

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité/Option: Santé, Eau, Environnement / Microbiologie de l'environnement
Département: ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème :

**APPROCHE QUALITATIVE DU PHYTOPLANCTON DU LAC TONGA
(EXTREME NORD-EST ALGERIEN)**

Présenté par : Mlle : AOUAISSIA Khaoula

Mlle : GRABSSIA Lemya

Mlle : TARBAGHE Amel

Devant le jury composé de :

Mlle. KHENAKA Karima
Mr. ROUABHIA Kamel
Dr. ROUIBI Abdelhakim
Mr. ADRAR Nassim Salem
Pr. HOUHAMDI Moussa
Dr. GRARA Nedjoude
Dr. KHALLEF Messaouda

Président
Encadreur
Co-encadreur
Examineur
Membre
Membre
Membre

Université de Guelma
Université de Guelma

Juin 2017

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, se sont intéressés à cette thèse et nous ont apportés leur soutien.

*En premier lieu, Nous présentons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à monsieur **ROUABHIA Kamel** qui nous a fait l'honneur d'être notre encadrant. Ainsi que son encouragement continu et aussi d'être toujours là pour nous écouter, nous aider et pour avoir pris le temps de nous former avec patience et disponibilité. Tout le mérite lui revient.*

*Nous tenons à remercier Mlle **KHENAKA Karima**, Maitre-Assistant au niveau du département de sciences de la nature et de la vie, d'avoir voulu présider ce jury. Qu'elle trouve ici le témoignage de notre très haute considération.*

*Nous tenons à remercier aussi Mr. **ADRAR Nassim Salem**, Maitre-Assistant au niveau du département de sciences de la nature et de la vie, qui nous fait l'honneur d'accepter d'examiner notre mémoire.*

Un gros merci aussi à nos familles pour leurs soutiens aussi bien moraux que financier et pour leurs sacrifices.

A tous nos enseignants qui nous ont guidés et formés durant ces cinq années.

Finalement, Nous tenons à gratifier également tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes parents, qui n'ont jamais cessé de

m'encourager Pour mes études

A toute ma grande famille.

A mes chers binômes khawla et Lemya

A tous mes amis

A tous qui me souhaitent une bonne vie

A tous mes enseignants du primaire jusqu'aujourd'hui

A mes collègues de la promotion.

Amel

Dédicace

En premier lieu et avant tout, louange à dieu le miséricordieux qui m'a éclairé la voix de science et de la connaissance.

Je dédie cette mémoire, fruit de recherche et d'étude :

A mon respect et mon exemple dans ma vie, mon très chère père « Said », qui m'a très bien élevé et ma pousser à devenir ce qui je suis. Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants et vous n'avez jamais cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que dieu vous garde pour nous.

A la femme que son amour est creusé dans mes fonds les plus profond depuis ma naissance, à ma mère «SLIMANI Fatiha ». Les mots me manquent pour vous qualifier, tout ce que j'aurais à dire ne saurait exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous avez dû subir pour nous élever. Que dieu vous garde pour nous.

A mes chères frères et sœurs, « Taki eddin, Bahaa eddin, Diaa eddin, Achoik et Chaima .

A ma très chère tante « Samia »qui est plus qu'une tante pour moi, et qui m'ont soutenus durant toute ma vie. Que dieu les assure le paradis.

A tous mes oncles, mes tantes et surtout mes très chère oncle « Amar ».

*A mes collègues de promotion ; sans oublié mes collègues de travail. **Amel et Lemya***

A mes enseignants de l'école primaire jusqu'à l'université

Khawla

Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincère mots

Je dédie ce modeste travail

A ma source de tendresse, l'être la plus chère dans le monde, ma chère mère

A celui qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière... mon cher père

*Pour leurs sacrifices et leurs patiences. Que dieu leur procure bonne santé et
longue vie*

*A mes chers frères, **Karim** et **Fathi** pour leur appui et leur encouragement, et
leur soutien moral*

*A mes chères binômes **Khawla** et **Amel***

A toute personnes qui m'ont encouragé au aidé au long de mes étude

*A tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur, et à tous ceux qui m'aiment
et qui aurait voulu partager ma joie*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen du
secondaire ou de l'enseignement supérieur.*

Lemya

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviations

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

Chapitre I : Etude bibliographique

1. Généralités sur le phytoplancton	03
2. Composante du phytoplancton	03
2.1. Les Cyanobactéries	03
2.2. Les Chrysophytes	04
2.2.1. Chrysophycées.....	04
2.2.2. Xanthophycées.....	04
2.2.3. Diatomophycées.....	05
2.3. Les Pyrrophytes.....	05
2.3.1. Dinophycées.....	05
2.3.2. Cryptophycées.....	05
2.4. Les Chlorophytes	06
2.5. Les Euglénophytes	06
3. Habitat et écologie du phytoplancton.....	06
4. Cycle annuel du phytoplancton Cycle annuel du phytoplancton.....	07
5. Ecophysiologie du phytoplancton.....	08
6. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques.....	09
6.1. Photosynthétique.....	09
6.2. Chaîne alimentaire Chaîne alimentaire.....	09
6.3. Autres rôles.....	10
7. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées.....	10
8. Le phytoplancton indicateur de qualité biologique.....	11
9. Facteurs d'influence sur les phytoplanctons	12
9.1. Factures climatiques.....	12
9.2. Facteurs physico-chimiques	12
9.3. Facteurs biologiques	13
10. Effets nuisibles du phytoplancton	13
10.1. Risque sur la santé humaine.....	13
10.2. Risque sur les organismes marins.....	13
10.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème.....	15
11. Applications des micro-algues.....	15
11.1. Applications alimentaires.....	16
11.2. Applications pharmaceutiques.....	16

11.3.	Applications cosmétiques.....	16
11.4.	Agrofournitures et traitement de l'eau.....	17

Chapitre II : Matériel et méthodes

1.	Présentation du site d'étude.....	18
1.1.	Présentation du Parc National d'El-Kala.....	18
1.2.	Localisation du lacTonga.....	19
1.3.	Caractéristiques du lacTonga.....	19
1.3.1.	Pédologie.....	19
1.3.2.	Hydrologie.....	19
1.3.3.	Climatologie.....	20
1.3.3.1.	La pluviométrie.....	20
1.3.3.2.	La température.....	21
1.3.3.3.	L'humidité relative.....	22
1.3.4.	Synthèse climatique.....	22
1.3.4.1.	Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен.....	23
1.3.4.2.	Climagramme d'Emberger.....	23
1.3.5.	Caractéristiques faunistiques et floristiques du lac Tonga.....	24
1.3.5.1.	Flore remarquable.....	25
1.3.5.2.	Faune remarquable.....	25
2.	Choix des stations de prélèvements	27
3.	L'échantillonnage.....	28
3.1.	Méthode de prélèvement	28
3.2.	Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	28
3.3.	Transport et conservation des échantillons avant l'analyse.....	28
4.	Les analyses physicochimiques.....	28
4.1.	La température.....	29
4.2.	Le potentiel hydrogène.....	29
4.3.	La conductivité électrique.....	30
4.4.	L'oxygène dissous.....	30
4.5.	La salinité.....	30
5.	L'analyse phytoplanctonique.....	31
5.1.	Analyse qualitative.....	31
5.2.	Identification des espèces.....	31
5.3.	Richesse spécifique.....	32

Chapitre III : Résultats et discussion

1.	Résultats des analyses physicochimiques.....	33
1.1.	La température.....	33
1.2.	Le pH	33
1.3.	La conductivité électrique.....	34
1.4.	L'oxygène dissous.....	35
1.5.	La salinité.....	35
2.	Résultats des analyses phytoplanctoniques.....	37
2.1.	Identification des taxons.....	37

2.2. Classification des espèces.....	47
2.3. Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques.....	51
Conclusion.....	53
Références bibliographiques.....	54
Résumé	
Absract	
ملخص	
Annexes	

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Localisation du lac Tonga dans le Parc National d'El-Kala (Landscape Aménagement, 1998).	18
02	Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausson de la région d'étude	23
03	Étage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016)	24
04	Localisation des points de prélèvement (Google earth 2017).	27
05	Photo de multiparamètre HANNA HI 9829	29
06	Variations de la température de l'eau	33
07	Variations du pH de l'eau	34
08	Variation de la conductivité électrique de l'eau	34
09	Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau	35
10	Variation de la salinité de l'eau	36
11	Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques du lac Tonga	51

Liste des tableaux

Tab N°	Titre	Page N °
01	Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000 modifiée)	14
02	Précipitations mensuelles de la région d'El-Kala pour la période (1995- 2012) (Boutabia, 2016)	21
03	Moyenne des températures mensuelles de la région d'El-Kal pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016).	21
04	Hygrométrie mensuelles de la région d'El-Kala pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016)	22
05	Présentation des sites et période de prélèvement.	27
10	Aspect microscopique et identification des taxonsphytoplanctoniques des eaux du lac Tonga	37
11	Classification des taxons phytoplanctoniques identifiés dans les eaux du lac Tongaentre mars et mai 2017.	48

Liste des abréviations

- ASP** : amnesic shellfish poisoning, acide domoic. (Intoxication amnésiantes par les fruits de mer)
- AZP** : azaspiracides
- CE** : Communauté
- CFP** : Ciguatera Fish poisoning (Intoxication de type ciguatériques)
- DCE** : Directive Cadre sur l'Eau
- DSP** : Diarrheic shellfish poisoning, (Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer)
- H** : Hygrométrie
- µs** : micro- semence
- NH₄⁺** : Ammoniaque
- nm** : nanomètre
- NO₃⁻** : nitrates
- NSP** : Neurotoxic shellfish poisoning (Intoxications neurologiques par les fruits de mer)
- ONDPA** : Office National de Développement et de Production Aquacole
- PNEK** : Parc National d'EI-Kala.
- RAMSAR** : Ville en Iran, lieu de la convention sur les zones humides
- Si** : Silice
- WHO**: World Health Organization

Introduction

L'eau est essentielle à la vie : il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marine, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger (CE, 2011).

