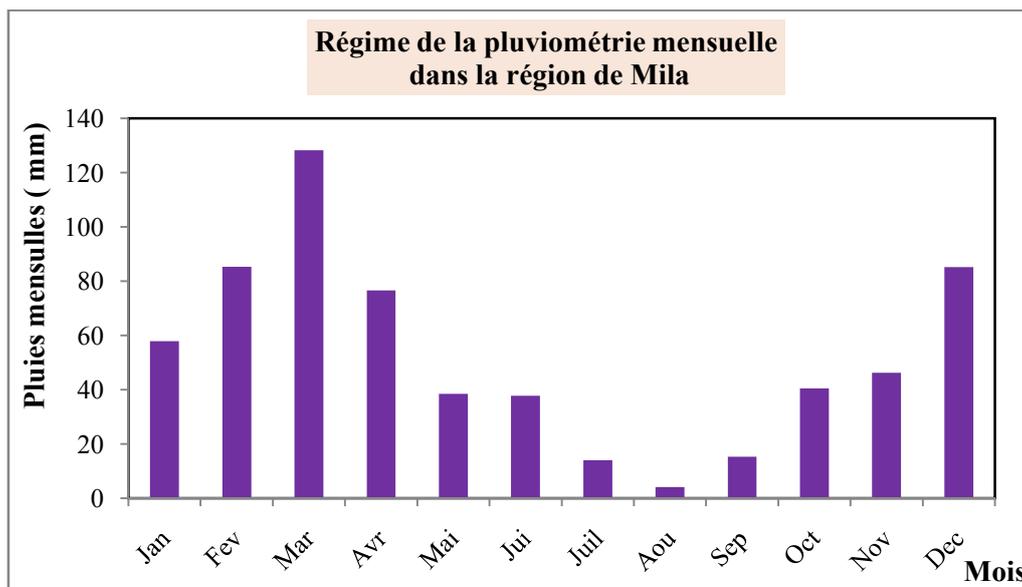


Fig. 10 :Régime de la pluviométrie mensuelle de la région de Mila(2006-2015)

Un pic de précipitations est enregistré au mois de mars avec 130 mm. Par ailleurs, le mois d'août constitue le mois le moins pluvieux avec 5mm (Fig. 10).

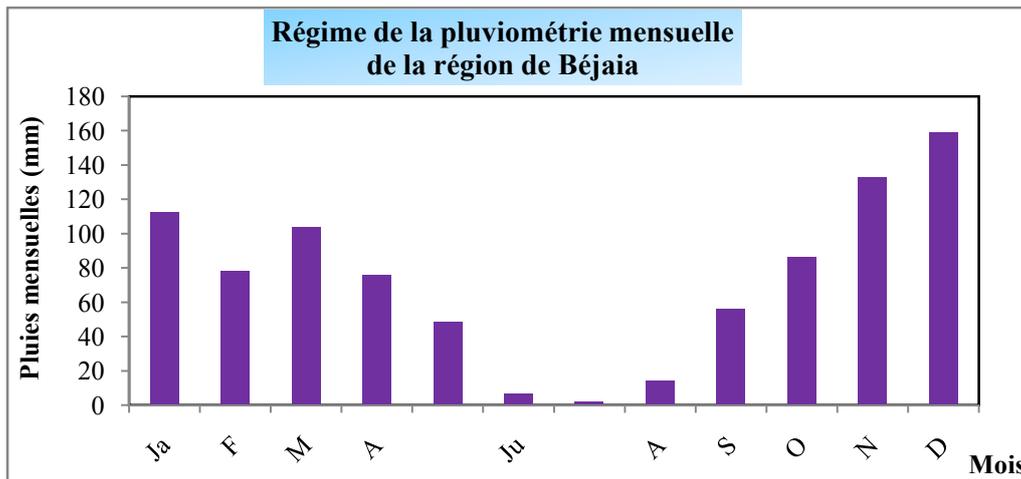


Fig. 11 : Régime de la pluviométrie mensuelle de la région de Béjaia(2006-2015)

Un pic de précipitations est enregistré au mois de décembre avec 160mm. Par ailleurs, le mois de juillet constitue le mois le moins pluvieux avec 2 mm (Fig.11).

2.6.2. La température

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractérisation des climats vu son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique, d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique.

Elle représente donc un facteur limitant vu son implication dans le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et par ce fait le conditionnement total de la répartition de tous les êtres vivants (RAMADE, 1984).

Les moyennes mensuelles des températures enregistrées pour une période de 2006 à 2015 dans les stations de Mila et Bejaïa sont représentées dans les figures 12 et 13.

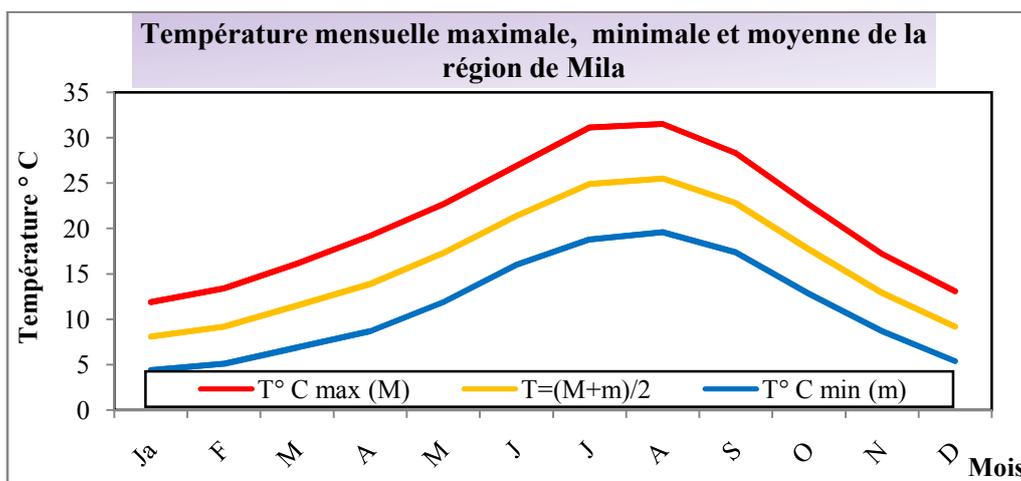


Fig.12 : Variation mensuelle de la température dans la région de Mila

Pour la région de Mila, la moyenne des minimums du mois le plus froid est de 4,4°C en janvier et la moyenne des maximums du mois le plus chaud est de 31,5°C en août (Fig. 12).

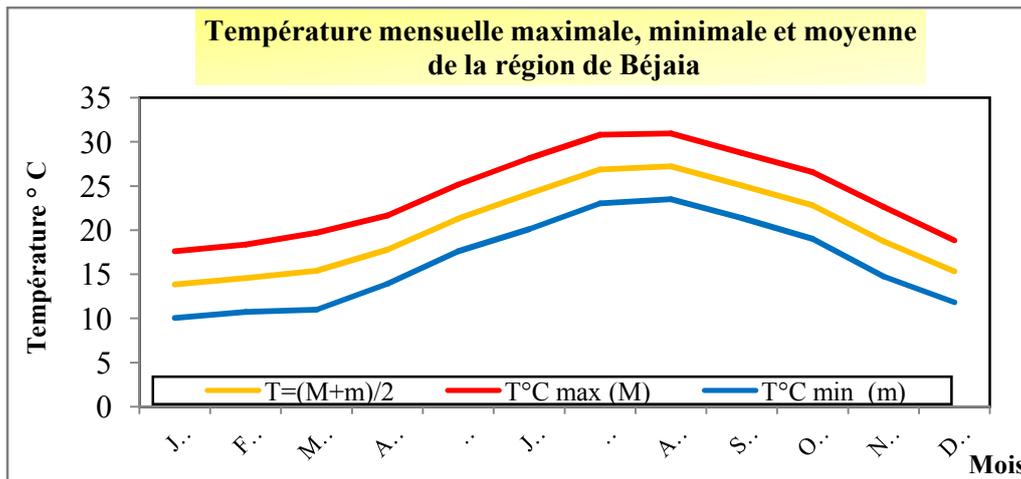


Fig.13 : Variation mensuelle de la température dans la région de Béjaïa

Pour la région de Béjaia, la moyenne des minimums du mois le plus froid est de 9,2°C en janvier et la moyenne des maximums du mois le plus chaud de 31,7°C en août (Fig. 13).

2.6.3. Le vent

Les vents naissent des différences de pression de l'air à la surface de la terre. Ils jouent un rôle important dans le cycle de l'eau : ils augmentent l'évaporation consommatrice d'énergie, et ils ont donc un pouvoir de refroidissement considérable (LEVEQUE, 2001).

Les moyennes mensuelles des vitesses du vent enregistrées sur la période (2006-2015) pour les stations de Mila et Béjaia sont représentées par les figures ci-dessous.

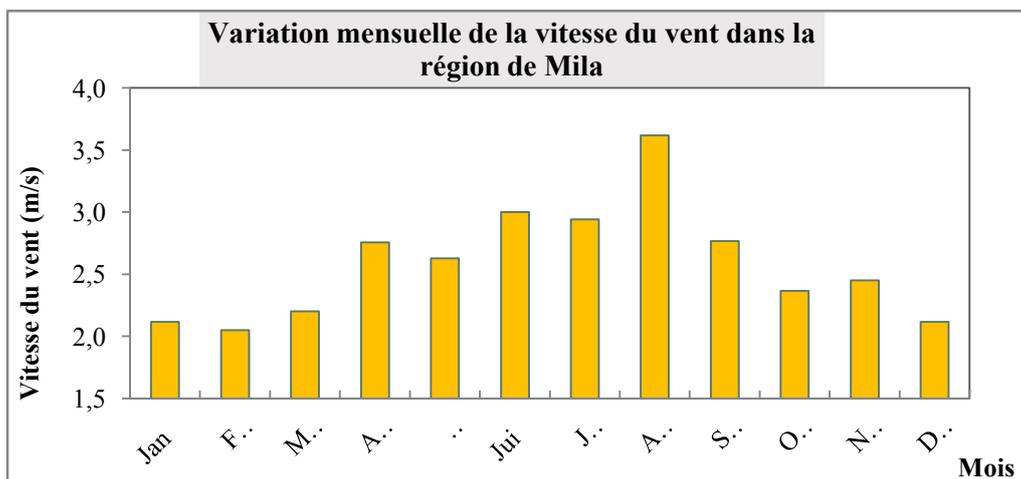


Fig. 14 : Variation mensuelle de la vitesse du vent de la région de Mila

Une vitesse maximale du vent est marquée au mois d'août avec 3.6 m/s. Par contre, la vitesse minimale est observée en février avec 2 m/s (Fig. 14).

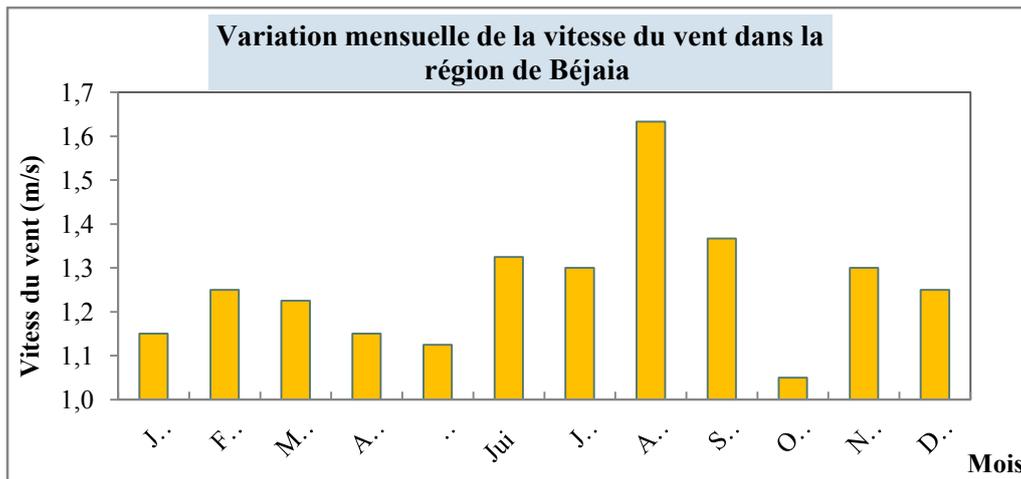


Fig. 15 : Variation mensuelle de la vitesse du vent de la région de Béjaia

Une vitesse maximale du vent est marquée au mois d’Août avec 1.6 m/s. Par contre la vitesse minimale est observée en Octobre avec 0.5 m/s (Fig. 15).

2.6.4. Synthèse climatique

2.6.4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme ombrothermique permet de déterminer les périodes sèches et humides des régions à partir de l’exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (DAJOZ, 2000).

Une période de l’année est considérée comme sèche lorsque la pluviosité exprimée en millimètre, est inférieure au double de la température, exprimée en degré Celsius (DAJOZ,2000).

avec

$$P \leq 2 T$$

$$T = (M+m) / 2$$

T:Température moyennes mensuelle (°C).

M: Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).

m: Température moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

P:Moyenne annuelle des précipitations (mm).

Les diagrammes ombrothermiques qui mettent en évidence les périodes humides des deux régions « Mila et Béjaia » allant de la période (2006-2015) sont représentées par les figures ci-dessous (Fig. 16 et 17).

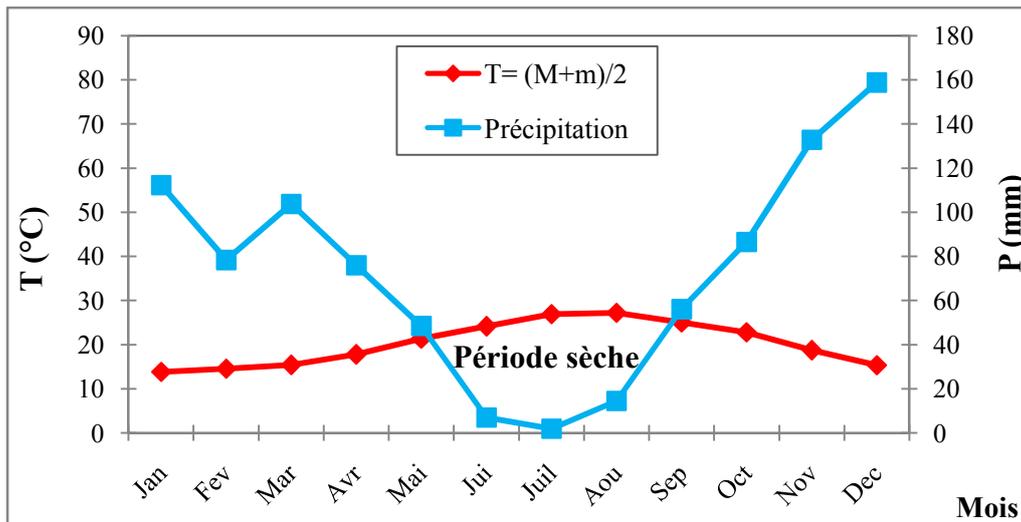


Fig. 16 : Diagramme ombrothermique de la région de Mila

La région de Mila est caractérisée par une saison sèche de 04 mois (de la moitié du mois de mai jusqu’au mi du mois de septembre) et une saison humide qui s’installe sur 8 mois

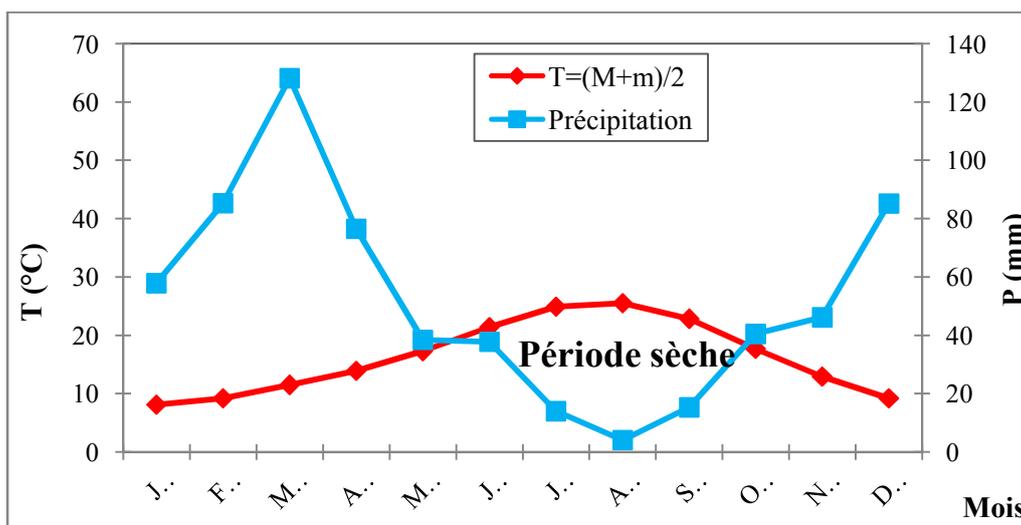


Fig. 17 : Diagramme ombrothermique de la région de Bejaïa

Par ailleurs, la région de Béjaïa est caractérisée par une saison sèche de 04 mois et demi (du mois de juin jusqu’aumi-octobre) et une saison humide le reste de l’année.

2.6.4.2. Quotient pluviométrique d’Emberger

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

Il est défini par l'équation de Q_2 :

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

Avec

P: précipitations moyennes annuelles 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 répartition spatiale des espèces et des peuplements d'être vivants (RAMADE, 1993).

Selon les résultats, la valeur de Q_2 pour la région de Mila, est égale 78.74 avec $m=4.4^\circ\text{C}$ et pour la région de Bejaïa la valeur de Q_2 égale 130 avec $m=9.2^\circ\text{C}$.

Suivant ce climagramme, la région de Mila se situe dans l'étage bioclimatique **subhumide** caractérisée par des **hivers tempérés** et la région de Béjaïa se situe dans l'étage bioclimatique subhumide caractérisée par des **hivers chauds** (Fig. 18).

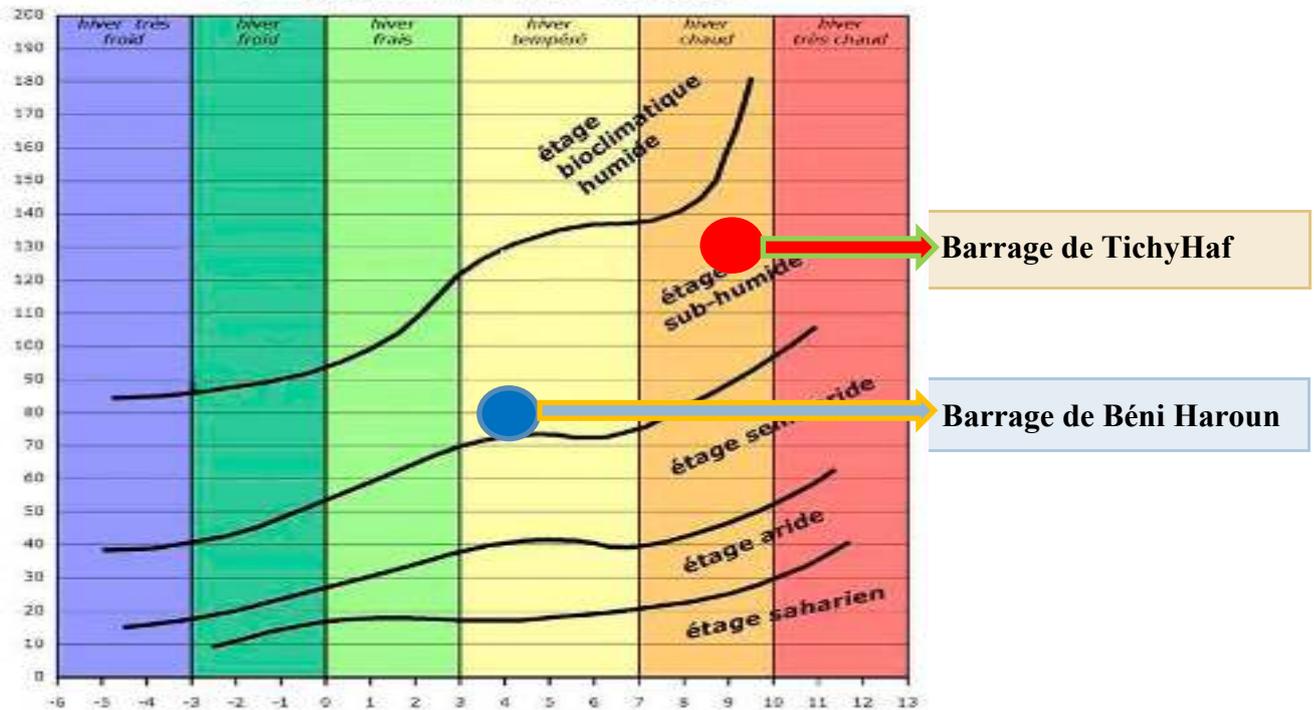


Fig. 18 : Localisation des deux barrages étudiés sur le climagramme d'Emberger

 ***Chapitre 2 :***
Matériel et méthodes

Introduction

L'étude du milieu aquatique est un vaste sujet qui comporte des recherches sur les composants physiques, chimiques, biologiques et sur la manière selon laquelle elles varient, à la fois, dans l'espace et dans le temps. Cependant, il faut un équipement adéquat pour pouvoir prélever les échantillons d'eau et les analyses.

