



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira-Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de science biologique de l'environnement
2012/2013

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en
Environnement et Santé Publique

Thème

Les algues et la qualité de l'eau du barrage Tichi haf (Bejaia)



Présenté par :

Mr AOUCHICHE Madjid
Melle SALHI Mounia

Devant le jury :

Président : *Mme Belbachir A.*
Promoteur : *Mme Zebboudj A.*
Examineurs : *Mr Ait Sidhoum D.*
Mme Mankou N.

Promotion juin 2013

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier le Bon Dieu de nous avoir donné courage, volonté et surtout santé pour réaliser ce travail.

Il est tout naturel aussi que nos premiers remerciements soient alloués Mme Zebboudj Aicha qui nous a encadrés pendant ce travail. On tient à lui témoigner toute notre reconnaissance pour son soutien, son écoute et pour nous avoir consacrés autant de temps.

On remercie aussi les membres de jury, Mme Belbachir A, Mme Mankkou N et Mr Ait Sidhoum D, pour avoir accepté de juger ce mémoire.

On tient également à remercier toutes les personnes qu'on a pu rencontrer au barrage Tichi haf pour leur accueil et leur sympathie. En particulier on adresse notre gratitude à Mr Dahgane Mustapha le directeur du barrage pour nous avoir si bien accueillis.

Ce travail n'aurait pas été réalisable sans l'aide, les conseils et la patience du technicien toujours présent avec nous sur la barque, pendant les sorties sur le terrain. On adresse donc toute notre gratitude à L'Hacen. Merci pour tous ces bons moments passés sur le barrage.

Un grand merci également aux techniciennes et l'ensemble du personnel du laboratoire d'hydrobiologie de l'université de Bejaia.

On tient aussi à remercier M^{elle} Djouad Salima pour son aide précieux qu'elle nous a apporté dans l'identification des algues.

Enfin merci à Belloul Ghania et Mermouri Nabila grâce auxquelles le travail sur le terrain était plus agréable.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

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

A la mémoire de mes grand parents que dieu les accueillent dans son vaste paradis

A mes chères sœurs Djohra ,Sylia ,Salima et Karima

A mon cher frère BAREZEK

A mes tantes et oncles

A mes cousins et cousines sans exception

A mes copines de chambre Siham, Rabiaa, Kamo, Kaho, Yasmina

A mon binôme Madjid et toute sa famille

A tous mes amis

Mouna

Dédicaces

Je dédie ce travail :

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

A mes très chères grandes mères pour l'amour et le soutien qu'elles me témoignent chaque jour.

A la mémoire de mes deux grand parents que dieu les accueille dans son vaste paradis

A mes deux chères sœurs kahina et Mina

A mes tantes et oncles

A mes cousins et cousines sans exception

A tous mes collègues travaille de l'EPSP Seddouk, en particulier

Ceux du service Laboratoire

A toute la promotion 2013 Environnement et santé publique

de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia

A ma binôme Mouna et a toute sa famille

A ma petite amie Mima et tous mes amis (es) :Mimih,

Ghanou, Tarik, Yanis, Abdellah...

Madjid

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique du barrage Tichihaf.....	16
Figure 2 : Le barrage Tichihaf.....	17
Figure 3 : La pêche dans le barrage.....	21
Figure 4 : L'agriculture au bord du barrage.....	21
Figure 5 : Rejet d'assainissement du village Tamokra.....	21
Figure 6 : Margines déversé dans le barrage.....	21
Figure 7 : <i>Opuntia Ficus</i> (<i>Cactaceae</i>).....	22
Figure 8 : <i>Pinushalpensis</i> (<i>Pinacea</i>).....	22
Figure 9 : <i>OleaEuropea</i> (<i>Oléaster</i>).....	22
Figure 10 : <i>Ceratoniasiliqua</i> (<i>Fabaceae</i>).....	22
Figure 11 : <i>Ficus Carica</i> (<i>Moraceae</i>).....	23
Figure 12 : <i>Typha Angustifolia</i> (<i>Typhaceae</i>).....	23
Figure 13 : <i>Pseudophoxinuscallensi</i> (<i>Cyprinidés</i>).....	23
Figure 14 : <i>PotamonSp</i> (<i>Potamidae</i>).....	24
Figure 15 : <i>PodicepsCristatus</i>	24
Figure 16 : <i>NeophronPercnopterus</i>	24
Figure 17 : Localisation des points d'échantillonnages au niveau du barrage Tichi haf.....	26
Figure 18 : Ramassage des branches et débris sur les quels se développent des algues.....	27
Figure 19 :Grattage sur pierres, branche ou débris.....	27
Figure 20 : Filet a plancton.....	28
Figure 21 : Disc de Secchi	29
Figure 22 : Multi paramètre	29
Figure 23 : Microscope optique.....	30
Figure 24 : Evaluation des valeurs de transparence de l'eau du barrage Tichi haf entre 05 décembre2012- 12 mai 2013.....	33
Figure 25 : Evolution du pH moyennes des eaux du barrage Tichi haf au cours de la période d'étude (05 décembre 2012 -12 mai 2013).....	33
Figure 26 : Evaluation des conductivités électriques moyennes des eaux du barrage Tichi haf au cours de la période d'étude (05 décembre2012- 12 mai 2013).....	34
Figure 27 : Evaluation des taux des sels dessous des eaux de barrage Tichi haf durant la période d'étude (05 décembre2012- 12 mai 2013).....	35

Figure 28 : Evaluation des salinités moyennes des eaux du barrage Tichi haf durant la période d'étude (05décembre 2012- de 12 mai 2013).....	35
Figure 29: Evolution des températures de l'eau et de l'air (C°) du barrage Tichi haf durant la période d'étude (05 décembre 2012 -12 mai 2013).....	36
Figure 30: Répartition des différents embranchements d'algues provenant du barrage Tichi haf entre décembre 2012 et mai 2013	54
Figure 31 : Répartition des différentes classe d'algue dans l'ensemble des récoltes de barrage Tichi haf au cours de la période décembre 2012-mai2013.....	54

Liste des tableaux

Tableau I : Cyanotoxines et pathologies associées.....	14
Tableau II : Caractéristiques hydrologiques de la retenue du barrage de Tichi haf.....	18
Tableau III : Les valeurs mensuelles des précipitations en mm pour la région de Bejaia 2012/2013.....	19
Tableau IV : Les valeurs moyennes mensuelles des températures (°C) pour la région de Bejaïa 2012/2013.....	19
Tableau V : Périodicité des récoltes d’algues dans les eaux du barrage Tichi haf.....	26
Tableau VI : Evolution des paramètres physico-chimiques de l’eau de surface du barrage Tichi haf durant la période d’étude.....	32
Tableau VII : Goût de l’eau avec différentes concentrations de TDS	57
Tableau VIII : Liste des espèces identifiées durant la période d’étude.....	59
Tableau IX : Tableau comparatif des analyses algales au niveau de Tichi haf	60

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	01
---------------------------	----

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur l'eau.....	03
I.1.1. Introduction.....	03
I.1.2. Sources principales.....	03
I.1.2.1. Eaux de pluie.....	03
I.1.2.2. Eaux de surface.	03
A. Milieu lotique.....	03
B. Milieu lentique.....	04
I.1.2.3. Eaux souterraines.....	04
I.1.2.4. Eaux des mers et océans.....	05
I.1.3. Cycle de l'eau.....	05
I.1.4. Qualité de l'eau.....	06
A. Les paramètres organoleptiques.....	06
B. Les paramètres physico-chimiques.....	06
C. Les paramètres microbiologiques.....	07
I.2. Caractéristiques naturelles et climatiques de l'Algérie.....	07
I.2.1. Disponibilité de l'eau en Algérie.....	08
I.2.2. Les problèmes menaçant la qualité de l'eau en Algérie.....	09
I.2.2.1. Envasement des barrages.....	09
I.2.2.2. Evaporation des lacs de barrages.....	09
I.2.2.3. Fuites dans les barrages.....	09
I.2.2.4. Eutrophisation des retenues de barrages.....	09
I.3. Les algues d'eau douce.....	10
I.4. Classification des algues d'eau douce.....	10
I.4.1. Phytoplancton.....	10
I.4.2. Systématique des algues d'eau douce.....	11

A. Les Cyanobactéries « algues bleues ».....	11
B. Les Dinophycées « péridiniens ».....	12
C. Les Chrysophycées « algues dorées ».....	12
D. Les Bacillariophycées « diatomées ».....	12
E. Les Chlorophycées « algues vertes ».....	13
I.5. Toxicité des algues	13
I.6. Rôle des algues dans l'évaluation de la qualité de l'eau	14

Chapitre II : Matériel et méthodes

II. Présentation de la zone d'étude.....	16
II.1.1. Situation du barrage Tichi haf.....	16
II.1.2. Caractéristiques du barrage Tichi haf.....	18
II.1.2.1. Hydrologie.....	18
II.1.2.2. La Géologie.....	18
II.1.2.3. Le climat.....	19
A. Pluviométrie.....	19
B. Température.....	19
II. 2. Nuisances remarqué sur le site d'étude.....	20
II.3. Le milieu naturelle du barrage Tichi haf.....	22
II.3.1. La flore.....	22
II.3.2. La faune.....	23
II.4. Matériels et méthodes.....	25
II.4.1. Sur le terrain.....	25
II.4.1.1. Choix des points de prélèvements.....	25
II.4.1.2. La période de prélèvement.....	26
II.4.1.3. Méthodes d'échantillonnage.....	27
II.4.1.4. Mesure des paramètres physico-chimiques in situ.....	29
II.4.2. Au laboratoire.....	29
II.4.2.1. Etude systématique.....	29
II.4.2.2 identification des espèces.....	30

Chapitre III : résultats et discussions

III.1. Résultats.....	32
III.1.1. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Tichi haf durant la période d'étude.....	32
A. La transparence de l'eau.....	32
B. Le potentiel hydrogène (pH)	33
C. La conductivité électronique.....	34
D. Taux des sels dessous (TDS).....	34
E. La salinité.....	35
F. Les températures de l'eau et de l'air.....	36
III.1.2. Caractérisation Biologique.....	37
III.2. Discussion.....	55
III.2.1. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	55
A. La transparence.....	55
B. PH.....	56
C. La conductivité électronique et les TDS.....	56
D. La salinité.....	57
E. Les températures de l'eau et de l'air.....	58
III.2.2. Analyse de la communauté algale.....	58
Conclusion	62
Références bibliographiques	

Introduction

Introduction

L'Algérie est un pays à climat semi- aride à aride du fait de l'importance de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations. La zone aride couvrant près de 95% du territoire national (**Halitim ,1988**). Le recours aux eaux superficielles devient une nécessité compte tenu de la limitation des eaux souterraines et du développement des agglomérations urbaines favorisé par l'accroissement démographique et l'exode rural qui ont créé une demande en eau localisée d'autant plus forte que la consommation individuelle en eau potable n'a cessé de croître du fait du progrès socio-économique.

Actuellement, la majorité de l'eau potable que nous consommons est produite à partir des ressources superficielles, principalement des retenues de barrages. Cependant, la qualité de ses eaux de surface s'est fortement dégradée en raison des activités anthropiques telles que l'agriculture, le changement des usages du sol, l'imperméabilisation des surfaces à l'origine d'un ruissellement plus important et plus chargé en polluants, les rejets d'eaux usées non traitées dans les milieux récepteurs, et pour une part difficile à évaluer, le changement climatique qui influence la température et les caractéristiques chimiques des plans d'eau (**Trolle et al. 2010**).

De plus, l'eau est souvent affectée par le phénomène d'eutrophisation qui est une réaction du milieu à un accroissement excessif en substance nutritives, essentiellement l'azote et le phosphore. Ce phénomène se manifeste par un développement considérable d'algues microscopiques.

Dans les milieux aquatiques, la communauté phytoplanctonique joue un rôle clé dans la biodiversité de l'écosystème et par conséquent, dans la qualité de leurs eaux. Des proliférations phytoplanctoniques, devenues plus fréquentes dans les milieux lenticques ces dernières années perturbent le fonctionnement de leur écosystème en réduisant la transparence de l'eau et la concentration d'oxygène dissous, entraînant une perte de biodiversité à tous les niveaux trophiques, et causant la détérioration de la qualité des eaux des retenues de barrages qui génère un certain nombre de problèmes de qualité que le producteur d'eau potable doit affronter . (**Hamilton et al. 1997**),

Parmi tous les groupes phytoplanctoniques, les cyanobactéries posent des problèmes supplémentaires du fait de leur potentiel toxique qui gêne les usages de l'eau et représentent un danger pour la santé humaine et animale (**Leitao et al. 2005**). Il s'avère donc nécessaire de

surveiller la biomasse du phytoplancton, spécialement des cyanobactéries toxiques, la fréquence et l'intensité des efflorescences ainsi que de comprendre les facteurs qui contrôlent leur dynamique et la production des toxines.

Devant cet état de fait et dans le cadre de ce travail, nous avons cherché à approfondir les connaissances sur la composition algale contenue dans l'eau du barrage de Tichi haf, destinée à la boisson, notamment en termes d'évaluation et de caractérisation. Ce mémoire s'articule en trois chapitres :

Le chapitre I est une synthèse bibliographique qui présente l'état actuel des connaissances sur l'eau de boisson, et les composantes algales et leurs caractérisations, les principaux travaux de la littérature sur leur classification, et leur dispersion dans le milieu aquatique ...

Dans le deuxième chapitre le matériel et les méthodes expérimentales sont présentées ainsi que les caractéristiques des appareillages et les produits utilisés ; les protocoles expérimentaux sont également détaillés. Enfin, les résultats expérimentaux sont présentés et discutés dans le troisième chapitre. Une conclusion générale et perspective clôt ce document.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I. Généralités sur l'eau

I.1.1.Introduction

L'eau représente 70% de la superficie du globe terrestre dont 97 % est salée et ne convient pas à l'irrigation. L'eau douce, avec seulement 3% de cette eau totale, est une source indispensable à toutes formes de vie et à tous les écosystèmes.

Dans ce faible pourcentage, les rivières et les lacs représentent 0,3%, alors que tout le reste est stocké dans les calottes polaires glacières et les nappes phréatiques (**Hernández, 2006**).

La répartition des ressources en eau douce dans le monde est très inégale. Les régions du monde les plus pauvres en eau douce sont le Proche-Orient et l'Afrique dont L'Algérie, qui est constitué de zones arides et semi-arides.

I.1 .2. Sources principales de l'eau

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes. Les caractéristiques générales de chacun de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

I.1.2.1.Eaux de pluie

Ce sont habituellement des eaux de bonne qualité, douces, ne contenant pas de sels de calcium, de magnésium, de fer ou de manganèse. Ces eaux sont saturées en oxygène (O₂), en azote, (N₂) et en dioxyde de carbone (CO₂).

Cependant, dans les régions industrielles, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques et des gaz tels que le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azotes, NO et NO₂, et l'acide sulfurique (H₂S). Les gaz constitués à partir d'azote et de soufre sont responsables de l'acidité de certaines pluies dont le pH peut descendre jusqu'à 4, on parle alors de pluies acides (**Brière, 2000**).

I.1.2.2.Eaux de surface : elles peuvent constituer deux catégories de milieux

A. Milieu lotique

Ils sont caractérisés par un gradient amont –aval, la vitesse du courant est décroissante depuis la source jusqu' à l'embouchure. Cette vitesse est maximale au milieu du lit et à proximité de la surface, et minimale au niveau des berges et près du fond.

Elle détermine la composition et la structure de communauté biologique dont la majeure partie des organismes vit dans la couche limite, zone d'eau calme au contact du substratum. L'eau courante constitue un agent érosif, de transport et de dépôt de matériaux. (Grosclaude, 1999 ; Dumont, 2008)

B. Milieu lentique

Il résulte de l'accumulation de l'eau dans une dépression naturelle ou artificielle (mares, étangs, lacs et retenues). Le temps de séjour des eaux, caractéristique fondamentale des eaux stagnantes, est extrêmement variable, dépendant de l'importance des apports annuels par rapport au volume de la cuvette. Ce paramètre essentiel représente le temps durant lequel l'eau subit l'influence des facteurs qui vont conditionner son évolution physique-chimique et biologique (Grosclaude, 1999).

La distinction entre eaux stagnantes et courantes va au-delà des simples différences de composition faunistique et floristique :

- ✚ Les eaux courantes sont caractérisées par leur axe longitudinal (de l'amont vers l'aval) alors que la différenciation au sein d'un milieu stagnant s'effectue essentiellement selon des gradients verticaux, conditionnés principalement par la gravité et la lumière.
- ✚ Les milieux stagnants sont des écosystèmes fermés (autochtones).
- ✚ Les milieux lotiques constituent des systèmes ouverts (allochtones).

I.1.2.3. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont généralement d'une excellente qualité. Leur composition est assez constante au sein d'une même nappe. Elles sont moins vulnérables aux sources de pollution. Parmi les caractéristiques principales de ces eaux, nous pouvons citer :

- ✚ turbidité faible, compte tenu du fait que les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- ✚ contamination bactérienne réduite.
- ✚ température constante, puisque ces eaux sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- ✚ indice de couleur faible ; les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de la couleur.

- ✚ débit constant ; contrairement aux eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- ✚ dureté souvent élevée ; les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.) responsables de la dureté.
- ✚ concentration élevée de fer et de manganèse ; ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous (**Brière, 2000**).

I.1.2.4. Eaux des mers et océans

Les mers et les océans constituent d'énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97 % du volume d'eau existant actuellement sur la planète. En l'absence d'eaux de surface, d'eaux souterraines ou de pluie exploitables, on peut recourir à des eaux saumâtres (15000 mg/l de sels dissous) ou même à des eaux de mer (25000 mg/l de sels dissous et même plus).