Alors l'eau est la deuxième en importance après l'air pour la vie humaine sur terre (Jeng, 2007). La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak, 2008).

La pollution et la rareté de l'eau menacent la santé et la qualité de vie de l'homme. Or, des préoccupations écologiques plus larges entrent également en ligne de compte. Le libre écoulement des eaux, inaltéré par la pollution, est important pour soutenir les écosystèmes dépendant de l'eau. Une pénurie d'eau de qualité nuit aux environnements aquatiques, terrestres et à ceux des zones humides en exerçant une pression supplémentaire sur la faune et la flore, qui subissent déjà les conséquences de l'urbanisation et du changement climatique (CE, 2011).

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux sont des eaux marines, les 2% restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs...A cause de leur utilisations multiples, ces eaux continentales sont d'une très grande importance pour les activités humaines : pour les activités domestiques comme la consommation et les loisirs, pour les activités agricoles et halieutique et pour les activités industrielles. Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme. ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable (Gleick, 1993 ; Costanza *et al.*, 1997). L'eau est également un élément très important et indispensable utilisé par l'irrigation agricole, la production d'énergie et l'industrie.

Fondamentalement, le phytoplancton constitue la base de la chaîne alimentaire de tous les organismes marins, la mer représentant une source de nourriture non négligeable pour la population mondiale. Par ailleurs, par la photosynthèse, le plancton végétal fournit près des deux tiers de l'oxygène de l'air que nous respirons. De plus, absorbant plus de la moitié du gaz carbonique de l'atmosphère, il est un élément indispensable de la lutte contre

le réchauffement climatique. Depuis l'origine de la vie, le plancton est un allié de l'homme et un acteur vital de l'équilibre écologique et climatique planétaire (**Mollo et Noury, 2013**).

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 (**Hamilton et al., 1997**), il réagit à ces altérations et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales, proposé par la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) comme élément de qualité biologique.

La prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations. En outre, certaines espèces, dont les cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale (**Chorus et Bartram, 1999**). Les usages de l'eau peuvent ainsi être limités par ces contaminations.

Le principal objectif de cette étude est d'avoir une idée de la composition du peuplement du phytoplancton d'un plan d'eau douce, le lac Tonga, par :

- 1- La caractérisation d'environnement physico-chimique des eaux du lac.
- 2- L'inventaire du phytoplancton au cours de la période d'étude.

Ce manuscrit est divisé en trois chapitres.

- Le premier chapitre, une étude bibliographique présente une généralité sur les phytoplanctons.
- Le deuxième chapitre, présente le site d'étude et une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physicochimiques et phytoplanctonique
- Le troisième chapitre, mentionne sous forme de tableaux et de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, avec une discussion et une conclusion clôturant le manuscrit.

1. Généralités sur le phytoplancton

Le phytoplancton (du grec phyton ou plante et planktos ou errant) est constitué par l'ensemble du plancton de nature végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, vivant en suspension dans l'eau et soumis aux mouvements des masses d'eau (**Sieburthetal., 1978**) . Au niveau marin, on estime qu'il existe environ 4000 espèces de phytoplanctons, réparties dans environ 490 genres(**Sournia et al., 1991**).Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou non (procaryotes) d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (**Prescott et al. 2003**). Toutefois, cette dénomination est erronée, des analyses plus approfondies de leur ultra structures à partir de microscope électronique, ont permis de démontrer qu'il s'agissait de bactéries photosynthétiques appartenant aux organismes procaryotes (**Carmichael, 1994 ; Choruset Bartram, 1999**).

D'après **Ricard, 1987 ; Chrétiennot-Dinet, 1990 ; Jeffrey et al., 1997**. Les communautés phytoplanctoniques sont constituées d'assemblages d'espèces aux caractéristiques biologiques (taille, forme...) et physiologiques (nutrition, croissance...) variées et forment un ensemble hétérogène.

2. Composante du phytoplancton

Le phytoplancton est constitué de très nombreuses espèces regroupées en différentes classes et familles selon leur caractéristique morphologique et la nature de leurs pigments. Il regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se basant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont pourvus sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de procaryotes ou Cyanobactéries (**Coute et Chauveau, 1994**).

2.1.Les Cyanobactéries

Parmi le peuplement phytoplanctonique qui est présent dans les eaux douces, on cite les cyanobactéries, sont des organismes procaryotes (**Carmichael et Falconer, 1993 ; Bartram et Chorus, 1999**).

Les cyanobactéries se distinguent des autres embranchements car ils regroupent les micro-organismes procaryotes (sans membrane nucléaire définie). Cet embranchement est

composé de la classe des Cyanophycées. Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les cellules renferment de la chlorophylle a et des phycobiliprotéines.

Les réserves sont constituées par le glycogène, la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. Il existe aussi des granules de polyphosphates. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (**DeReviere, 2003**).

2.2. Les Chrysophytes

Les Chrysophycées sont caractérisées par des chromatophores bruns, jaunes ou vert jaunâtre. Ces algues ne possèdent jamais d'amidon, leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine (**Amri, 2008**) On en distingue 3 classes: les Chrysophycées, les Xanthophycées et les Bacillariophycées ou Diatomée.

2.2.1. Chrysophycées

Les chrysophycées sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans les eaux marines et continentales des zones tempérées et chaudes. La chrysophycée est une micro-algue pélagique. Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (**Mollo et Noury, 2013**). Les chrysophycées (1000 espèces connues) organisme riche en silice possède la chlorophylle a et c mais surtout des xanthophylles et caroténoïdes en abondance. La multiplication se fait par voie végétative asexuée (**Oertli et Frossard, 2013**).

2.2.2. Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes (β -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente, La paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces Les xanthophycées se

divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Groga, 2012).

2.2.3. Diatomophycées

Englobent plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton. Elles sont communément divisées en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (Groga, 2012). Elles possèdent plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylles a et c) et en particulière des xanthophylles pouvant donner une couleur brune à l'eau (Oertli et Frossard, 2013).

Les diatomophycées sont des cellules algales non flagellées enfermées dans une coque siliceuse (le frustule) dont l'ornementation est caractéristique des différentes espèces. Les diatomées sont des cellules isolées (*Cyclotella*, *Navicula*, etc.) ou associées en structures pseudo-coloniales (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, etc.) (Balvayt et Druart, 2009).

2.3. Les Pyrrophytes

Les pyrrophytes sont des algues vraies, qui possèdent des plastes bruns, moins souvent rouges ou bleu-vert et mettent de l'amidon en réserve. Mais cet amidon n'est pas contenu dans des plastes, il est extra-plastidiale (Oertli et Frossard, 2013). On les divise en Dinophycées (ou Péridiniens) et Cryptophycées :

2.3.1. Dinophycées

Les dinophycées appelées aussi dinoflagellés ou péridiniens ces organismes sont composés de deux valves au contour plus ou moins globuleux terminées chacune par une pointe au niveau duquel s'insère un flagelle dévaginable, ces flagelles permettent un déplacement par rotation. Les dinophycées possèdent plusieurs pigments chlorophylliens (a et c notamment) ainsi que des xanthophylles leur conférant souvent un aspect brun. La reproduction est très majoritairement asexuée (Oertli et Frossard, 2013).

2.3.2. Cryptophycées

Les cryptophycées (200 espèces environ) toutes unicellulaires possèdent deux flagelles à insertion latérale elles se reproduisent par voie sexuée ou asexuée (Oertli et Frossard, 2013).

Ils sont aussi flagellés unicellulaires (ryptomonas, rhodomonas) renfermant en plus de la chlorophylle d'autres pigments comme caroténoïdes et des biliprotéines. cette composante

du manoplancton (plancton dont la taille est égale ou inférieure à 20 µm) constitue une nourriture facilement ingérable pour les rotifères et les crustacés filtreurs (*Daphnia*, *Bosmina*) (Balvayt et Druart, 2009).