L'objectif de notre étude est de faire une comparaison entre la composition phytoplanctonique en fonction du degré de pollution, dans deux lacs de barrages situés à l'Est du pays. Le barrage de Béni Haroun dans la wilaya de Mila qui est considéré comme le plus grand barrage en Algérie en 2018 et qui alimente cinq wilayas en eau potable et en eau d'irrigation et le barrage de Tichy Haf dans la wilaya de Béjaïa.

Dans ce travail, nous nous intéressons à étudier l'état trophique des réservoirs de Béni Haroun et de Tichy Haf. Par l'analyse des paramètres physico-chimiques, ainsi qu'à l'identification des espèces phytoplanctoniques existantes dans ces milieux. Pour ce contexte, nous avons travaillées sur 20 échantillons pour chaque plan d'eau, prélevés au rythme saisonnier par le personnel du CNRDPA (durant la période allant du mois de Mars jusqu'au mois de Novembre de l'année 2017).

1. Compagnes de prélèvement

Le choix des périodes de prélèvement est un élément crucial pour les analyses des communautés phytoplanctoniques. Leurs mauvais positionnements dans l'année entraînent des biais (manque de certains cortèges algaux) dans l'interprétation des données collectées.

Le tableau suivant met en évidence le calendrier de ces prélèvements (Tab. 2).

Tab. 2 : Calendrier des prélèvements

Saison	Barrage de Beni Haroun	Barrage de Tichy Haf
Hiver	07/03/2017	13/03/2017
Printemps	27/05/2017	20/05/2017
Eté	14/09/2017	11/09/2017
Automne	23/11/2017	30/11/2017

2. Présentations des points de prélèvements

Le choix des deux sites est motivé par le fait que ces milieux présentent un état écologique différent. La fréquence des échantillonnages dépende 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'échantillonnages fixes dans le lac, car ils permettent d'évaluer les paramètres de qualité des eaux avec le temps, et ils constituent des bases de comparaison pour d'autres parties du lac (EL HAOUATI, 2015).

Le choix des stations, pour chaque barrage, a été fait selon : la topographie du milieu, la morphométrie (les principaux cours d'eaux qui déversent au niveau du lac), la profondeur, la nature de la couverture végétale, l'ombrage, les activités agricoles et le pâturage.

Pour cela, nous avons choisis cinq stations dans chaque barrage (Fig. 19 et 20).

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques.

Tab. 3 : Les critères de choix des stations d'échantillonnage dans les deux barrages étudiés.

Barrage	Station	Caractéristiques
Beni Haroun	A	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.
	B	Située sur la rive droite du barrage, caractérisée par une végétation importante.
	C	Station dénudée, se trouve au milieu du plan d'eau, loin des rives.
	D	Située en amont Ouest du barrage où diversse Oued Rhumel
	E	Située en amont Est du barrage où diversse Oued Endja
Tichy Haf	A	Située en aval du barrage, proche de la digue et de la tour de la prise d'eau.
	B	Située en aval sur la rive droite dans un bras mort, station ombargée abritée du vent.
	C	Station dénudée, se trouve au milieu du plan d'eau, loin des rives.
	D	Située en amont sur la rive gauche dans un bras mort, station ombargée.
	E	Située en amont du barrage où diversse Oued Boussellem

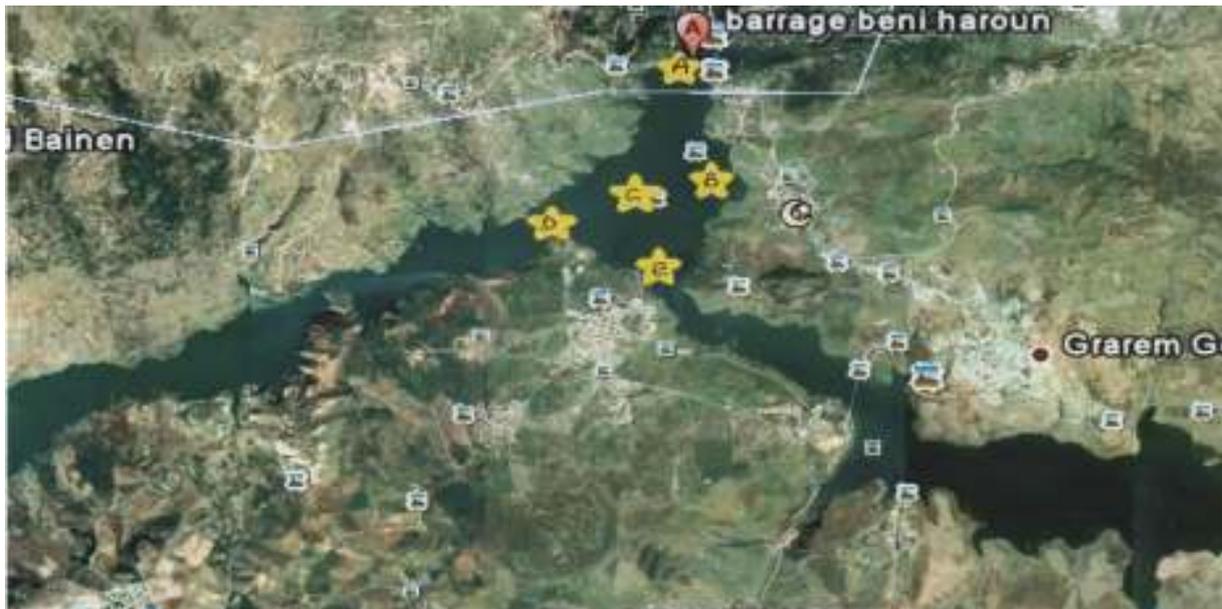


Fig. 19 : Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Beni Haroun
(Photo du Google Earth 2018, modifiée)

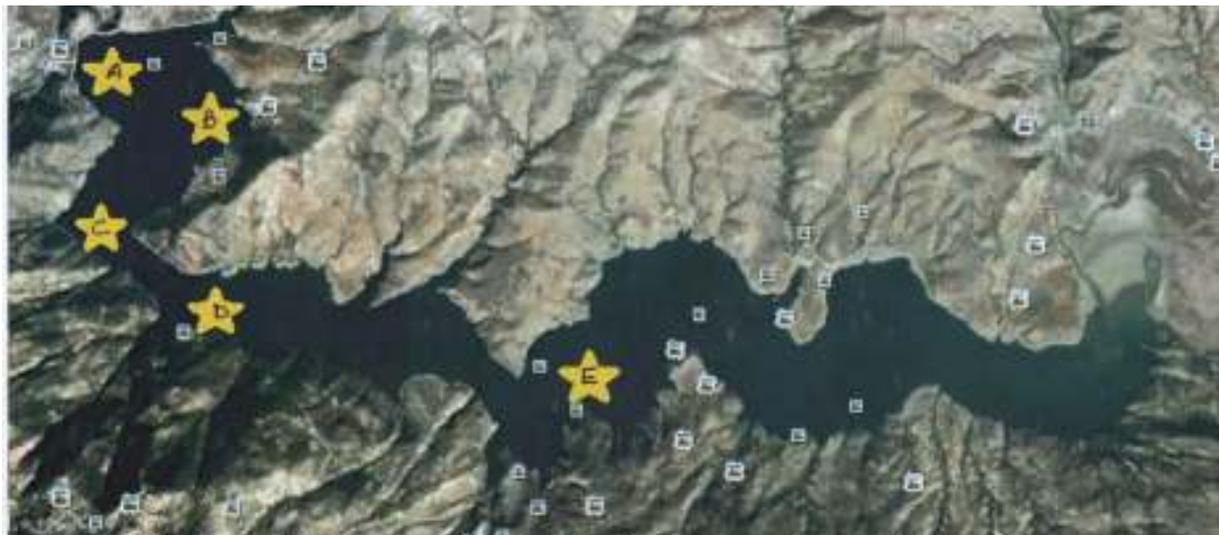


Fig. 20 : Répartition des stations de prélèvements dans le barrage de Tichy Haf
(Photo du Google Earth 2018, modifiée)

3. Principe de prélèvement

Les échantillons de l'eau et du phytoplancton sont prélevés lors de chaque campagne, dans les cinq stations en surface. Sur site les ingénieurs du CNRDPA ont réalisées diverses mesures de paramètres physiques : il s'agit de la température (de l'air et de l'eau), pH, conductivité électrique, Salinité et essentiellement l'oxygène dissous. Par ailleurs la transparence de l'eau à été mesurée par le disque de Secchi.

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

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

- ✓ **Les sels nutritifs** : Nitrites (NO₂), phosphates (PO₄), azote ammoniacal (NH₄).
- ✓ L'identification et comptage des paramètres biotiques.

3.1. Conservation des échantillons

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 du C.N.R.D.P.A.

Pour la détermination des espèces phytoplanctoniques, les échantillons sont conservés dans des piluliers étiquetés avec indication du nom de barrage, la station et la date de prélèvement. On ajoute ensuite quelques gouttes de Lugol à une concentration de 5% pour assurer la conservation du phytoplancton en rendant la sédimentation plus facile.

3.2. Facteurs abiotiques

Les facteurs écologiques abiotiques principaux sont : la température et l'éclairement ainsi que les sels dissouts (DAJOZ, 2000). La qualité de l'eau conditionne fortement la vie qui s'y développe. Les critères susceptibles de changer la chimie de l'eau, sont par excellence des critères de nature physico-chimiques (MULHAUSSER *et al.*, 1995). Ceux-ci sont tributaires du cycle hydrologique et de la composition des sols du bassin versant. Pour apprécier la potabilité d'une eau, il convient de déterminer ses caractéristiques physico-chimiques.

3.2.1. Les paramètres physiques

Les facteurs écologiques n'agissent jamais isolément mais simultanément (RAMADE, 1984).

- ✓ **La température de l'eau** : La température de l'eau dépend des variations journalières ou saisonnières de la température ambiante mais également des rejets anthropiques (ex. eaux utilisées pour le refroidissement). Ce paramètre joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques par son influence sur la solubilité de l'oxygène mais aussi d'autres éléments (WILBY *et al.*, 2014).
- ✓ **L'oxygène dissous** : La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradations de la matière organique et de la photosynthèse. Sa teneur est déterminée par la respiration des organismes aquatiques, l'oxydation des polluants, l'activité photosynthétique de la flore et les échanges avec l'atmosphère.

- ✓ **Le Potentiel d'hydrogène** : Le pH de l'eau est défini à l'aide de la concentration des ions (H^+) contenues dans la solution. Le pH est un facteur qui influence énormément la cinétique des réactions chimiques « ammonification, nitrification, dénitrification » (BEAUDRY *et al.*, 1984).
- ✓ **La conductivité électrique** : La conductivité d'une eau est sa capacité à conduire plus au moins un courant électrique (Rodier *et al.*, 1996). Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous et constitue un bon indice de minéralisation de l'eau (POURRIOT *et MEYBECK*, 1995).
- ✓ **La salinité** : la salinité d'une eau est sa concentration en électrolyte, c'est-à-dire les anions et les cations dissous dans l'eau, elle permet donc d'apprécier la qualité des ions dans l'eau (LEVEQUE, 1996).

Tous ces paramètres sont mesurés, in situ, à l'aide d'un analyseur multi-paramètres de terrain de type (WTW 340 I) (Annexe I, Fig. 2).

- ✓ **La transparence de l'eau** : estimée in situ par un disque dit « disque de Secchi » de 20 cm de diamètre et peint en noir et blanc) (Annexe I, Fig. 1). La profondeur de disparition (en m) du disque de Secchi est une évaluation de la transparence des eaux ou couche euphotique.
- ✓ **Matières en suspension (MES)** : L'eau véhicule de fines particules de matières solides en suspension (MES) décelables pondéralement par centrifugations, sédimentation, filtration, ou même par spectrophotométrie (ARRIGNON, 1998).
La nature et la concentration des matières en suspension jouent un rôle prépondérant dans la formation de la couleur des eaux avec une diminution de leur transparence (LEYNAUD *et VERREL*, 1980).

3.2.2. Les paramètres chimiques :

Le mode opératoire et la méthode du dosage des différents paramètres chimiques sont décrites dans l'annexe N°1.

- ✓ **Phosphates (PO_4^{3-})** : le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues en favorisant leurs multiplications dans les réservoirs où il contribue à l'eutrophisation.
Dans les milieux lacustres, le phosphore est présent dans l'eau sous différentes formes, la forme la plus importante est une forme minérale dissoute (phosphate) provenant en majeure partie du phosphore minéral dissout (LEVEQUE, 2001).

- ✓ **Les nitrates (NO_3^-)** : l'ion nitrate est la forme la plus oxygénée de l'azote, sa teneur est variable suivant la saison et selon l'origine de l'eau (ARRIGNON, 1998).
- ✓ **Les nitrites (NO_2^-)** : selon LACAZE (1996), l'azote nitreux est le plus toxique des formes minérales de l'azote, très réactif, le nitrite intervient dans de nombreux phénomènes de toxicité.
- ✓ **L'azote ammoniacal (NH_4^+)** : L'ammonium provient de la matière organique et des échanges gazeuses entre l'eau et l'atmosphère. La transformation de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation. La présence d'ammonium dans les eaux superficielles est un bon indicateur de pollution anthropique.

3.3. Facteurs biotiques

3.3.1. Etude qualitative du phytoplancton

L'observation et la numération des échantillons, ont été réalisées sur un microscope inversé de type Optika, en utilisant l'objectif 40. L'échantillon à analyser est agité pour homogénéiser son contenu, une partie seulement est mise à sédimenter dans une cuve de 10 ml durant quatre heures (EL HAOUATI, 2015).

En plus des observations, des photographies des taxons ont été réalisées grâce à un appareil photo numérique (SONY DSC-W570) pour permettre des mensurations plus aisées.

✓ **Identification et dénombrement du phytoplancton**

La détermination des algues est poussée jusqu'à l'espèce. L'identification est réalisée à partir de l'observation microscopique, selon des critères morpho-anatomiques cités dans différentes clés d'identification (BOURRELLY 1972, 1981 et 1985); AVANCINI *et al.* (2006), BELLINGER et SIGEE (2011) in EL HAOUATI, 2015.

3.3.2. Etude quantitative du phytoplancton

3.3.2.1. Indices écologiques

3.3.2.1.1. Indices de composition : ils sont représentés par

✓ **Richesse spécifique**

La richesse spécifique est le nombre total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. Elle mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total d'espèces

dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique. Toutefois, cette méthode dépend de la taille des échantillons et ne considère pas l'abondance relative des différentes espèces. Sa valeur écologique est donc limitée (Travers, 1964).

✓ **Fréquence en nombre**

La fréquence centésimale (F_c) représente l'abondance relative et correspond au nombre d'individus d'une espèce (n_i) par rapport au total des individus recensés (N) d'un peuplement. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose (DAJOZ, 1985).

$$F_c = n_i / N \times 100$$

3.3.2.1.2. Indices de structure

✓ **Indice de Shannon Wiener (H')**

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al., 1992). Il est donné par la formule suivante :

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

Où :

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.

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

* 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).

✓ **Indice d'équitabilité (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 à la diversité maximale (Frontier 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).

3.3.2.2. Etude statistique

3.3.2.2.1. 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 rang-fréquence (FRONTIER, 1990) consiste à définir un certain nombre de classe d'abondance et à noter le nombre d'espèces entrant dans chaque classe. Partant de là, on construit un histogramme de la distribution de fréquence, en représentant chaque classe d'abondance par un intervalle de l'axe des abscisses et chaque aire est proportionnelle au nombre d'espèces. Plus l'histogramme de distribution des fréquences est « resserré » autour d'une classe d'abondance, plus on est proche de l'équi-répartition et plus la diversité est élevée. Au contraire, plus l'histogramme est étalé, moins la diversité est élevée.

Un peuplement stressé par une pollution ou par un facteur abiotique très contraignant sera au stade 1, rarement au stade 2 alors qu'un peuplement stable sera au stade 3 (Fig. 21).

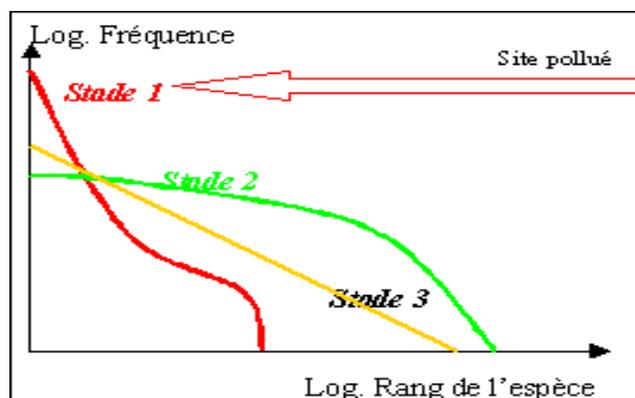


Fig. 21: Evolution des diagrammes rangs-fréquences au cours d'une succession (FRONTIER, 1969)



***Chapitre 3 : Résultats et
Discussion***

4.1. Interprétation de la Physico-Chimie de l'eau

4.1.1. La température de l'eau (C°) :

La température maximale de l'eau est observée durant la période estivale dans les deux sites, avec un maximum de 25,3° C enregistré dans la station E du barrage de Béni Haroun et une valeur de 25,6° C observée dans le barrage de Tichy Haf. Par ailleurs, les plus faibles températures sont enregistrées en hiver, avec une valeur de 13,3° C marquée dans les deux stations A et B pour le barrage de Béni Haroun et une valeur de 14,2° C enregistrée dans la station D pour le barrage de Tichy Haf (Fig. 22).

La variation de la température de l'eau est intimement liée aux conditions climatiques. Les températures de l'eau sont légèrement inférieures de celles de l'air dans les deux barrages étudiés (Fig. 22 et 23). Cependant, il est clair que la température de l'eau ne change pas de la même vitesse que celle de l'air: elle se refroidit moins vite. En effet, l'eau à une capacité thermique plus élevée que celle de l'air. Les processus d'évaporation et de condensation de l'eau peuvent jouer également un rôle dans le changement de température de l'air.

Les plans d'eau subissent des variations de température normale, au gré des fluctuations climatiques. Ces variations se produisent lors des cycles saisonniers, mais s'observent également à l'échelle de la journée. Les fluctuations saisonnières conduisent à des températures minimales en hiver ou durant les périodes humides, et atteignent leurs valeurs maximales en été ou lors de saisons sèches (CELLAMARE, 2009). Certes, toute variation brusque de ce paramètre entraîne une perturbation dans l'équilibre de l'écosystème aquatique (BENAABIDETE, 2000).

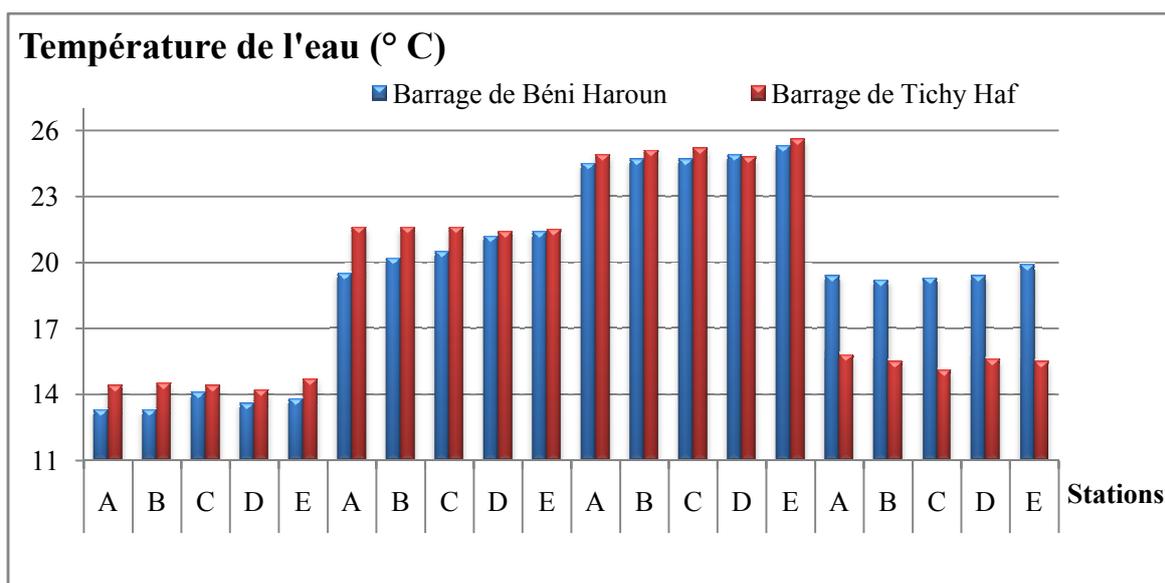


Fig. 22 : Variation annuelle et spatiale de la température de l'eau dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

D'après la (Fig. 23), on distingue que les valeurs maximales de la température de l'air ont été enregistrées pendant la période estivale pour le premier site étudié, avec un maximum de 28,6° C noté dans la station E et une valeur de 30° C dans la station A enregistrée pendant la période automnale pour le deuxième barrage. Par ailleurs, les températures minimales ont été observées pendant la période hivernale avec une valeur de 7° C dans la station A pour le barrage de Béni Haroun et de 11° C dans la station A pour le barrage de Tichy Haf marquée pendant la période estivale.