I.1.3. Cycle de l'eau

L'eau contient naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

C'est un excellent solvant qui se charge en composés solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, zones humides, roches, atmosphère, etc.) dans lesquels elle circule ou séjourne.

Elle est toujours en mouvement, se déplaçant autour de la planète et passant de l'état liquide à l'état solide à l'état de vapeur. Ce cycle commence avec les précipitations, comme la pluie et la neige, qui tombent de l'atmosphère et remplissent les lacs et les ruisseaux ainsi que la nappe d'eau souterraine sous la surface de la Terre. Une partie de l'eau de surface finit par se jeter dans les océans. L'eau retourne à l'atmosphère lorsqu'elle s'évapore et forme des nuages (**Musy, 2004**).

I.1.4. Qualité de l'eau

La qualité de tout plan d'eau, qu'il soit en surface et souterrain, dépend à la fois de facteurs naturels et de l'activité anthropique. Sans l'activité humaine, la qualité de l'eau serait déterminée par :

- ✚ L'érosion du substrat minéral.
- ✚ Les processus atmosphériques de l'évapotranspiration et la sédimentation des boues et des sels.
- ✚ le lessivage de la matière organique et des nutriments du sol par des facteurs hydrologiques, et les processus biologiques en milieu aquatique qui peuvent modifier la composition physique et chimique de l'eau.

La qualité d'une eau peut être évaluée par rapport à d'autres types de paramètres

A. les paramètres organoleptiques

Qui ont pour le but d'apprécier si l'eau est agréable aux sens de l'observateur :

- ✚ A la vue : l'eau doit être claire, limpide ; Cette évaluation est d'ailleurs confirmée et mesurée par des procédés physiques.
- ✚ A l'odeur et au goût : une mauvaise odeur et un goût désagréable se perçoivent d'autant mieux que l'eau est moins fraîche (les eaux de montagne sont souvent appréciées grâce à leur fraîcheur) ; les eaux non thermales sont en général inodores par contre les eaux provenant de marais ou même de lacs, si elles sont insuffisamment filtrées, sont reconnaissables à une odeur rappelant l'hydrogène sulfuré provenant de la décomposition de matières organiques (Rodier, 1996).

B. les paramètres physico-chimiques

En général, la qualité de l'eau est déterminée en comparant les caractéristiques physiques et chimiques (pH, température, alcalinité, matières dissoutes totales (TDS), conductivité, dureté,...) d'un échantillon d'eau avec des directives ou des normes de qualité. Dans le cas de l'eau potable, ces normes sont conçues pour assurer un approvisionnement en eau propre et saine pour la consommation humaine et, par conséquent, protéger la santé des personnes. Ces règles sont basées sur un niveau scientifiquement acceptable de toxicité pour les êtres humains comme pour les organismes aquatiques.

C.les paramètres microbiologiques

La pollution microbiologique des eaux de surface par des agents pathogènes est un problème qui remonte très loin dans le temps et est à l'origine de plusieurs maladies ayant été responsables de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra (**Bousaab et al. 2007**).

Les microorganismes sont les contaminants de l'eau potable qui présentent le plus grand risque pour la santé publique. Le terme « microorganisme » est utilisé pour décrire une multitude d'organismes minuscules de phytoplancton, bactérie, protozoaires et virus. La mauvaise qualité microbiologique de l'eau peut être aussi induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels.

Dans la plupart des cas, la pollution s'entend comme un dépassement aux normes, définies en fonction des usages de l'eau. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau.

I.2. Caractéristiques naturelles et climatiques de l'Algérie

Le territoire algérien s'étend sur 2,4 millions de km². Du Nord au Sud, se distinguent trois ensembles très contrastés par leur relief et leur morphologie. Tout d'abord, la chaîne du Tell et le littoral, puis la chaîne de l'Atlas qui longe les hautes plaines plus au Sud enfin, le désert saharien qui s'étend au-delà du massif de l'Atlas. Avec les conditions climatiques, cette disposition du relief détermine le potentiel agricole et les ressources en eau du pays.

La majeure partie du pays (87%) est un désert où les précipitations sont quasi nulles. La partie nord du pays est caractérisée par son climat méditerranéen ; elle dispose de ressources en eau renouvelables, tant pour les eaux de surfaces que pour les nappes phréatiques. Les 90% des eaux de surface sont situées dans la région du Tell qui couvre environ 7% du territoire. Le pays est également caractérisé par une forte disparité entre l'est et l'ouest. La région ouest est bien dotée en plaines mais peu arrosée. La partie est du pays est une zone montagneuse où coulent les principaux fleuves (**Nedjraoui, 2003**).

L'Algérie est classée comme étant une zone semi- aride à aride du fait de l'importance de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations. Selon **Halitim (1988)**, la zone aride couvre près de 95% du territoire national dont 89,5% se situent dans le domaine hyper aride (saharien).

I.2.1. Disponibilité de l'eau en Algérie

L'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du sud de la Méditerranée, est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. Sa rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec les changements climatiques. Son stockage devient par conséquent vital tant pour l'agriculture que pour l'approvisionnement en eau potable.

D'après la carte de répartition des barrages en Algérie, on dénombre une centaine de barrages qui ne mobilisent que $4,5.10^9$ m³ et se concentrent presque exclusivement dans la bande côtière où les conditions naturelles (ressources en eau et sites favorables) sont optimales.

En terme de besoins, l'Algérie aura, en 2020, une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³/an, alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³ en dehors des eaux d'irrigations ni des fuites dans les conduites (soit au total de 11 milliards de m³ d'eau). Face à ce défi d'assurer la couverture des besoins sans cesse croissants en eau la banque mondiale a classé l'Algérie parmi les pays pauvre en eau avec moins de 600 m³ par habitant et par an, alors que le seuil de rareté fixé par la Banque à 1 000 m³ par habitant et par an. (**Abdelkrim,2012**)

Selon une étude de l'Université Mentouri de Constantine, «le bilan hydrologique, moyen, annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir un déficit d'écoulement qui atteint 87% alors que 13% seulement des précipitations profitent à l'écoulement. Sur l'ensemble du territoire, les ressources en eau se répartissent comme suit :

- ✚ 12 milliards m³ dans les régions Nord.
 - 10 milliards m³ écoulements superficiels.
 - 2 milliards m³ ressources souterraines.
- ✚ 5,2 milliards m³ dans les régions sahariennes.
 - 0,2 milliards m³ écoulements superficiels.
 - 5 milliards m³ ressources souterraines.

Il est clair que la disponibilité de cette ressource vitale est menacée. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025 (**Touati, 2010**).

I.2.2. Les problèmes menaçant la qualité de l'eau en Algérie

Par ailleurs, la qualité de l'eau est également préoccupante notamment avec la sécheresse de ces dernières années. Parmi les problèmes menaçant la qualité de l'eau en Algérie, on peut citer :

I.2.2.1. Envasement des barrages

Environ 52 grands barrages reçoivent 32 millions de m³ de matériaux solides annuellement. Les barrages de la région de Chélif – Zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement, puisque le taux de sédimentation annuel est de 0,75%. Ceci est dû à la forte érosion des bassins versants de la région favorisée par la nature des sols et l'absence de boisement. Toujours dans cette région, les petits barrages présentent un taux de comblement évalué en 2002, de 16% de la capacité totale, et qui est beaucoup plus grand par rapport à celui des autres régions (**Remini et Hallouche, 2003**).

I.2.2.2. Evaporation des lacs de barrages

Le phénomène de l'évaporation des lacs de barrages en Algérie est considérable ; une perte de volume très élevée est enregistrée annuellement. (**Remini, 2007**)

I.2.2.3. Fuites dans les barrages

Le problème ne réside plus dans la perte de la capacité de l'eau, mais plutôt la déstabilisation de l'ouvrage, puisque l'eau coule en continue, le problème réside dans la circulation des eaux dans les failles de la roche dont la section mouillée augmentera dans le temps suite au changement de températures et la variation de la vitesse de l'écoulement qui engendreront l'érosion de la roche et avec le temps c'est le glissement au niveau des berges et l'ouvrage sera en danger. En réalité l'eau des fuites ne se perd pas, elle peut être récupérée et réutilisée pour l'agriculture et à la limite la laisser s'infiltrer pour réalimenter la nappe. (**Remini, 2007**)

I.2.2.4. Eutrophisation des retenues de barrages

Ces dernières années, les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds ce qui constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages. En plus de ces rejets, le dépôt des sédiments dans les retenues de barrages génère l'eutrophisation de ces eaux.

Ce processus de vieillissement fait basculer une retenue d'un état de faible niveau nutritif (oligotrophique) à un état intermédiaire (mésotrophique) puis à un état de haut niveau nutritif (eutrophique). Le phosphore et l'azote sont des substances nutritives limitant le cycle de croissance de la végétation dans la retenue. Le phosphore est transporté en solution dans les retenues et se fixe aux sédiments. Une fois déposées dans la retenue, les sédiments libèrent le phosphore et contribuent au processus d'eutrophisation (Stigter et al, 1989).

I.3. Les algues d'eau douce

Les algues sont des végétaux aquatiques dépourvus de véritables feuilles, tiges et racines ou Thallophytes faisant partie du phytoplancton. On les retrouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres. (Gayral, 1975).

Ces groupes sont pour la plupart microscopiques. Dès lors que ces algues deviennent repérables à l'œil nu et au moins partiellement identifiables, elles sont considérées comme des macro-algues.

Les algues sont des eucaryotes (présence d'un noyau et de chloroplaste) sauf les cyanobactéries qui sont des procaryotes. Ce sont des organismes autotrophes et photosynthétiques qui nécessitent de la lumière et des nutriments essentiellement de l'azote (nitrates et ammoniac) et du phosphore pour croître. Elles constituent les producteurs primaires ou premier maillon de la chaîne alimentaire. Elles sont capables de convertir l'énergie lumineuse et les éléments nutritifs en composés organiques. Ainsi, elles constituent, pour un grand nombre d'organismes (poissons et petits animaux aquatiques), une source importante de nourriture.

Les algues ont aussi la capacité de libérer l'oxygène contenu dans la molécule d'eau, grâce au processus de la photosynthèse. L'oxygène ainsi libéré participe ensuite à la respiration de tous les organismes aquatiques.

I.4. Classification des algues d'eau douce

I.4.1. Phytoplancton

Ouplancton végétal, composé principalement d'algues en suspension dans l'eau, qui flottent et dérivent librement, servant de nourriture pour la faune aquatique (constituent le premier maillon du réseau alimentaire).

Benthos : algues se développant fixées au fond ou au voisinage du fond.

Périphyton: Algues qui se fixent à un substrat solide (roches, plantes, embarcations, quais) et qui servent de nourriture pour les organismes vivant au fond (benthos).

Anciennement, leur classification était basée sur leur contenu en pigments: les chlorophylles et des pigments accessoires. L'association des deux leur donnant des couleurs caractéristiques: algues bleues, rouges, brunes, vertes.

Dans le système à 3 règnes, les algues sont classées dans le règne végétal parmi les thallophytes, avec les champignons et les lichens.

Dans le système à 5 règnes de **Whittaker (1969)**, les algues sont réparties entre les Plantes, les Protistes et les Monères (bactéries).

En classification phylogénétique, les algues sont un groupe polyphylétique (elles ne sont donc pas issues d'un seul ancêtre commun): ainsi **De Reviers (2002, 2003)** distingue 11 groupes. De ces 11 groupes, nous reprendrons ici uniquement les groupes les plus significatifs du plancton d'eau douce en insistant sur le fait que les algues bleues sont des procaryotes (pas de vrai noyau) classées maintenant parmi les eubactéries alors que toutes les autres algues sont des eucaryotes.

I.4.2. Systématique des algues d'eau douce

A. Les Cyanobactéries « algues bleues »

Les cyanobactéries vivent presque partout, y compris dans des conditions extrêmes, des glaces polaires aux sables des déserts, des geysers aux lacs très chauds et acides des cratères volcaniques.

Les cellules sont de très petite taille (1 à quelques dizaines de micromètres) et forment souvent des colonies ou des filaments.

Les cyanobactéries ne possèdent jamais de flagelle et leur couleur sur le terrain est plutôt vert foncé, violette ou noirâtre, conjonction de l'association de la chlorophylle a avec deux pigments accessoires, un rouge et un bleu. Leur appellation d'algues bleues vient plutôt de leur apparence bleutée au microscope. Certaines de ces algues sont strictement phototrophes d'autre le sont de manière facultative : elles sont phototrophes en présence de lumière mais peuvent croître à l'obscurité en utilisant une source de carbone organique. La multiplication de ces algues bleues s'effectue principalement par la division cellulaire

Apparues il y a 3,8 milliards d'années, elles comptent parmi les formes les plus anciennes de vie.

A. Les Dinophycées « péridiniens »

Parmi ces algues unicellulaires, beaucoup sont délimitées par un squelette externe formé de plaques de cellulose incrustées de silice. Elles contiennent de la chlorophylle a et c et des caroténoïdes comme pigments accessoires responsables de la couleur brune à rouge. Leur taille varie de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres.

Les dinophycées sont mobiles grâce à deux flagelles: l'un dans un sillon équatorial, l'autre perpendiculaire au premier.

Cette disposition originale explique le mouvement très particulier de ces organismes qui tournent sur eux-mêmes.

Dans des eaux eutrophies, elles peuvent devenir très abondantes et provoquer des -marées rouges- responsables de la mort des poissons par manque d'oxygène et émission de toxines.

B. Les Euglénophycées

Ces algues unicellulaires se déplacent à l'aide de deux flagelles de taille inégale. Étranges organismes que ces euglènes dont certaines sont capables de vivre comme des cellules animales dans l'obscurité et comme des cellules végétales à la lumière (chlorophylle a et b et caroténoïdes): elles passent donc du statut d'hétérotrophes à celui d'autotrophes.

La membrane plasmique est renforcée par des bandes protéiques disposées en spirale et la cellule peut se déformer et se déplacer en tournant sur elle-même.

C. Les Chrysophycées « algues dorées »

Algues de couleur jaune doré pourvues de chlorophylle a et c et de caroténoïdes jaunes.

D. Les Bacillariophycées « diatomées »

Algues unicellulaires dont le squelette externe est siliceux, elles ont une couleur caractéristique brun jaune due à la présence de chlorophylle a et c et de caroténoïdes jaunes et bruns. Elles peuvent être solitaires ou former de colonies ou des filaments.

Les bacillariophycées se subdivisent en deux ordres : les bidulphiales, ou centriques a symétrie généralement radiale, et les Bacillariales ou pennées a symétrie bilatérale.

Contrairement à la plupart des végétaux qui stockent de l'amidon, les matières de réserve sont ici des huiles qui forment des gouttelettes brillantes bien visibles sur microscope. Des études ont montré que ces algues pouvaient produire 30 fois plus d'huile à l'hectare que les oléagineux terrestres (colza, tournesol)

L'identification requiert l'observation très détaillée du squelette ce qui n'est possible qu'après nettoyage de celui-ci avec un oxydant.

Les diatomées forment la plus grande partie du phytoplancton des eaux, et constituent de ce fait une source alimentaire essentielle pour la faune marine.

Une fois les diatomées mortes, leurs squelettes se déposent sur les fonds marins ou lacustres et se conservent ainsi depuis des millions d'années. La roche ainsi formée, appelée diatomite, est largement utilisée dans l'industrie (abrasifs, opacifiants, agents de filtration,...). A l'état vivant, les diatomées constituent des bio-indicateurs très fiables de la pollution des eaux.

E. Les Chlorophycées « algues vertes »

De couleur verte, elles possèdent des plastes d'un vert franc contenant de la chlorophylle a et b associée à de l' α et β , Les réserves sont constituées d'amidon intraplastidial colorable en bleu par la solution iodo-iodurée. Ce groupe renferme environ 7000 espèces. On trouve des formes unicellulaires flagellées ou non flagellées, des formes coloniales et des formes filamenteuses ramifiées ou non.

I.5. Toxicité des algues

Un goût ou des odeurs désagréables dans votre verre d'eau signifie souvent la présence d'algues présentes dans les plans d'eau des barrages. Ces mauvaises odeurs sont directement liées aux substances qu'elles élaborent ou sécrètent pendant leur phase de croissance et même après leur mort lors de leur décomposition par les bactéries.

C'est lors des mois chauds (mai - septembre) que, certaines cyanobactéries prolifèrent en masse. Ces proliférations provoquent une gamme de désagréments sanitaires et écologiques. En effet, ces micro-algues sont capables de produire différentes toxines, appelées cyanotoxines. Dans la majorité des cas, ce sont des hépato toxines comme les microcystines, qui ciblent le foie. Elles peuvent causer des problèmes de santé ou même la mort des animaux et des humains qui y sont exposés. Les toxines sont stockées à l'intérieur des cellules, mais sont libérées dans les eaux lors de la lyse des cellules, quand les blooms se décomposent. **(Santé Canada, 2002; Duy, 2000)**

Actuellement, vingt genres et plus de quarante espèces sont connus pour synthétiser des toxines **(Berger, 2005)**. A ce jour, trois types de cyanotoxines classés en fonction des pathologies qu'elles engendrent, sont répertoriées à travers le monde.

Tableau I: Cyanotoxines et pathologies associées, d'après **Chorus & Bartram (1999)**.