2.4. Les Chlorophytes

Les Chlorophytes ont des plastides d'un beau vert franc et mettent de l'amidon en réserve. Cet amidon est logé dans les plastides (Amidon intraplastidial). Il se colore en bleu-noirâtre, et souvent même, en noir par la solution iodo-iodurée. Les cellules nageuses possèdent habituellement deux fouets de même taille, rarement quatre ou plus. Cet embranchement comporte quatre classes : Les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygochlophytes et les Charophycées (Bourrelly, 1972).

2.5. Les Euglénophytes

Les Euglénophytes sont des algues vraies unicellulaires, contenant des plastides verts renfermant de la chlorophylle *a* et *b*, associée à du β-carotène et des xanthophylles. Les réserves sont constituées de grains de paramylon extraplastidial (Bourrelly, 1968; Gorenflot et Guern, 1989), et des gouttelettes lipidiques pouvant constituer des réserves supplémentaires. Les cellules mobiles possèdent un ou deux flagelles (De Reviere, 2003).

3. Habitat et écologie du phytoplancton

Les organismes qui constituent le phytoplancton ont une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (Fogg *et al.*, 1973), et se retrouvent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. Quelques espèces sont recensées dans l'eau thermale tandis que d'autres tolèrent les basses températures des lacs arctiques (Skulberg, 1996). Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (endozoiques) ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes (endophytiques) (Couté et Bernard, 2001). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes comme dans le cas des lichens. Dans le cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques fixées ou très proches des divers substrats (roches, algues, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments (Mur *et al.*, 1999; Couté et Bernard, 2001).

Le phytoplancton comporte des organismes autotrophes qui possèdent, suivant les espèces, en plus de leurs remarquables possibilités d'adaptation à la température, une

excellente adaptabilité aux variations lumineuses grâce à une composition pigmentaire qui leur permet d'utiliser une large gamme du spectre lumineux. Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau de leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures chercher des concentrations plus importantes en nutriments. D'autres peuvent s'affranchir partiellement des éléments nutritifs par leurs capacités de stockage ou de transformation de l'azote atmosphérique **(Reynolds, 1987)**.

Dans les milieux aquatiques, la biomasse des cyanobactéries atteint parfois des proportions élevées que l'eau se colore et il se forme une efflorescence ou « bloom » selon les Anglo-Saxons. Des couches parfois très épaisses et éventuellement des écumes apparaissent à la surface de l'eau avec une durée assez variable, de quelques heures à plusieurs mois. Ces efflorescences sont le plus souvent dominées par une ou un petit nombre d'espèces, possédant pour la plupart d'entre elles des vésicules à gaz **(Reynolds, 1987)**.

4. Cycle annuel du phytoplancton

Le développement de phytoplancton d'un secteur quelconque dépend des conditions climatiques générales et microclimatiques locales. D'autres facteurs d'ordre physicochimique ou hydrographique, eux-mêmes soumis directement mais dans une plus ou moins large mesure aux variations climatiques, interviennent également sur le développement du phytoplancton. En fait, les facteurs influents sont très nombreux et interfèrent souvent les uns avec les autres, aussi est-il toujours difficile d'évaluer, leur part respective. On peut cependant considérer des variables telles que ensoleillement, turbulence, température, salinité, nutriments et certains oligo-éléments comme ayant une influence prépondérante sur l'évolution et la distribution du phytoplancton d'un secteur donné **(Paulmier, 1972)**.

En milieu littoral ou estuarien, l'enrichissement presque continu mais quantitativement irrégulier des eaux en sels nutritifs ou autres oligo-éléments, font que ces facteurs sont rarement limitatifs. Il arrive par ailleurs que les conditions climatiques ne soient pas répétitives d'une année à l'autre, ce qui par voie de conséquence entraîne des variations équivalentes des autres facteurs, en raison de leur dépendance, avec des prolongements jusqu'au niveau du plancton. Ceci fait qu'il est nécessaire d'avoir une longue série

statistique d'observations pour sortir un cycle annuel proche de la normale (Paulmier, 1972).

D'une manière générale, les principales étapes du cycle annuel phytoplanctoniques, correspondent aux rythmes saisonniers. La saison hivernale peut être prise comme point de départ. A ce moment, le phytoplancton est dans une phase pauvre en espèces et en individus sont relativement peu nombreux. D'autre part, le phytoplancton et zooplancton apparaissent en état d'équilibre, la production végétale commence à peine durant cette saison, les eaux s'enrichissent en éléments nutritifs soit par apports fluviaux, soit par minéralisation de détritiques organiques d'origines diverses (Bougis, 1974).

Dès le début du printemps on peut assister à une augmentation significative du phytoplancton, d'abord par un accroissement du nombre des espèces comme des individus. Les fortes teneurs en sels nutritifs (azotés, phosphorés, etc.) à cette époque, ainsi que l'accroissement des températures et celui concomitant des salinités, l'ensoleillement progressif, créent une situation favorable pour induire ce développement phytoplanctonique. Il se continue ensuite durant tout le printemps jusqu'à atteindre le maximum annuel mais avec quelques espèces, parfois une ou deux, dotées d'un taux de multiplication élevé.

En été la production phytoplanctonique régresse, soit parce que le milieu est en parce que le développement consécutif du zooplancton herbivore arrive à son point culminant et contrôle la production végétale, soit due à l'état physiologique des espèces dominantes de la phase précédente (Bougis, 1974).

On constate donc en automne une nouvelle poussée de la microflore planctonique qui utilise pour son développement le matériel remis en circuit, à un moment où les conditions générales du milieu sont redevenues favorables (Bougis, 1974).

5. Ecophysiologie du phytoplancton

Grâce à leurs diversités et à leurs exigences écologiques très variées, le phytoplancton est susceptible de peupler les biotopes les plus divers (eaux marines, douces, thermales et même glaciales). La plupart des Cyanobactéries sont autotrophes et peuplent des milieux très variés « sources thermales, milieux aquatiques, terres humides » (Des Abbayes *et al.*, 1978) et même dans le sable des déserts les plus arides (Bourrelly, 1985). D'autres sont saprophytes, parasites ou symbiotes d'organismes très divers (Ozenda, 2000).

Le phytoplancton est ubiquiste et possède une grande adaptabilité à son environnement écologique, de ce fait la relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est une question écologique fondamentale pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un écosystème, il est indispensable de connaître les différents éléments qui le composent, exemple : la distribution des organismes dans le temps et dans l'espace (Bengtsson,1998).

La richesse spécifique d'un écosystème résulte, de l'interaction entre les stratégies biodémographiques des populations qui visent à maximiser leur succès reproductif et la sélection qu'opèrent les changements environnementaux qui tendent à favoriser «les génotypes les plus efficaces». Il s'agit là d'un mécanisme complexe dans la mesure où les organismes vivants sont eux-mêmes partie intégrante de l'environnement et aux modifications auxquelles ils contribuent (Frontier et Etienne, 1990).

Les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses, car les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développées des stratégies adaptatives telles que (Gailhard, 2003):

- Différents mécanismes favorisant la mobilité et la migration vers des zones riches en nutriments et en lumière.
- La compétition interspécifique et les mécanismes de défense contre la prédation, ainsi que le mode de nutrition mixotrophe.

6. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques

Le phytoplancton possède d'importants rôles, dont les plus connus sont :

6.1.Photosynthétique

Le phytoplancton ne présente que 1% de biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure environ 45% de la production primaire (fixation du carbone minéral (CO₂) en carbone organique).Il est à la base de la nourriture de plupart des poissons, qui fixent eux-mêmes une quantité considérable de carbonate de calcium (Harris, 1986).

6.2.Chaîne alimentaire

L'importance du phytoplancton était déjà perçue chez les pêcheurs au moyen âge chez lesquels existait l'adage « qui dit poisson dit plancton » (Trégouboff et Rose, 1957). Le phytoplancton est situé à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998). De ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huîtres, de crevettes et d'autres produits (Hansen *et al.*, 2001).

6.3. Autres rôles

En plus des deux rôles cités ci-dessus, le phytoplancton peut être utilisé dans de nombreux domaines.

- Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphonpolonius* et *Calothrix* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoriachlorina* et *Spirulinajenneri* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidium* est présent dans les eaux moyennement polluées (Champiat et Larpent, 1994).
- Certains genres de phytoplancton comme : Euglena, Volvox et Spirogyra sont des bio accumulateurs d'éléments radioactifs. Ils sont utilisés pour lutter contre ce type particulier de pollution (Champiat et Larpent, 1994).
- Certains genres des Cyanobactéries peuvent être utilisés comme engrais naturels dans les rizières grâce à leurs capacités de fixation de l'azote atmosphérique par des hétérocystes (Roger, 1996).
- Le phytoplancton est connu pour libérer dans le milieu des substances antibactériennes (Barnabé et Barnabé - Quet, 1997). Certaines espèces appartenant aux genres *Scenedesmus* et *Chlorella*, ont un effet inhibiteur sur *Bacillus cereus* et *Pseudomonas* sp, tandis que d'autres espèces présentent un effet biocide marqué vis à vis des coliformes et des salmonelles (Champiat et Larpent, 1994).
- *Spirulina* sp est une Cyanobactérie qui possède des qualités intéressantes pour l'alimentation et la santé, tant pour l'Homme que pour les animaux car elle est riche en protéine et en vitamine B (Rafiqul *et al.*, 2005). Alors que *Scenedesmus*, *Chlorella* et *Oxillatoria* sont utilisées en culture semi-industrielles en vue d'obtenir des produits riches en protéines utilisables pour l'alimentation humaine ou animale (Iltis, 1980).

7. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées

Les micros algues jouent des rôles clés dans le traitement biologique des eaux usées par lagunage.

- Elles opèrent comme fournisseur d'oxygène par le processus photosynthétique ainsi, elles favorisent l'oxydation de la matière organique en s'associant sous forme symbiotique aux bactéries (**Humeniket Hanna, 1971**). Elles peuvent même contribuer directement à l'élimination de certains dérivés organiques (**Abeliovich et Weisman, 1978 ; Pearson et al., 1987**).
- Elles assurent l'élimination, en partie, des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires (**Kalisz, 1973 ; Pouliot et Delanoue, 1985 ; Ergashev et Tajiev, 1986**).
- Elles agissent comme bio-absorbants contribuant à l'élimination des métaux lourds et autres produits toxiques véhiculés ces eaux (**Beker, 1986**).
- Par leurs activité biologique, elles influencent négativement les conditions de vie de certaines bactéries pathogènes, conduisant ainsi à leur réduction en nombre et même leur disparition (**Parhad et Rao, 1974 ; Pearson et al., 1987**).

8. Le phytoplancton indicateur de qualité biologique

Qu'il s'agisse du phytoplancton, des macrophytes, des invertébrés ou des poissons, les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) sont basés sur le même principe. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux. Ainsi, **Blandin (1986)** a donné au terme bio-indicateur la définition suivante : «Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui – par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques – permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ».

A cet effet, **Reynolds et al. (2002)** ont publié une description détaillée de 31 assemblages phytoplanctoniques qui peuvent être vus comme des groupes fonctionnels, c'est à dire des groupes d'espèces avec une sensibilité plus ou moins grande pour différentes combinaisons de propriétés physiques, chimiques et biologiques internes au lac (profondeur de la zone de mélange, lumière, température, P, N, Si, CO et pression de prédation).

Le phytoplancton, qui est donc fortement influencé par les changements environnementaux (**Padisak *et al.* 2006; Salsamo *et al.*, 2006; Anneville *et al.*, 2008**), est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (**Solheim *et al.* 2005**). Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau. Trois paramètres relatifs au phytoplancton peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'état écologique des lacs et la définition des statuts « très bon », « bon » et « moyen ». Il s'agit de :

- i) l'abondance et la composition phytoplanctonique,
- ii) la biomasse phytoplanctonique (via les estimations de la concentration de chlorophylle a et du biovolume moyen) et,
- iii) l'intensité et la fréquence des blooms planctoniques.

9. Facteurs d'influence sur les phytoplanctons

La dynamique des populations phytoplanctoniques est influencée par de nombreux facteurs environnementaux, qui agissent sur les populations et par conséquent sur la dynamique des espèces (**Hutchinson, 1957**).

9.1. Factures climatiques

Les factures climatiques influencent le fonctionnement d'un écosystème, il s'avère que l'altération des caractères physico-chimiques de l'eau est doublée par une variabilité des conditions météorologiques (**Chaocachi *et al.*, 2002**). Les études de fluctuation des vents sont nécessaires afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème (**Demers *et al.*, 1987**). La lumière est un facteur de très grande importance pour le phytoplancton, du fait qu'elle intervient dans la photosynthèse (**Gayral, 1975**).

9.2. Facteurs physico-chimiques

Parmi les facteurs physico-chimiques les plus importants, on peut citer : le pH, le CO₂, la température, les macroéléments (l'azote et phosphore représentent des éléments essentiels à la croissance du phytoplancton), les oligoéléments tels que le soufre et le chlore,

et l'oxygène dissous (O_2) qui est nécessaire à la respiration des algues et des animaux aquatiques (Amri, 2008).

9.3. Facteurs biologiques

Les facteurs biologiques les plus importants sont :

- La régulation de la position dans la colonne d'eau par l'intermédiaire de vacuoles gazeuses est l'une des caractéristiques des cyanobactéries (Olivier et Ganf, 2000).
- Le broutage du phytoplancton par le zooplancton est l'un des facteurs de contrôle descendant (Lampert, 1987).

10. Effets nuisibles du phytoplancton

Les proliférations micro-algales sont des phénomènes naturels, dont les premières descriptions sont anciennes. En effet, les intoxications humaines (Tab. 01) associées à la consommation de coquillages sont connues depuis plusieurs siècles (Gaillard, 2003). Le phytoplancton nuisible est impliqué dans des efflorescences algales massives, dénommées «Algal Blooms» se traduisant par un phénomène d'eaux colorées aussi appelées marées rouges. D'autres espèces responsables de «Algal Blooms», sont productrices de phycotoxines causant la mortalité des animaux marins (mollusques, poissons, oiseaux, ...) via leur ingestion directe de micro-algues toxiques (Herzi, 2013). Parmi les quelque 5000 espèces d'algues unicellulaires composant le phytoplancton, la plupart de ces micro-algues toxiques font partie de la famille des dinoflagellés (Mollo et Noury, 2013).

10.1. Risque sur la santé humaine

Les phycotoxines élaborées par les micro-algues (Tab. 01) sont souvent accumulées chez les espèces à régime filtreurs comme les moules, les coquilles, les huitres... La consommation des organismes marins ayant bio-accumulés ces phycotoxines représentent de sérieux problèmes sanitaires pour l'homme. Les symptômes associés à ces dangers sont essentiellement d'ordre digestif et/ou neurologique selon la nature chimique de chaque toxine élaborée (Abouabdelah, 2012).

10.2. Risque sur les organismes marins

En eau douce tout comme en milieu marin, les efflorescences de microalgues sont le plus souvent mono- ou oligo-spécifiques et induisent une diminution de la biodiversité du

milieu (Crossetti *et al.*, 2008). De plus, les proliférations de microalgues peuvent avoir des conséquences sur la stabilité des paramètres physico-chimiques et donc des effets néfastes sur l'équilibre des écosystèmes (Tab. 01). Ainsi, des anoxies, résultant de la décomposition des microalgues par des bactéries hétérotrophes sont parfois associées aux efflorescences, provoquant une forte mortalité de populations de poissons (Hudnell, 2008). *Karenia selliformis* outre sa toxicité recensée au niveau des coquillages, est aussi dotée d'un pouvoir hémolytique très important.

Tableau 01 : Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000modifiée).

	Impacts	Organismes responsables	
Santé humaine	Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP).	Dinoflagellés Cyanobactéries	<i>Gymnodiniumcatenatum</i> <i>Anabaenacircinalis</i>
	Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP).	Dinoflagellés	<i>Prorocentrumsp</i>
	Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP).	Dinoflagellés	<i>Kareniaabbrevis</i>
	Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP).	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschiasp</i>
	Intoxications par les azaspiracides (AZP).	inconnu	Inconnu
	Intoxications de type ciguatérique (CFP).	Dinoflagellé	<i>Gambierdiscustoxicus</i>
	Hépto-toxines.	Cyanobactéries	<i>Microcystissp</i>
	Neuro-toxines.	Cyanobactéries	<i>Aphanizomenonsp</i>
	Cyto-toxines.	Cyanobactéries	<i>Cylindrospermopsisraciborskii</i>
	Dermato-toxines.	Cyanobactéries	<i>Lyngbyamajuscula</i>
Ressources marines naturelles et exploitées	Lésions mécaniques.	Diatomées	<i>Chaetocerossp</i>
Activités touristiques	Production d'écume, de mucilage, variation de la couleur de l'eau et odeurs nauséabondes.	Dinoflagellés Diatomées Cyanobactéries	<i>Prorocentrumsp</i> <i>Cylindrothecaclostenum</i> <i>Aphanizomenonflosaquae</i>

Fonctionnement de l'écosystème	Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés, ...).	Dinoflagellés Diatomées	<i>Alexandrium</i> sp <i>Pseudo-nitzschia australis</i>
---------------------------------------	--	----------------------------	--

Ces hémolysines connus pour lyser les globules rouges sont secrétées dans le milieu, lors des épisodes d'eaux colorées (10^6 cellules/L) étaient responsables de phénomènes de mortalité de divers organismes marins dans la lagune Boughrara en 1991 et de l'automne 1994 sur les côtes nord de Sfax et des stations d'aquaculture installées dans cette région où il y'a une mortalité de (Gobidae, *Sepia officinalis*, Cuttlefish...). Aussi en automne 1994, les côtes nord du port de Sfax ont été affectées par une mortalité importante de poissons (1 à 2 tonnes par jour de la Bridae, Gobidae, Mugulidae, Sparidae, *Sepia officinalis*, *Belone belone*...) (Feki-Sahnoun, 2013).