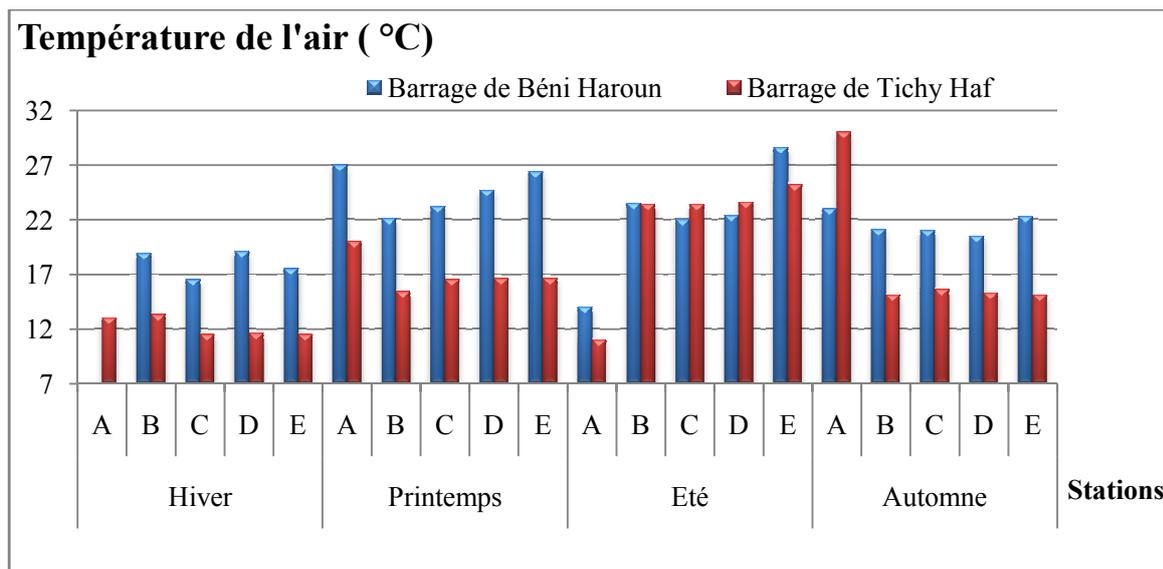


Fig. 23 : Variation annuelle et spatiale de la température de l'air dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

4.1.2. L'oxygène dissous

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est un paramètre qui dépend essentiellement de la température. Les teneurs en oxygène dissous sont très variables et irrégulières dans l'espace et dans le temps pour l'ensemble des stations des deux barrages étudiés. Ainsi que le pourcentage de saturation est parfois plus expressif que le taux en mg/l.

Selon LEYNAUDET VERREL(1980), la saturation en oxygène de l'eau à la température considérée est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau. Ainsi, LOUP (1974) et ECKENFELDER (1982) ajoutent que la fonction chlorophyllienne des végétaux aquatiques élève la teneur en oxygène dissous de l'eau (station E et D du barrage de Béni Haroun et les stations E et B du barrage de Tichy Haf) et peut provoquer des phénomènes de saturation en oxygène.

Pour le pourcentage de saturation**✓ Le barrage de Béni Haroun**

Une valeur maximale de 163,4 mg/l a été enregistrée dans la station D en printemps et une valeur minimale de 52,3mg/l a été enregistrée dans la station E en automne (Fig. 24).

Les eaux de l'Oued Rhumel sont caractérisées par un pourcentage de saturation assez élevé pour l'ensemble des cinq stations pendant la période printanière, période où la végétation est abondante et où il y avait saturation remarquable en oxygène. Le taux en oxygène est un peu faible aux stations étudiés pendant la période automnale, un tel résultat peut être s'expliqué par la présence de matières organiques et minérales d'où les corrélations négatives entre le % de saturation en oxygène et l'ammonium (nitrates). Ces derniers traduisent le cas d'une pollution organique (cas d'une eutrophisation). De plus, suite à sa localisation, La station D reçoit quelques rejets de la ville de Constantine chargés en matières organiques et pauvres en oxygène dissous. En conséquence, un moindre pourcentage de saturation a été enregistrée.

✓ Pour le barrage de Tichy Haf

Une valeur maximale de 107, 2 mg/l a été enregistrée dans la station B pendant la période estivale et une valeur minimale de 64,1 mg/l a été enregistrée dans la station A en automne. Le pourcentage de saturation des eaux du barrage est élevé en été à la station (B) et au printemps (stations A, C et E). Une telle situation est due probablement aux faibles températures enregistrées durant cette saison. Le pourcentage de saturation est faible au niveau de la même station en hiver. Ceci peut être attribué à la température élevée enregistrée durant cette saison et à la présence de matières charriées par les pluies d'automne et d'hiver.

Ces résultats montrent des variations à travers les périodes de prélèvement, ceci peut être expliqué que l'exposition aux courants d'air et le mouvement de brassage de l'eau qui entraînent un enrichissement en oxygène. Selon (GAUJOUS ,1995) l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques et sa dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique.

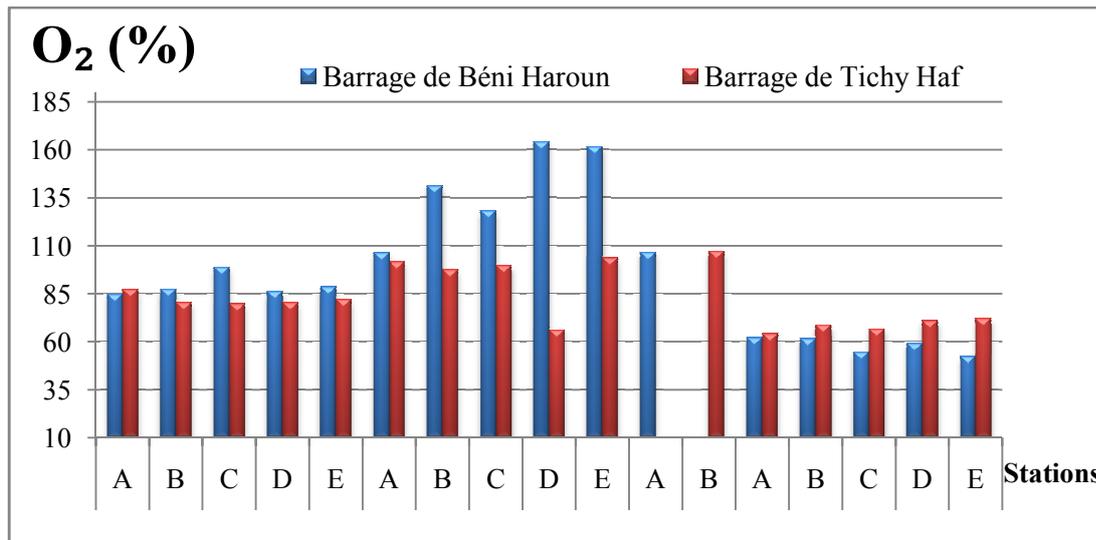


Fig. 24 : Variation saisonnière et spatiale du taux de saturation en oxygène dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

Pour le taux d’oxygène dissous

Les valeurs maximales du taux d’oxygène dissous sont enregistrées durant le période printanière pour les deux barrages avec 15,02 mg/l dans la station D pour le barrage de Béni Haroun et de 8,88 mg/l dans la station E pour le barrage de Tichy Haf par ailleurs, les valeurs minimale sont de 4,8 mg/l marquées pendant la période automnale dans la station E pour le barrage de Béni Haroun et de 5,7 mg/l dans la station D en été pour le barrage de Tichy Haf (Fig. 25).

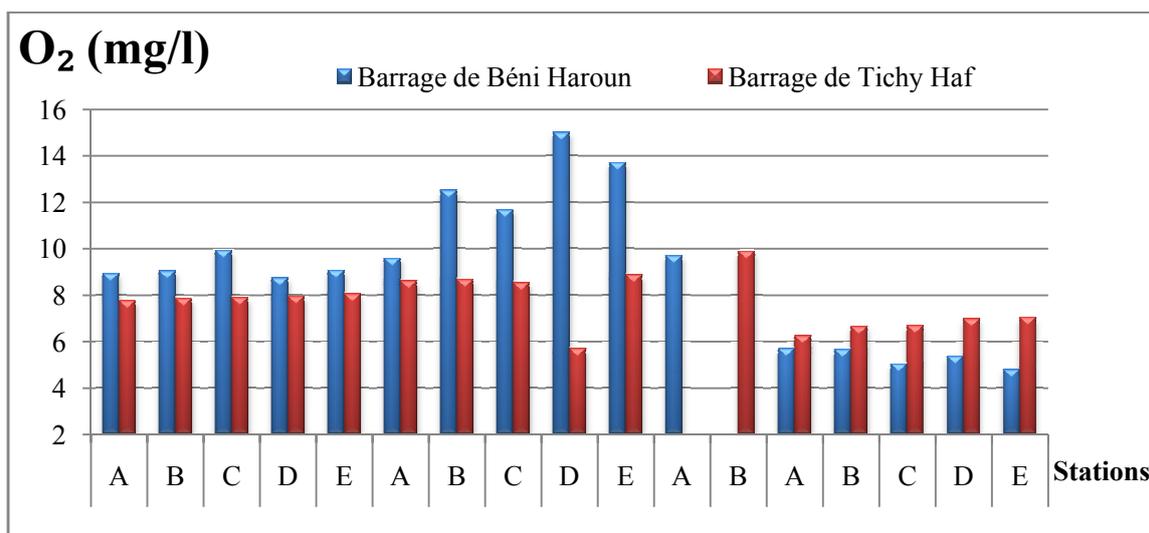


Fig.25 : Variation saisonnière et spatiale du taux de l’oxygène dissous dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

Parmi les facteurs qui contribuent à l'augmentation du taux d'oxygène dissous dans les sites d'étude une forte vitesse du vent, ce qui permet un brassage superficiel favorisant le développement de l'activité photosynthétique assuré par le phytoplancton.

4.1.3. Le potentiel d'hydrogène

❖ Le barrage de Béni Haroun

La (Fig. 26) montre que les eaux du barrage Béni Haroun sont faiblement alcalines. Le pH oscille entre une valeur minimale de 7.45 enregistrée durant le période printanière dans la station A, et une valeur maximale de 8,31 notée en automne dans la station D.

Ces résultats montrent que les valeurs du pH sont légèrement variées ce qui reflète clairement l'influence de la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux.

En effet, le bassin drainé est formé essentiellement par des roches sédimentaires. Ces variations du pH peuvent être expliquées également par les phénomènes de dilution qui peuvent intervenir sur les valeurs du pH des milieux aquatiques, ou par l'influence des eaux de ruissellements chargé généralement de diverses matières aux origines différentes.

❖ Pour le barrage de Tichy Haf

Les valeurs de pH représentées sur la (Fig. 26) indiquent que ces eaux sont légèrement alcalines. En effet, le pH moyen calculé pour toute la période d'étude est de 8,13. Les valeurs varient entre un maximum de 8,46 relevé dans la station A durant la période automnale et un minimum de 7,88 marqué en printemps dans la station A.

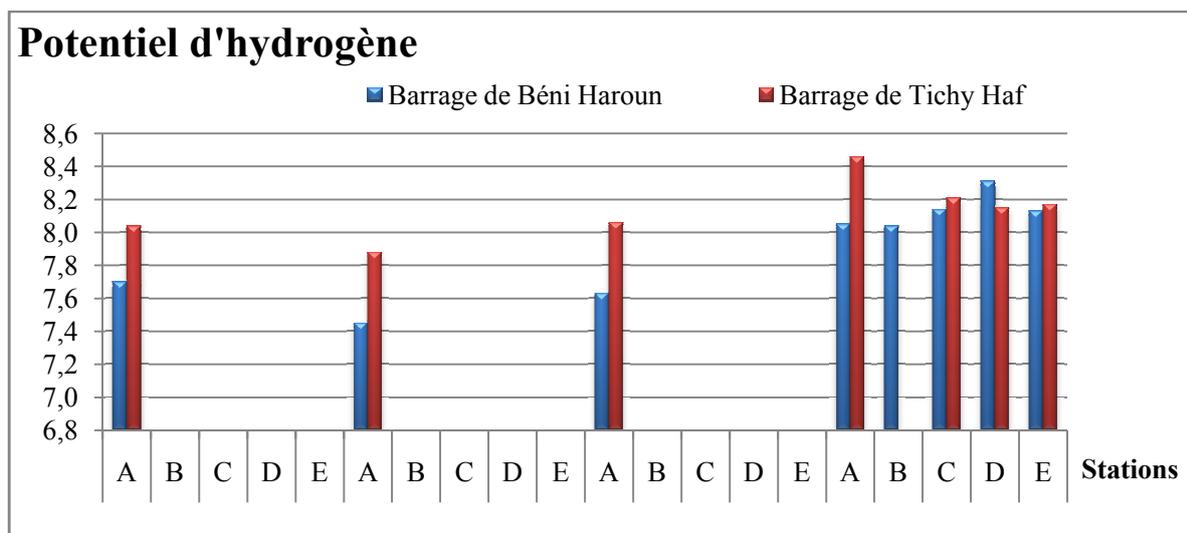


Fig. 26 : Variation annuelle et spatiale du pH dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

4.1.4. Conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

L'allure de l'histogramme (Fig. 27) montre que les eaux du barrage Béni Haroun sont caractérisées par une CE maximale de 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant la période estivale dans la station C, et une valeur minimale de 156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans la station D pendant la période automnale ce qui reflète d'après RODIER et al., (2009) une minéralisation excessive ($\text{CE} > 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$), mais ne dépassant pas les normes.

L'évaluation de la CE des eaux du barrage de Tichy Haf qui est représentée dans la même figure montrent que la charge ionique des eaux de la surface du barrage est moyenne. Une valeur maximale a été enregistrée pendant la période estivale avec 1538 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pendant la période automnale dans la station E, et une valeur minimale de 1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré dans la station D pendant la période printanière. D'après la grille de l'A.N.R.H (2009), les eaux des deux barrages étudiés sont de bonne qualité.

L'évolution de la CE est variable d'une saison à une autre. La conductivité d'une eau est un indicateur des changements de la composition en matériaux et leurs concentrations globales. Elle est proportionnelle à la qualité de sels ionisables dissous. Nous renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par une action directe sur la mobilité des sels (NISBET et VERNEAUX, 1970).

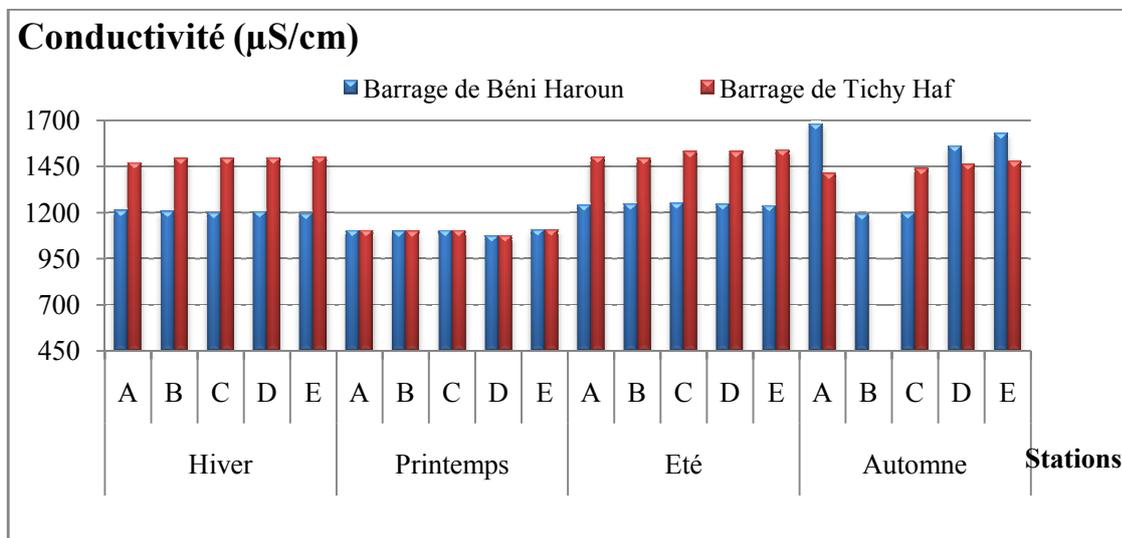


Fig. 27 : Variation annuelle et spatiale de la conductivité dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

4.1.5. La salinité

Les valeurs de la salinité sont enregistrées comme suite : Pour le barrage de Béni Haroun, une valeur maximale de 0,4 (PSU) est enregistrée dans les 5 stations de prélèvement pendant la période printanière et estivale, la même valeur est enregistrée aussi dans la station B pendant la période automnale, la valeur minimale enregistrée était nulle pendant la période hivernale dans la station A (Fig. 28). Concernant le deuxième barrage, nous avons enregistrées une valeur maximale de 0,6 (PSU) pendant la période printanière dans la station E, la même valeur est observée pendant la période estivale dans les 5 stations d'étude et au période automnale dans la station A. les faibles valeurs observées sont de 0,4 (PSU) pendant la période printanière dans les stations A et B.

Le suivi de l'évolution de la salinité des eaux des barrages étudiés, au cours de la période d'étude, montre une salinité moyenne de 0,31 (PSU) pour le barrage de Béni Haroun et 0,52 (PSU) pour le barrage de Tichy Haf. Cette variation peut être due au régime hydraulique, aux conditions climatiques (augmentation de la pluviométrie pendant la période), notamment l'importance des arrivées d'eau de pluie (SANCHEZ, 1992), la libération des ions des sédiments peut être due au glissement des terres des bassins versants du barrage et aux apports de l'Oued Boussellem (pour le barrage de Tichy Haf).

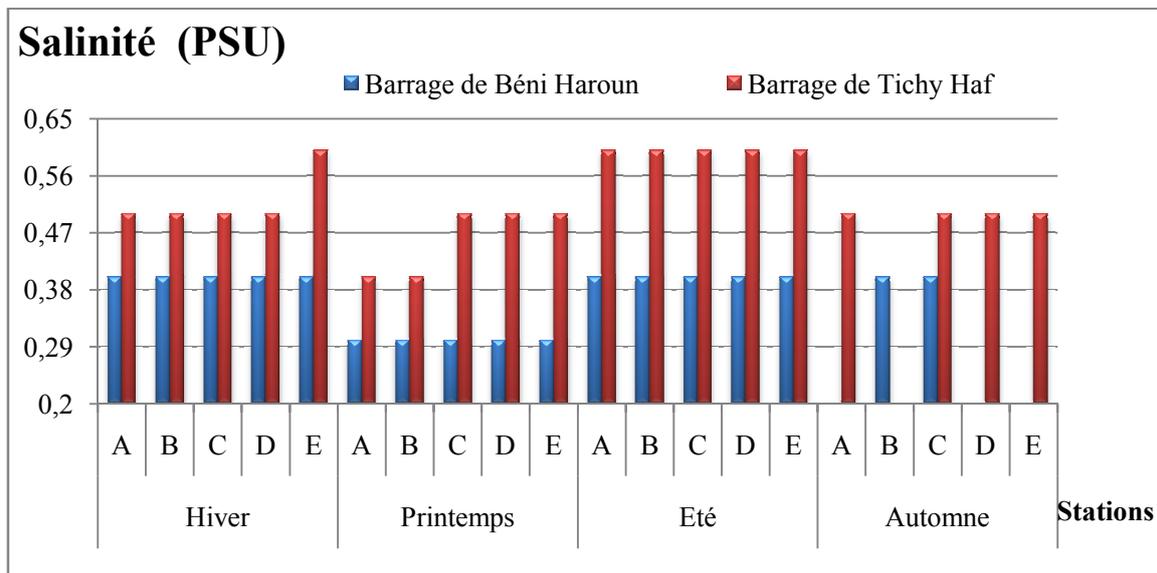


Fig. 28 : Variation annuelle et spatiale de la salinité dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

4.1.6. La Transparence

A partir de la (Fig. 29) on déduit que :

Dans le barrage de Béni Haroun, les valeurs maximales de la transparence ont été enregistrées pendant la période automnale avec un maximum de 330 cm marquée dans la station C. Par ailleurs, une diminution de la transparence de l'eau été notée dans les autres saisons avec une valeur minimale de 70 cm pendant la période printanière observé dans la station E.