Noms	Type de toxine	Pathologies associées
Microcystines	Hépatotoxines	Troubles hépatiques, vomissement et diarrhées, pouvant entraîner la mort par lyse hépatique
Nodularines		
cyindrospermopsine		
Anatoxine-a et homoanatoxine-a	Neurotoxines	Atteinte du système nerveux induisant une paralysie flasque ou statique pouvant entraîner la mort par arrêt respiratoire
Anatoxine-a (S)		
Toxines paralysantes (psp ou paralytic Shellfish poisons)	Dermatotoxines	Dermatoses et désordres gastriques. fièvre, frisson et hypertension
Lyngbyatoxine-a		
Lipopolysaccharides (lps)		

Compte tenu de ces pathologies et de l'augmentation des efflorescences de cyanobactéries, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (**Anonyme 1, 2005**) a été la première institution à recommander une réglementation sur la concentration de toxines de cyanobactéries dans l'eau de distribution. Le seuil de tolérance a été fixé à une équivalence de $1\mu\text{g eq MC-LR L}^{-1}$ (Microcystine-LR, hépatotoxine la plus couramment observée et la plus toxique) (**Chorus & Bartram, 1999**).

I.6. Rôle des algues dans l'évaluation de la qualité de l'eau

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 benthiques. C'est sur ce postulat que repose le concept fondamental de la surveillance biologique des cours d'eau.

Ce contrôle biologique se base donc sur des réponses biologiques aux altérations de l'environnement ; cette information est susceptible de fournir les bases d'un programme de contrôle de la qualité des eaux (**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 & Haworth 1986, Round 1991, Cox 1991**). Et de nombreuses méthodes ont été proposées (**Patrick 1949, Vanlandingham 1976, Lange-Bertalot 1979, Van Dam 1982, Slàdecek 1986, Steinberg & Schiefele 1988**).

Leur utilisation demeure cependant relativement limitée (**Whitton et al. 1991**) ; et plusieurs raisons ont été avancées pour expliquer ce faible intérêt : Les difficultés d'identification qui requièrent de bonnes connaissances taxonomiques, la nécessité de distinguer les cellules vivantes des cellules mortes (**Schoeman & Haworth 1986**), la faible capacité intégratrice et la nécessité d'un échantillonnage quantitatif pour l'appréhension d'effets toxiques (**Descy & Coste 1989**).

Chapitre II
Matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude

II.1.1 Situation géographique du barrage Tichi Haf

Le Barrage de Tichi Haf est situé près du village Mahfouda, commune Bouhamza, Wilaya de Béjaïa (36° 23' 26" Nord, 4° 23' 25" Est), implanté sur le lit de l'Oued Boussellam, à environ 20 Km de la vallée de la Soummam. Il se situe à 7 kilomètres à l'amont de la station hydrométrique de Sidi Yahia. La surface du bassin versant au site du barrage est de 3980 km² (dont 2020 km² contrôlée par le barrage d'Ain Zada) (Coyne et Bellier, 1996).

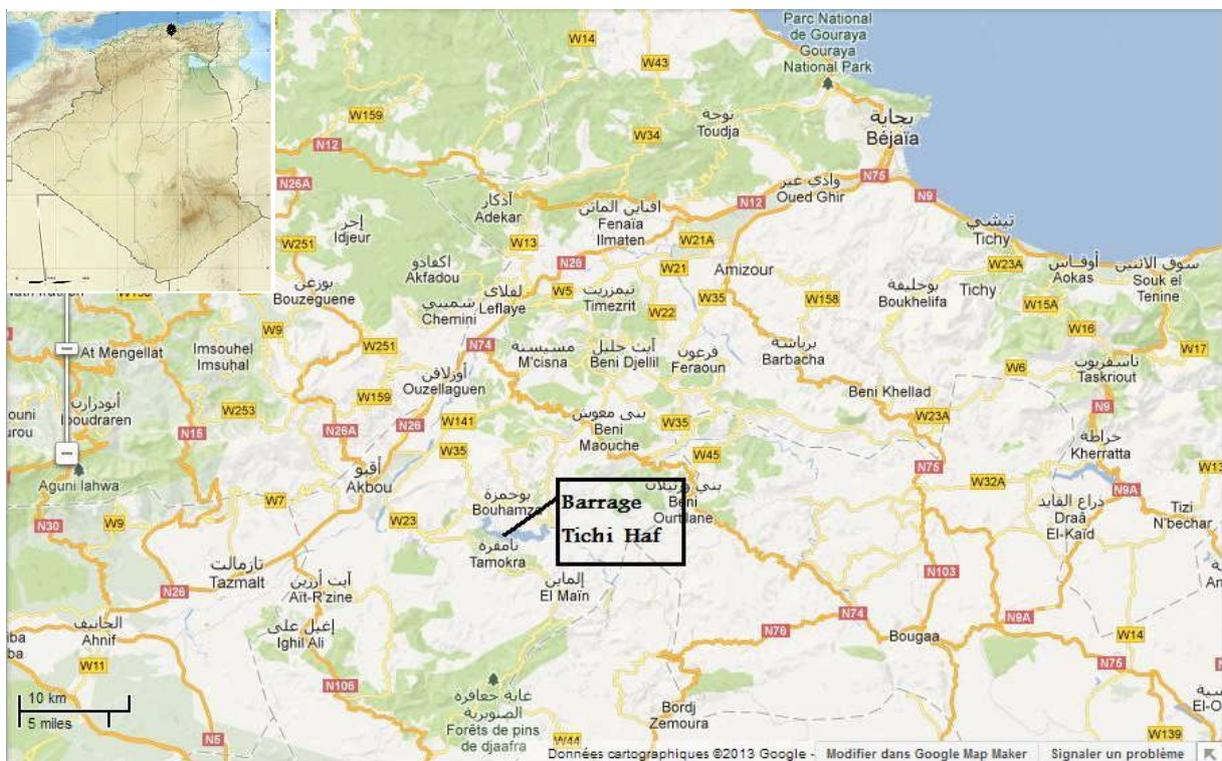


Figure 1 : Situation géographique du barrage Tichi Haf

Le projet s'inscrit dans la zone de planification hydraulique de la Soummam avec un volume régularisé de 150 Hm³/an.

Les eaux de ce barrage Tichi haf sont destinées à :

- ✚ Satisfaire les besoins en alimentation en eau potable (AEP) des agglomérations situées sur le couloir Akbou – Béjaïa
- ✚ L'irrigation de périmètre du Sahel et de la Basse Soummam avec un volume de 43 Hm³/an.

- ✚ Ecrêtement des crues de l'Oued Boussellam et par la même occasion les réduire dans la vallée de la Soummam.



Figure 2 : Le barrage Tichi haf

Avant leur distribution, les eaux du barrage passent par une station de traitement de capacité de $120000\text{m}^3/\text{j}$ pour y subir des différentes analyses (physico-chimique, hydrobiologique et bactériologique) pour éliminer tous les éléments indésirables, et de s'assurer de la bonne qualité de l'eau qui arrive aux consommateurs.

II.1.2. Caractéristiques du barrage Tichi haf

II.1.2.1. Hydrologie

Les principales caractéristiques hydrologiques du barrage sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II : Caractéristiques hydrologiques de la retenue du barrage de Tichi haf (Coyne et Bellier, 1996)

Caractéristiques du barrage de Tichi haf	
Construction	1986 -2006
Capacité totale	150 millions m ³
Débit journalier	128 000 m ³
Capacité totale de la retenue	81.844 hm ³
Capacité utile	75 Hm ³
Volume de la garde d'envasement	5 Hm ³
Hauteur du barrage	84 m
Longueur près de	7 km
Surface du bassin versant	3.980 km ²
Précipitations moyennes	750 mm/ an
Apport solide	4,7 Hm ³ / an
Volume régularisé garanti	150 hm ³ / an
Crue du projet	7400 m ³ / s
Crue de chantier	1 000 m ³ / s
Aire (Surface) de la Retenue Normal	475 ha

II.1.2.2. La Géologie

La géologie du site est caractérisée par le contraste lithologique entre le massif carbonatique jurassique de la gorge de Tichi haf et le complexe marneux crétacé qui se développe surtout en amont de la gorge. Le massif carbonatique jurassique est représenté par deux lithofaciès, un faciès calcaire-dolomitique et un autre calcaire-calcaire marneux.

La tectonisation importante de la zone est particulièrement évidente dans le massif carbonatique jurassique de la gorge où il a été possible de distinguer dans leurs traits essentiels, les accidents liés aux paroxysmes atlasique du miocène et ceux dus à la tectonique cassante plus récente.

La Kabylie est étroitement encadrée par des régions qui s'élèvent continuellement depuis la période miocène du décollement des nappes (Babors, Mansourah, et monts du Hodna), ou par des bassins subsidient (**Bennabi, 1985**).

II.1.2.3. Le climat

La commune de Seddouk est comprise entre l'étage bioclimatique semi-aride et humide, le climat est chaud en été, et pluvieux en hivers (**Hamdaoui, 2006**).

A. Pluviométrie

Le rapport du centre météorologie de Bejaïa montre que la région reçoit en moyenne 600 à 1100 mm de pluie par an. Elle est caractérisée par un hiver doux et un été chaud. Plus on pénètre dans la vallée de la Soummam plus les précipitations diminuent, c'est l'effet de la barrière de la chaîne de Djurdjura vis-à-vis des vents humides venant du nord ouest, et la vapeur d'eau diminue en s'éloignant de la mer. La part prépondérante des précipitations se limite aux mois d'hiver, l'été étant sec (**Saoui, Tazrari. 2005**).

Tableau III : Les valeurs mensuelles des précipitations en mm pour la région de Bejaia 2012/2013

Mois	Mars	Avril	Mais	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
P (mm)	74.39	198.51	7.36	95.51	1.02	2.03	333.76	83.58	106.43	57.15	130.80	179.82

B-Température

Les températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia sont données par le centre de la météorologie qui est situé à l'aéroport qui est dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV : Les valeurs moyennes mensuelles des températures (°C) pour la région de Bejaïa 2012/2013

Mois	Mars	Avril	Mais	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
°C	13.75	16.6	21.35	24.35	26.1	27.45	23.5	21.25	17.7	13.45	12.4	10.7

II. 2. Nuisances remarqué sur le site d'étude

De part sa position à l'aval des villages avoisinants, la retenue d'eau du barrage Tichi haf est menacée par plusieurs facteurs pouvant nuire à sa qualité et par conséquence à l'équilibre écologique de cet écosystème aquatique et surtout à la santé publique. En effet, ces eaux servent à la consommation humaine, à la pisciculture, et à l'irrigation des cultures. Durant nos déplacements sur le site, nous avons remarqué :

- ✚ Déversement de rejets d'eaux usées : La majorité des agglomérations avoisinant le bassin versant sont desservies par un réseau collectif d'assainissement liquide. Nous avons dénombrés 3 rejets qui atteignent le barrage sans aucun traitement préalable dont celui du village Tamokra qui le plus important.
- ✚ L'arrivée de margines résultant du secteur industriel des villages, qui est la fabrication d'huile d'olives : les margines vierges sont des résidus liquides sous forme de produits aqueux de couleur brune, rougeâtre à noire, provenant des graines d'olives. Elles contiennent 30% de résidus solides appelés grignons, 20% d'huile et 50% de margines (**Minist. Amén. Territ. Envir., 2005**).A Mahfouda, comme un peu partout en Kabylie, les margines sont déversées brutes dans le milieu naturel.
- ✚ Sur berges de cette retenue, nous avons constaté plusieurs parcelles cultivées par les riverains lesquels utilisent différentes sortes d'engrais, d'herbicides, d'insecticides et d'autres produits phytosanitaires pour améliorer le rendement de leurs cultures.



Figure 3 : La pêche dans le barrage



Figure 4 : L'agriculture au bord du barrage



Figure 5 : Rejet d'assainissement du village Tamokra



Figure 6 : Margines déversé dans le barrage

II.3. Le milieu naturelle du barrage Tichi haf

Le barrage n'a pas fait jusqu'à présent l'objet d'études floristiques ou faunistiques approfondies, il présente un biotope très riche qui se traduit par une immense diversité de la flore et la faune qui sont les principales composantes de milieu naturelle.

II.3.1. La flore

La végétation environnante de barrage occupe une très grande diversité. Durant les différentes sorties sur terrain, nous avons pu identifier quelques espèces représentées sur les figures (7, 8, 9, 10, 11, 12)



Figure 7 : *Opuntia ficus indica* (Cactaceae)



Figure 8 : *Pinus halpensis* (Pinaceae)



Figure 9 : *Olea europaea* (Oleaceae)



Figure 10 : *Ceratonia siliqua* (Fabaceae)



Figure 11 : *Ficus carica* (Moraceae)



Figure 12 : *Typha angustifolia*
(Typhaceae)

II.3.2. La faune

Nous avons pu observer également quelques espèces animales (Figures : 14, 15, 16). D'autres ont été signalées par **Ait Habib et Hamouche (2010)** sur le site tel que le poisson *Pseudophoxinus callensis*.

Connu sous le nom de l'Able de la calle (*Pseudophoxinus callensis*), un poisson téléostéen de la famille des cyprinidés, fréquentant les eaux douces, cette espèce est autochtone et se rencontre dans l'Est algérien jusqu'à la Tunisie

(Ait Habib, Hamouche 2010).



Figure 13 : *Pseudophoxinus callensis*
(Cyprinidae)

Ce crabe *Potamon sp.* est un crustacé fréquent dans les eaux douces, c'est un indicateur de bonne qualité des eaux



Figure 14 : *Potamon sp.* (Potamidae)

Grèbe huppé ou *Podiceps cristatus* est un oiseau d'eau. Il y passe toute son existence à nager et à plonger. Son alimentation est constituée de Poissons (surtout des gardons et des ablettes), insectes, crustacées, mollusques et têtards.



Figure 15 : *Podiceps cristatus*
(Podicipedidae)

Ce vautour *Neophron percnopterus*, se nourrit de la matière organique morte, on peut le considérer comme un nettoyeur de cet endroit.



Figure 16 : *Neophron percnopterus*
(Accipitridae)

II.4. Matériel et méthodes

La distribution des micro-organismes dans les milieux aquatiques n'est pas homogène. Elle a été décrite comme étant aléatoire c'est ainsi qu'il est important de choisir plusieurs sites ou stations de prélèvements pour avoir d'avantage de données à exploiter au laboratoire.

La méthodologie d'étude s'appuie sur deux étapes destinées à répondre aux différents objectifs de ce présent travail :

- ✚ La première étape sur le milieu naturel basé sur la récolte des algues et sur la détermination d'éléments physicochimiques caractérisant ce milieu.
- ✚ La seconde étape au laboratoire basée sur des observations des espèces algales et leur identification.

II.4.1 Sur le terrain

II.4.1.1. Choix des points de prélèvements

Les points de prélèvements ont été choisis là où les variations sensibles de qualité sont probables (assainissement, agriculture ...) et de manière à pouvoir couvrir toute la superficie de ce barrage.

Pour couvrir toute la surface de la retenue d'eau, on longeait le barrage à l'aide d'une barque afin d'obtenir le maximum d'échantillon d'algue. Les prélèvements sont effectués en amont et en aval du barrage. Ces points sont représentés sur la figure suivante:



Figure 17 : Localisation des points d'échantillonnages au niveau du barrage Tichi haf

II.4.1.2. La période de prélèvement

Le choix des périodes de prélèvement est un élément crucial pour les analyses des communautés phytoplanctoniques. Leur mauvais positionnement dans l'année entraîne des biais (manque de certains cortèges algaux) dans l'interprétation des données collectées. Selon **Laplace et al. , (2009)** quatre campagnes de prélèvement sont recommandées durant l'année.

Nos prélèvements ont été effectués durant la période de décembre 2012 à mai 2013 à raison d'une sortie tous les vingt et un jours, et sont conditionnées par les prévisions météorologiques.

Ces prélèvements ont été réalisés généralement entre 9H30 et 13H00. Une campagne de six sorties a été réalisée et dont les dates sont récapitulées dans le tableau V.

Tableau V : Périodicité des récoltes d'algues dans les eaux du barrage Tichi haf

Date des sorties	Météo	La surface de l'eau
05/12/2012	Pluie fine	faiblement agitée
25/12/2012	Soleil	Calme
17/03/2013	Faiblement nuageux	Calme
01/04/2013	Pluie fine	Agitée
22/04/2013	Faiblement nuageux	Calme
12/05 /2013	Faiblement nuageux	Calme

II.4.1.3. Méthodes d'échantillonnage

Afin de réaliser un bon échantillonnage systématique susceptibles de contenir tous les types écologiques des algues, plusieurs techniques ont été utilisées (Iltis, 1980 ; Burrelly, 1966)

- ✚ Expression des végétaux immergés.
- ✚ Grattage sur pierres, branches ou débris immergés ou simplement humides sur lesquels un enduits gélatineux ou coloré laisse supposer un développement algal.
- ✚ concentration des algues phytoplanctoniques par un filet à plancton de 25 μm de vide de mailles, et de 30 cm de diamètre, utilisé et réalisée en sub-surface (profondeur = 0,20m).



Figure 18 : Ramassage des branches et débris sur lesquels se développent des algues



Figure 19 : Grattage sur pierres, branche ou débris



Figure 20 : Filet a plancton

Les prélèvements récoltés sont mis dans des bocaux en verre préalablement nettoyés et rincé trois fois avec l'échantillon à prélever de façon à conserver une certaine représentativité de l'échantillon. Ils sont ensuite étiquetés (date de la récolte, niveau de prélèvement, le point de prélèvement et la technique utilisé) puis transportés au laboratoire d'hydrobiologie de l'université de Bejaia dans une glacière à une température de 4°C. Les échantillons sont conservés au frais (4°C) et à l'abri de la lumière.

Au total 30 échantillons récoltés durant la période d'étude (05 décembre 2012-12mai2013)

Après homogénéisation, une partie de chaque échantillon est observé à l'état frais, sous microscope optique afin de déterminer les espèces mobiles ou fragiles qui pourraient être altérées par la fixation. Une autre partie fixée avec une solution de lugol pour être observée ultérieurement.