10.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème

En milieu marin côtier, si les conditions sont favorables, les espèces phytoplanctoniques peuvent proliférer et former des efflorescences. Les facteurs présumés de ces proliférations sont d'origine anthropique (apports en nutriments liés aux pratiques agricoles, introduction d'espèces par les eaux de ballast) et climatique (ex. effets des pluies, des eaux de ruissellement, courantologie océanique). Le déterminisme de ces efflorescences fait l'objet d'un grand nombre de travaux et il semblerait qu'un certain nombre de paramètres conditionne l'apparition des efflorescences, en particulier des teneurs élevées en azote et phosphore, la température, l'éclairement et le pH (Ledreux, 2010). Le développement d'efflorescences toxiques peut perturber le fonctionnement des écosystèmes (Tab. 01), notamment par inhibition des fonctions de croissance, d'alimentation et de reproduction des organismes (Wiegand et Pflugmacher, 2005). Le zooplancton peut consommer des dinoflagellés producteurs de phycotoxines des copépodes nourris avec des cultures de dinoflagellés toxiques voient leur taux de fécondité et leur croissance diminuer sans que l'on puisse pour autant attribuer ces effets aux toxines elles-mêmes ou à d'autres composés inhibiteurs. Les cyanotoxines en eau douce et les phytoxines en milieu marin sont donc susceptibles de gagner les réseaux trophiques supérieurs par accumulation dans le zooplancton phytophage puis par transfert dans des bivalves filtreurs (Ledreux, 2010).

11. Applications des micro-algues

Les applications de ces micro-algues sont multiples, de l'alimentation humaine, l'alimentation animale, les cosmétiques, la pharmaceutique. Chaque espèce des micro-algues

a des propriétés qui lui sont propres et toutes les micro-algues produites n'ont pas une application unique. Il est possible de regrouper les espèces en fonction de leurs principales utilisations (Filali, 2012).

11.1. Applications alimentaires

Certaines espèces des micro-algues peuvent être consommées comme des légumes. Plusieurs processus de conservation des micro-algues peuvent être utilisés, elles peuvent être séchées, congelées, mises en bocaux, salées ou servies fraîches, la consommation des micro-algues est traditionnelle dans de nombreux pays asiatiques.

Les principales espèces consommées sont : *Undariapinnatifida*, *Laminariajaponica* et *Porphyra sp.* Les Japonais consomment actuellement 1,4 kg des micro-algues (poids sec) par an et par habitant, les micro-algues dans l'alimentation sont bénéfiques outre leurs propriétés épaississantes, gélifiantes ou stabilisantes, bien connues et largement utilisées par des industries agro-alimentaires, elles ont aussi des propriétés nutritionnelles intéressantes en alimentation humaine. L'eau de mer offre une composition remarquablement constante. Elle contient en solution tous les éléments nécessaires au maintien de la vie, éléments que les micro-algues absorbent et concentrent dans leurs tissus (Abadliet Harkati, 2015).

11.2. Applications pharmaceutiques

Les extraits des micro-algues sont également utilisés par le secteur pharmaceutique, les principes actifs extraits des micro-algues sont utilisés comme anti-inflammatoire œsophagien, pour lutter contre l'embonpoint, pour leur effet laxatif ou encore pour les pansements, les micro-algues peuvent être utilisées dans une amélioration du confort des diabétiques. En effet certains polysaccharides issus des micro-algues des côtes françaises peuvent moduler l'absorption intestinale du glucose et la réponse insulinaire à l'alimentation. Par ailleurs, des oligosaccharides extraits des micro-algues peuvent améliorer l'équilibre de la flore intestinale du colon, en favorisant la croissance des bactéries comme favorables pour la santé. Ces bactéries sont actuellement largement utilisées dans des préparations à base de lait peu caloriques, riches en vitamines et en minéraux.

Les micro-algues alimentaires sont source de polysaccharides divers, très différents de ceux provenant des végétaux terrestres. Ces polysaccharides représentent entre 30% et 70% du poids sec des micro-algues, selon l'espèce (Gana, 2014).

11.3. Applications cosmétiques

Les micro-algues utilisées par la filière cosmétique sont souvent les mêmes que celles utilisées pour les applications alimentaires. Cependant, les travaux de recherche mettent en évidence de nouvelles applications pour de nouvelles espèces. La filière cosmétique utilise les micro-algues sous forme d'extraits de plantes, broyées (pour les gommages par exemple) ou en tant qu'agents de coloration. Étant donné que le marketing joue un rôle important dans l'industrie des cosmétiques, les micro-algues sont souvent utilisées afin de véhiculer une image de produits naturels apportant les bienfaits de la mer (**Idealg, 2014**).

11.4. Agrofournitures et traitement de l'eau

En agriculture, les micro-algues sont principalement utilisées comme engrais ou comme ingrédient dans la fabrication d'aliment pour le bétail. Concernant les engrais, les algues sont transformées en poudre, extraits liquides ou microbilles et sont épandues sur les terres. En effet, les micro-algues favorisent la croissance des plantes, la résistance aux maladies et produisent des substances protectrices contre les agressions par les gastéropodes.

Pour l'alimentation animale, les fucales sont utilisées comme additifs alimentaires pour leurs qualités digestives. Elles sont transformées en farines mélangées à la nourriture (**Abadliet Harkati, 2015**).

Matériel et méthodes

1. Présentation du site d'étude

1.1. Présentation du Parc National d'El-Kala

La région d'El-Kala est considérée comme la région la plus humide d'Algérie du fait de sa grande diversité et sa richesse, tant floristique que faunistique, qui a fait l'objectif de plusieurs études depuis le siècle dernier (**Anonyme, 1996**).

Administrativement, le parc national d'El-Kala est inclus dans la wilaya d'El-Tarf (**kadid, 1989**). Situé dans le nord-est Algérien (**Fig. 01**) à 70 Km du l'Est de la ville d'Annaba. Il est limité : Au Nord par la Méditerranée, Au Sud par les monts de la Medjerda, à l'est environ 3 Km de la frontière Algéro-tunisienne, et à l'Ouest d'environ 80 Km des complexes industriels d'Annaba (**Raachi, 2007**).

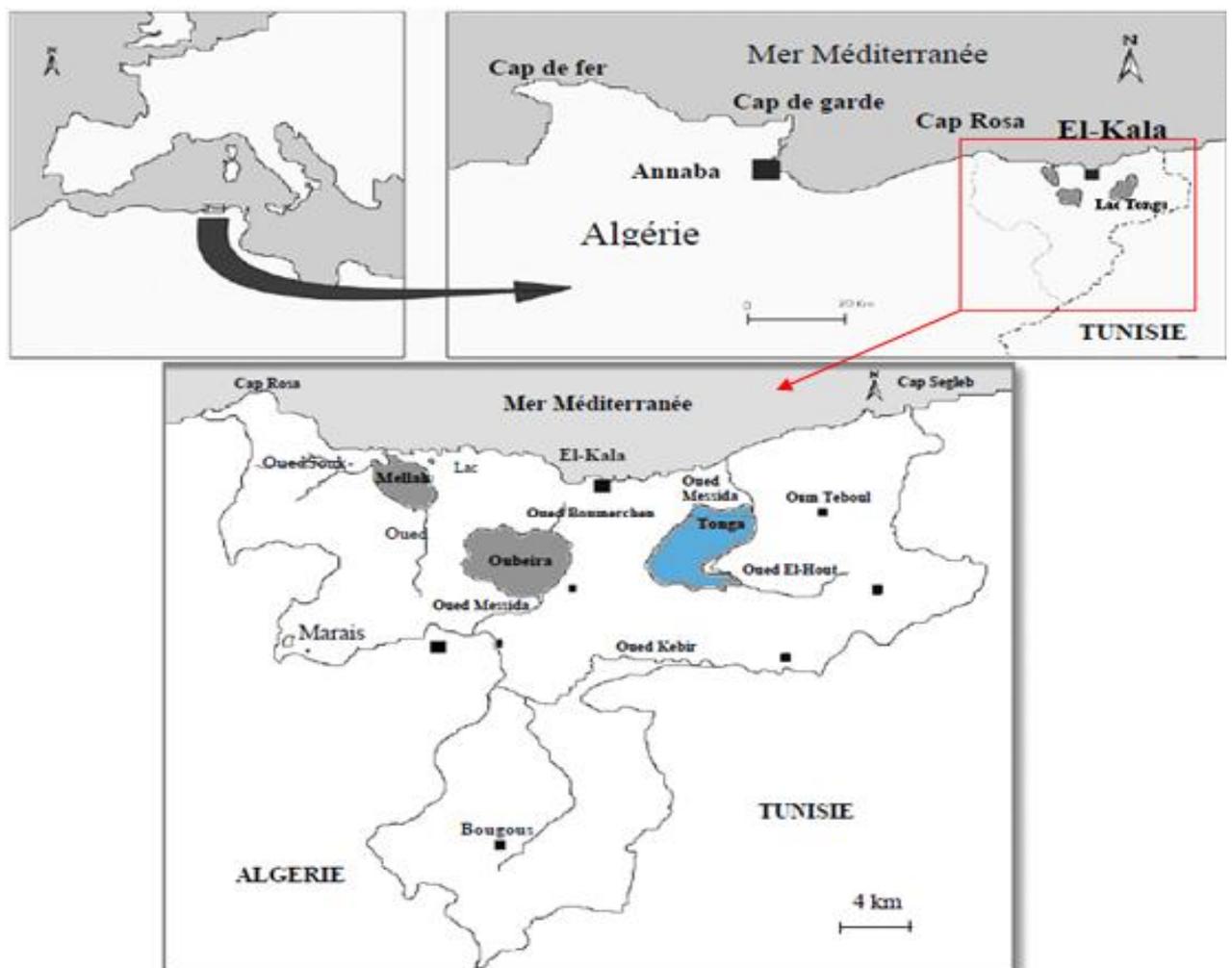


Figure 01 : Localisation du lac Tonga dans le Parc National d'El-Kala (**Landscap Aménagement, 1998**).