Pour le barrage de Tichy Haf, les données enregistrées pendant la période de prélèvement montrent une transparence maximale de l'eau de 700 cm marquée dans la station A pendant la période estivale, pendant la période printanière, nous avons notée une diminution de la transparence de l'eau où nous avons marqués une valeur de 50 cm dans la station A.

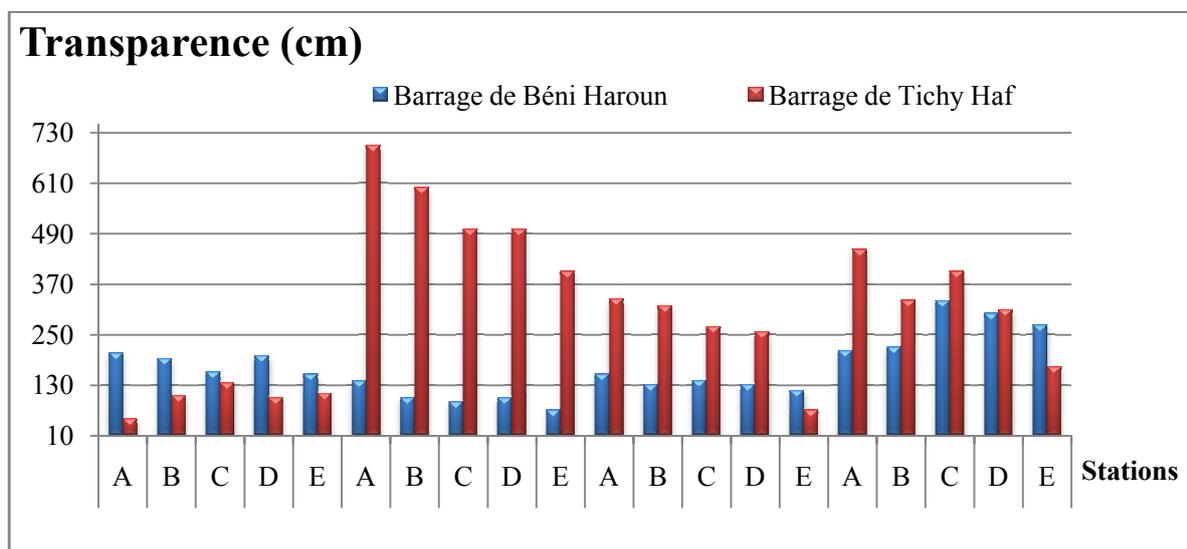


Fig. 29 : Variation annuelle et spatiale de la transparence dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

Les valeurs de transparence, peuvent s'avérer hautement variables, même au sein d'un seul point d'eau. Des particules en suspension de nature diverse produisent un effet sur la transparence de l'eau. Certaines de ces substances comprennent de la terre, des algues et d'autres organismes planctoniques, des feuilles mortes en décomposition, et divers polluants. La transparence peut aussi se modifier dans le temps. Par exemple, une importante pluie torrentielle pourrait réduire la transparence de la retenue d'eau, en l'espace de quelques minutes, en introduisant un écoulement turbide. Un soudain réchauffement au printemps pourrait augmenter la transparence. Quoi qu'il en soit, les données pourraient être parfaitement irrégulières. La plupart des eaux naturelles ont des valeurs de transparence comprises entre 1 mètre et quelques mètres. Une valeur basse, inférieure à un mètre, serait prévisible dans un point d'eau hautement productif (avec un fort développement d'algues

microscopiques). Une valeur basse peut aussi être due à une grande concentration de solides en suspension. Les mesures de la transparence peuvent nous donner une bonne indication de la productivité biologique d'un milieu aquatique.

4.1.7. Sels nutritifs

4.1.7.1. Nitrates et nitrites

- **Concernant le barrage de Béni Haroun**

Les deux formes d'azote analysées, nitrates et nitrites varient temporellement de 1,8 à 7,16 mg/l pour les premiers et de 0,004 à 0,57 mg/l pour les seconds (Fig. 30 et 31). Les teneurs les plus élevées sont enregistrées en printemps et à la fin de la saison de l'été pour les nitrites et en printemps pour les nitrates dans les stations les plus exposées aux apports de lessivage et d'activités anthropiques (station A, B, C, D, E en été et les station B, D, E en automne concernant les nitrites) et (les stations A, B, C, E en été et la station A au printemps concernant les nitrates).

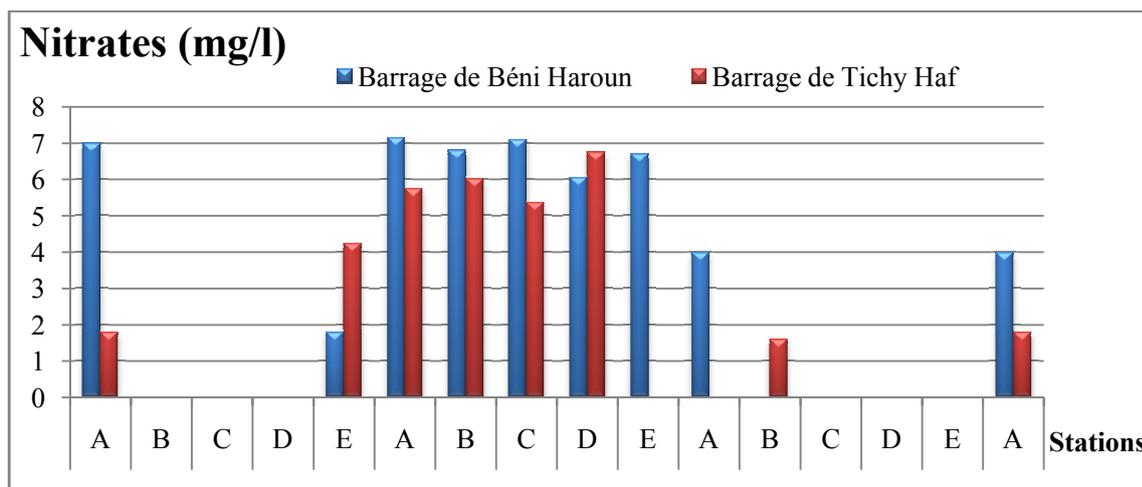


Fig. 30 : Variation annuelle et spatiale du Nitrates dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

- **Pour le barrage de Tichy Haf**

Le suivi des teneurs en nitrates et en nitrites a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans la (Fig. 30 et 31), et qui oscillent entre une teneur maximale de 0,107 mg/l enregistrée en hiver dans la station A et une valeur minimale de 0,007mg/l observée en été dans les stations C et D concernant les nitrites, pour les nitrates nous avons notés une valeur maximale de 6,75 mg/l en printemps dans la station D, et une valeur inférieure de 4,25 mg/l observée dans la station E au mois au printemps.

Malgré les taux un peu élevés (6 mg/l et 4 mg/l) enregistrés respectivement au printemps et en été, la valeur moyenne traduit une eau de « qualité très bonne selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'A.N.R.H (2009).

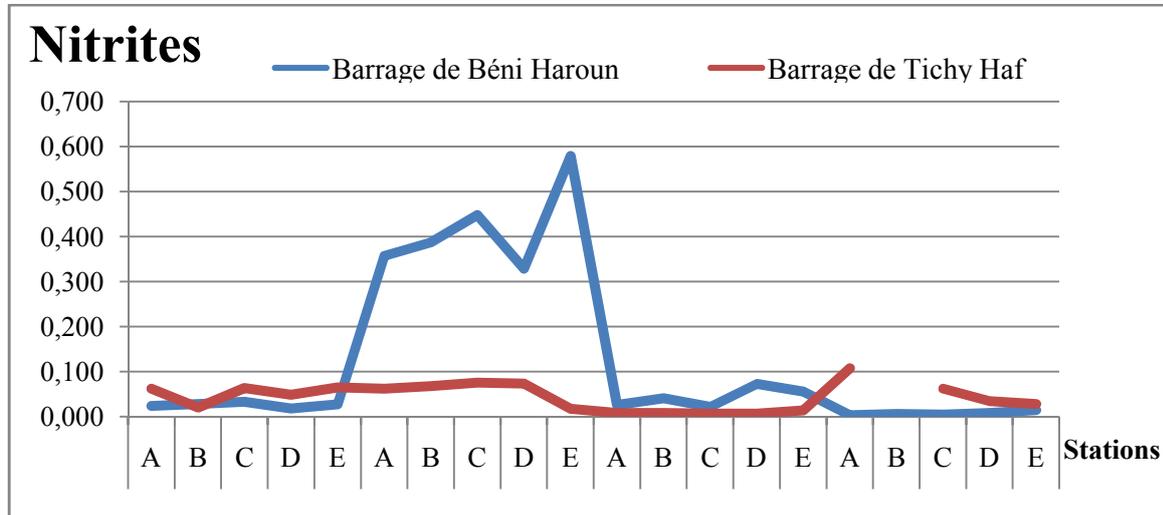


Fig. 31 : Variation annuelle et spatiale du Nitrites dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

En partie dues à l'utilisation d'engrais azotés. Ils se trouvent essentiellement dans les engrais et constituent la source majeure de matières azotées des plantes. Les deux tiers de la pollution par les nitrates sont causés par les cultures et l'élevage intensif (DERRADJI et al., 2007) auxquels s'ajoutent ceux de la minéralisation ultime des autres formes azotées (N-organique, NH^4_+ , NO_2^-) rejetées en amont. Cependant les teneurs des NO_3^- relevées, inférieures à la valeur guide 25 mg/l (RODIER, 2009) dans le barrage Béni-Haroun, lui confèrent une qualité normale répondant à la qualité des eaux douces superficielles destinées à la production d'eau potable.

4.1.7.2. L'azote ammoniacal

- ✓ **Le barrage de Béni Haroun**
- ✓ Les teneurs en azote ammoniacal montrent des variations s'observant d'une saison à l'autre selon la (Fig. 32). La teneur maximale déterminée est de 6,8 g/l marquée dans la station A durant la période printanière et une valeur minimale de 0,009 mg/l a été enregistrée durant la période automnale dans la station A.
- ✓ Dans les eaux superficielles, l'azote ammoniacal peut avoir pour origine : la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...) (RODIER et al., 2009). Les plus fortes concentrations sont observées aux cours de notre étude peuvent être dues aux rejets

directs d'eaux usées qui se font dans le barrage. Nos valeurs traduisent un dysfonctionnement du cycle de l'azote et donc du processus de minéralisation de la matière organique. Les concentrations en azote ammoniacal au niveau du barrage

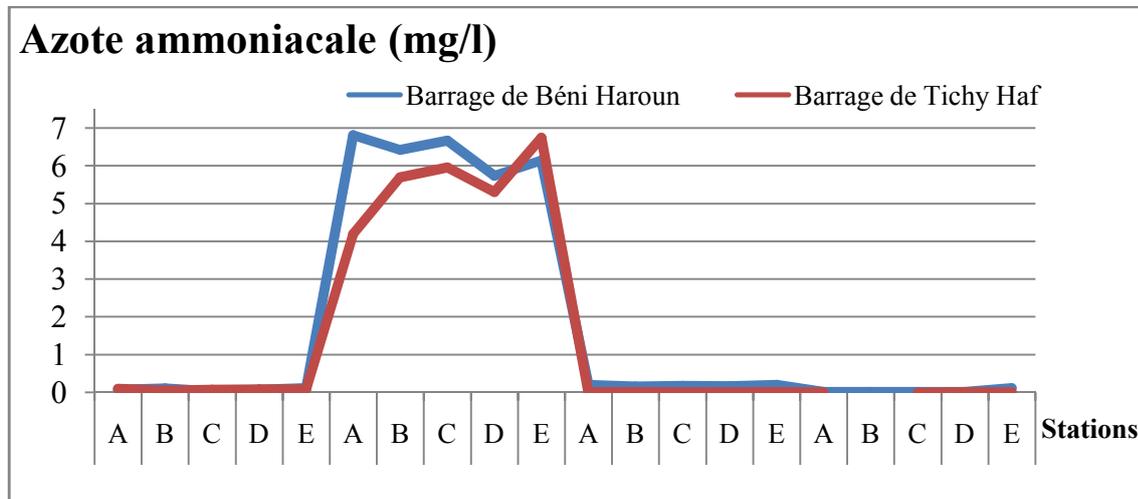


Fig. 32 : Variation annuelle et spatiale de l'azote ammoniacal dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

- ✓ révèlent une eau appartenant à une qualité des eaux très bonne selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'A.N.R.H 2009.

✓ **Pour le barrage de Tichy Haf**

En hiver nous remarquons des valeurs faibles de concentrations en azote ammoniacal sachant que dans cette saison il y'a le phénomène de brassage, ceci provoquerait une homogénéisation totale des sels nutritifs dans la masse d'eau, par conséquent la concentration diminue

Les concentrations maximales en azotes ammoniacales sont obtenues à la saison de printemps avec une valeur maximale de 6,74 mg/l en printemps dans la station E, cela pourrait avoir une relation avec les apports externes en matières nutritives.

En été nous remarquons une chute rapide de concentration en azote ammoniacal ceci reflète l'utilisation des nitrates par le phytoplancton abondant lors de cette saison, La période automnale est caractérisée par des valeurs minimales de l'azote ammoniacal qui atteint le 0 (observée au mois de novembre dans la station C).

4.1.7.3. Phosphates

▪ Le barrage de Béni Haroun

Selon la (Fig. 33), les teneurs les plus faibles en phosphates 0,01 mg/l sont enregistrées durant la période automnale dans la station E. Alors que la teneur la plus élevée (0.52 mg/l) est relevée en printemps dans la station E.

Le phosphate est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, et son absence peut être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d’être absorbé par les sédiments dans le cas de désoxygénations importantes. Le phosphate est déterminant pour la productivité des écosystèmes aquatiques. Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs où il contribue à l’eutrophisation. Les phosphates font partie des anions facilement fixée par le sol, leur présence naturelle dans l’eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. Les eaux du barrage contiennent des teneurs en phosphates allant de 0,01 mg/l à 0.5 mg/l, traduisant ainsi des eaux de bonne qualité (teneur < 0.7 mg/l) » selon les classes d’aptitude des eaux superficielles de l’A.N.R.H (2009).

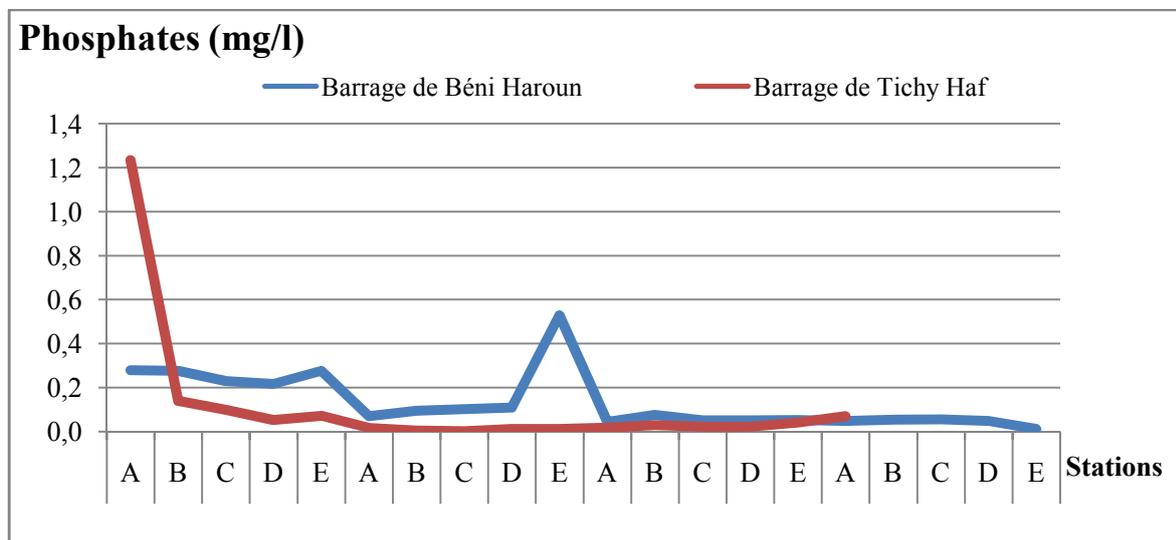


Fig. 33 : Variation annuelle et spatiale du Phosphate dans le barrage de Béni Haroun (Mila) le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

▪ Pour le barrage de Tichy Haf

Durant la période d'étude, la charge totale en phosphore varie entre un maximum de 1,2 mg/l (enregistrée au printemps dans la station A), et un minimum de 0 mg/l (enregistrée dans la station C en été). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées en hiver. Ces teneurs sont expliquées d'une part par des bonnes conditions d'oxygénation du milieu pendant cette période, d'autre part ces valeurs élevées peuvent être influencées par le potentiel redox, dont il est bien connu qu'un milieu réducteur entraîne une solubilisation des phosphates minéraux accumulés dans les sédiments par un phénomène décomplexions (PARINET *et al.*, 2000).

Ce relargage est accentué suite aux conditions anoxiques du milieu. En revanche nous remarquons des taux du phosphore très faible en été. Parmi les raisons pouvant justifier ces concentrations faibles, nous pouvons mentionner la présence d'une forte biomasse phytoplanctonique ayant consommé le phosphore disponible d'une part, et d'autre part l'absence des apports exogènes suite aux conditions climatiques caractérisant cette saison, car les phosphates n'existent qu'en faible quantité dans les eaux naturelles.

varient entre un maximum de 8,46 relevé dans la station A durant la période automnale et un minimum de 7,88 marqué en printemps dans la station A.

4.1.2 : Synthèse sur les paramètres abiotiques

La qualité des eaux des lacs est évaluée suivant les paramètres physico-chimiques étudiés précédemment, elle est déterminée en comparant nos résultats aux bornes de la grille de qualité des eaux des masses d'eau naturelles de SEQ (France) (www.SEQ-Eau_douce.htm) qui sont portés sur le tableau 4.

Tab. 4 : Normes de qualité des eaux des masses d'eau naturelle (SEQ-EAU) et les moyennes trouvées dans les deux sites étudiés (barrage de Béni Haroun et barrage de Tichy Haf) durant l'année 2017.

Eléments de qualité (=Altérations) Paramètres		Limites inférieures					Barrage de Béni Haroun	Barrage de Tichy Haf
		Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon		
Bilan en oxygène	Oxygène dissous (mg/l)	<3	3	4	6	8	9,03	7,71
Matières phosphorées (mgP/l)	Phosphore total	>1	1	0.5	0.2	0.05	0,13	0,11
Matières azotrées (mgN/l)	Nitrates	>16.94	16.94	11.3	5.65	1.13	6	4,17
	Nitrites	>0.3	0.3	0.16	0.09	0.03	0,12	0,04
	Azote ammoniacal	>3.9	3.9	1.56	0.39	0.078	1,66	1,49
Température	Température (°C)	>28	28	25	21.5	20	19,61	19,15
Acidification	pH minimum	>4.5	4.5	5.5	6	6.5	7,45	7,88
	pH maximum	>10	10	9.5	9	8.2	8,31	8,46

Les moyennes mensuelles des paramètres abiotiques dans les eaux des deux barrages (barrage de Béni Haroun et barrage de Tichy Haf) pendant la période d'étude, montrent que :

- L'eau du barrage de Béni Haroun est de moyenne qualité
- alors que les eaux du barrage de Tichy Haf sont de très bonne qualité.

4.1.3. La chlorophylle « a »

Elle représente le facteur essentiel de la photosynthèse conduisant à l'estimation de la biomasse phytoplanctonique et permettant ainsi le suivi du zooplancton. La chlorophylle « a » est le seul pigment capable de produire de l'énergie chimique, nécessaire à la fixation du carbone, à partir de l'énergie lumineuse (ROLLAND, 2009). La chlorophylle « a » est en relation proportionnelle avec la photosynthèse. Les teneurs en chlorophylle « a » à Béni Haroun varient de 13,8 à 18,80 mg/l en hiver et de 21,20 à 45,66 mg/l en printemps cette différence est due à l'augmentation de l'intensité lumineuse et par conséquent l'augmentation de l'activité photosynthétique et du taux de la chlorophylle « a ». Au barrage de Tichy Haf, les valeurs en chlorophylle « a » varient entre 3,55 g/l et 66,48 en hiver et varient de 3,55 à 6,61 mg/l au printemps, ces résultats sont dus à la faible luminosité et le temps couvert le jour du prélèvement, et peuvent être dus aussi à la diminution de la température des eaux (FQIH BERRADA *et al.*, 2000) (Fig. 35).