II.4.1.4. Mesure des paramètres physico-chimiques in situ

Sur le site d'étude et en parallèle avec le prélèvement d'algues, les mesures de quelques paramètres physicochimiques ont été réalisées. Il s'agit de la salinité, la température de l'eau, la conductivité électrique, le potentiel Hydrogène (pH) et le taux des sels dissous. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un analyseur multi-paramètre conductimètre (figure 22) ; la transparence a été évaluée au moyen d'un disque de Secchi que l'on a confectionné pour cette étude (figure 21), elle permet de calculer la profondeur du prélèvement intégré

❖ **Unité de mesure :**

La salinité : en **mg /l**

La température de l'eau : en **°C**

La conductivité électrique : en **µs/cm**

Le taux des sels dissous : en **mg /l**

La transparence : en **m** (mètre)



Figure 21 : Disque de Secchi



Figure 22 : Multi paramètre

II.4.2 Au laboratoire

II.4.2.1. Etude systématique

Les échantillons d'algues récoltées ont été observés sous un microscope optique muni de quatre objectifs (3,2, 10, 40 et 100) et un jeu d'oculaires ($\times 8$ et $\times 16$). Une dizaine de préparations sont examinés pour chaque échantillon.



Figure 23 : Microscope optique

La réalisation des photos a été possible grâce à un appareil photo numérique de type Samsung DV100 d'une qualité d'image 16.1 mega pixels, adapté sur le microscope. Une règle graduée a été aussi prise en photos dans les mêmes conditions dimensionnelles que les échantillons d'algues et ceci à différents grossissements.

II.4.2.2 Identification des espèces

Les premières déterminations ont été faites après l'observation des morphologies générales à l'aide des travaux de **Bourelly (1966, 1968, 1970)**.

Plus de 450 photos d'algues ont été prises et mesurées en prenant en détail : Les dimensions du thalle (cellules, cénobes, colonies, filaments) et des structures cellulaires importantes (soies, flagelles, épines,...).

Toutes les identifications taxinomiques sont réalisées au niveau spécifique ou en cas de difficultés ou d'incertitudes à un niveau moindre (genre, classe,...), à l'aide des ouvrages de détermination disponibles.

Il est important de se rappeler qu'il vaut mieux une bonne détermination à un niveau taxinomique moindre qu'une mauvaise à un niveau supérieur.

Les ouvrages peuvent être ceux de **Bourelly(1984,1987), Bourelly et Couté (1986), Capdevielle (1985), Cardinal (1979), Celekl et al(2007), Compère (1972,1974,1975), Couté (1979), Couté et Thérézien (1986), Dehbi-Zebboudj (1989), DidemKaracao et al (2004), Franceschini (1991,1992), Frémy (1930), Iltis(1970,1980), Iltis et Couté (1984a, 1984b, 1994), Leitão et Couté (2005), Thérézien (1986) et ThiNguyet et *al.* (1992).**

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1. Résultats

III.1.1. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Tichi haf durant la période d'étude

Dans le but de caractériser notre milieu d'étude et d'appréhender les facteurs écologiques qui peuvent jouer un rôle sur le développement du phytoplancton, nous avons mesuré ces paramètres : potentiel hydrogène (pH), salinité, conductivité, transparence, températures de l'eau et de l'air et Taux des sels dissous (TDS). Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VI: Evolution des paramètres physico-chimiques de l'eau de surface du barrage Tichi haf durant la période d'étude

Les paramètres mesurés in-situ durant la période d'étude								
Les dates de sorties	Nombre des prélèvements	pH	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Température de l'air $^{\circ}\text{C}$	Température de l'eau $^{\circ}\text{C}$	TDS (mg/l)	Salinité (mg/l)	Transparence (m)
05/12/2012	5	6,69	1300	16,1	14,48	888	630	3,52
25/12/2012	5	6,7	1342	21	19,12	924	661,8	3,68
17/03/2013	5	7,036	1252,4	15,5	14,01	886	634,4	5,35
01/04/2013	5	7,17	1313,2	19,4	17,32	917	653,2	4,29
22/04/2013	5	7,14	1356,8	22	19,94	940	668	1,51
12/05/2013	5	7,39	1345,6	26,5	24,6	939	649,4	3,46
Moyenne	30	7,021	1318,33	20,08	18,24	915,66	649,46	3,56

A. La transparence de l'eau

Les valeurs de transparence de la retenue d'eau du barrage Tichi haf, durant l'étude s'avèrent hautement variables. La transparence moyenne obtenue est de 3,56 m. La maximale a été mesurée le 17 Mars 2013 soit 5,35 m et la minimale a été enregistrée le 22 avril 2013 avec une valeur de 1,51 m.

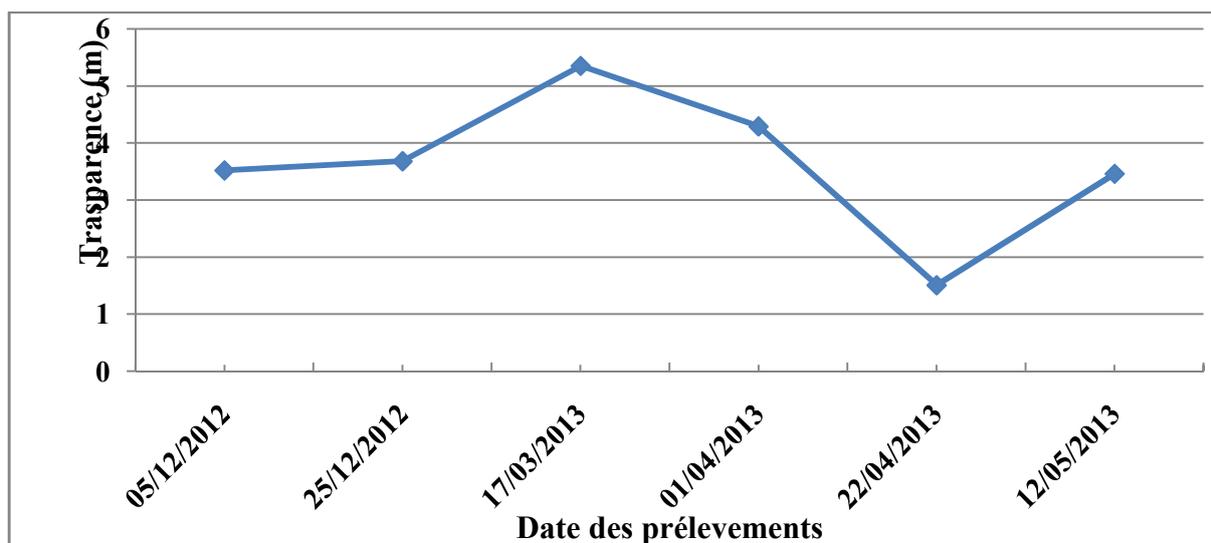


Figure 24 : Evaluation des valeurs de transparence de l'eau du barrage Tichi haf entre le 05 décembre 2012- 12 mai 2013.

B. Le potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs de pH représentées sur la figure 25 indiquent que ces eaux sont de nature neutre. En effet, le pH moyen calculé pour toute la période d'étude est de 7,021. Les valeurs varient entre un maximum de 7,39 relevé le 12 mai 2013 et un minimum de 6,69 en 05 décembre 2012 avec une amplitude de 0,70 unité de pH.

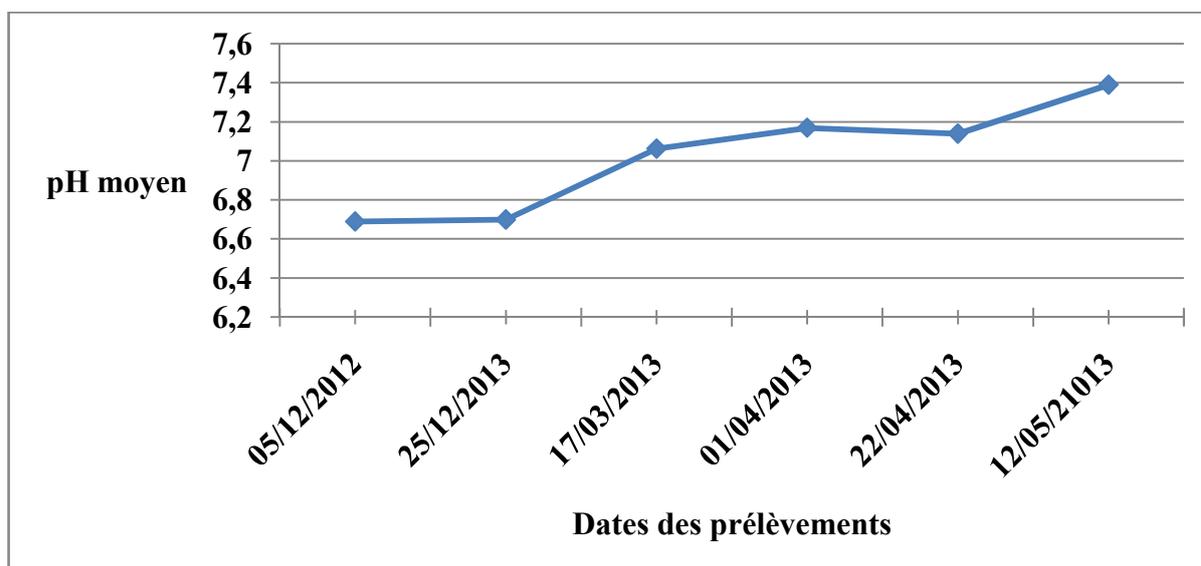


Figure 25 : Evolution du pH moyennes des eaux du barrage Tichi haf au cours de la période d'étude (05 décembre 2012 -12 mai 2013)

C. La conductivité électronique

L'évaluation de la conductivité électronique de l'eau du barrage Tichi haf qui sont représentés dans la figure 26 montrent que la charge ionique des eaux de la surface du barrage est moyenne. La conductivité moyenne est de $1318,33\mu\text{s}/\text{cm}$. La valeur maximale a été enregistrée le 22 avril 2013 avec une valeur de $1356,8\mu\text{s}/\text{cm}$, et la valeur minimale étant de $1252,4\mu\text{s}/\text{cm}$ été enregistrée le 17 mars 2013.

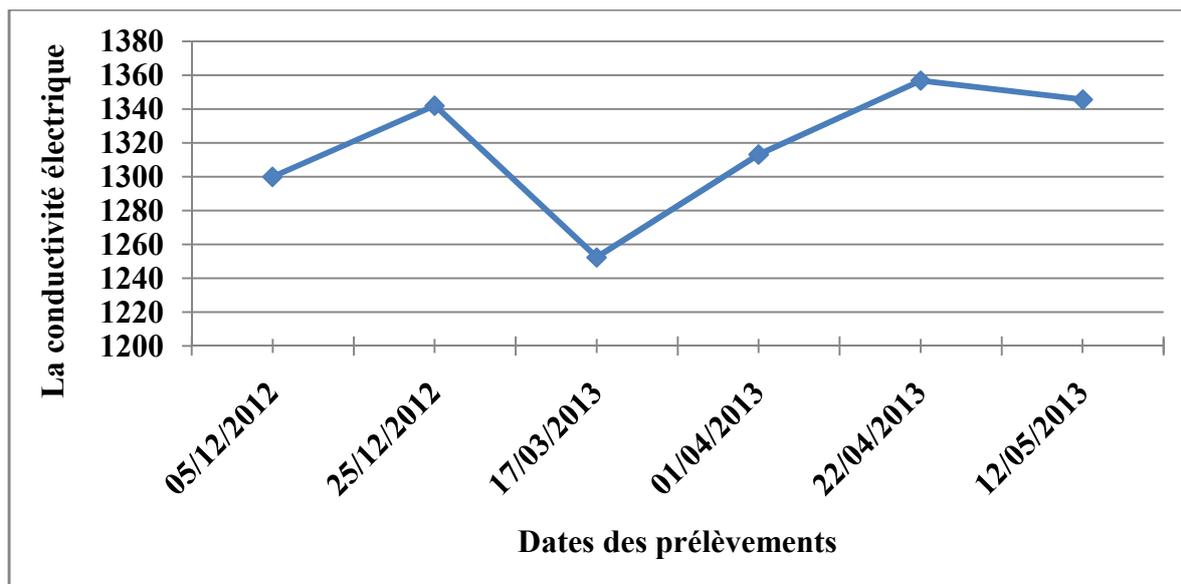


Figure 26: Evaluation des conductivités électriques moyennes des eaux du barrage Tichi haf au cours de la période d'étude (05 décembre 2012 - 12 mai 2013).

D. Taux des sels dessous (TDS)

Le taux moyen des sels dessous de l'eau du barrage Tichi haf durant la période d'étude a été de $915,66\text{ mg}/\text{l}$. La valeur maximale a été enregistrée le 22 avril 2013 avec une valeur de $940,2\text{ mg}/\text{l}$, alors que la valeur minimale a été enregistrée le 17 mars 2013 avec $885,8\text{ mg}/\text{l}$.

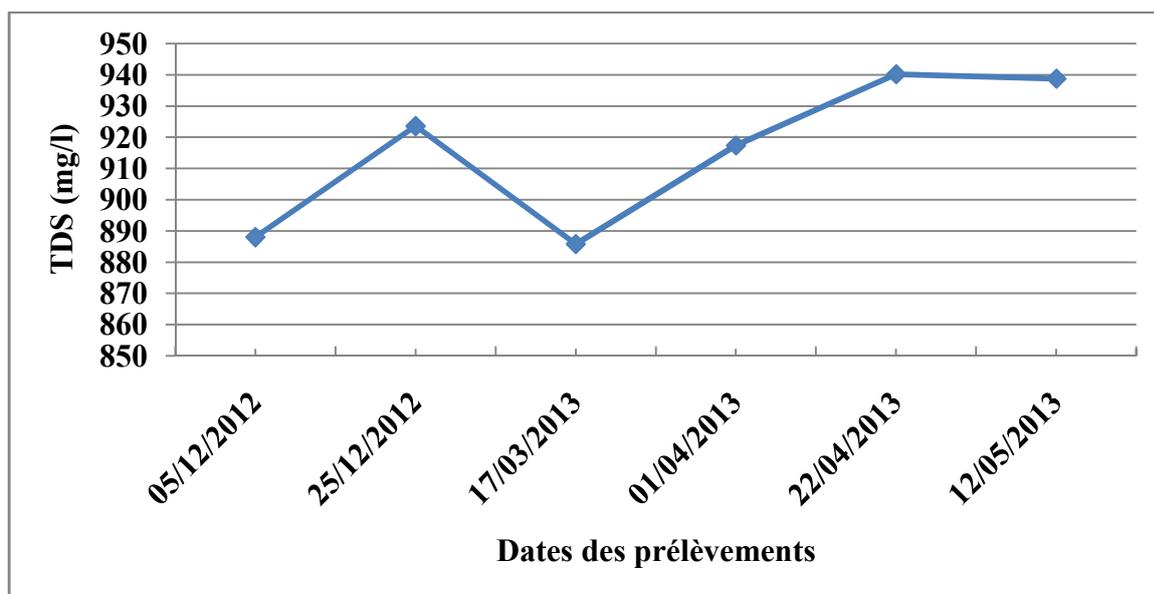


Figure 27 : Evaluation des taux des sels dessous des eaux de barrage Tichi haf durant la période d'étude (05 décembre 2012- 12 mai 2013).

E. La salinité

L'eau du barrage est caractérisée par une salinité qui varie entre une valeur maximale de 668 ppm et une valeur minimale de 630 mg /l, avec une moyenne de 649,46 mg/l de chlorure de sodium durant la période d'étude (05 décembre 2012 jusqu'à 12 mai 2013), et avec des faibles variations ; l'écart entre les deux extrémités étant de 30 mg/l.

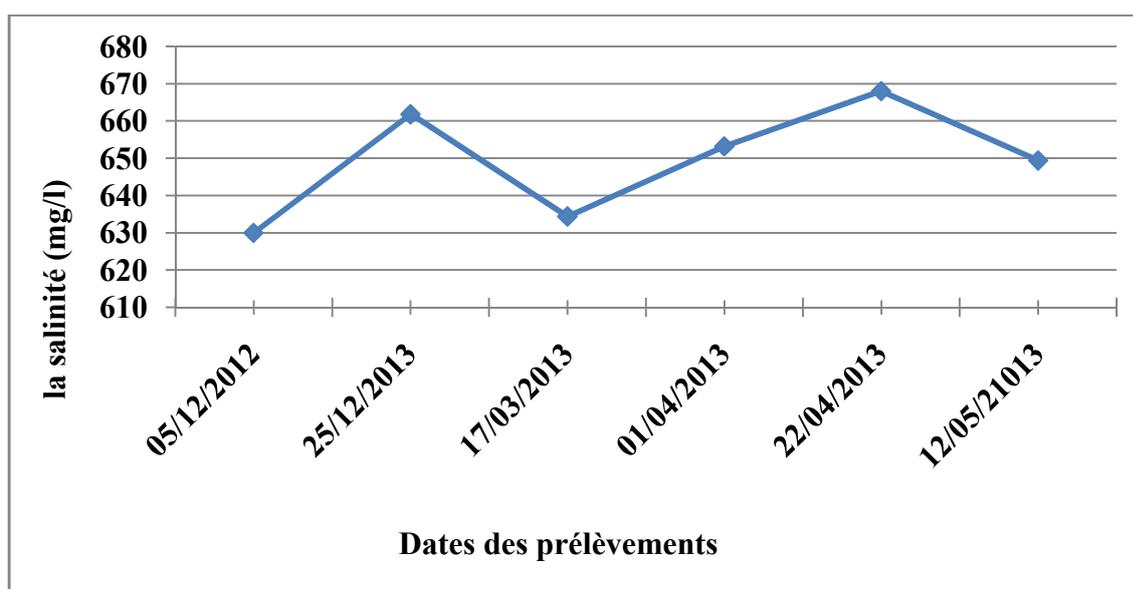


Figure 28 : Evaluation des salinités moyennes des eaux du barrage Tichi haf durant la période d'étude (05 décembre 2012- de 12 mai 2013).