1.2. Localisation du lac Tonga

Lac Tonga est une étendue d'eau douce endoréique et une zone d'importance internationale unique dans la région méditerranéenne. Il est inscrit depuis 1982, sur la liste **Ramsar**, il est également partie intégrante de la réserve de la biosphère. Situé à $36^{\circ}51'N$ et $08^{\circ}30'E$ (**Fig. 01**) et occupe une vaste dépression côtière, d'une superficie de 2600 hectares. Il s'étend sur 7,5 km de long et 4 km de large. Au Nord-nord-ouest, il est limité par un Djebel culminant à 167 m à Argoub Eched, et au Nord par le cordon dunaire littoral qui le sépare de la mer Méditerranée, à l'Ouest limité par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versant des lacs Tonga et Oubeira et à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne (**Gehu et al., 1993**).

1.3. Caractéristiques du lac Tonga

1.3.1. Pédologie

L'étude des sols du bassin versant du lac Tonga de **Durand (1954)** a mis en évidence deux types de sol:

- Sols zonaux : ils comprennent tous les sols dont la tendance évolutive est le lessivage quels que soient les caractères du produit final : podzols ferrugineux, sols oxyhumiques, sols insaturés acides, sols insaturés, sols décalcifiés.
- Sols azonaux : ils comprennent les sols qui dépendent d'autres facteurs que le climat: sols des marais, sols de prairies marécageuses, sols tourbeux non inondés, sols alluviaux, sols dunaires.

1.3.2. Hydrologie

Le bassin versant du lac Tonga comprend deux cours d'eau majeurs qui coulent toute l'année (Oued El Haut, long de 14 km, et Oued El Eurg qui fait 10 km de longueur). L'exutoire du lac Tonga est l'Oued Messida.

Le lac Tonga se caractérise par une variation relativement faible de la profondeur, sauf au niveau de la digue. C'est un plan d'eau peu profond, la profondeur maximale mesurée en période estivale de 1,80 m, la profondeur moyenne est de 1,20 m. Dans sa majeure partie, la topographie du fond du lac peut être considérée comme très homogène.

Le volume du Lac Tonga est d'environ 28.10^6 m^3 en période de pré étiage (**Messikh, 2016**), cette valeur doit être sensiblement supérieure en période de pleine eau. Le caractère endoréique du lac Tonga l'expose à des variations sensibles de son volume et de sa surface.

L'intense évaporation estivale peut retirer un volume d'eau important, supérieur à 50% du volume maximum (MPRH/ONDPA 2004).

Ce lac se vidange dans la mer par l'intermédiaire de l'Oued Messida selon un débit d'étiage de l'ordre de 132 litres par seconde soit 3, 96 Hm³/an. L'apport moyen annuel en eau vers le lac à partir de son bassin versant ruisselant qui est de l'ordre de 46,2Hm³/an. L'apport annuel moyen en eau de précipitation directement sur le plan d'eau et de l'ordre de 17 Hm³/an. L'évaporation au-dessus du plan d'eau avec sa végétation aquatique avoisine les 700 mm/an soit une perte de 20 Hm³/an (Djabourabi, 2014).

1.3.3. Climatologie

Le climat est un facteur déterminant qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes, dont les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans la distribution spatiale des espèces animales et végétales (OuldAklouche, 2016).

Le climat de la région d'El KALA est de type méditerranéen, il est soumis à une grande variabilité, une saison pluvieuse qui se concentre de Novembre à Avril (un bilan hydrique positif), et une longue saison sèche et chaude de Mai à Octobre (bilan hydrique négatif) (Bousslama, 2003).

Pour analyser les conditions climatiques de la région d'El Kala, on dispose de données relatives aux paramètres pluviométriques, thermique, hygrométriques et orographiques pour une période allant de 1995 à 2012. Ce sont ces données relevées durant 18 ans que nous analyserons en détail. Nous les avons recueillies au sein de la station météorologique d'El Kala (Boutabia, 2016).

1.3.3.1. La pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur écologique fondamental, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres mais aussi pour certains écosystèmes aquatiques (Ramade, 2003).

Une des caractéristiques de la pluviosité dans la région réside dans sa grande variabilité annuelle, saisonnière et mensuelle, c'est une caractéristique du climat méditerranéen avec une concentration de la totalité des précipitations sur quelques mois de l'année. Ce phénomène de variabilité a pour corollaire une forte intensité et un caractère orageux des chutes de pluie, caractère qui n'est pas sans effet sur le relief du Tonga dont la dissection témoigne d'une érosion intense (Gacem, 2015).

Tableau 02: Précipitations mensuelles de la région d'El-Kala pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P (mm)	112,65	62,76	75,42	59,10	40,77	21,47	4,10	11,08	62,51	73,19	105,53	111,95	740,53

L'analyse du **tableau 02** montre que le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec un total de 112,65 mm et 111,95 mm en décembre, et 105mm en novembre.

1.3.3.2. La température

La température est le facteur climatique le plus important qui agit sur la répartition géographique des espèces. Ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance par rapport à la mer et varie également en fonction des saisons (Djabourabi, 2014).

La caractérisation de la température dans un territoire donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins quatre variables importantes qui sont : les moyennes mensuelles des températures maximales (**M**) et minimales (**m**), les moyennes mensuelles $(M+m)/2$ et la moyenne annuelle.

Les températures mensuelles enregistrées en 2012 à la station météorologique El-Kala sont notées dans le tableau 03 :

Tableau 03: Moyenne des températures mensuelles de la région d'El-Kala pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T Min (°C)	8,76	8,6	10,07	12,31	15,65	18,99	21,74	22,64	21	16,96	12,95	10,28
T Max (°C)	17,48	17,76	19,33	21,88	25,74	28,78	32,43	33,08	30,07	27,08	21,78	17,58
T $(M+m)/2$ (°C)	13,12	13,18	14,7	17,09	20,69	23,88	27,08	27,86	25,53	22,02	17,36	13,93

D'après le **tableau 03** on constate que le mois le plus chaud est août avec une température moyenne de 27.86°C et le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 13.12°C. L'amplitude thermique est définie comme étant la différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid et renseigne sur l'importance de l'évaporation, la

continentalité et l'humidité atmosphérique. Pour notre zone d'étude, l'amplitude est de l'ordre de 9, 40°C, laquelle est relativement élevée pour un climat méditerranéen.

1.3.3.3.L'humidité relative

La mer, les nombreux plans d'eau ainsi que la richesse de la région en écosystèmes forestiers (zones montagneuses), contribuent à un degré d'hygrométrie élevé pendant toute l'année, ce qui favorise le maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique pendant la période sèche (**Benyacoub 1993**).

Mesurée en pourcentage, l'humidité de l'air est relativement constante sur toute l'année allant de 72 % à 78 %, ceci est dû principalement à l'action régulatrice de la mer et des plans d'eau qui contribuent au maintien d'une hygrométrie élevée en été modérant la durée et l'intensité la sécheresse estivale (**Semadi, 1989**).

Les valeurs de l'humidité relative de l'air (H') enregistrées au niveau de la région d'El Kala sont consignées dans le **tableau 04**.

Tableau 04 :Hygrométrie mensuelles de la région d'El-Kala pour la période (1995-2012) (**Boutabia, 2016**)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
H' (%)	78,8	77,39	74,54	76,53	75,16	73,64	71,17	71,59	71,53	73	73,96	76,73	74,54

L'analyse du **tableau 04** montre que les moyennes mensuelles de l'hygrométrie pour la période allant de 1995 à 2012, présentent un maximum enregistré pour les mois de Janvier avec 78,8 %, c'est généralement le mois le plus pluvieux.

1.3.4. Synthèse climatique

Tous les facteurs que nous avons étudiés sont liés les uns aux autres et constituent un milieu bioclimatique complexe.

Pour mieux comprendre la situation climatique de la région d'étude, nous allons établir à partir des différentes données d'abord le diagramme pluviométrique de **Bagnoulset Gaussenet** le quotient pluviométrique d'**Emberger** afin de pouvoir construire le climagramme et définir ainsi l'étage bioclimatique du Parc National d'El-Kala.