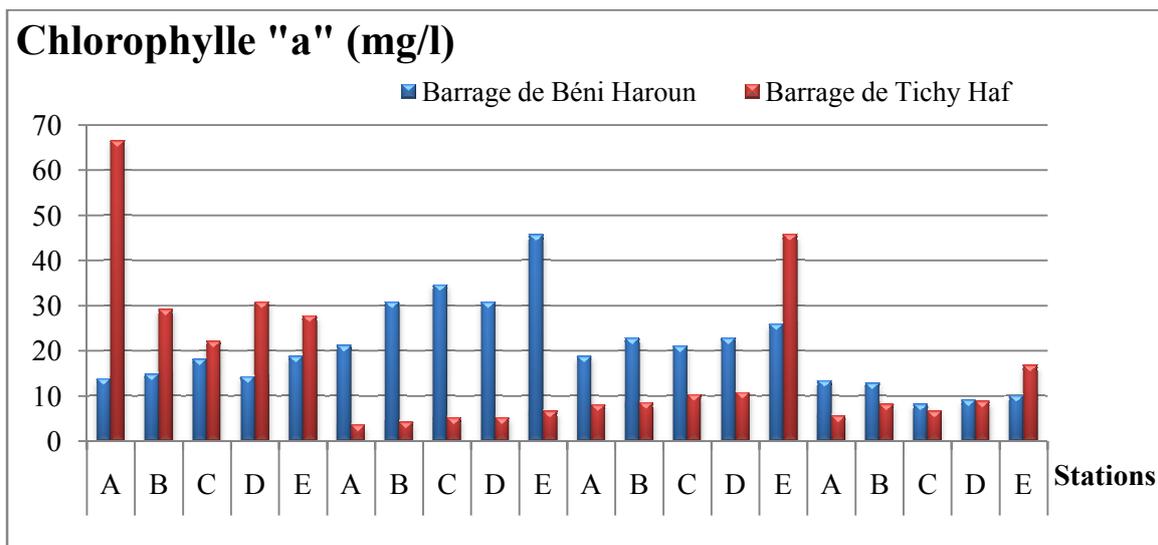


Fig.34 : Variation annuelle et spatiale de la Chlorophylle a dans le barrage de Béni Haroun (Mila) et le barrage de Tichy Haf (Béjaia).

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

4.3.1. Etude qualitative du peuplement

Composition taxonomique du phytoplancton

- Dans les eaux du **Béni Haroun**, nous avons répertoriées plus de **35** espèces réparties en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrophytes) avec 6 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. Les Dinophycées : forme le groupe le plus abondant, vient en première position avec 2 taxons, soit 38,46% de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par le genre *Peridinium*.
2. Les Chlorophycées : il est aussi abondant mais il est le plus diversifié, vient en deuxième position. Ce sont des organismes qui dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azoté (BERALET et *al.*, 1996 ; CARLSSON et GRANALI, 1999). La Figure 36 présente la relation entre la concentration du phosphate et la dominance des Chlorophycées, avec 16 taxons, soit 28,67% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les genres : *Oocystis*, *Scenedesmus* et *Cosmarium*. L'espèce la plus abondante est *Closterium setaceum* au printemps avec une fréquence de 23%.

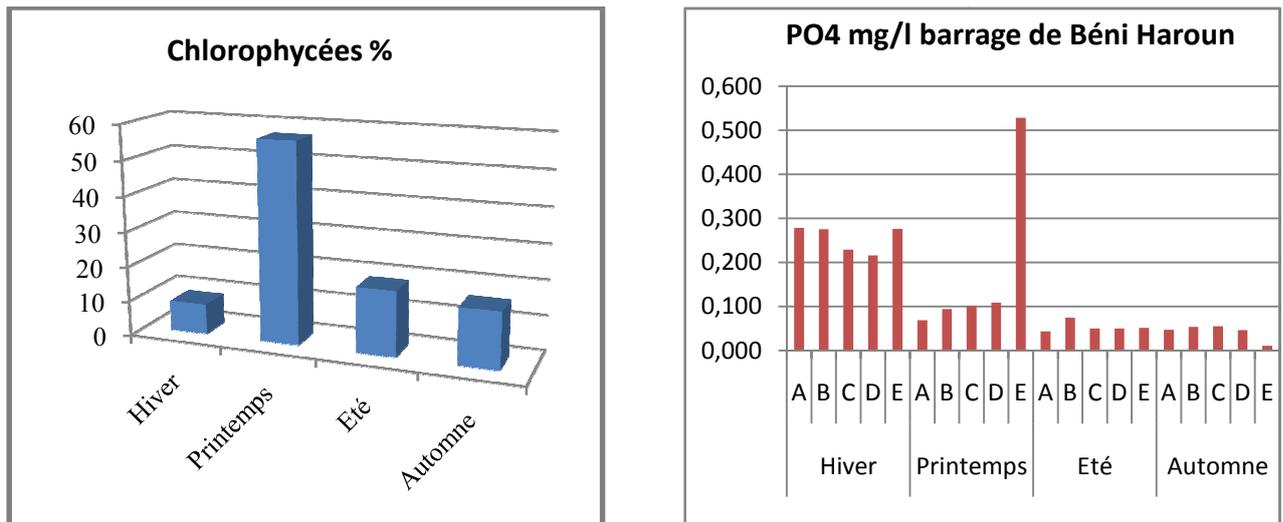


Fig.35: La relation entre la concentration de phosphate et la fréquence des Chlorophycées dans le barrage de Béni Haroun.

3. Les Diatomées: comptent 8 taxons, soit une proportion de 17,83%, dominé par les genres :*Cocconeis* et *Cyclotella*.
4. Les Cyanophycées : regroupe 4 taxons, soit une proportion de 7,34%, représenté surtout par le genre *Anabaena*.
5. Les Euglénophycées : regroupe un seul taxon, soit une proportion de 4,89%, représenté par le genre *Trachelomonas*.
6. Les Pyrrophyées : regroupe 2 taxons, soit une proportion de 2,79%, représenté principalement par le genre *Ceratium*.

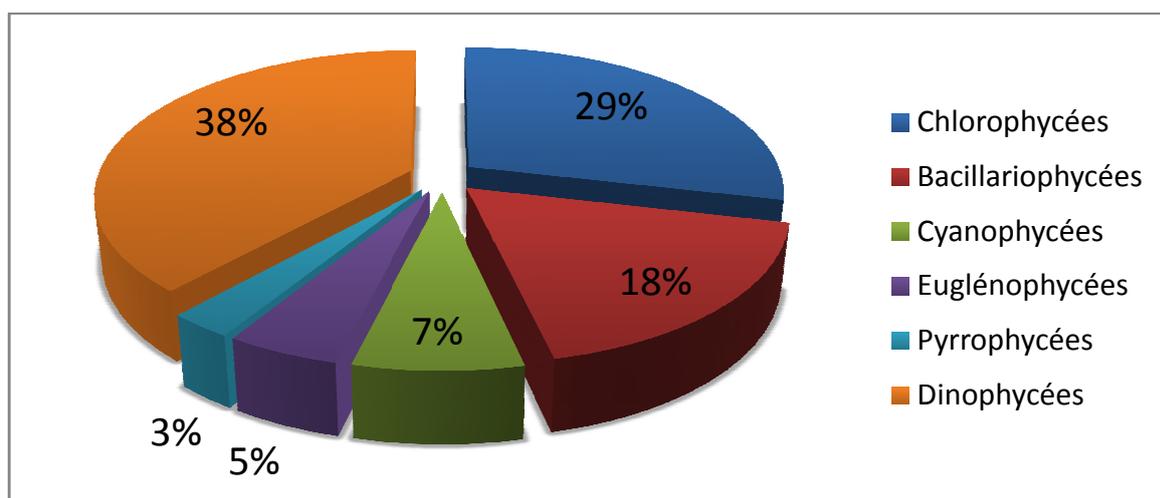


Fig. 36 : Variation des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Béni Haroun.

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

1. Les Dinophycées

Peridinium sp

Peridinium cinctum

2. Les Chlorophycées

Scenedesmus quadricauda

Tetraedron cf. triangulare

Oocystis lacustris ssp1

Oocystis elliptica

Oocystis sp3

cf. Oocystis

Cosmarium cf. bioculatum

Closterium setaceum

Staurastrum gracile

Cosmarium botrytis

cf. Gélocapsa

Actinastrum hantzchii

Stigeoclonium cf. tenue

cf. Stigeoclonium

Tetraspora sp

Scenedesmus obliquus

3. Les Diatomées :

Cocconeis cf. placentula

Cocconeis sp

Cyclotella ocellata

Cyclotella sp

cf. Cyclotella

cf. Cocconeis

cf. Aulacoseira

Stephanodiscus sp

4. Les Cyanophycées :

Merismopedia cf. germinata

Anabaena spiroides

cf. Anabaena

Oscillatoria limosa

5. Les Euglénophycées : 6. Les Pyrrophyées

Trachelomonas sp

cf. Trachelomonas

Trachelomonas globularis

Ceratium hirundinella

Ceratium sp1

Pour **Tichy Haf** nous avons répertoriées 32 espèces réparties aussi en 5 groupes (Chlorophytes, Chromophytes, Cyanophytes, Euglénophytes, Pyrrophytes,) avec 7 classes, qui sont, selon leurs abondances :

1. Les Bacillariophycées : forme le groupe le plus diversifiées, vient en première position avec 16 taxons, soit 39,91 % de la communauté phytoplanctoniques, ils sont représentés principalement par les genres suivants : *Cocconeis* et *Cyclotella*.

2. Les Euglénophycées : il est aussi diversifié, vient en deuxième position avec 3 taxons, soit 34,10% du peuplement total, ils sont représentés essentiellement par les *Trachelomonas*.

3. Les Chlorophycées : comptent 16 taxons, soit une proportion de 18,56 %, dominés par deux genres : *Oocystis* et *Scenedesmus*

4. Les Cyanophycées : regroupent 02 taxons, soit une proportion de (4.64%), représentés principalement par les genres: *Merismopedia* et *Lyngbya*.

5. Les Dinophycées :regroupe 3 taxons, soit une proportion de (2,08%), représentés surtout par le genre : *Peridinium*.

6. Pyrrophycées :regroupe un seul taxon, soit une proportion de (0,46%), représentés essentiellement par le genre : *Ceratium*.

7. Les Cryptophycées : regroupe un seul taxon, soit une portion de (0,23%) représenté par le genre *Cryptomonas*

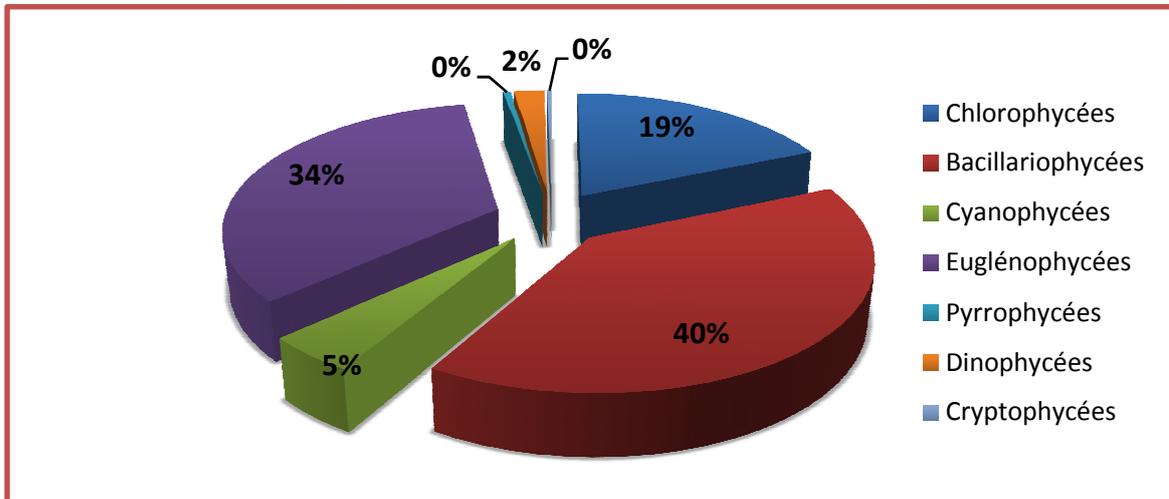


Fig.37 : Variations des abondances des groupes phytoplanctoniques dans le barrage de Tichy Haf

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

1. Les Bacillariophycées

<i>Cocconeis cf. placentula</i>	<i>Cyclotella sp</i>
<i>cf. Cyclotella</i>	<i>Cocconeis sp</i>
<i>cf. Aulacoseira</i>	

2. Les Euglénophycées

Trachelomonas lacustris
Trachelomonas sp
cf. Trachelomonas

3. Les Chlorophycées

<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Oocystis lacustris ssp1</i>	<i>Coelastrum astroideum</i>
<i>Scenedesmus obliquus</i>	<i>Oocystis elliptica</i>	<i>cf. Scenedesmus</i>
<i>Scenedesmus flexuosus</i>	<i>Oocystis sp2</i>	<i>cf. Cosmarium</i>
<i>Cosmarium pyramidatum</i>	<i>Oocystis sp3</i>	<i>cf Géllocapsa</i>
<i>Tetraedron cf triangulare</i>	<i>Pediastrum boryanum</i>	<i>cf Ankistrodesmus</i>

4. Les Cyanophycées

Merismopedia cf. germinata
cf. Lyngbya

5. Les Dinophycées

Peridinium cinctum
Peridinium sp
cf. Peridinium

6. Les Pyrrophycées

Ceratium hirundinella

7. Les Cryptophycées

Cryptomonas ovata

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 éliminés d'autres espèces qui ne sont pas déterminées et qui présentent des pourcentages très faibles.

4.3.2 Etude quantitative du peuplement :

4.3.2.1 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 20 μ m, nous avons remarqués une variété dans la densité des groupes phytoplanctonique dans **le barrage de Tichy Haf**, le groupe le plus abondant est les Diatomées avec une densité de 10,6.10⁶alg/l et une abondance de 39,91%. Les genres les plus abondants sont *Cocconeis* et *Cyclotella*.

Les Euglénophycées viennent en deuxième position avec une densité de 9,06.10⁶ alg/l et une abondance de 34,10 % représentées principalement par le genre *Trachelomonas*.

Le troisième groupe est les Chlorophycées. Ce sont des organismes qui dominent dans les milieux qui sont riches en nutriments azotés (BERALET et al., 1996 ; CARLSSON et GRANALI, 1999) avec une densité de 1,2.10⁶alg/l, les genres les plus abondants : *Oocystis* et *Scenedesmus*.

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 Tichy Haf avec 32 espèces soit 39,91% de la communauté totale.

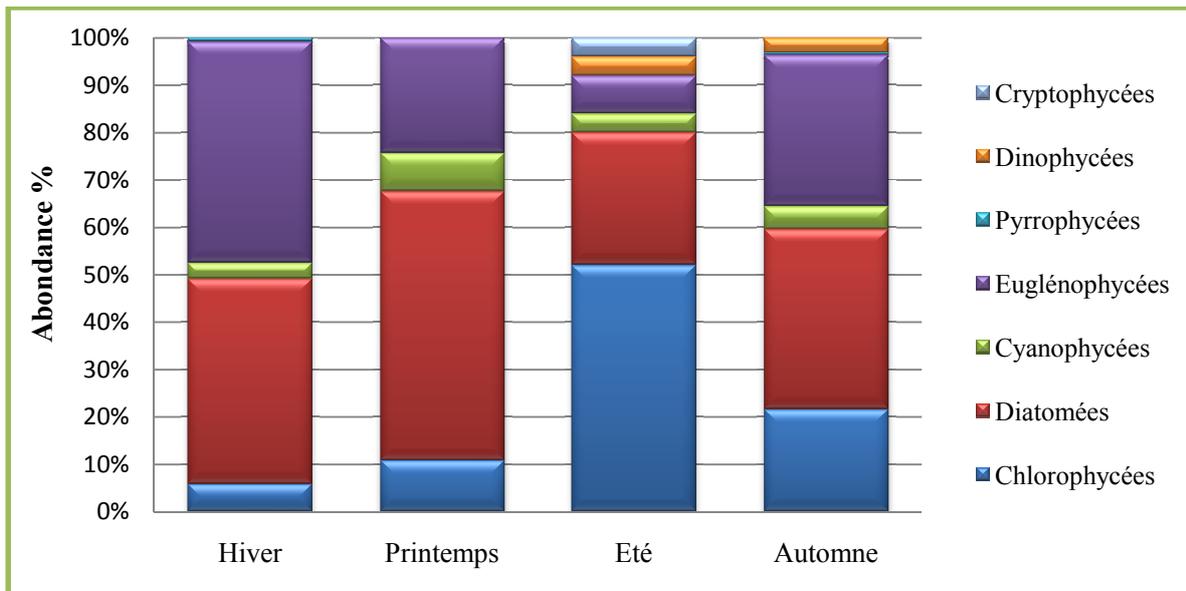


Fig. 38 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Tichy Haf.

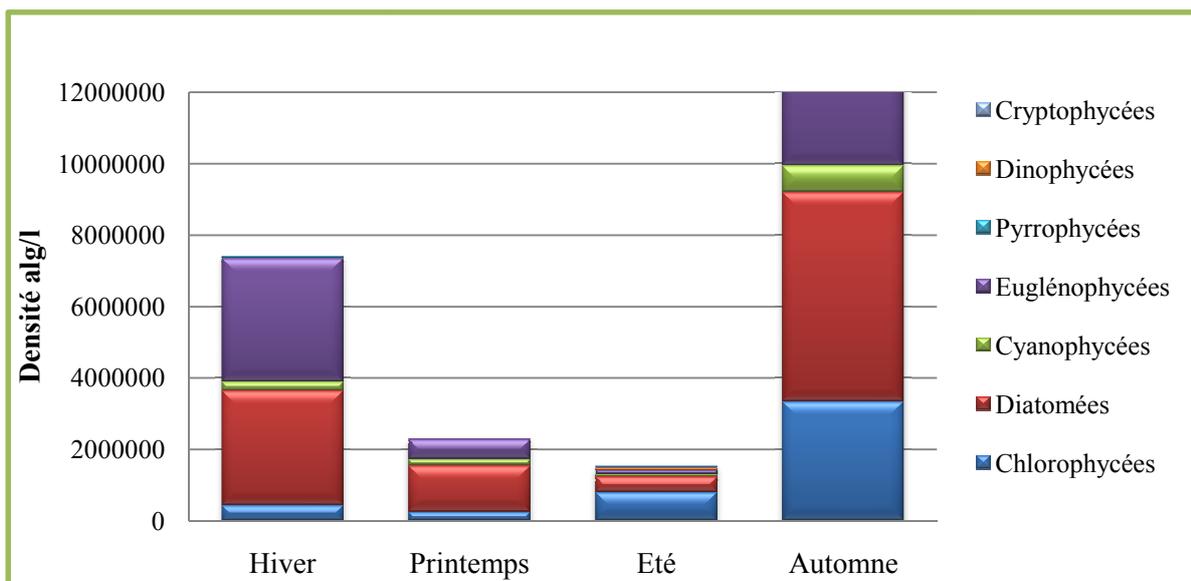


Fig. 39 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Tichy Haf

Par ailleurs, le **Barrage de Béni Haroun** est composé de 35 espèces :

Les Dinophycées viennent en première position avec une densité de $6,78.10^6$ alg/l (Fig. 53) soit 38,46% (Fig.54). Représenté principalement par le genre *Peridinium*

En deuxième position les Chlorophycées avec une densité de $5,05.10^6$ alg/l et une abondance de 28,67%. Les genres les plus abondants sont : *Oocystis*, *Scendesmus* et *Cosmarium*

En troisième position, les Diatomées avec une densité de $3,14.10^6$ alg/l. et une abondance de 18,78%. Les genres abondants sont : *Cocconeis* et *Cyclotella*.

En quatrième position les Cyanophycées qui représente une densité $1,29.10^6$ alg/l avec une abondance de 7,34%, représenté surtout par le genre : *Anabaena*.

Les Euglénophycées est une classe rare avec une densité de $0,86.10^6$ alg/l et une abondance de 4,89%, représenté par deux espèces représenté par le genre *Trachelomonas*.