F. Les températures de l'eau et de l'air

L'évolution des températures de l'eau et de l'air (figure 29) indiquent que les températures de l'eau du barrage suivent considérablement la même évolution que celles de l'air. La moyenne des températures de l'air enregistrée durant la période d'étude est de 20,08°C, la valeur minimale a été enregistrée le 17 mars 2013 avec une valeur de 15,50°C et une valeur maximale enregistrée le 12 mai 2013 qui est de 26,50°C.

Pour les températures de l'eau la moyenne enregistrée est de 18,24°C. La valeur maximale a été enregistrée le 17 mars 2013 avec une valeur de 14,01°C et la valeur maximale a été enregistrée le 12 mai 2013. Les valeurs obtenues pour les températures de l'eau sont inférieures à celles de l'air.

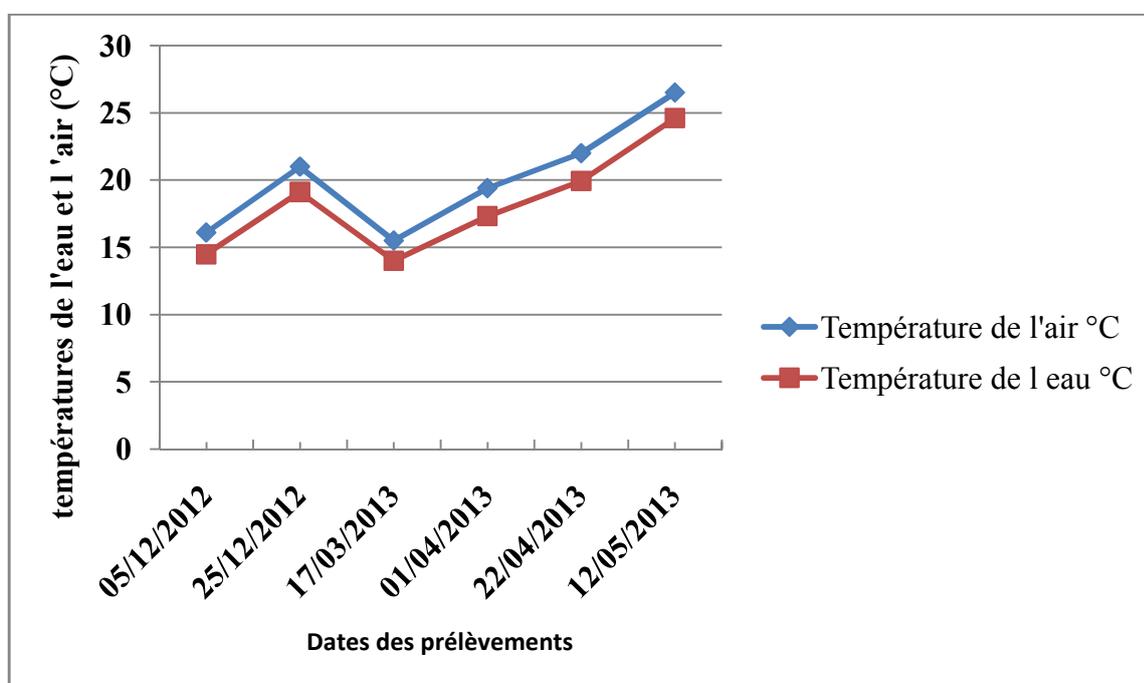
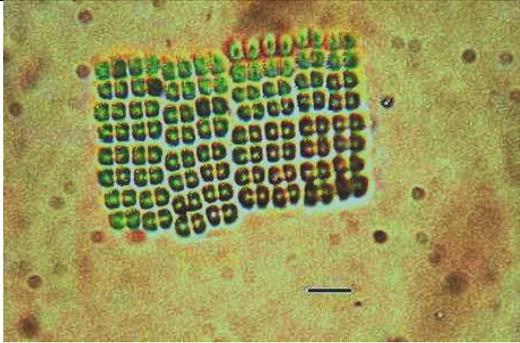
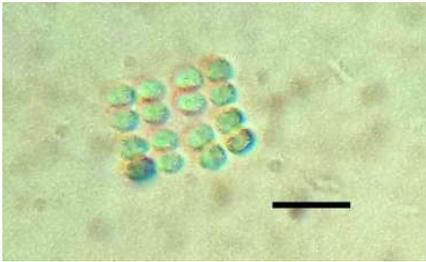
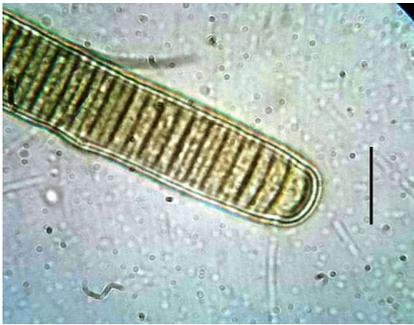


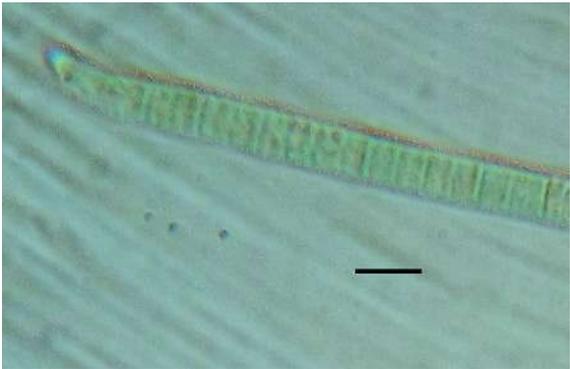
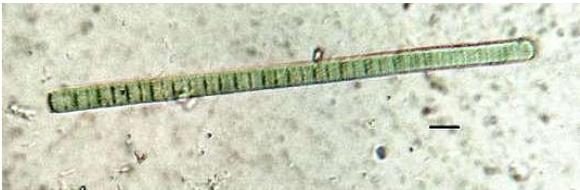
Figure 29: Evolution des températures de l'eau et de l'air (C°) du barrage Tichihaf durant la période d'étude (05 décembre 2012 -12 mai 2013).

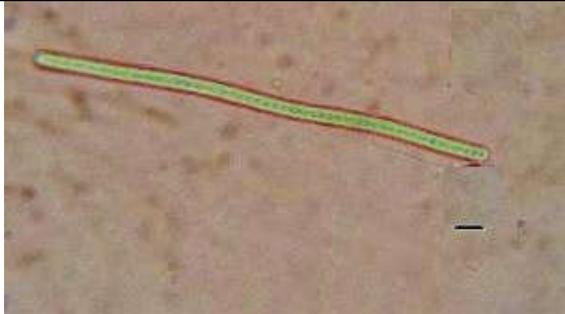
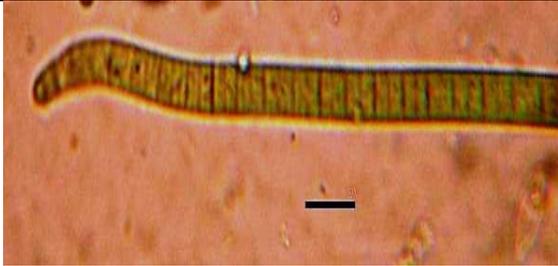
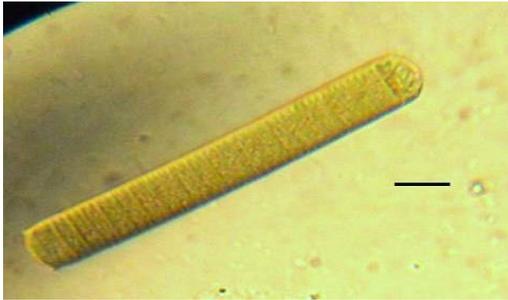
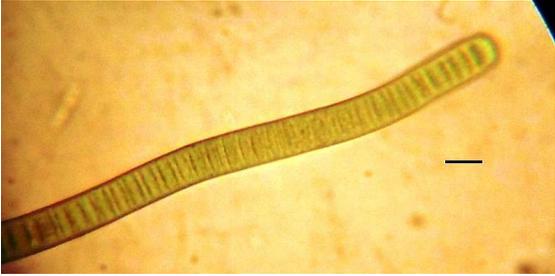
III.1.2. Caractérisation Biologique

La caractérisation biologique d'un milieu aquatique s'appuie, le plus souvent, sur la présence d'organismes qualifiés d'indicateurs d'un type de pollution ou sur l'absence de certains autres plus sensibles (**Coste, 1978**) in **Dehbi (1989)**

L'étude qualitative du phytoplancton du barrage de Tichi haf nous a permis de déterminer 58 espèces appartenant à 6 classes qui se répartissent dans les embranchements suivants: Chlorophyta, Pyrophyta, Schizophyta, Euglenophyta, Chromophyta.

EMBRANCHEMENT : SCHIZOPHYTA CLASSE : CYANOPHYCEAE FAMILLE CHROOCOCCACEAE	
<p><i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nag.</p> <p>Cellules sphériques ou oblongues solitaires de 8 μm de diamètre ; gaine homogène incolore.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig. 1</p>
<p><i>Merismopedia glauca</i> Nag</p> <p>Colonies tabulaires de cellules oblongues mesurant 5 μm de longueur et 3 μm de largeur.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.2</p>
<p><i>Merismopedia punctata</i> Bourrelly.</p> <p>Cellule de 3 μm de longueur et 1,5 de largeur</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.3</p>
FAMILLE : OSCILLATORIACEAE	
<p><i>Lyngbya lucidum</i> Bourrelly.</p> <p>Filaments droits, un peu rétréci au niveau des articulations, très brièvement atténué, sub-capité au sommet, épais de 13 μm à gaine lamelleuse. Articles de 4 à 6 μm.</p> <p>Espèce cosmopolite</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.4</p>

<p><i>Oscillatoria principis</i> Vaucher. Trichome droit, épais de 5 μm ; les cellules mesurent 2 μm de longueur.</p>	 <p>Fig.5</p>
<p><i>Oscillatoria janthiphora</i>. Gomont. Notre échantillon se rapproche de l'espèce <i>Oscillatoria janthiphora</i> décrite par Bourrelly (1970) cependant, d'autres observations sont nécessaires pour confirmer cette identification.</p>	 <p>Fig.6</p>
<p><i>Oscillatoria tenuis</i> Ag. Trichomes droits un peu rétrécis aux articulations, cloisons bordées de deux lignes de granules ; cellule apicale très légèrement épaissie. Espèce difficile à déterminer, difficile par la présence de granules le long des cloisons, Les cellules mesurent 9 μm de largeur et 5 μm de longueur. Espèce cosmopolite.</p>	 <p>Fig.7</p>
<p><i>Oscillatoria subtilissima</i> Gomont.. Trichome droit, très légèrement atténué, épais de 5 μm. et 6 a 7 μm de longueur présentant par place des endroits réfringents de 5 μm de longueur. Des granules entourent les cloisons. Espèce cosmopolite.</p>	 <p>Fig.8</p>

<p><i>Oscillatoria formosa</i> Bory de St Vincent. Trichome flexible, un peu rétrécie aux articulations, épais de 5-6μm, non capité, un peu rétrécie et courbé vers le sommet. Espèce cosmopolite.</p>	 <p>Fig.9</p>
<p><i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm. Trichomes droits, légèrement rétrécis au niveau des articulations, épais de 1,5μm, cloisons non granuleuses, cellule apicale arrondie au sommet. Espèce cosmopolite.</p>	 <p>Fig.10</p>
<p><i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens. L'espèce présente un trichome atténué vers l'extrémité ; de 7 à 8 μm de largeur ; articles courts de 4 à 5 μm de longueur.</p>	 <p>Fig.11</p>
<p><i>Oscillatoria sancta</i> Kütz. Trichome droit, épais de 11μm. articles de 2 à 3μm, la cellule apicale à membrane supérieure convexe, épaissie et transformée en coiffe.</p>	 <p>Fig.12</p>
<p><i>Oscillatoria</i> sp. Filaments flexueux, la cellule est de 9μm de largeur et de 3μm de longueur</p>	 <p>Fig.13</p>

***Spirulina major* Kütz.**

Trichomes flexueux enroulés en spirales régulières de 2 à 4 µm de diamètre.
L'ouverture des spires est de 3 µm de diamètre.

Espèce cosmopolite.

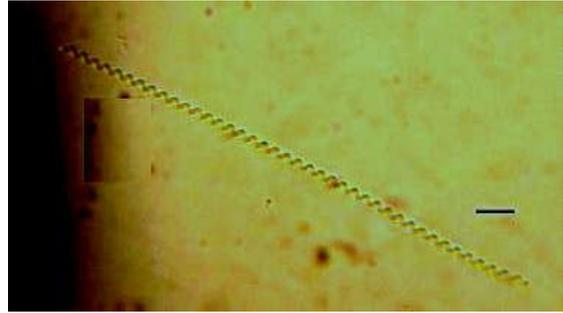


Fig.14

EMBRANCHEMENT : EUGLENOPHYTA

CLASSE : EUGLENOPHYCEAE

FAMILLE : EUGLENACEAE

***Euglena* sp.**

Plusieurs formes du genre *Euglena* ont été observées dans les prélèvements mais la fixation a fait disparaître les caractères systématiques indispensables à leur identification.

Espèce cosmopolite.

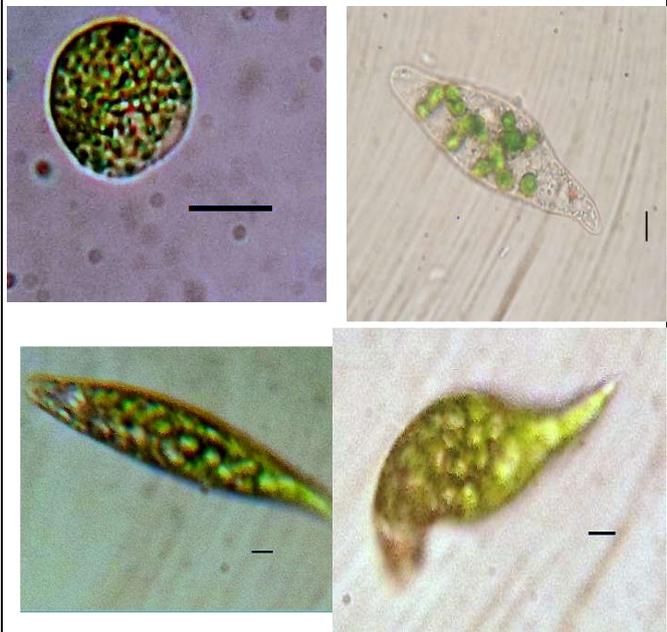


Fig.15

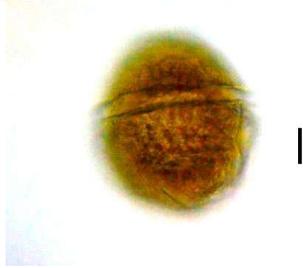
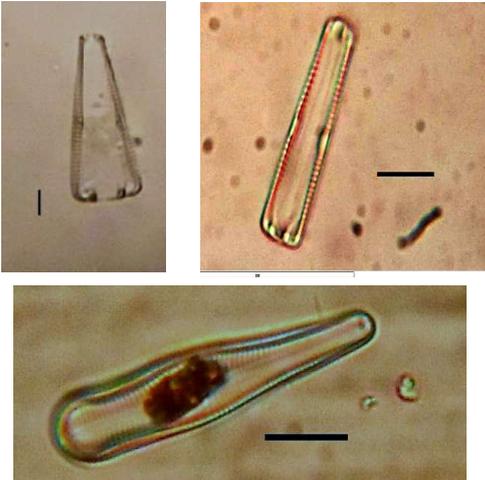
***Tetraselmis* sp.**

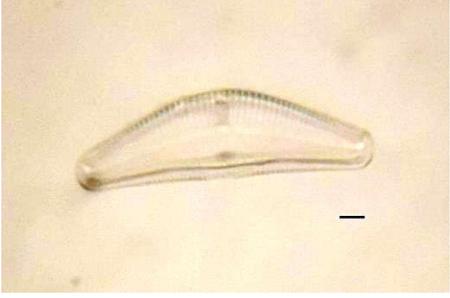
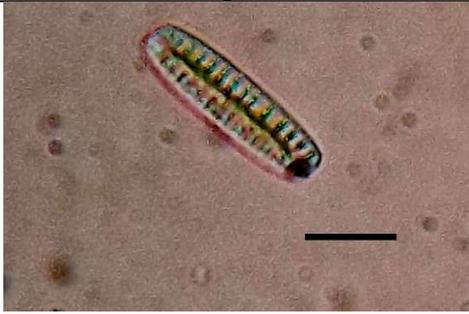
Cellule solitaire rappelant le genre *Tetraselmis* sur laquelle on n'observe que 3 flagelles visibles. elle mesure 10 µm de largeur.