1.3.4.1. Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен

BAGNOULS et GAUSSEN ont proposé de déterminer la durée de la saison sèche à l'aide d'une représentation graphique. Celle-ci consiste à tracer sur un diagramme deux courbes dont l'une représente la moyenne des températures mensuelles, l'autre la pluviométrie mensuelle (Fig. 02). D'après ces auteurs, un mois est considéré comme sec lorsque la moyenne des pluies est inférieure ou égale au double de la température ($p < 2T$). Cette représentation graphique ne tient pas compte des réserves hydriques contenues dans le sol (Beghdadi, 2016).

Le diagramme construit à partir des données de la station météorologique d'El Kala montre que l'année se compose de deux périodes, l'une sèche s'étendant de Mai à Août et l'autre humide s'étalant sur 8 mois de Septembre à Avril. Ainsi Juillet est le mois le plus sec, Janvier le plus humide et le plus froid et Août le plus chaud (Fig. 02).

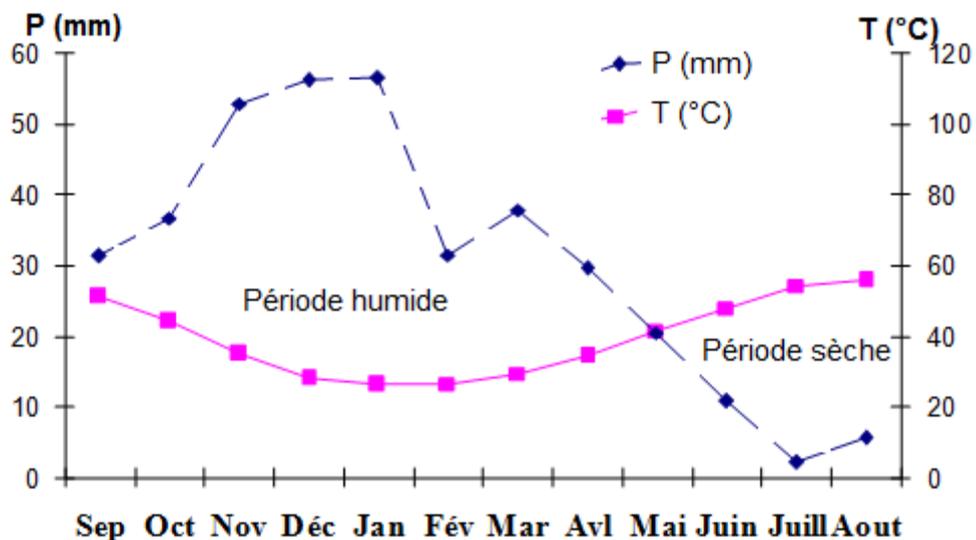


Figure 02 : Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен de la région d'étude

1.3.4.2. Climagramme d'Emberger

Le climagramme pluviothermique (Fig. 03) permet de savoir à quel étage bioclimatique appartient la région d'étude et de donner une signification écologique des climats. Il est représenté par :

En abscisse par la moyenne des mois les plus froids et en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q2) d'Emberger.

Le quotient pluviométrique d'Emberger est calculé grâce à la formule suivante :

$$Q_2 = 3.43 * P / (M - m)$$

- Q_2 : quotient pluviométrique.

- **P** : précipitation moyenne annuelle en mm.
- **M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud, en °C.
- **m** : moyenne des minima du mois le plus froid, en °C.

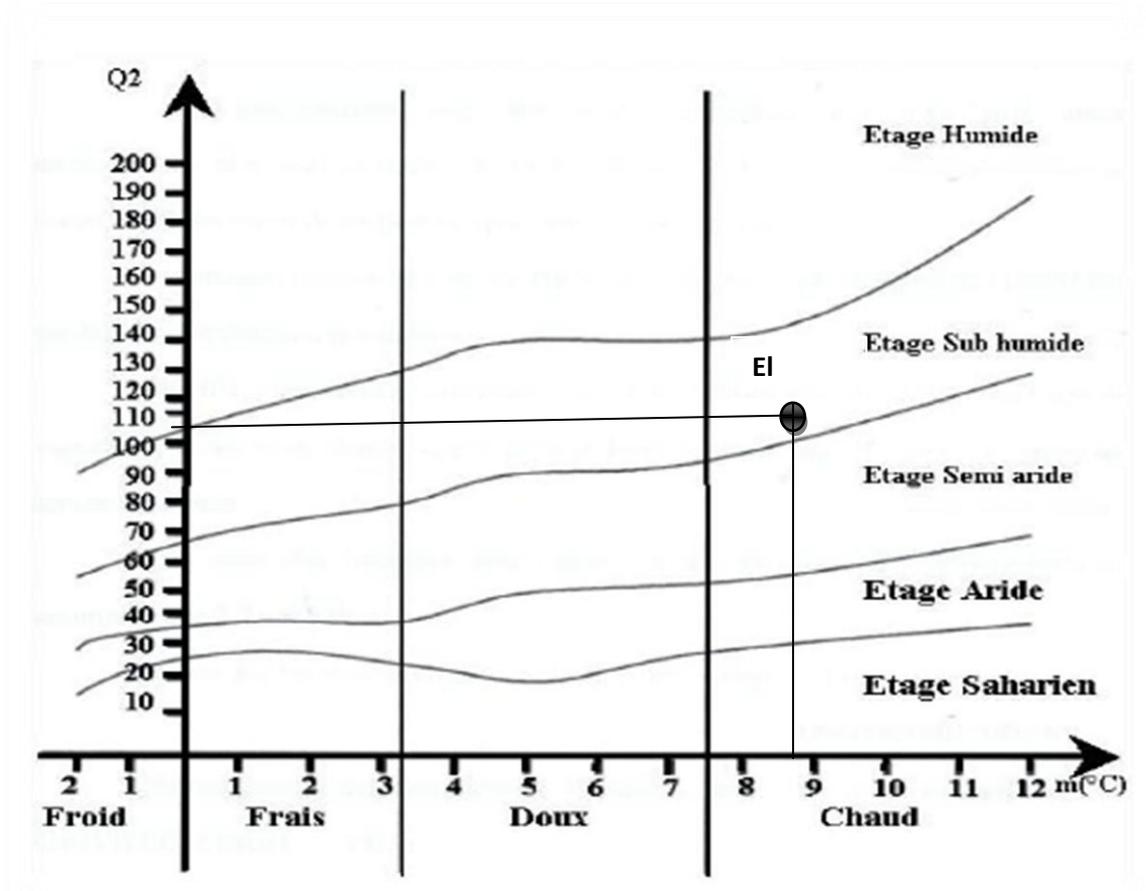


Figure 03:Étage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012) (Boutabia, 2016).

Le quotient calculé pour la région d'El Kala pour la période (1995/2012) est égale 105 en rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger, on constate que la région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique méditerranéen subhumide à hiver chaud (**Fig. 03**).

1.3.5. Caractéristiques faunistiques et floristiques du lac Tonga

Le lac Tonga est une zone humide qui abrite des espèces aviaires rares, vulnérables ou en recul dans leur la région du paléarctique occidental, parmi ces espèces nous citons l'Erismature à tête blanche (*Oxyuraleucocephala*), le Fuligule nyroca (*Aythayanyroca*), tous deux inscrits sur la Liste Rouge de l'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la

Nature), la première comme espèce en voie de disparition. La deuxième comme espèce vulnérable, la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) est une colonie d'ardéidés. Nous citerons également la présence en grand nombre de la loutre *Lutra lutra* (Ghdadbia, 2012).

1.3.5.1.Flore remarquable

Le bassin versant du lac Tonga se trouve dans l'étage bioclimatique de végétation méditerranéenne subhumide tempéré au Nord, dans l'humide doux et l'humide chaud au Nord- Est, dans l'humide tempéré au Sud et à l'Est. Ses collines occidentales sont communes avec celles du lac Oubeïra. La flore du lac Tonga représentée par 81 espèces appartenant à 31 familles qui forment 14 groupements végétaux. La végétation aquatique abondante de ce lac joue un rôle prépondérant dans la répartition des espèces d'oiseaux d'eau, en offrant à la fois l'abri et l'aliment. Elle est principalement composée par des îlots de *Thypha angustifolia*, *Iris pseudoacorus*, *Scripus lacustris*, *Scripus maritimus*, *Phragmites australis*, *Salix pedicellate* et *Sparganium erectum*. En printemps, nous assistons à l'émergence et la floraison, d'une hydrophyte très envahissante des espaces d'eau libres *Nymphaca alba* (Gacem, 2015).

1.3.5.2.Faune remarquable

L'écosystème du bassin versant du Tonga, constitue une mosaïque d'habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée à savoir:

- **Les mammifères**

La faune mammalienne du bassin versant du Tonga, tous écosystèmes confondus sont représentée par 37 espèces. Certaines de ces espèces sont rares et localisées. La loutre *Lutra lutra* espèce rare et menacée d'extinction, confinée au lac Tonga reste tributaire de l'intégrité de son biotope. Le cerf de barbarie (*Cervus elaphus barbarus*), seul grand mammifère du Maghreb tellien du Maroc à la Tunisie. En Algérie il est confiné au nord de la région frontalière Algéro-tunisienne et occupe donc toute la subéraie, la pineraie et la cocciferaie de bassin versant du Tonga et sa présence à l'intérieur des frontières algériennes est fortement liée à la présence d'eau dans le bassin versant, et le lac Tonga en périodes de sécheresse est l'unique point d'eau des deux côtés de la frontière (Gacem, 2015).