En sixième position les Pyrrophyccées, cette classe est plus abondante par rapport au lac de Réghaia avec une densité de $0,49.10^6$ alg/l et une abondance de 2,79%. Elle est présentée par le genre *Ceratium*.

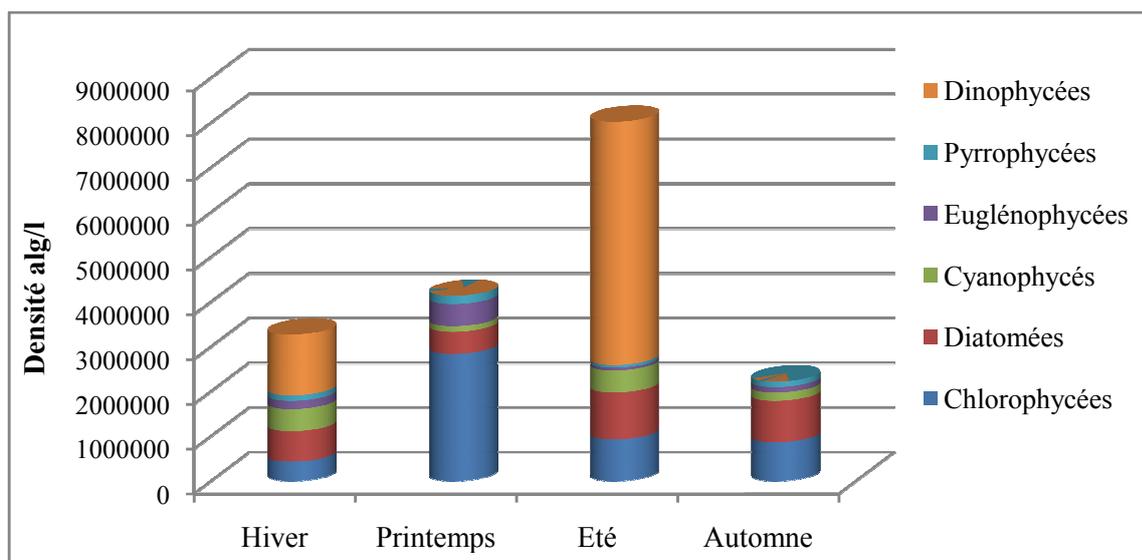


Fig. 40 : Variation annuelle des densités des groupes phytoplanctoniques du barrage de Béni Haroun.

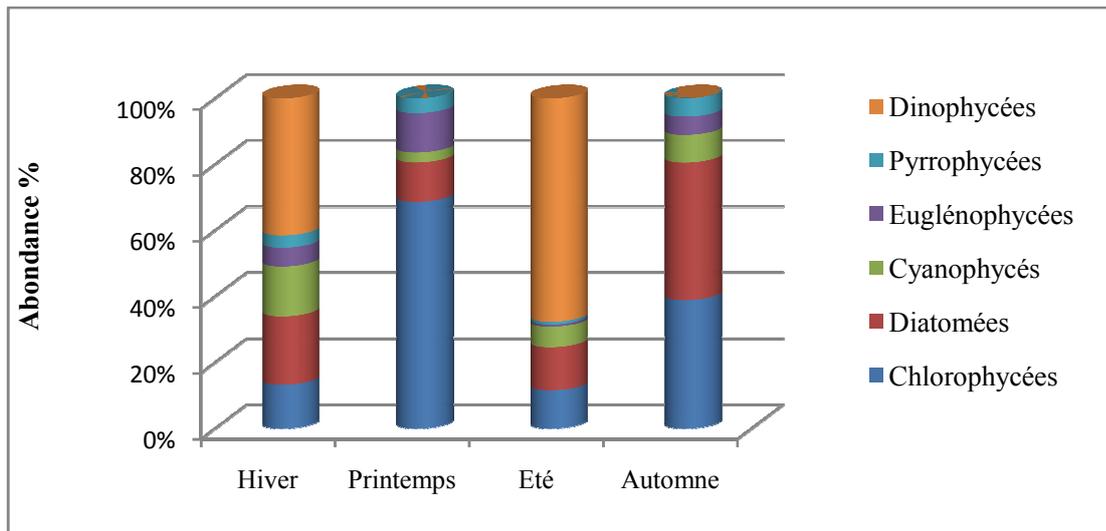


Fig. 41 : Variation annuelle des abondances des groupes phytoplanctoniques du barrage de Béni Haroun

4.4. Evolution spatio-temporelle de la diversité spécifique :

4.4.1. L'indice de Shannon (H') et l'Equitabilité (E) :

Barrage de Béni Haroun : l'indice de Shannon varie entre 2,02 et 3,85 bits /ind (Fig. 43). A l'hiver, l'automne, printemps, été. Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *Cyclotella sp.* la richesse spécifique durant cette période varie entre 12 et 18. A l'hiver, printemps et l'automne, on note que l'indice de Shannon dépasse les 3 bits /ind pour atteindre sa valeur maximale (3,85 bits /ind) en automne qui marquent aussi une richesse spécifique (18). Ces valeurs élevées révèlent que le peuplement est composé d'un grand nombre d'espèces qui présentent une répartition équilibrée.

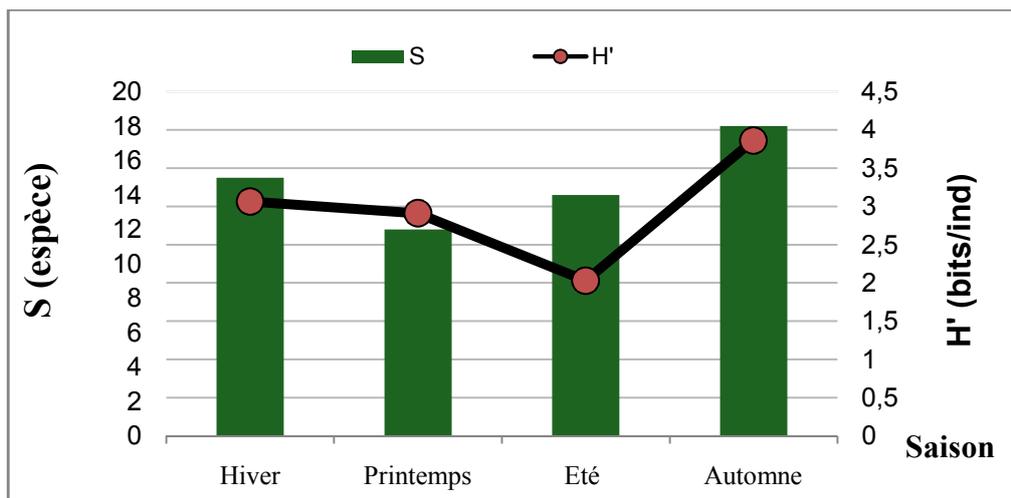


Fig. 42 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') du barrage de Béni Haroun

Globalement l'indice de diversité spécifique caractérise l'organisation et l'évolution d'un peuplement. Les résultats obtenus (Fig.44), montrent qu'en général, la diversité spécifique est très importante durant toute l'année.

Quand l'équitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi- totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Oocystis elliptica*), ce phénomène observé pendant les trois périodes estivale, printanière et hivernale. (R entre 0,08 et 0,013).

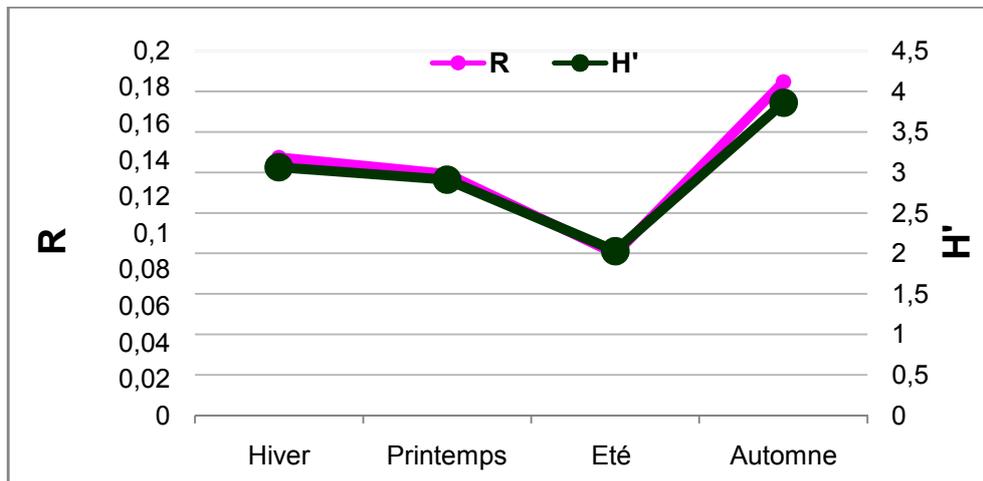


Fig. 43 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) du barrage de Béni Haroun .

Dans le barrage de Tichy Haf : l'indice de Shannon varie entre 2,1 et 3,5 bits / ind (Fig. 45). Les faibles valeurs sont enregistrées en hiver et au printemps (2,19, 2,10 bits / ind respectivement). Ces valeurs sont expliquées par la dominance remarquable de l'espèce *Trachelomonas sp.* La richesse spécifique durant cette période varie entre 6 et 26. Pendant les deux périodes automnale et estivale respectivement on note des valeurs maximal (3,47 et 3,51 bits/ind) qui marquent aussi une grande richesse spécifique (26 et 13 respectivement).

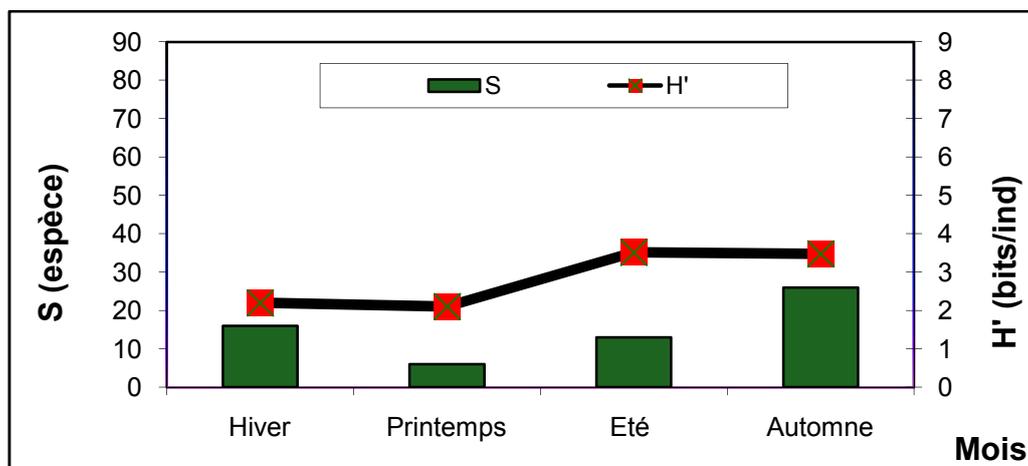


Fig. 44 : Variation de la richesse spécifique (S) et l'indice de Shannon (H') de Barrage de Tichy Haf.

Les résultats obtenus (Fig.46), montrent qu'en général, la diversité spécifique est moins importante durant tous les saisons.

Quand l'équitabilité est minimale (se rapproche de 0) la quasi- totalité des individus est concentrée sur une espèce (*Trachelomonas sp*), ce phénomène observé en hiver et printemps.(R tend vers 0,09).

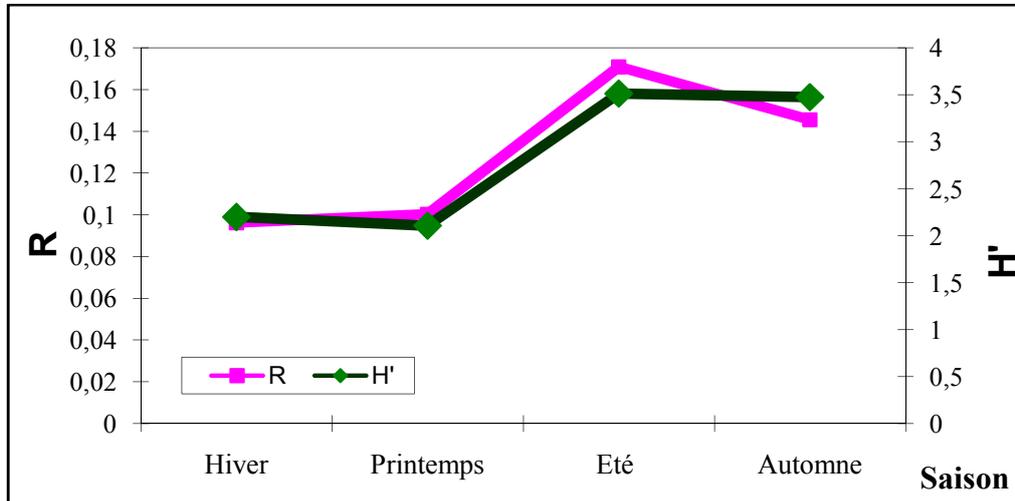


Fig. 45 : Variation de l'indice de Shannon (H') et d'équitabilité (R) du barrage de Tichy Haf

Tab. 5: Valeurs de l'indice de diversité de Shannon et de l'équitabilité des espèces phytoplanctoniques trouvées au niveau des deux barrages.

Barrage Saison	Barrage de Béni Haroun			Barrage de Tichy Haf		
	S	H'	R	S	H'	R
Hiver	15	3,0632	0,1365	16	2,1988	0,0962
Printemps	12	2,9107	0,1324	6	2,1051	0,1002
Eté	14	2,0284	0,0884	13	3,5132	0,1709
Automne	18	3,8598	0,1830	26	3,4763	0,1455

4.5. 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 Béni Haroun et le barrage de Tichy Haf, permet de décrire l'évolution de la structure de peuplement algal. Les figures suivantes 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).

Barrage de Béni Haroun

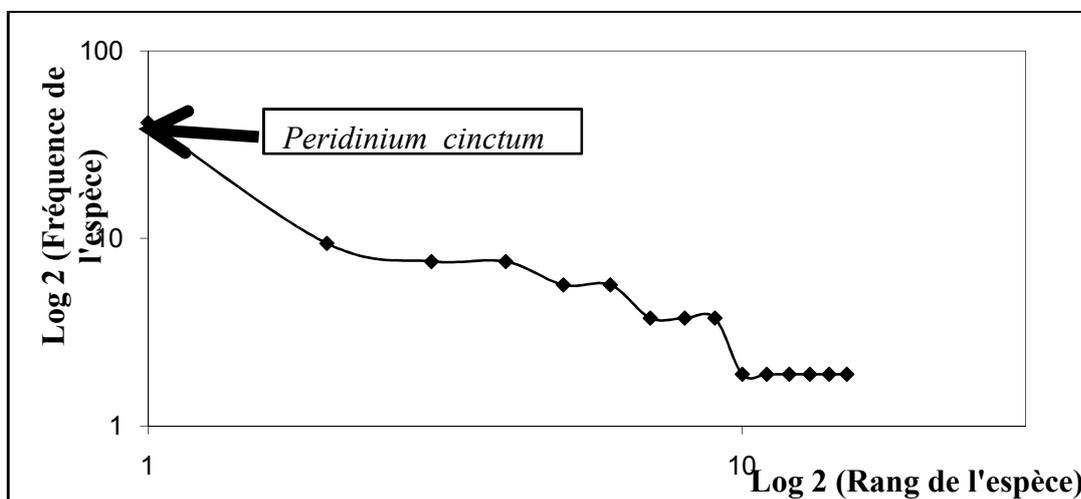


Fig. 46 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en hiver.

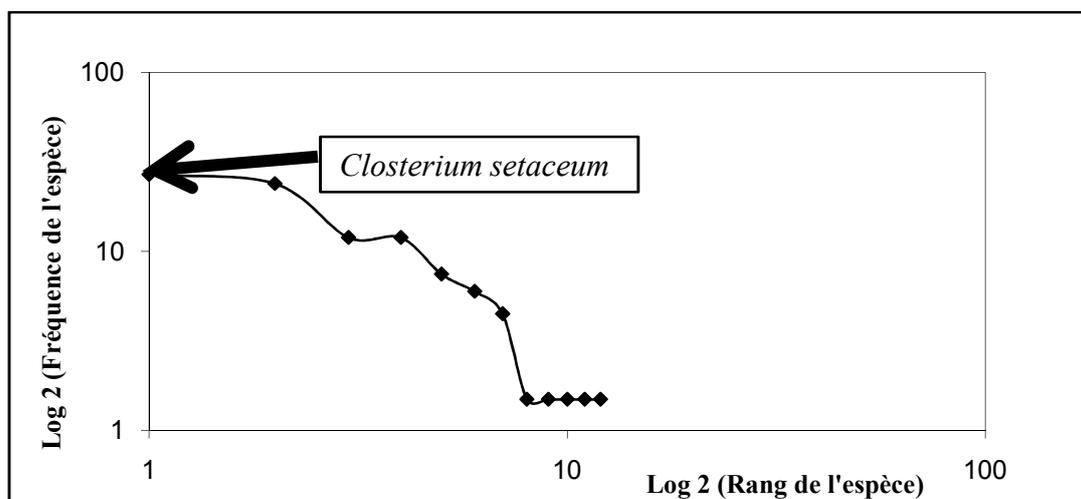


Fig. 47 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en printemps.

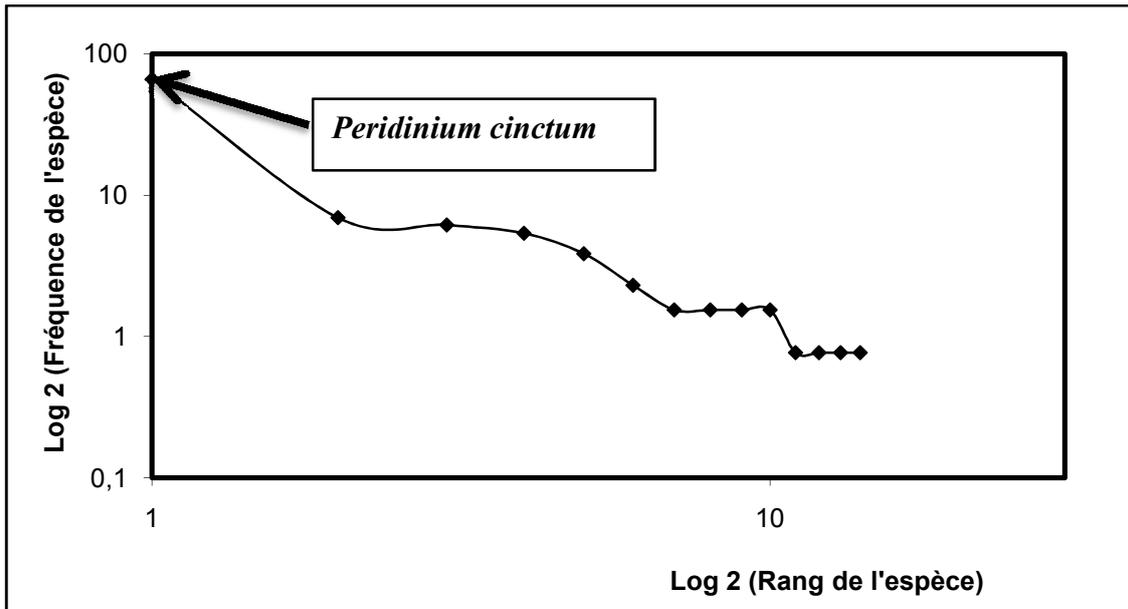


Fig. 48 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en été.