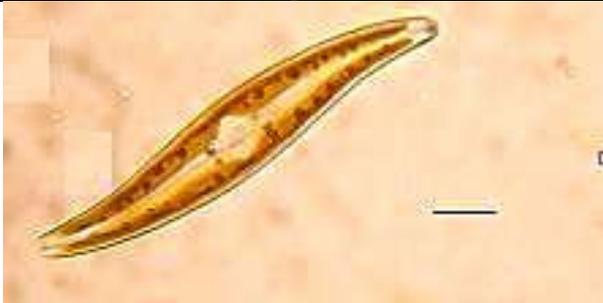
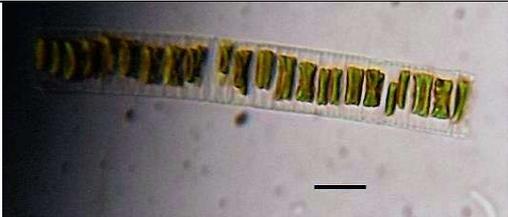
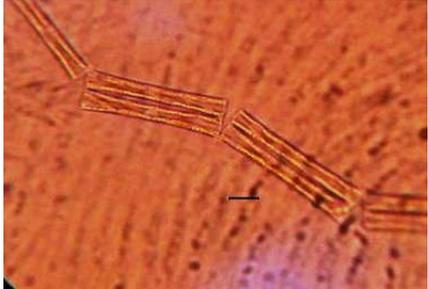


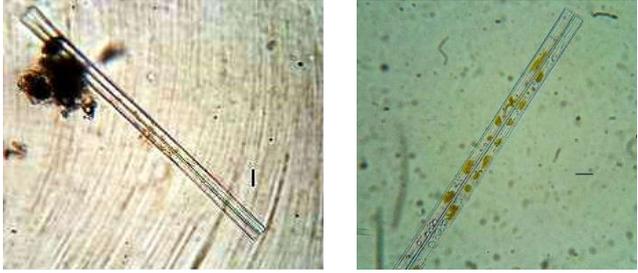
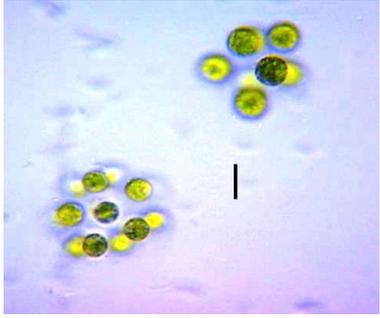
Fig.16

<p><i>Cartenia sp.</i></p> <p>Cellules solitaires nageant librement à l'aide de 4 flagelles bien visibles, de 20µm de diamètre.</p>	 <p>Fig.17</p>
<p>EMBRANCHEMENT : PYRROPHYTA CLASSE : DINOPHYCEAE FAMILLE : PERIDINIACEAE</p>	
<p><i>Peridinium sp1.</i></p> <p>Cellule libre globuleuse de 40µm de diamètre</p> <p>Les plaques nécessaires à l'identification de l'espèce sont difficiles à observer.</p>	 <p>Fig.18</p>
<p><i>Ceratium hirundinella</i> Schrank.</p> <p>L'épivalve montre un prolongement en forme de cornes alors que l'hypovalve est prolongée par 3 appendices inégaux.</p>	 <p>Fig.19</p> <p>Le trait d'échelle représente 50µm</p>

<p><i>Peridinium sp2.</i> Cellules mesurant 40µm à 50µm Avec une valve plus importante que l'autre.</p>	 <p>Fig. 20</p>
<p><i>Peridinium sp3.</i> Les plaques de ces échantillons présentent une surface ornementée. La cellule mesure 30µm à 35µm</p>	 <p>Fig.21</p>
<p>EMBRANCHEMENT DES CHROMOPHYTA CLASSE : DIATOMOPHYCEAE</p>	
<p><i>Gomphonema sp1.</i> Cellules cunéiformes fixées par leur base étroite à l'aide d'un style gélatineux simple ou ramifié. Les stries n'étant pas visibles, les espèces n'ont pu être déterminées.</p>	 <p>Fig. 22</p>
<p><i>Gomphonema sp2.</i> Différents diamètres et formes de genres <i>Gomphonema</i> ont été observés, mais par manque de temps et de préparations diatomiques on n'a pas pu les identifier avec précision.</p>	 <p>Fig.23</p>

<p><i>Cymbella sp.</i> Cellule solitaire de 120 μm longueur et de 35 μm de largeur, les stries sont peu visibles (environ 6 stries/10 μm).</p>	 <p style="text-align: center;">Fig .24</p>
<p><i>Cymatopleura sp.</i> Cellule solitaire de forme allongée présentant des ondulations transversales.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.25</p>
<p><i>Surirella linearis</i> Bourrelly. Cellule allongée de 6 -7μm de largeur et de 34μm de longueur à 7 stries/10μm.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.26</p>
<p><i>Surirella sp1.</i> Cellule de forme ovale de 70 μm de diamètre les stries sont au nombre de 3stries/ 10 μm ressemblant à l'espèce <i>suriella linearis</i> (Bourrelly)</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.27</p>
<p><i>Surirella sp2.</i> Cellule ovale de 80 μm de diamètre et les stries sont visible 6 stries par 10 μm.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.28</p>

<p><i>Navicula sp.</i> Plusieurs formes se rapprochant au genre Navicule ont été observées.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.29</p>
<p><i>Gyrosygma sp.</i> Valve de 90 µm de longueur et 15µm de largeur. Stries invisibles</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.30</p>
<p>SOUS - CLASSE DES EPITHEMIACEAE</p>	
<p><i>Fragilaria vaucheriae.</i> Nous rapprochant cette espèce à <i>F. vaucheriae</i>, avec des cellules de 2 a 3 µm de longueur et de 10µm de largeur.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.31</p>
<p><i>Fragilaria sp.</i> Vue connective en forme de chênnette. La cellule est de 5µm de largeur et de 40µm de longueur.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.32</p>

<p><i>Nitzschia larenziana</i> Bourrelly.</p> <p>Cellule allongé La forme de valve est droite, de 120 μm de longueur et de 9 μm.les stries demeurent invisibles</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.33</p>
<p><i>Synedra</i> sp.</p> <p>Vue connective de longueur de 180μm et de 10μm.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.34</p>
<p>EMBRANCHEMENT : CHLOROPHYTA CLASSE : EUCHLOROPHYCEAE FAMILLE : DICTYOSPHAERIACEAE</p>	
<p><i>Dictyosphaerium sppulchellum</i>.</p> <p>Cellules sphériques de 3à 5 μm de diamètre groupées dans une gaine gélatineuse difficile à percevoir.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.35</p>
<p>FAMILLE : CHLOROCOCCACEAE</p>	
<p><i>Schroederia</i> sp.</p> <p>Cellule solitaire, libre. La cellule mesure 37μm de longueur et 5 μm de largeur.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.36</p>

FAMILLE : HYDRODICTYIACEAE

Pediastrum duplex.

Cénobe plat, circulaire ; cellules séparées par de petits méats ; thalle de 58 à 60 μm de diamètre.

Espèce cosmopolite.

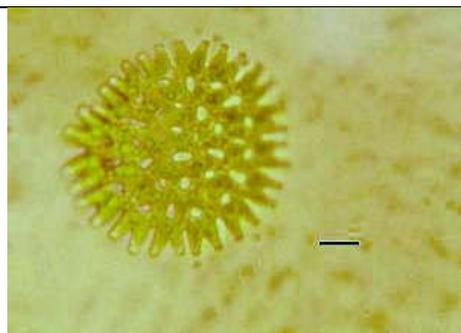


Fig.37

Pediastrum Boryanum.

Cénobe plat, circulaire de cellules jointives ; thalle de 70 à 75 μm de diamètre.

Espèce cosmopolite.



Fig .38

Pediastrum sp.

Cénobe de 55 à 60 μm de diamètre.

Espèce cosmopolite.

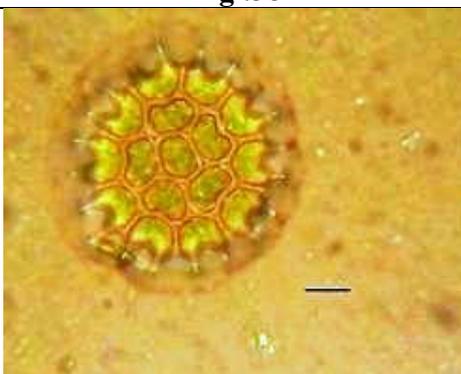


Fig.39

Pediastrum tetras.

Cénobe plat, circulaire de 6 cellules marginales et 2 cellules centrales, thalle de 39 à 44 μm de diamètre.

Espèce cosmopolite

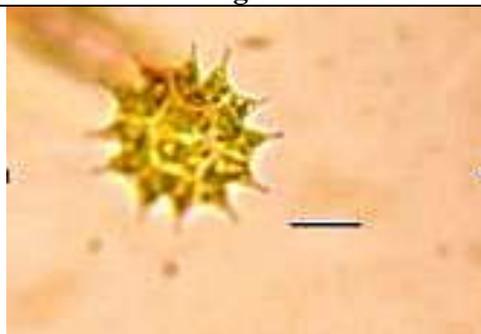


Fig.40

FAMILLE : OOCYSTACEAE

***Oocystis parva* W. et G.S.West.**

Les cellules 10µm de longueur sur 7 à 8 µm de largeur possédant un seul pyrénocyste par cellule et réunies en familles de 4 à cellules.

Espèce cosmopolite.



Fig.41

***Oocystis* sp.**

Cellule solitaires, largeur de 8µm et de 10 µm de longueur.

Espèce cosmopolite

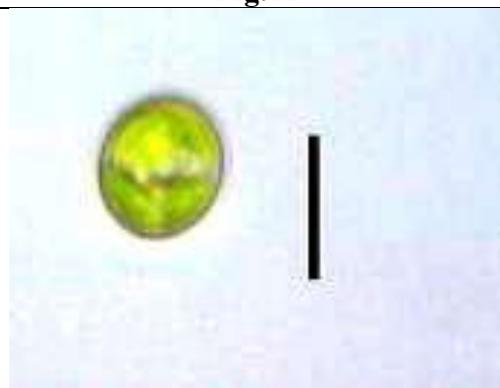


Fig.42

FAMILLE : SCENEDESMACEAE

***Coelastrum asteroideum* De Not.**

Cénocyste de 17 à 20 de diamètre, formé par des cellules ovoïdes à apex légèrement épaissies et en contact les unes avec les autres.

Espèce cosmopolite.

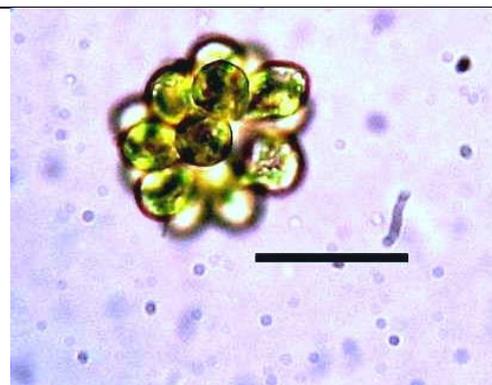
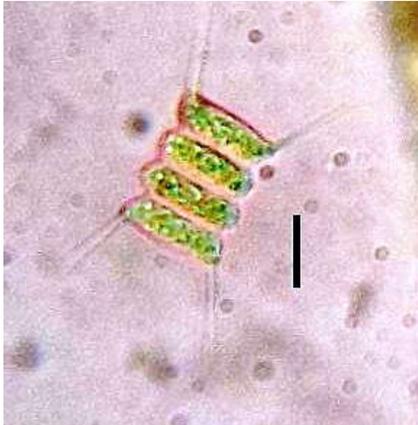
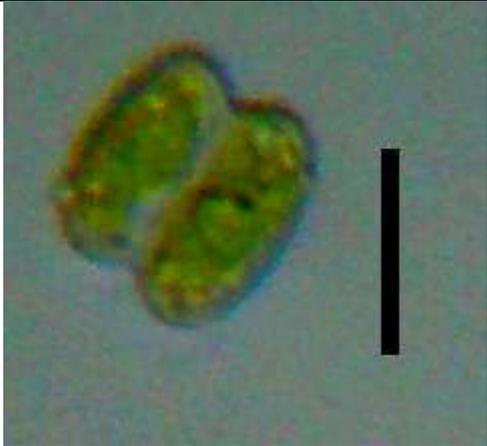
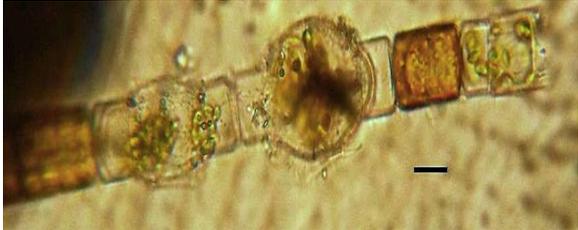


Fig.43

<p><i>Coelastrum pulchrum.</i></p> <p>Formes similaires au genre <i>Dictyosphaerium</i> avec des cellules en colonies. Cellules sphériques de 10 à 12 μm de diamètre en contact les unes des autres</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.44</p>
<p><i>Scenedesmus acunae</i> Comas.</p> <p>Cénobe de 4 cellules mesurant 15 μm de longueur et 5 μm de largeur ; les cellules marginales portent chacune 2 longues épines.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.45</p>
<p><i>Scenedesmus quadricauda</i> TurpinBréb.</p> <p>Cellules ellipsoïdales nues de 13 μm de longueur et de 5 à 8 μm de largeur, réunies en colonie de 4 cellules plates.</p> <p>Espèce cosmopolite</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.46</p>

<p><i>Scenedesmus ecornis</i> Ehrenberg ex Ralfs Chodat.</p> <p>Cellules ellipsoïdales à pôles légèrement arrondie, groupés par 2cellules en Cénobe régulier. Elles mesurent 11 μm de longueur et 5 μm de largeur.</p> <p>Espèce cosmopolite.</p>	
<p>FAMILLE : OEDOGONIACEAE</p>	
<p><i>Oedogonium sp1.</i></p> <p>Filaments de 10 μm de largeur ; cellules de 15 μm de longueur ; oogones de 40 μm de diamètre.</p>	
<p><i>Oedogonium sp2.</i></p> <p>Cellules de 10 μm de longueur et 14 μm de largeur ; oogones de 50 μm de diamètre.</p>	
<p><i>Oedogonium sp3.</i></p> <p>Filaments libres formés de cellules de 13 μm de largeur et 20 μm de longueur ; oogone légèrement allongé de 38 à 40 μm de diamètre.</p> <p>Le manque de documentation spécialisée n'a pas permis d'identifier les différentes espèces observées (sp 1, 2 et 3).</p>	

Bulbochaete sp.

Cellules ciliées et ramifiées, incolore avec des bases bulbeuses. l'espèce présente une sorte d'épine aux extrémités.



Fig.51

Le trait d'échelle représente 50µm

**CLASSE : ZYGOPHYCEAE
FAMILLE : ZYGNEMATACEAE**

Mogeotia sp.

Filament stérile droit sans ramification, de 7µm de largeur et 20 µm de longueur.

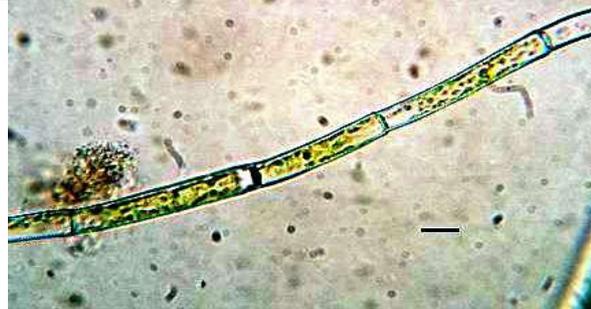


Fig.52

Spirogyra sp.

Plusieurs filaments stériles de *Spirogyra* ont été observés avec différentes dimensions et différents plastes.

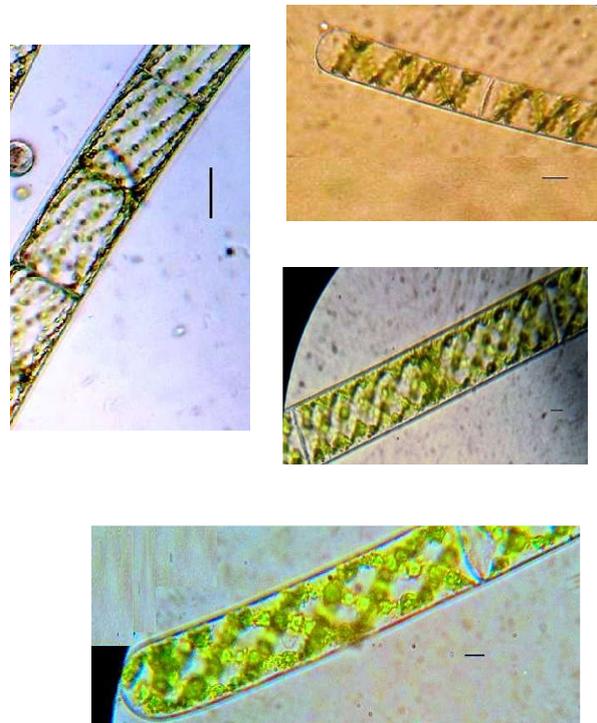


Fig.53

FAMILLE : DESMIDIACEAE

***Closterium acutum* Breb. exrolfe.**

Cellule allongée de 61 μm de longueur et 2 μm de large, aiguë aux pôles.

Espèce cosmopolite.

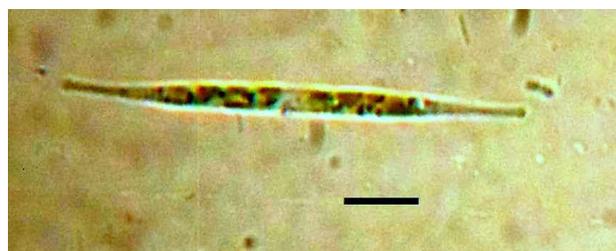


Fig.54

***Closterium littorales*.**

Cellule droites a pain courbées atténuées vers les extrémités de 340 μm de longueur et 40 μm de largeur, chloroplaste à nombreux de 8 pyrénioïde sur un rang



Fig.55

Le trait d'échelle représente 50 μm

***Cosmarium* sp**

Différent espèces de *cosmarium* on été observé ; les cellules ont une constriction médiane bien marquée. Le contour générale est arrondi et la cellule plus ou moins aplatie.

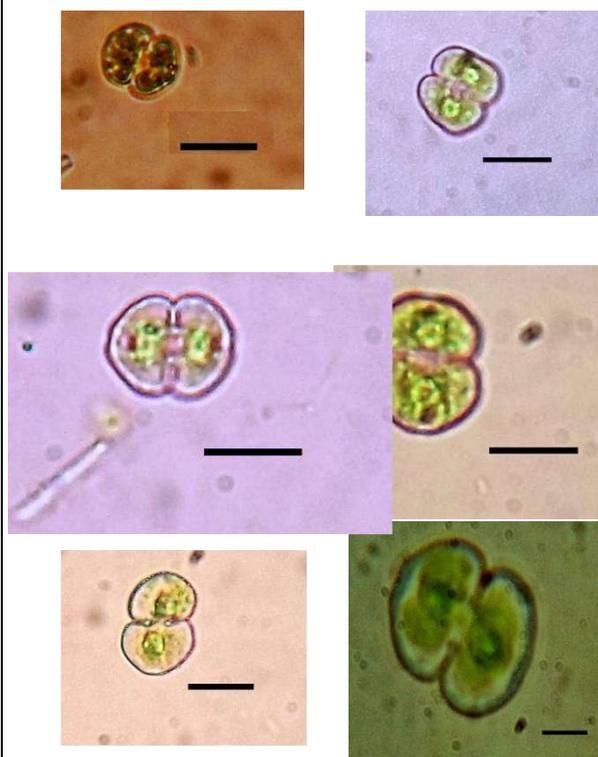
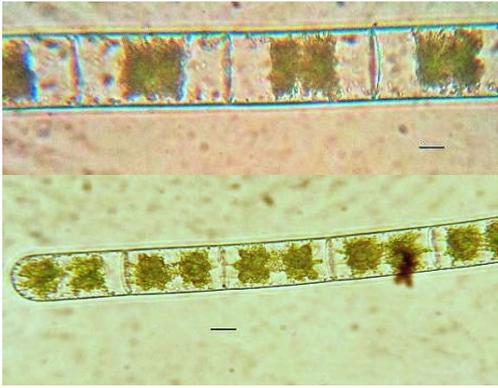


Fig.56

<p><i>Zygnema sp.</i> Filament stériles, formé de cellules cylindriques identiques de 30µm de diamètre et de 50µm .Les plastes sont sous forme d'étoile.</p>	 <p>Fig.57</p>
<p><i>Melosira sp.</i> Filaments unisériés avec des cellules un peu plus longues que large.</p>	 <p>Fig.58</p>

NB : Le trait d'échelle devant chaque figure représente 10µm

III.1.3. Analyse taxinomique des communautés algales du barrage Tichi Haf

L'inventaire systématique que l'on vient de décrire dans la figure précédant parmi les premiers réalisés sur le phytoplancton des eaux du barrage Tichi haf dans la région de Bejaia. Dans l'ensemble des prélèvements effectués au niveau de ce biotope, nous avons identifié 58 taxons répartis en quatre embranchements différents et six classes. :

- ✚ 24 Chlorophyta
- ✚ 15 Chromophyta
- ✚ 14 Schisophyta
- ✚ 3Euglenophyta
- ✚ 2 Pyrrhophyta

Ces taxons sont décrits et illustrés sur les figures numérotées de 01 à 58

Les Chlorophyta dominant avec 24 taxons soit 41,37% de l'ensemble des algues récoltées. Elles sont suivies par les Chromophyta avec 15 taxons soit 25,86%, ensuite les Schisophyta avec 14 taxons représentent 24,13%, les Euglenophyta avec 3 taxons représentent 5,17%, et les Pyrrhophyta avec ces 2 taxons représente 3,44%(figures 30 et 31)

Concernant les Chlorophyta, elles sont dominées par la classe Eulichlorophyceae qui compte 13 taxons soit un pourcentage de 54,16%.

Par ailleurs, les autres embranchements ne sont représentés que par une seule classe.

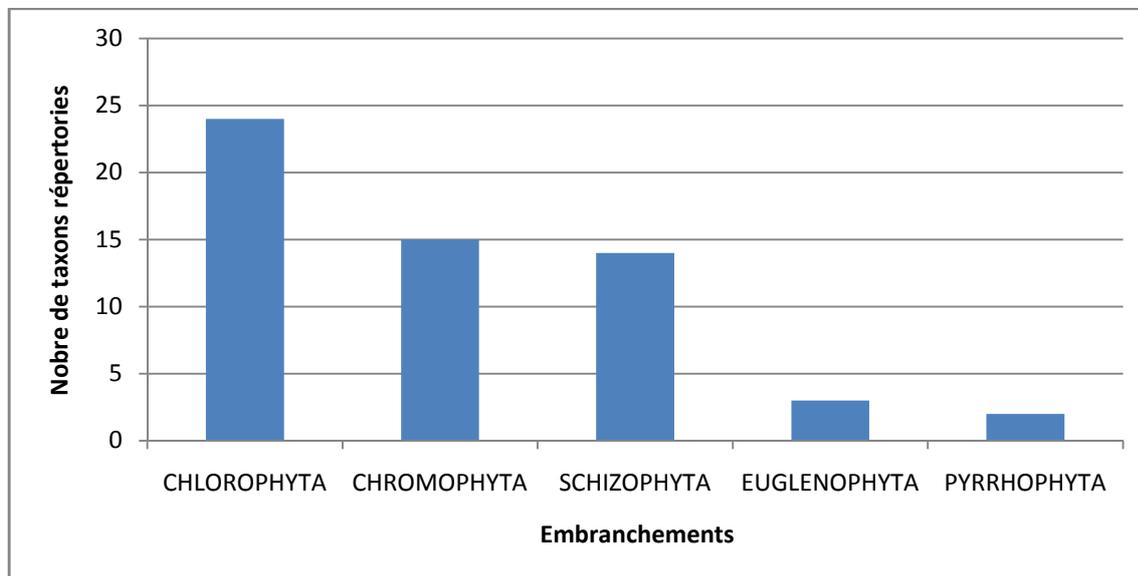


Figure 30: Répartition des différents embranchements d’algues provenant du barrage Tichi haf entre décembre 2012 et mai 2013.

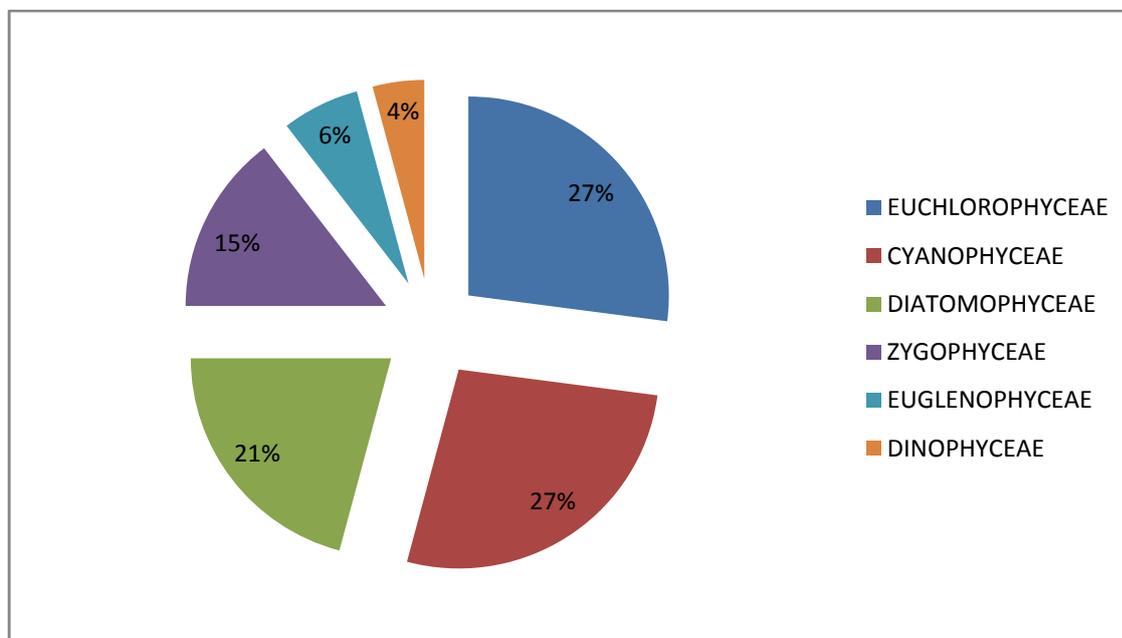


Figure 31 : Répartition des différentes classe d’algue dans l’ensemble des récoltes de barrage Tichi haf au cours de la période décembre 2012-mai2013

III.2. Discussion

III.2.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

Parallèlement à l'analyse des communautés algales, certains paramètres physicochimiques ont été mesurés. Ces paramètres sont des facteurs en relation directe avec le développement des algues.

A. La transparence

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 et pourrait être causée par n'importe quelle combinaison des facteurs mentionnés dans le tableau V.

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.

La profondeur jusqu'à laquelle la lumière pénètre dans l'eau détermine la profondeur jusqu'à laquelle les algues peuvent croître.

Les données du tableau V qui ont été prises au barrage Tichi haf, illustrent clairement une augmentation apparente de la transparence durant les journées où le ciel été couvert et une diminution de la transparence pour les jours ensoleillés.

Le développement des algues est un autre facteur majeur influençant la transparence dans cette retenue d'eau. Durant les journées chaudes et ensoleillées, les algues sont présentes en grande abondance, causant une diminution de la transparence. Les autres jours où la lumière est moins importante et par conséquent des températures plus faibles ou froides sont

généralement associées avec une baisse de production ce qui conduit à une augmentation de la transparence.

B. Potentiel hydrogène (pH)

Etant donné que la plupart des organismes sont sensibles aux variations de pH dans l'eau, nous avons surveillé les variations de ce paramètre dans les eaux du barrage.

Le pH ne varie normalement pas énormément bien qu'il existe des tendances suivant les saisons, en raison des variations de température, de la configuration des précipitations ou de la couverture terrestre.

Durant la période d'étude, la valeur du pH varie d'une sortie à l'autre: les faibles valeurs enregistrées en mois décembre (pH entre 6,69 et 6,7) peuvent s'expliquer par la dilution des eaux du barrage par les précipitations de l'hiver, par contre l'augmentation du pH (7,39 durant le mois de mai) serait due à l'activité des micro-organismes notamment du phytoplancton qui conduit à la consommation d'oxygène et à l'augmentation du taux du CO₂.

Les valeurs de pH mesurées dans les eaux du barrage Tichi haf placent ces dernières dans la classe excellente à moyenne des eaux de surface (6,5 à 9,2) selon la grille de qualité des eaux de surface Les valeurs mesurées oscillent entre 6,69 et 7,039 unités pH, ce qui témoigne d'une légère alcalinité favorable à la vie piscicole (**Belgriri L. 1993**). Cette tendance alcaline pourrait avoir une relation avec la nature pétrographique à dominance calcaire des terrains traversés (**Tifnouti A.1993**).

C. La conductivité électronique et le TDS

L'eau de l'Oued Bouselam et de ses effluents transporte de nombreuses impuretés naturelles y compris des sels ou minéraux dissous dans l'eau.

Des minéraux peuvent provenir d'un certain nombre de source naturelle : des sources dont l'eau a coulé, à travers des régions où les roches contiennent beaucoup de sel. L'eau dans les prairies contient beaucoup de solides dissous dus aux fortes quantités de calcium et magnésium dans le sol.

Ces minéraux peuvent aussi provenir d'activités humaines : Les eaux de ruissellement agricoles et urbaines peuvent provoquer un surplus de minéraux dans les milieux aquatiques.

Dans une étude réalisée par l'Organisation Mondial de la Santé (**OMS**), un jury de dégustateurs sont venu à la conclusion sur la quantité de TDS préférable dans l'eau :

Tableau VII : Goût de l'eau avec différentes concentrations de TDS.

Niveau de TDS (milligrammes par litres)	Évaluation
Moins de 300	Excellent
300 – 600	Bien
600 – 900	Passable
900 – 1200	Faible
Plus de 1200	Inacceptable

Cependant, une concentration très basse de TDS donne un goût fade à l'eau qui est indésirable à beaucoup de personnes.

Les solides dissous peuvent produire de l'eau calcaire qui laisse des dépôts et des couches sur les installations et à l'intérieur des tuyaux d'eaux chaudes et des chaudières. Les savons et les détergents produisent moins de mousse avec de l'eau calcaire qu'avec de l'eau douce. Les fortes quantités de solides dissous peuvent aussi tacher les appareils ménagers, corroder les tuyaux et avoir un goût métallique. L'eau calcaire les filtres à eau plus rapidement dû à la quantité de minéraux dans l'eau. Pour l'utilisation domestique, il est donc préférable d'utiliser une eau dont le TDS est inférieur à 500 ppm, bien qu'une eau ayant un TDS supérieur ne représente pas grand danger.

En ce qui concerne l'agriculture, des quantités élevées de sels dissous peuvent être nocives pour l'irrigation des cultures (**Rassam, et al.2012**). L'eau que l'on utilise dans l'agriculture doit avoir un TDS inférieur à 1000 ppm pour que les cultures fragiles ne soient pas endommagées.

Les valeurs de TDS enregistrée durant la période des prélèvements varient entre 886 et 940 ppm. Ces fortes valeurs peuvent s'expliquer par le lessivage des sols des terrains agricoles à côté du barrage qui utilise certainement des produits phytosanitaires. Les rejets urbains des villages avoisinant doivent également influencer ces teneurs en TDS.

D. La salinité

Le suivi de l'évolution de la salinité des eaux du barrage Tichi haf au cours de la période d'étude, montre une salinité moyenne de 649,46 mg /l. Elle peut être due au régime hydraulique, aux conditions climatiques« augmentation de la pluviométrie pendant la période

d'étude », 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 bords du barrage et aux apports de l'Oued Boussellam.

E. Les températures de l'eau et de l'air

Les températures maximales de l'eau et de l'air ont été enregistrées lors du dernier prélèvement (12 mai 2013). Elles sont respectivement de 26,5°C et 24,6°C, le minimum étant enregistré le 17 mars 2013 de 14,01°C et 15,5°C. En général, et suivant les variations durant la période d'étude, la température moyenne des eaux du barrage Tichi haf varie entre 15,87°C et 20,62°C le printemps.

La variation de la température de l'eau est intimement liée aux conditions climatiques. Les températures de l'eau sont légèrement inférieures à celles de l'air comme illustre dans la figure 07. Ceci peut être dû parfois aux mesures matinales cependant, il est clair que la température de l'eau ne change pas à la même vitesse que celle de l'air: elle se refroidit moins vite. En effet, l'eau a une capacité thermique plus élevée que celle de l'air.

Les processus d'évaporation et de condensation de l'eau peut jouer également un rôle dans le changement de température de l'air.

III.2.2. Analyse de la communauté algale

L'étude de la communauté algale de milieu prospecté durant la période allant de décembre 2012 à mai 2013 démontre une importante richesse taxinomique au niveau du barrage Tichi haf.

Parmi les algues identifiées, nous avons 58 taxons 30 ont été déterminés au niveau de l'espèce et 28 au niveau du genre seulement. Parmi ceux-ci 27 taxons sont des nouveautés pour le milieu d'étude en le comparant avec l'étude déjà réalisées par **Chaibi et Khedoussi (2012)**. La liste des espèces identifiées est présentée dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Liste des espèces identifiées durant la période d'étude

SCHIZOPHYTA	<p><i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Nag <i>Merismopedia glauca</i> Nag <i>Merismopedia punctata</i> Bourrelly <i>Lyngbya lucidum</i> Bourrelly. <i>Oscillatoria principis</i> Vaucher <i>Oscillatoria janthiphora.</i> Gomont <i>Oscillatoria tenuis</i> Ag. <i>Oscillatoria subtilissima</i> Gom. <i>Oscillatoria Formosa</i> Bory de St Vincent <i>Oscillatoria limnetica</i> Lemm <i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens. <i>Oscillatoria sancta</i> Kütz. <i>Spirulina major</i> Kütz.</p>
PYRROPHYTA	<i>Ceratium hirundinella</i> Schrank
CHROMOPHYTA	<p><i>Surirella linearis</i> Bourrelly <i>Fragilaria vaucheriae</i> Bourrelly <i>Nitzschia larenziana</i></p>
CHLOROPHYTA	<p><i>Dictyosphaerium sppulchellum</i> <i>Pediastrum duplex</i> <i>Pediastrum Boryanum</i> <i>Oocystis parva</i> W. et G.S. West. <i>Coelastrum astroideum</i> De Not <i>Coelastrum pulchrum</i> <i>Scenedesmus acunae</i> Comas <i>Scenedesmus quadricauda</i> Turpin <i>Scenedesmus ecornis</i> Ehrenberg ex Ralfs .Chodat <i>Closterium acutum</i> Breb. ex Rolfe <i>Closterium littorale</i></p>

La comparaison de nos résultats avec la situation de 2012 décrite par **Chaïbi et Khedoussi** résumée sur le tableau suivant :

Tableau IX : Tableau comparatif des analyses algales au niveau de Tichi haf de 2012 et 2013.

Embranchement (nombre de taxons)	Chaïbi et Khedoussi 2012	Etude 2013
Schizophytes	10 (32,25%)	14 (24 ,13%)
Euglenophytes	1 (3,22%)	3 (5,17%).
Pyrrophytes	1 (3,22%)	2 (3,44%)
Chromophytes	11 (35,48%)	15 (25,86%)
Chlorophytes	8 (25,80%)	24 (41,37%)

Ce tableau montre une modification dans la structure de la communauté algale dans sa composition et surtout dans la richesse spécifique des eaux du barrage.