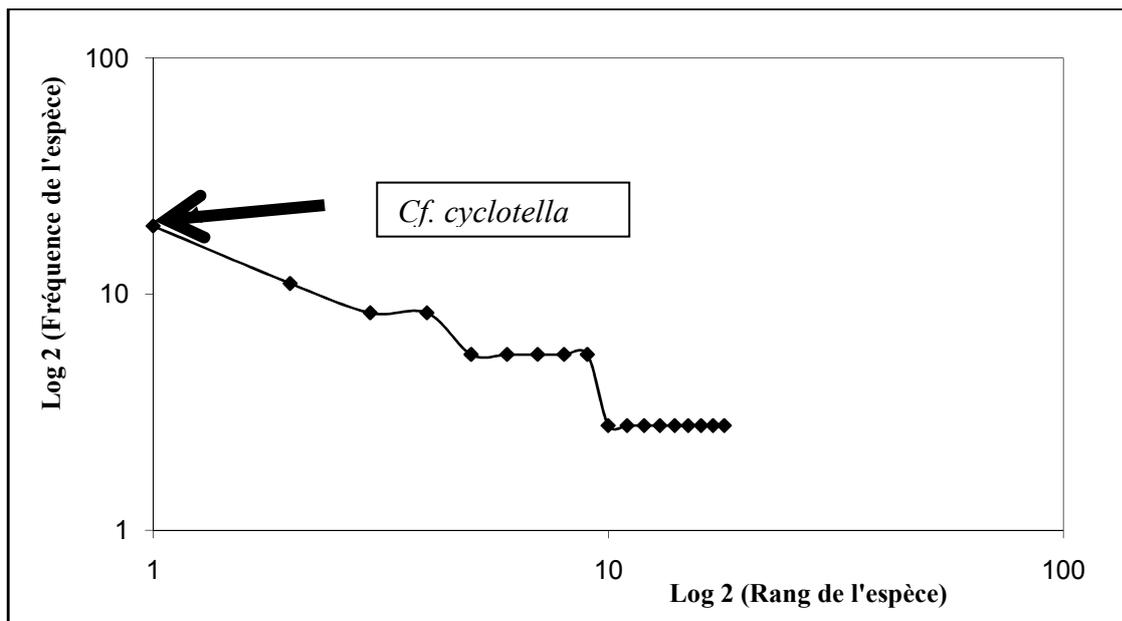


Fig.49 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Béni Haroun en Automne.

Pour le barrage de Tichy Haf

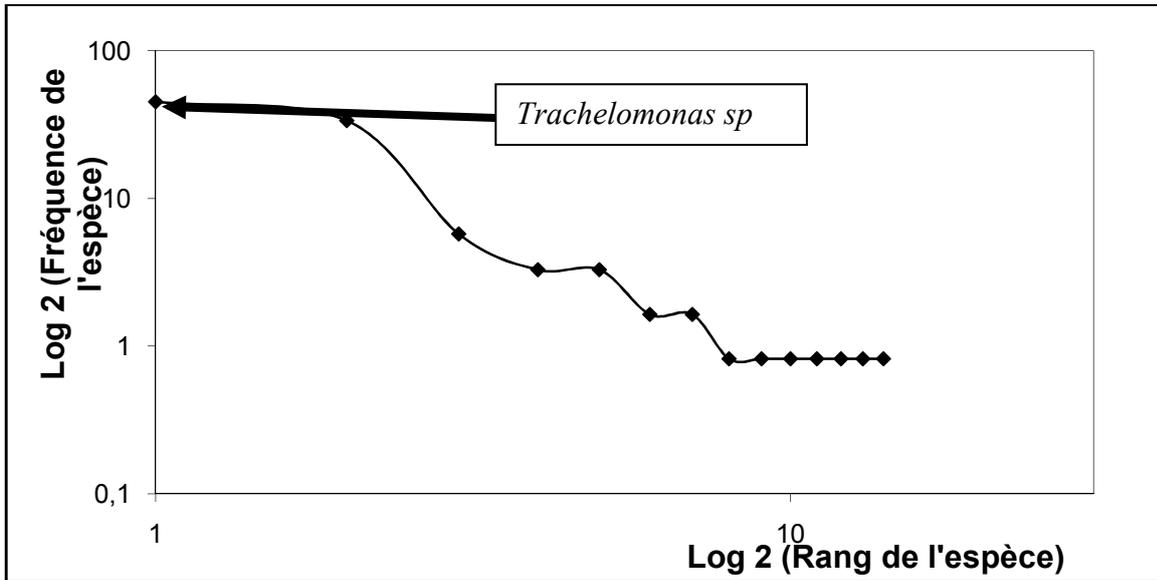


Fig. 50 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en hiver

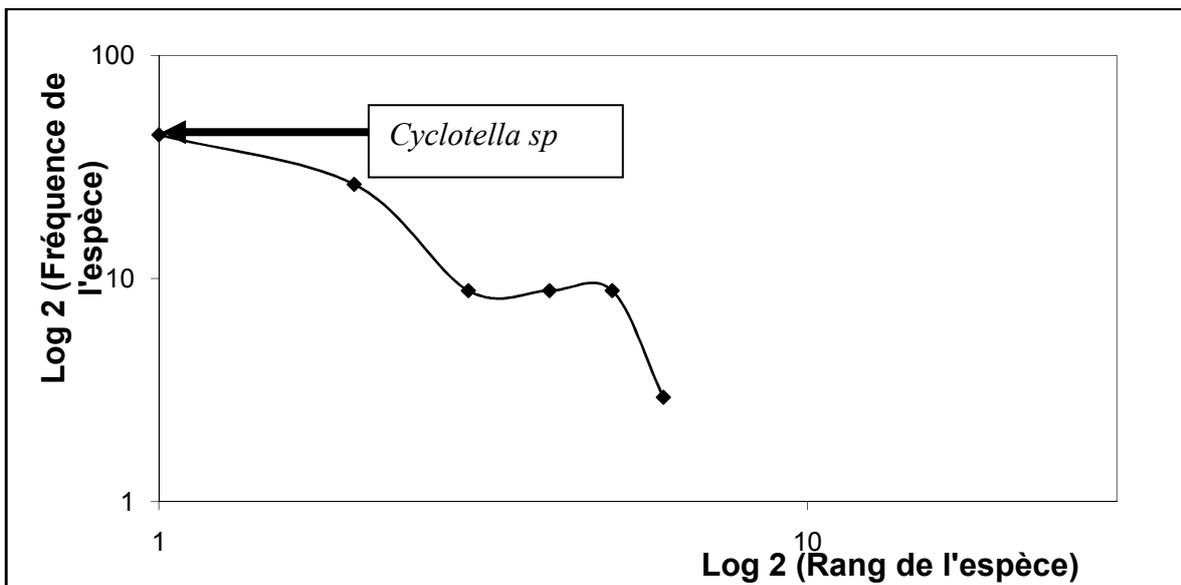


Fig.51 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en printemps.

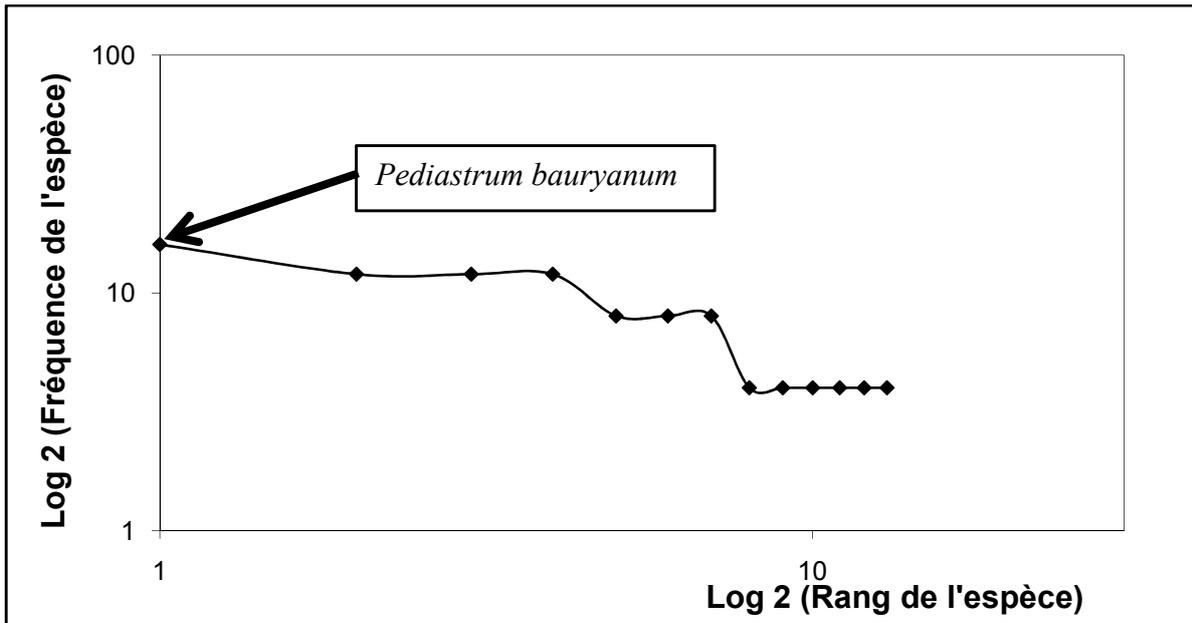


Fig. 52 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en été.

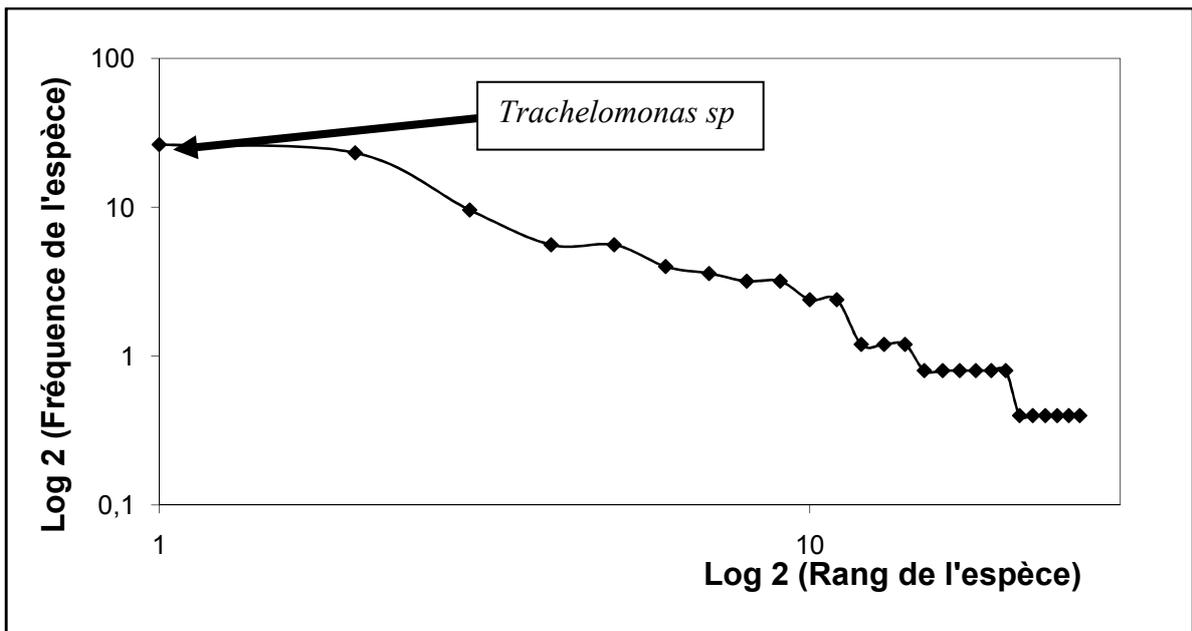


Fig. 53 : Variation de l'allure de la courbe Rang Fréquence du barrage de Tichy Haf en automne.



Conclusion

Conclusion

Les résultats présentés dans ce mémoire relatif aux deux lacs de barrage de Béni Haroun et Tichy Haf constituent une contribution à la compréhension de la structure du réseau trophique des deux sites qui sont situés dans un climat sub humide.

Les prélèvements ont été effectués par un suivi saisonnier durant les deux années 2017 et 2018 (un prélèvement effectué par saisons), nous avons quantifié spatio-temporellement dix paramètres physico- chimiques et nutritifs dans les eaux superficielles des deux barrages étudiés : barrage de Béni Haroun (dans la wilaya de Mila) et le barrage de Tichy Haf (à Béjaïa) au niveau des 10 stations étudiées (5 stations pour chaque barrage).

Les résultats des analyses sur les échantillons prélevés ont montré que les eaux des deux barrages sont caractérisées par :

- Une température inférieure à 26°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air.
- Une élévation du taux d'oxygène dissous qui reflète un processus d'auto-épuration avancé.
- Un pH à tendance alcaline (ne dépasse pas 8.5).
- Une moyenne de 1204.29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le barrage de Béni Haroun et de 1384,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le barrage de Tichy Haf concernant la conductivité électrique qui est élevée mais ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation excessive.
- Les teneurs en nitrites, phosphates et les nitrates des eaux du barrage de Tichy Haf traduisent une eau de bonne qualité alors que les teneurs en azote du barrage indiquant une eau de qualité moyenne.
- Une élévation des teneurs des composés azotés (l'azote ammoniacal, nitrites et nitrates) dans le barrage de Béni Haroun suite au lessivage des sols fertilisés par les engrais dont les teneurs en ammonium préfèrent une qualité médiocre aux eaux analysées tandis que les teneurs en phosphate indiquant une eau de bonne qualité.
- Les résultats montrent des teneurs en éléments nutritifs qui ne sont pas encore alarmantes mais la situation risque de s'aggraver avec les différents apports de pollution qui ne cesse d'augmenter (particulièrement les sels nutritif : nitrates, nitrites et l'azote ammoniacal) surtout pour le barrage de Béni Haroun considérer comme plus grand barrage en Algérie, étant destinées à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable des populations de cinq wilayas.

Les résultats des paramètres biotiques montrent que le barrage de Béni Haroun abrite plus de 35 espèces réparties en 6 classes fonctionnelles avec la dominance des *Peridinium* dans la classe des Dinophycées et le genre *Closterium* dans la classe des Chlorophycées. Ces derniers semblent trouver dans le milieu une opportunité favorable à leurs développements. En effet l'appartenance taxonomique de ces espèces semble indiquer un milieu en voie d'eutrophisation. Par ailleurs, les eaux du barrage de Tichy Haf sont classées comme des eaux de très bonne qualité. Le suivi du compartiment phytoplanctonique dans ce barrage met en évidence une présence algale marquée surtout par les genres *Trachelomonas* des Euglénophycées et *Cocconeis* des Diatomées. La prépondérance de la classe des Euglénophycées en période automnale par rapport au cycle annuel confirme également l'évolution de l'état trophique du milieu en fonction de l'évolution des saisons.

A l'issue de cette contribution, dans nos perspectives nous proposons :

Un suivi régulier de tous les paramètres physico-chimiques, bactériologique et les paramètres de pollution organique (notamment l'azote totale et le phosphate totale) afin d'alimenter une banque de données permettant d'évaluer l'évolution de la qualité et des aptitudes de ces réservoirs d'eau.

Contrôler les déversements des déchets urbains et industriels dans les oueds alimentant ces lacs surtout le barrage de Béni Haroun tout en plaçant des stations d'épuration des eaux usées à proximité de chaque source de pollution surtout les usines utilisant des composés chimiques

Une évaluation de la qualité biologique des eaux des barrages via la présence/absence des macroinvertébrés benthiques et des algues macro et microscopiques, le calcul de différents indices biotiques et l'appréciation de la diversité.

Et enfin contrôler l'utilisation des engrais par les agriculteurs en les sensibilisant pour l'utilisation modéré des fertilisants

Références bibliographiques

A.N.B.T: Agence Nationale des Barrages et Transferts.

ABBASSEN.R, MEGRERROUCH.F, 2011 :La répartition spatiotemporelle des Dinophycées dans les systèmes lacustres de l'Est algérien. *Mémoire de master*, USTHB. 41p

ABID R et YOUCEF K, 2016 -analyse floristique de quelques ripisylves dans la région de Béjaïa, mémoire de master, Université de Béjaïa, p40.

ABOUCHICHE.M, SALHI.M, 2013 : Les algues et la qualité de l'eau du barrage Tichihaf (Bejaïa).*Mémoire de master*, Université de Béjaïa .63p

AISSAOUIL,2014: étude écophysiological des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse de Doctorat, *Université de Annaba*, p151.

AMBLARD.,1987. Lessuccessions phytoplanctonique en milieu Lacustre.L'année biologique 26: 1-34.

AMMI D et DAFAL I, 2011 -la répartition spatio-temporelle des chlorophycées dans les écosystèmes lacustres de l'Est Algériens, mémoire de master, USTBH Algérie, P37.

ANGELIER E., 2000. Ecologie des eaux courantes. Edit : Tec et Doc, paris. p

ANNEVILLE O., ANGELLIN., GINOT V., PELLETIER JP., 2001. Ambiguïté sur l'état trophique du Léman : vers un indice fondé sur les associations d'espèces. in Etat de santé des écosystèmes aquatiques 1996-1999., Cemagref. éd pp.153-173.

ARRIGNON, J. 1998. Aménagement piscicole des eaux douces, 5ème éd, *Lavoisier* .580p.

BARKAT.K, 2016 : Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun. *Mémoire de master*, Université de Constantine .p35.

BEAUDRY, T., HENRY, T., M., 1984. Chimie des eaux, 1ère éd. *Les griffons d'argiles, INC Canada*.537 pp

BELKACEM.A, CHENNOUF.S, 2011 : Répartition spatiotemporelle des Euglénophycées dans les écosystèmes lacustres de l'Est algérien.*Mémoire de master*, USTHB. 30p.

BELKOURA et al, 1994 in AMIROUCHE A, BENCHRINE S, 2012- contribution à l'étude de la croissance de deux microalgues utilisées en aquaculture, diplôme d'ingénieur, ENESSMAL, p 60.

BENAZZOUM.M, BENMAZOUZ.A, 2017 : Comparaison de la structure et du fonctionnement de deux écosystèmes lacustres algériens barrage « Guenitra (Skikda) et barrage Sekkak (Tlemcen) », USTHB .*Mémoiredemaster*. 59p.

BERDALET E., MARRASE C., ESTRADA M., ARIN I MACLEAN M.L.,1996- Microbial community responses to nitrogen-and phosphorus deficient nutrient inputs : microplankton dynamics and biochemical characterization.*J PlanktonRes* 18 : 1627-1641p.

BERTOLO A., 1998- Etude expérimentales sur le rôle des poissons dans le fonctionnement des systèmes pélagiques lacustres. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris.85p.

BLONDEL J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson, Paris. p. 173.

BOUGIS.P., 1974. Ecologie de plancton marine tome 1: 196p

BOURRELLY , 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.

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

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

BOURRELLY., 1966. Initiation à la systématique. T.I. « les algues vertes », Eb.N.Boubée et Cie, pp.26-28.

BOUSSEBOUA H., 2005. Eléments de microbiologie, 2ème Edition, pp.18-279.

BOUZENZANA.H, 2015 : Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et la biodiversité algale des cours d'eau de la région d'Oued Athmenia (Mila).Université de Constantine. *Mémoire de master*. 58p.

Références bibliographiques

- BRAHMI,S, 2013** : Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface du barrage de Béni Haroun (Est Algérien). *Thèse de magister*, Université de Tébessa. 127p.
- 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.2796-2775.
- CANTER-LUND, H. et LUND, J-W. 1995**. Freshwater Algae. Their microscopic world explored. Biopres Limited. *Bristol*.
- 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. *AquatMicrobEcol*18.pp.55-65.
- CARLSSON A.S., VAN BEILEN J.B., Moller R., CLAYTON D., 2007**. Micro-and macro-algae: utility for industrial applications , In : Bowles D, éd.Outputs from the EPOBIO projet. UK : CPL Press, 82p.
- CHADER S et TOUZI A., 2001**. Biomasse algale : source énergétique et alimentaire, pp.48-49.
- CHIKR.F, BADACHE.A, 2016** : Contribution a l'étude qualitative et quantitative du peuplement phytoplanktonique de la cote Algéroise, Université de Blida 1.*Mémoire de master*. 53p
- CHISHOLM, S-W.,OLSON, R-J.,ZETTIER,E-R.,GEORICKE,R.,WATERBURY. J-B.etWELSCHMEYER, N-A.1988**. A novel free-living prochlorophyte Abundant in the oceanic euphotic zone.*Nature*. 6180. pp. 559-569.
- 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.
- COX E.J. 1991**.What is the basis for using diatoms as monitors of river quality. *Whitton*.
- DAJET J. 1976**.les modèles mathématiques en écologie, *Masson ed.*,Paris, 172p.
- DAJOZ R, 1985**. précis d'écologie. Ed.Dunod,paris.
- DAJOZ R., 2003**. Précis d'écologie, 7ème éditionDunod, Paris, 160P.
- DAJOZ, R. 2000**. Précis d'écologie. éd N°7.600 p.
- DE REVIERS, B., 2003**. Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. *Collection Sup Sciences. Tome 2*. 255 p.
- DERRADJI, F., BOUSNOUBRA, H., KHERICI, N., ROMEO, M., & CARUBA, R.2007**. Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord-Est algérien. *Sécheresse*, 18 (1): 23-27
- DEVAUX A. (1976)**. Dynamique des populations phytoplanktoniques dans deux lacs du massif central français. *Ann .Stn. Biol. Besse Chandesse.*, 10, 1-184.
- DOUKHANDJI,N, 2017** : Répartition des rotifères dans les Ecosystèmes lacustres algériens .*Thèse de Doctorat*, USTBH. 132 p
- EL HAOUATI. H, 2015**. Adaptation d'un indice phytoplanktonique 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, 2009** : Suivi des caractéristiques physico-chimiques et phytoplanktoniques du lac de Réghaia (wilaya d'Alger), USTHB. Mémoire de magister, 82p.
- ETTL. H., 1978**. *Xanthophyceae*.éd. *Süßwasserfloration Mitteleuropa*. *Gustav Fischer 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. *Süßwasserfloravon Mitteleuropa*. *Gustav Fisher Verlag, Stuttgart*.
- FQIH BERRADA, D., BERRADE, F., BENZEKRI, A., BRY, E. 2000**.Evolution saisonnière des peuplements phytoplanktoniques dans le lacréservoir El Kansera (Maroc), en relation avec certains paramètres abiotiques et biotiques. *Hhydroecol*.Appl. (2000) Tome 12 Vol. p1-2
- FRONTIER S., 1976** : Utilisation des diagrammes Rangs Fréquences : modélisation, variabilité déchantionnage. *Biométrie et Oceanographie*, 10 Actes de colloques, IFREMER: 145-177p.