Les effectifs retrouvés dans le présent travail sont nettement plus élevés par rapport à ceux de l'étude de 2012, 27taxons sont des nouveautés pour ce milieu.

Les résultats obtenus révèlent un changement remarquable en matière de répartition des espèces en fonction de temps. Durant notre période d'étude et les Chlorophytes sont les plus dominantes avec 41,37% et 24 taxons. Selon **Melkonian(1990)** la prédominance de cet embranchement semble être due à la salinité du milieu. Nos mesures physicochimiques

réalisées durant la période d'étude révèlent un taux de salinité élevé par rapport aux données de **Chaibi et Khedoussi (2012)** ce qui a favorisé leur développement. Quant aux les Chromophytes et Schizophytes, ce sont les groupes sous-dominantes avec respectivement de 25,85% et 24,13%. Une étude caractérisant la composition physicochimique des eaux de ce barrage est abordée parallèlement à notre étude sur les algues (**Mermouri et Belloul, 2013**), a montré que les concentrations en nitrites, phosphates et nitrates, avec respectivement 0,23 mg/l, 67,29 mg/l et 42,81mg/l, ont été suffisamment disponibles pour le développement de ces taxons. Selon **Descy(1998)** ce sont de bons indicateurs de pollution surtout dans les eaux mélangées ; ils s'adaptent facilement dans des milieux aquatiques différents.

Les Pyrrophytes et Euglénophytes présentent l'effectif le plus faible. Elles comptent respectivement 2 et 3 taxons représentant par un pourcentage de 5,17% et 3,44. Le même constat a été donné en analysant la flore recensée en 2012 par **Chaibi et Khedoussi**.

Conclusion

Conclusion

Ce présent travail constitue une contribution à l'étude de la diversité algale d'eau douce du barrage Tichi haf, vu son importance et son intérêt écologique en tant qu'une zone humide de la région de Béjaia peu étudiée.

Dans le but de comprendre les facteurs influençant sur l'environnement de la flore algale de ce milieu, quelques paramètres physico-chimiques ont été mesurés en parallèle. Les prélèvements d'algues ont été récoltés sur une période d'étude allant de décembre 2012 à mai 2013. Au total, 30 échantillons ont été effectués durant cette période.

Les résultats des mesures caractérisant plus ou moins le milieu colonisé par les algues récoltées montrent que ce milieu présente un potentiel hydrogène (pH) moyen de 7,021, une conductivité de 1318,33 μ s/cm conforme aux normes établies pour les eaux de surface, une température moyenne de 18,24°C, un taux des sels dissous (TDS) de 915,66 mg/l, une salinité de 649,46mg/l et une transparence de 3,56m.

L'examen microscopique des algues récoltées nous ont permis de répertorier 58 taxons appartenant à 32 genres et dont 30 ont été déterminés au niveau de l'espèce et 28 au niveau du genre seulement, répartis comme suit, dans cinq embranchements :

24 Chlorophyta, 15 Chromophyta, 14 Schizophyta, 3 Euglenophyta, 2 Pyrrophyta.

Par ailleurs, l'analyse floristique des taxons inventoriés indique une richesse spécifique assez importante de notre milieu d'étude ; les Chlorophyta dominent le reste des embranchements avec 24 taxons. Les Chromophyta et les Schizophyta sous-dominent avec respectivement 15 et 14 taxons. Les Euglenophyta ne représentent que 3 taxons, et les pyrrophyta à leur part ne représente que 2 taxons.

Toutefois, il faut rappeler que l'étude dont les résultats sont présentés ici, a été consacrée pour l'essentiel à la taxinomie des communautés algales, il serait souhaitable de réaliser des études plus approfondies dans ce domaine en général, et en écophysiologie en particulier pour mieux appréhender les phénomènes de développement ou de prolifération algale, notamment celle des Cyanophycées (Cyanobactéries) et de surveiller la qualité de cette eau qui reçoit de multiples et divers rejets la menaçant d'eutrophisation aux conséquences déplorables.

Rappelons que ce barrage approvisionne en eaux potable quasiment toute la région de Béjaia.

Ce travail est une recherche dans le domaine de la systématique et d'écologie des algues. Nous suggérons aux futurs étudiants de le compléter par des études plus approfondies notamment les études quantitatives (comptage des populations algales sous microscope inversé), l'identification plus précise des algues (microscopie électronique à balayage), et l'étude de la dynamique des populations par le suivi de la fréquence de chaque espèce au cours du temps.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABDELKRIM, G. 2012- *L'Algérie manque d'eau*. La Tribune. Edition N° :5238. Alger.

B

BEAUX, J-F .2004- *l'environnement*. Repères pratiques .Edition Nathan.

BELGRIRI, L. 1993- *Bioécologie de deux espèces de larves Hyophthalmichtymolitrrix Val. Et Cyprinus caprio L expérience d'empoisonnement dans le canal de Rocade*. Thèse de troisième cycle, Fac. Sc. Semlalia Marrakech. p137.

BENNABI, M-S. 1985- *Contribution à l'étude hydrologique de la vallée de l'Oued Sahel Soummam (Algérie)*. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Grenoble. p 156.

BERGER, C. 2005- *Cyanobactéries du Bas Delta du fleuve Sénégal: diversité, toxicité, toxines et risques associés*. Doctorat Museum National d'Histoire Naturelle. Paris. p211.

BOUSSAAB, H. NADINE, N. ANTIONE, G. EI SAMRANI. ROSETTE, D. SAMIR, M. NAIM, O. 2007- *Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface, laboratoire de microbiologie BP 446*. Revue des Sciences de l'Eau. Edition N°4. Liban. pp341-352.

BOURRELLY, P. et COUTE, A. 1986- *Algues d'eau douce de l'Ile Maurice (diatomées exclues)*. Ed. Rev. Hydrobiol. Trop. pp131-158.

BOURRELLY, P. 1984- *Algues d'eau douce de la Nouvelle Calédonie recueillies par la mission F. Starmühlner en 1965 (diatomées exclues)*. Rev. Hydrobiol. Trop. pp101-115.

BOURRELLY, P. 1987- *Algues d'eau douce des mares d'Alpage de la région de Lunz am See, Autiche*. Ed. Bibliothécaphycologica. p 182.

BRIERE, F. G, 2000- *Distribution et collecte des eaux*. Presses int. Polytechnique. Edition N°: 2.

C

CHAIBI, M. KHEDOUSSI, F. 2012- *Etude de la qualité des eaux de barrage TICHI HAF: les algues bio-indicatrices*. Mémoire de fin d'étude. Université de Bejaia.

CAPDEVIELLE, P. 1985- *Observation dans la région des Landes d'algues d'eau douces rares ou nouvelles pour la flore de France*. Cryptogamie : Algologie. pp141-170.

CARDINAL, C. 1979- *Algues planctoniques du bassin de la Seine (à l'exception des cyanophycées et des diatomées)*. Bull. Mus .natn. Hist. nat., Paris.

CELEKL, A. OBALI, O. ET LU, O- B. 2007- *The Phytoplankton Community (except Bacillariophyceae) of Lake Abant (Bolu, Turkey)*. Ed: Turk J. Bot. N°31. pp 109-124.

CHORUS, I. et BARTRAM, J.1999-*Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management.* Ed Spon, London. p400.

COMPERE, P. 1972- *Algues de la région du lac Tchad VII : Chlorophycophytes (3ème partie : desmidiées)* . Cah. O.R.S.T.O.M. Ed Sér. Hydrobiol .N°2 . pp77-177.

COMPERE, P. 1974-*Algues de la région du lac Tchad II : Les cyanophycées.* Cah. O.R.S.T.O.M. Ed Sér .Hydrobiol N°8. pp165-198

COMPERE, P. 1975- *Algues de la région du lac Tchad III : Rhodophycées, Euglénophycées, Cryptophycées, dinophycées, Chrysophycées, Xanthophycées.* Cah. O.R.S.T.O.M. Ed Sér, Hydrobiol N°3. pp 167-198.

COUTE, A. 1979- *Cyanophycées planctoniques du bassin de la seine* Ed. Bull. Mus. Natn. Hist. Nat .Paris, 4e Sér. 1, section B, N° 4. pp267 -283.

COUTE, A. ET THEREZIEN, Y. 1986- *Quelques desmidiées (algae, zygophyceae) de Guyane française étudiées au microscope électronique à balayage.*Ed Rev. Hydrobiol. Trop. N°19. pp 31-44.

COX E.J. 1991-*What is the basis for using diatoms as monitors of river quality.* Whitton

COYNE & BELLIER.1996-*caractéristiques principales du barrage TichiHaf.* Bureau d'étude France.

D

DAJOZ, R. 1985-*Précis d'écologie.* Ed. Bordas. Paris. p499.

DEHBI-ZEBBOUDJ, A. 1989-*Les algues dulçaquicoles des Vosges et les pluies acides.* Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie.Paris. p 233.

DIDEM KARACAO,L. DERE, F. et DALKIRAN,N. 2004-*A Taxonomic Study on the Phytoplankton of Lake Uluabat.*Turk J Bot.pp473-485.

DE REVIERS, B. 2002- *Biologie et phylogénie des algues.* Belin Sup. Sciences. Tome 1.p351.

DE REVIERS, B. 2003-*Biologie et phylogénie des algues.* Belin Sup. Sciences. Tome 2.p255.

DESCY, J.P. & COSTE, M. 1989-*Application d'un nouvel indice diatomique (indice CEE 88) au réseau national de bassin Rhône-Méditerranée-Corse.*Rapport d'étude, Agence de l'Eau RMC. p86

DESCY, J.P. 1998-*Ecologie des eaux continentales.* Les végétaux aquatiques.p 60.

DUMONT, M .2008-*Apports de la modélisation des interactions pour une compréhension fonctionnement d'un écosystème.*Thèse doctorat, université Montpellier II. p 228.

DUY, T-N. LAM, P-K-S. SHAW, G-R. et CONNELL, D-W. 2000-*Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial(blue-green algal) toxins in water.* Rev. Environ Contam Toxicology. Ed: 163. pp 113-186.

F

FRANCESCHINI, I-M. 1991-*Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil. Taxinomie, composition floristique et peuplements.*Thèse de doctorat de l'université paris 6. Spécialité : Science de la Vie-Algologie.p118.

FRANCESCHINI, I-M. 1992-*Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les diatomophycées exclues).*Ed. Bibliothécaphycologica. p 81.

FREMY, P. 1930- *Les myxophycées de l'Afrique équatoriale française.* Ed. Caen.p 508.

G

GAYRAL, P. 1975-*Les algues : morphologie, cytologie, reproduction et écologie.* Edition DOIN. p163.

GROSCLAUDE, G. 1999-*L'eau milieu naturel et maîtrise.* Tome I.p 201

H

HALITIM, A. 1988-*Sols des régions arides d'Algérie.*Edition OPU.Alger. p 384.

HAMDAOUI, H. MERZOUKI, K. 2001-*Raccordement de l'alimentation en eau potable de la commune de Seddouk à partir du transfert Akbou-Béjaia à partir du barrage Tichihaf.* Mémoire de fin d'étude en hydraulique, Université de Béjaia.

HERNANDEZ, L. 2006-*Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable.* Thèse de Doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.France.

I

ILTIS, A. et Couté, A. 1994-*Péridiniales (Algae, Pyrrophyta) de Bolivie.* Rev.Hydrobiol. Trop.pp279-286.

ILTIS, A., 1970-*Phytoplancton des eaux Natronées du Kanem (Tchad) IV. Note sur les espèces du genre Oscillatoria, sous-genre Spirulina (Cyanophyta).*Sér.Hydrobiol..Vol. IV. pp 129-134.

ILTIS, A. 1980-*Les algues.* Sérbio. veg. pp 9-61.

L

LANGE BERTALOT, H. 1979- *Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation.*Nova Hedwigia. Ed 64. pp285-304.

LEITÃO, M. et COUTE, A. 2005-*Guide pratique des Cyanobactéries planctoniques du Grand Ouest de la France.* Ed.AESN. p 63.

M

MELKONIAN, M. 1990-*Phylum Chlorophyta.* Handbook of protoctista. Boston. p597

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.

MUSY, A. 2004-*Hydrologie.* Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne.

N

NEDJRAOUI, D. 2003-*Forage ressource profils.* Country pasture. Ed. FAO. Grassland and pasture crops Algeria. pp: 1-29.

P

PATRICK, R. 1949-*A proposed biological measure of stream; conditions based on a survey of the Conestoga basin.* Lancaster country. Pennsylvania. Proc. Acad. not. Sci. Philad. Ed: 101. pp: 277-341.

R

RASSAM, A. CHAOUCH, A. BOURKHISS, B. OUHSSINE, M. LAKHLIFI, T.

BOURKHISS, M. et EL WATIK, L. 2012-*Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées brutes de la ville d'Oujda (maroc).* Les technologies de laboratoire. Volume 7, N°28

REMINI, B. HALLOUCHE, W. 2003-*Les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement,* Revue VECTEUR Environnement .Canada. Vol 36.

REMINI, B. 2007-*la problématique de l'eau en Algérie.* Office des publications universitaire.

RODIER. 1996-*L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer,* Ed. DUNOD. Paris .8^{ème} Edition.

RODIER. 2005-*Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduelle, eau des mers, analyse physico-chimique, bactériologiques.* Ed 8^{ème}. DUNODE. Paris. P.111.

ROUND, F- E. 1991-*Diatoms in river water-monitoring studies.* ApplPhycol. pp: 129-145.

S

SAAOUI, B. TAZRARI. 2005- *Adduction et dimensionnement de la station de traitement des eaux de barrage de Tychi Haf*. Mémoire d'ingénieur en hydraulique urbain .Université de Bejaïa.

SANCHEZ,A. 1992-*Etude du phytoplancton des lacs d'inondation du BAS ORÉNOQUE en relations avec les facteurs du milieu*. Thèse de doctorat del'université PAUL Sabatier de Toulouse. Spécialité : écologie des systèmes aquatiques continentaux. p 239.

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.

SLADECEK,V. 1986- *Diatoms as indicators of organic pollution*. ActaHydrochim.Hydrobiol. Ed N°: 14.

STEINBERG , C. & SCHIEFELE , S. 1988- *Biological indication of trophy and pollution of running waters*. Z. Wasser-Abwasser-Forsch. Ed 21. pp227-234

STIGTER, C. et al. 1989-*Sedimentationcontrôl of reservoirs*. Bulletin de la commission internationale des grands barrages (C.I.G.B). p159.

T

TIFNOUTI, A. 1993-*Structure et organisation du peuplement zooplanctonique dans le lac Lallatakerkouste*. Thèse de doctorat. Fac. Sc. Semlalia Marrakech.

TOUATI, B. 2010-*Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable*. Thèse de Doctorat d'Etat en Aménagement du Territoire. Faculté des sciences de la terre. De la géographie et de l'aménagement du territoire. Université Mentouri – Constantine.

TOUMI, A. REMINI, B. 2002-*Contribution à l'étude des fuites dans les barrages Algériens* .1ères journées pluridisciplinaires sur les sciences de l'ingénieur "JPSI'1 2002". Université Hassiba ben Bouali CHLEF.15-17 Décembre.

THEREZIEN,T.1986-*Nouvelle contribution à l'étude des algues d'eau douce de la partie amazonienne de la Bolivie*Rev. Hydrobiol. trop. pp177-183.

THEPENTIER, C. DERMOUN. D et GUDIN, C .1990- *Valorisation industrielle desmicroalgues*. In : les algues : une matière première pour de nouveaux débouchés. Le point et les perspectives. Annales du colloque-Brest 9-10, organisé par l'APRIA avec le concours de C. E. V. A, de IFREMER et du M. N. H. N. Ed. APRIA. Paris. pp87-96.

THI NGUYET, H- P, COUTE, A ET BOURRELLY, P. 1992- *Les cyanophycées du delta du Mékong (viet– Nam)* .Ed, Nova hedwigia. N° 54. pp 403- 446.

TROLLE ,D. HAMILTON, D- P. PILDITCH ,C- A. DUGGAN I,C. ET JEPPESEN E.
2010- *Predicting the effects of climate change on trophic status of three morphologically varying lakes: Implications for lake restoration and management.* Environmental Modelling & Software . Ed:**26.** pp354-370.

V

VALENTINE, M-B .2004-*Floraison des cyanobactéries au lac Saint-Augustin : Dynamique à court terme et stratification.* Mémoire de maîtrise en Biologie. Spécialité Sciences et de Génie. Université Laval. Quebec. p129.

VAN DAM, H. 1982- *On the use of measures of structure and diversity in applied diatom ecology.* Nova Hedwigia.Ed:N°73.pp97-115.

VANKNDINGHAM,S-L.1976-*Comparative evaluation of water quality of the St.Josephriver (Michigan and Indiana, USA) by three methods of algal analysis.* Hydrobiologia.

W

WHITTAKER, R- H. 1969-*New concepts of kingdoms of organisms.*Science.Ed N °:163.p 150–160.

WHITTON, B-A. ROTT, E. et FRIEDRICH, G. 1991-*Use of algae for monitoring rivers.* Proc. Internat. Symp. Dusseldorf, Germany 26-28 May 1991. Innsbruck. p193.

Site internet

SANTE CANADA.2002-Les toxines cyanobactériennes – Les microcystines-LR.
Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada : pièces à l'appui. Accessible à :
www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/eau/pdf/microcysf.pdf

ANONYME1.2005-propositions de critères d'intervention et de seuils d'alerte pour les cyanobactéries.Institut national de santé publique du Québec<http://www.inspq.qc.ca>