Références bibliographiques

- FRONTIER S., 1969-** Méthodes d'analyses statistique applicable à l'écologie du plancton. Doc. Sci-Centre O.R.S.T.O.M. Nosy Be.7.Multiger.45p.
- FRONTIER, S. & VIALE, D. 1992** : Ecologie et systématique. 224-247. In Y. Le Gallou et B. Bouchon-Meunier édit, Systématique. Théorie et application. Technique ., *Documentation- Lavoisier* ;341p
- FRONTIER, S. (1990).**– Ecosystèmes . Structure, Fonctionnement et Evolution.2^{ème} édition *DUNOD*.1-428p.
- 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.* pp. 145-177
- GANF, G., Heaney, S-I et CORRY, J. 1999.** Light absorption and pigment content in natural populations and cultures of a non-gas vacuolated cyanobacterium *Oscillatoria. Tychomemabourrellyi* .*Journal Of Plankton Research.*13.pp.1101-1121.
- GAYRAL.P, 1975.** Les algues, morphologie, cytologie , reproduction rt écologie, **DOIN éd : 165p.**
- GERMAIN, H 1981.** Flore des Diatomées. eaux douces et saumâtres. *Soc. Nouv. éd. Boubée. Paris.* pp.1-444
- GRAY C.A., OTWAY N.M., LAURENSEN F.A., MISKLEWICZ A.G., PETHERBRIDAER.L. 1992.** Distribution and abundance of marine fish larvae in relation to effluent plumes from sewage outfalls and depth of water. *Marine Biology.* 113: 549-559.
- HAMMENI.N, 2011** : Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation du SIG, ENSA. *Mémoire de magister.* 153p.
- HARRIS. G. ., 1978.** Photosynthesis, productivity and Growth: the physiology of phytoplankton. *Erybnisse de limnologie.* 10 : 1-163.
- HASLAY C & LECERC H., 1993.** Micrologie des eaux d'alimentation, pp.8-9-211-212-215
- HOUARI A, 2009-**Diversité saisonnière des assemblages phytoplanctoniques dans la retenue de barrage de Sidi Yakoub (chlef), impact des facteurs biotiques et abiotiques sur l'évolution de la qualité de l'eau, mémoire de magistère, université de chlef, P98.
- JACQUES. G., 1978.**phytoplankton; biomasse, production, numération et culture.Ed Du castillet : 21-38.
- JOHN, D-M. 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review.* 69. pp. 275-291
- KERDOUD.S, 2006** : Le bassin versant de Béni Haroun eau et pollution, Université de Constantine. *Mémoire de magister.*128p
- KHERARBA.M, 2013** : Contribution à la culture des espèces de microalgues d'eau douce à intérêt aquacole (*Chlamydomonas sp, Scenedesmus*), ENESSMAL, *Mémoire de magister,* 59
- KOMAREK, J. 2003.**Coccoid and colonial cyanobacteria. Dans : *Freshwater Algae of North America . Ecology and Classification. éd. AcademicPress. Paris*
- LABED.A, 2014** : Biodiversité et dynamique spatio-temporelle de la communauté phytoplanctonique de la zone humide artificielle du barrage Koudiet M'douar (Timgad, Batna), Université d' Oum el bouaghi. *Mémoire de magister.* 74p.
- LACAZE J-C., 1996-** Eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences et moyens de lutte. Edition Ellipse. 191p.
- LE BORGNE. Y., 1986.**la culture des micro-algues in, BERNABE. G., *Aquaculture Ed. TEC& DOC-Lavoisier.*1 :181-192.
- LEVEQUE, C. 1996.** Ecosystèmes aquatiques. *éd. IRD.* 159 p.
- LEVEQUE, C.2001.** Ecologie de l'écosystème à la biosphère. *éd. IRD.* 502 p.
- LEYNAUD G. et VERREL J.L 1980.** Modification du milieu aquatique sous l'influence des pollutions. *Pollution des eaux continentales. Incidence sur biocénoses aquatiques. Gautier Villars 2^{ème}éd, Paris,* pp.1-28.
- MAHIDDINE.F, 2017** : Etude comparative de la répartition du phytoplancton en fonction du degré de pollution dans le lac de Réghaia (wilaya d'Alger) et le barrage de Ghrib (wilaya d'Ain Defla).*Mémoire de master,* Université de Blida 1. 60p

Références bibliographiques

- MATTHEWS, R-A. BUIKEMA, Jr A-L. CAIRNS, Jr J. et RODGERS, J-H. 1982-** Receiving system functional methods, relationships and indices. *Biological monitoring. Ed N°: 16.* pp129-139
- MICHA J.CL., 1988 :** – L’impact de l’homme sur l’écosystème Meuse. *éd. Presse Universitaire de Namur, Belgique.* 140 p.
- MICHEL R., 1987** -Atlas du phytoplancton marin <Diatomophycees> volume II Muséum National d’Histoire Naturelle.
- MOLLO P. et NOURY A., 2013** – Le manuel du plancton, Éditions Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.
- MULHAUSER B. et MONNIER C., 1995** - Guide de la faune et de la flore, des lacs et des étangs d’Europe. 448p.
- MUR ET AL 1999 MUR L, SKULBERG O, AND UTKILEN H,1999.** Cyanobacteria in the environment . In Chorus I, Bartam J: Toxic cyanobacteriain water: Aguide public health significance, consequences, monitoring and management, 15-40. E and FN SPON, London.
- NISBET M ET VERNEAUX J., 1970.** Composantes chimiques des eaux courantes : discussion et proposition de classes en tant que base d’interprétation des analyses. *Ann. De limnologie.* Tome 6, n°2, 161-190
- O.C.D.E., 1982-** Organisation for Economic Cooperation and Development: Eutrophisation of waters. Monitoring assessment and Control. *Environnement Directorate, Final Report. Paris.* 154p.
- O.N.M :** Office National de Météorologique
- 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. *Academicpress. Paris. Rosowski.*
- PARINET B., 2000.** Etude analytique et statistique d’un milieu lacustre soumis à divers processus d’eutrophisation –Revue des Sciences de l’Eau. Vol. 13/3 : 237-267
- POURRIOT R. et MEYBECK M., 1995-** Limnologie générale. *Masson, Paris.* 95p.
- POURRIOT R., CAPBLANCP J., CHAMP P. et MAYER J., 1982.** Ecologie du plancton des eaux continentales- Collection d’écologie. *Édition Masson, Paris.* 198p.
- RAMADE F., 1984 .** Ecologie fondamentale. *éd. Mc Graw Hill, Paris.*
- RAMADE F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l’écologie et des sciences de l’environnement. *Ed. Science internationale, Paris,* 822 p.
- RATIAT. A ,2010 :** Etude des infiltrations dans les barrages : cas du barrage de Béni Haroun (wilaya de Mila). *Mémoire de magister, ESH.* 111p
- RODIER J., 1984.** L’analyse de l’eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, *7 ème édition. Ed. Dulod, Paris.*
- RODIER J., 2009.** Analyse de l’eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. *9 ème éd. Dunod bordas, Paris.* 1526 p
- RODIER, J., BERNARD, L., NICOLE, M., & COLL, 2009.** L’analyse de l’eau. *9 éd Dunod Paris, 1959,* 1579 pp.
- ROLLAND A., 2009.** Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir MARNE (bassin versant de la Seine).
- ROSOWSKI, J-R. 2003.** Photosynthetic Euglenoids. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and classification.* Wehr, J-D. et Seath, R.G. éd. *Academic press. paris.*
- ROSSI N., 2008.** Ecologie des communautés planctoniques méditerranéenne et l’étude des métaux lourds (cuivre, plomb, ccladarium) dans différents compartiments de deux écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de Saude 20p.
- ROUND (F.E.) 1991.** the biology of the algae. Edward Arnold, *London.* 269 p.
- RYDINGS.O. et RAST W. 1994.** Le contrôle de l’eutrophisation des lacs et des réservoirs. *éd. MassonUnesco.* 294 p.
- SANCHEZ,A. 1992 :** Etude du phytoplancton des lacs d’inondation du BAS ORÉNOQUE en relations avec les facteurs du milieu, Université PAUL Sabatier de Toulouse. *Thèse de Doctorat.* p 239.

Références bibliographiques

- SANE S., 2006.** Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. *Université Cheikh AntaDiop- Dakar*. 187p.
- SCHAGERL, M et DONABAUM, K., 2003.** Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae.1.Cyanoprokaryota, Rhodophyta andCryptophyta . *Annales de Limnologie* .39.pp.35-47.
- SCHANZ, F., MICHELETTI, S et WALSBY, A-F. 1997.** Factors leading to the success of the cyanobacteriumPlanktothrixrubescens in Lake Zurich.*Phycologia* 36.pp.89-99.
- SCHOEMAN, F-R. et HAWORTH, E-Y. 1986**-Diatoms as indicators of pollution. Report on a workshop. In M. Ricard.Proc.Of the 8th.Internat. DiatomSymp. Paris. *Ed:* 84. p757-759
- STICKNEY et al, 2000** in Analyse du phytoplancton dans le régime alimentaire de SAROTHERODON GALILAEUS (LINNAEUS, 1758) dans le lac du barrage de ZIGA, IDR à Burkina Faso Université de Burkina Faso.Mémoire de master.76p.
- WATZEL G., 2001.** Limnology: Lake and River Ecosystems. 3rd éd. Academic,Press, London
- WILBY, R.L., JOHNSON, M.F., TOONE, J.A., 2014.** Nocturnal river water temperatures: Spatial and temporal variations. *Science of the Total Environment* pp.482–483, 157–173.
- WONI.D, 2014 :** Analyse du phytoplancton dans le régime alimentaire de SAROTHERODON GALILAEUS (LINNAEUS, 1758) dans le lac du barrage de ZIGA, IDR à Burkina Faso Université de Burkina Faso.Mémoire de master.76p
- YACINE.C, 2017 :** Contribution à l'étude du comportement du barrageTichyHaf (wilaya de Béjaia) sur l'Oued Boussellem, USTHB. *Mémoire de master*.127p.
- ZOUAKH.D, 2009 :** Hydrosystèmes continentaux d'Algérie et valorisation de leurs ressources ichtyologiques , USTHB. *Thèse de Doctorat*. 158p.
- ZUBKOV M.V. et TARRAN, G. A., 2008.** High bacterivory by the smallest phytoplankton in the North Atlantic Ocean. *Nature*. 455 : 224.

Méthode de dosage des différents paramètres

1. Paramètre physique

Tableau 1 : Azote ammoniacal

Méthode de dosage : Spectrophotométrie (RODIER *et al.*, 2005)

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Azote ammoniacal	-Solution de Phénol-Nitroprussiate de sodium (réactif 1). -Solution d'alcaline d'hypochlorite (réactif 2).	-Prendre 100 ml d'échantillon -Ajouter 3ml de réactif 1, boucher et agiter pour mieux homogénéiser. - Ajouter 3 ml du réactifs 2 boucher et agiter puis le placer à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à une température ambiante. -Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 630 nm.	-La teneur en azote ammoniacal exprimée en mg/l.

2. Les paramètres chimiques

Tableau 2 : Nitrites.

Méthode de dosage : Spectrophotométrie (RODIER *et al.*, 2005)

Elément	Réactifs	Mode opératoire	Expression des résultats
Nitrites	-Réactif de zambelli. -Ammoniaque pure.	-Prendre 50 ml de l'eau à analyser. -Ajouter 2ml de réactif de zambelli. - Agiter et laisser reposer 10min. -Ajouter 2 ml de l'Ammoniaque Pure. -Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 435 nm.	-La teneur en nitrites exprimée en mg/l.

Tableau 3 : Nitrates**Méthode de dosage : Spectrophotométrie (RODIER *al.*, 2005).**

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

Tableau 4 : Phosphates**Méthode de dosage : Colorimétrie (RODIER *al.*, 2005).**

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

➤ **Dosage de la chlorophylle «a»**

En l'absence d'un capteur de chlorophylle in situ, un sous échantillon, issu du prélèvement pour analyse des pigments chlorophylliens au laboratoire est requis. Un litre d'eau stocké dans des flacons propres, à usage unique, est en général employé et suffisant quelque soit le niveau de trophie du plan d'eau (CEMAGREF, 2007). Dans la mesure du possible, les échantillons sont filtré à l'aide d'une pompe à vide après homogénéisation de l'échantillon, sur un filtre en fibre de verre (type GF/ 45µm de WATHMAN). Nous avons filtré un volume v d'eau, qui dépend de la nature et de la quantité de matières en suspension présentes dans l'eau, en s'assurant que la durée de filtration n'excède pas 10 minutes et que la dépression nécessaire à la filtration est la plus faible possible (Anonyme, 1999). Le filtre est alors placé dans un tube à centrifugation de 15 ml puis stocké immédiatement à l'obscurité jusqu'à la congélation.

Nous inscrivons sur le tube le nom du lac, la date et le volume filtré. Rappel : il ne faut en aucun cas toucher les filtres avec les doigts mais utiliser des pinces pour les manipuler (risque de détérioration par l'acidité des mains).

On traite ces filtres à l'acétone 90%, déchetés puis centrifugés 24 heures après pendant 15 mn. La lecture se fait au spectrophotomètre aux longueurs d'ondes 665 nm et 750 nm. Le calcul des concentrations de la chlorophylle active est fait à partir de l'équation de Lorenzen (CNEXO, 1983), c'est la méthode monochromatique.

$$\text{Chl (mg/m}^3\text{)} = \frac{[26,7(A_{665na} - A_{665a}) * v]}{V * L}$$

Où :

V : volume d'eau filtrée (litres).

v : volume de solvant d'extraction (acétone) en ml (10 ml).

L : longueur du trajet optique de la cuve de mesure (1 cm).

A_{665na} : densité optique corrigée de la turbidité **avant acidification**.

$$\mathbf{A_{665na} = A_{b665na} - A_{b750na}}$$

A_{b665na} : absorbance à 665nm avant l'acidification.

A_{b750na} : absorbance à 750nm avant acidification.

A_{665a} : densité optique corrigée de la turbidité **après acidification**.

$$A665a = Ab665a - Ab750a$$

Ab665a : absorbance à 665 nm après acidification.

Ab750a : absorbance à 750 nm après acidification.

Tableau 6 : Tableau synthétise les sources de pollution existantes dans les plans d'eau étudiés.

Barrages	Usage	Type de pollution	Origine	Existence de système de traitement
<i>Tichy-Haf</i>	AEP-IRR	Rejets urbains et décharges non contrôlées	Rejets d'Oued Bousellam, Rejets des Huileries, Rejets des ateliers de textiles, Rejets des fermes bovines	inexistante
<i>Béni Haroun</i>	AEP-IRR	Rejets industriels	Station de graissage, Mila	Deux (02) STEP Oued El Athmania et Sidi Merouane fonctionnelles
		Pollution agricoles	exploitation des expropriations par les agriculteurs (utilisation des fertilisants)	Quatre (04) STEP sont en cours de réalisation, (01) à Ferdjioua, 02 à Radjas et une autre à Rouached
		Eaux usées domestiques	communes de :Ferdjioua, Rouached et Redjas	



Fig. 1 : Disque de Secchi



Fig. 2 : Analyseur multiparamètre de type W.T.W 340i



Fig.3 : Microscope inversé



Fig. 4 : Balance



Fig. 5 : Plaque chauffante



Fig.6 : pH mètre

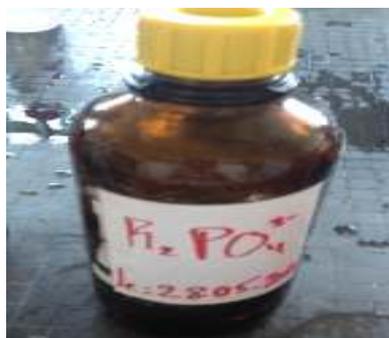
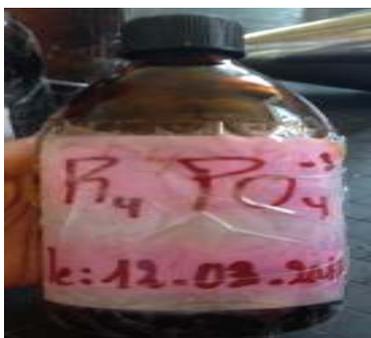


Fig.7 : Réactifs de phosphates



Fig. 8 : GPS

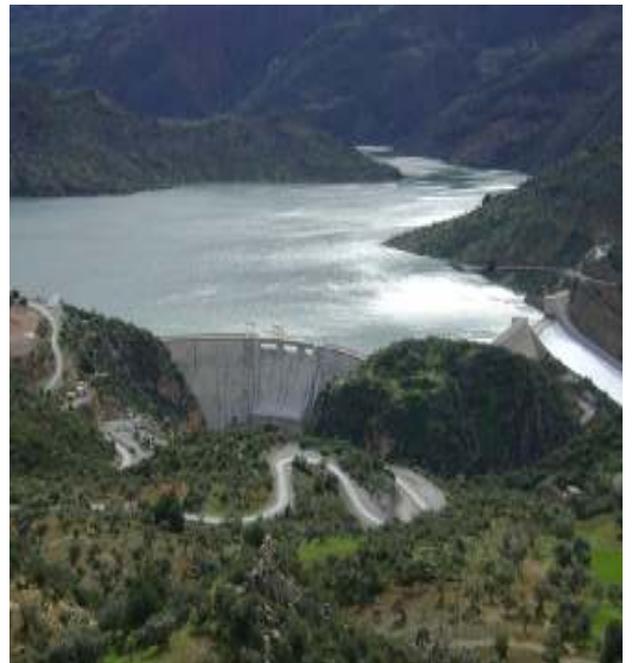
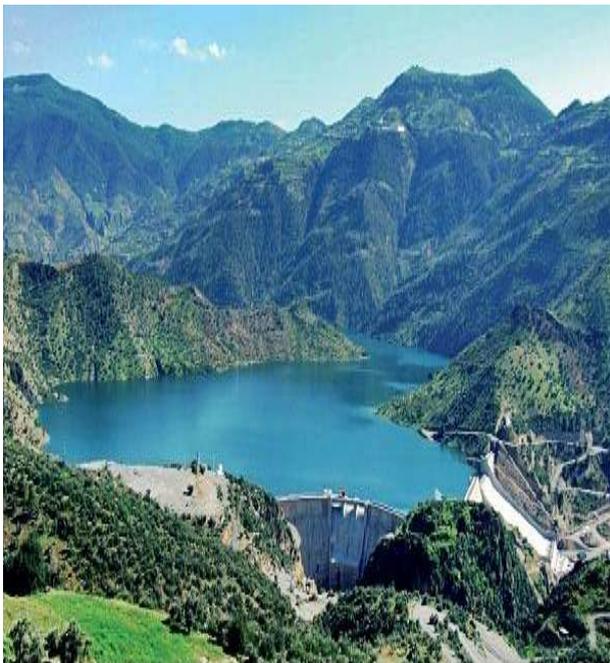


Fig.9 : Filet à plancton

1. Photos des barrages étudiés



Barrage de Béni Haroun



Barrage de Tichy Haf

2. Quelques espèces trouvées dans les barrages étudiées :

<p><i>Cosmarium pyramibatum</i> Classe : les Chlorophycées.</p>	
<p><i>Cocconeis sp</i> Classe : les Diatomées.</p>	
<p><i>Peridinium sp</i> Classe : les Dinophycées.</p>	
<p><i>Pediastrum boryanum</i> Classe : les Chlorophycées.</p>	
<p><i>Merismopedia cf. germinata</i> Classe : les Cyanophycées</p>	
<p><i>Closterium setaceum</i> Classe : les Chlorophycées</p>	
<p><i>Cf. coccooners</i> Classe : les Diatomées.</p>	



Annexe 1



Annexe 2



Références bibliographiques