- **L'entomofaune**

Le lac Tonga recense 22 espèces d'odonates qui appartiennent aux familles taxonomiques: Lestidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae et Libellulidae (Gacem, 2015).

- **Les oiseaux d'eau**

Le Tonga est le plus important site de nidification en Afrique du Nord pour une multitude d'espèces dont une colonie d'Ardéidés représentée par des Hérons et des Aigrettes. Le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, les Grèbes castagneux et huppé, l'Erismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, le Blongios nain *Ixobrychus minimus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybridus*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et bien d'autres espèces. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* et la Sarcelle d'été *Anas querquedula* (Ghedadbia, 2012).

- **Les reptiles et les amphibiens**

Plusieurs espèces de Reptiles et d'Amphibiens vivent dans le Tonga: L'Emyde lépreuse *Mauremys leprosa*, la Grenouille verte *Rana saharica*, le Discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le Crapaud de Mauritanie *Bufo mauritanicus*, le Triton de poiret *Pleurodels poireti*, le Psammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le Sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard ocellé *Lacerta pater* et la couleuvre vipérine *Natrix maura* (Rouag, 1999).

2. Choix des stations de prélèvements

Les sites où seront prélevés les échantillons pour refléter la qualité de l'eau de la région où on les a prélevés, d'où on doit éviter de prélever dans des zones proches du bord. Dans ces zones on peut rencontrer des concentrations considérables de sable et de sédiment. Pour cette raison, les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1,5m (Lightfoot, 2002).

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité phytoplanctonique de l'eau douce de Tonga nous avons choisi 02 sites de prélèvement (Fig.04). Les prélèvements ont été réalisés sur une période de trois mois (mars, avril et mai 2017), le rythme d'échantillonnage était à raison d'un seul prélèvement par mois (Tab.05).

Tableau 05 : Présentation des sites et période de prélèvement.

Points de prélèvement	Date de prélèvement	Heure de prélèvement
Station 1	18/03/2017	12 :00 h
	23/04/2017	11 :45 h
	14/05/2017	11 :30 h
Station 2	18/03/2017	12 :30 h
	23/04/2017	12 :00 h
	14/05/2017	11 :55 h

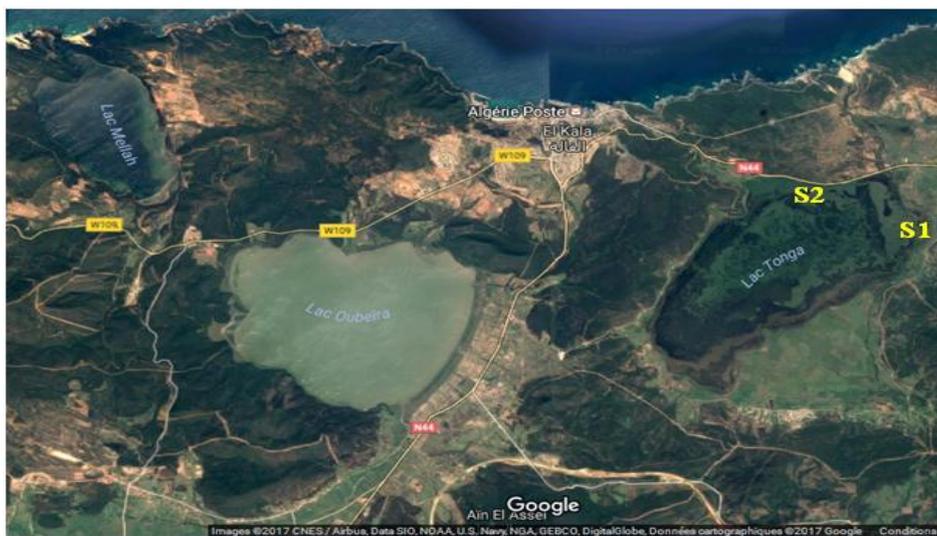


Figure 04 : Localisation des points de prélèvement (Google earth 2017).

3. L'échantillonnage

3.1.Méthode de prélèvement

Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les bouteilles stériles sont plongées à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturel ou artificiel (**Rodier et al., 1996**).

Pour l'analyse phytoplanctonique une quantité d'eau environ 1,5 L est prélevée aseptiquement dans la colonne d'eau, puis on a ajouté environ 5 ml du *Lugol* pour fixer les phytoplanctons, les échantillons doit être stockés à l'obscurité à +4 °C (**Jean-Claude et al., 2008**).

3.2.Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (**Lightfoot, 2002**). Nous rappelons ici que c'est le paramètre phytoplanctonique qui a permis le choix du midi solaire comme heure de prélèvement, comme l'a suggéré **Oudra (1987; 1990)**.

3.3.Transport et conservation des échantillons avant l'analyse

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C (**Raymond, 1977; Mayat, 1994**) et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante (**Rodieretal.,2009**) et transportés ensuite au laboratoire.

L'analyse phytoplanctonique a été réalisée au laboratoire de microbiologie du département de biologie université 08 mai 45 Guelma.

4. Les analyses physicochimiques

La température, le pH, la conductivité électrique, la salinité et de l'oxygène dissous ont été réalisées sur place à l'aide d'un multiparamètre de terrain de marque HANNA HI 9829 (**Fig. 0**) qui consiste à faire plonger la sonde appropriée dans l'eau, après étalonnage,

puis à attendre quelques secondes avant de lire le résultat de la mesure, après la stabilisation de l'affichage de ce dernier sur l'écran. En effet, Ces paramètres physicochimiques sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptible de varier dans des proportions important s'ils ne sont pas mesurés sur site.



Figure 05:Photo de multiparamètre HANNA HI 9829

4.1. La température

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. D'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Rodier, 1984).

La température de l'eau affecte sa densité et sa viscosité, la solubilité des gaz et en particulier de l'oxygène, la vitesse de réactions chimiques et biochimiques.

Ces variations peuvent tuer certaines espèces aquicoles, mais également favoriser le développement d'autres espèces, ce qui entraîne un déséquilibre écologique. Chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de températures hors du quel elle est amenée à disparaître; elle a son préférendum thermique (emprunté au latin *praeferendum*, «ce qui doit être préféré» désigne la valeur d'une variable ou d'un gradient, notamment la température, pour laquelle un organisme vivant, ou plus généralement une espèce, peut atteindre son développement optimum) qui correspond à la zone de température où l'espèce se tient le plus facilement (Arrignon, 1991).

4.2. Le potentiel hydrogène

La mesure du potentiel hydrogène (pH) des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes

qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5. Des valeurs du pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes (Mara, 1980; Who, 1987). Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement (Rodier et al, 1996).

4.3.La conductivité électrique

La conductivité électrique l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions.

La conductivité est également en fonction de température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Rodier, 1984).

4.4.L'oxygène dissous

L'oxygène dissous dépend essentiellement de la respiration et de la photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse. la teneur en oxygène dissous dans l'eau est étroitement liée au régime thermique du lac (Villeneuve et al., 2006).

L'oxygène présent dans l'eau est également d'origine biologique par la fonction chlorophyllienne exercée par les végétaux, les algues planctoniques dans les lacs, par les phanérogames aquatiques dans les zones littorales des plans d'eau. Elle conduit également à la sursaturation si la flore aquatique est abondant et l'ensoleillement élevé.

L'oxygène dissous est considéré comme l'élément le mieux explicitée des variations de la densité phytoplanctonique(Arrignon, 1991). Il est nécessaire à la respiration des algues et des animaux aquatiques, il existe toujours en quantité voisine de la saturation dans les eaux superficielles (Des Abbayes et al., 1978). Le phytoplancton n'est pas gêné par des très faible concentration en oxygène, car il peut être au contraire un inhibiteur de la photosynthèse à de très fortes concentrations (Sevrin-Reyssacet al.,1995).

4.5.La salinité

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière signification. Enfin certaines sont

essentiellement déterminées par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique)(**Merzoug, 2009**).

5. L'analyse phytoplanctonique

Pour l'analyse du phytoplancton au laboratoire, on a utilisé un microscope optique de type Optika et un appareil photographique numérique modèle Samsung pour la prise de vue des taxons phytoplanctoniques.

Les prélèvements destinés pour l'analyse qualitative du phytoplancton sont effectués avec les mêmes fréquences que pour l'étude physicochimique.

A partir des échantillons d'eau brute fixés au *Lugol*(5%), un sous échantillonnage de 25ml a été réalisé après agitation et homogénéisation, on la laisse se sédimenter dans une éprouvette graduée pendant 24h, on garde que 5ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon, et on se débarrasse du reste, et à partir de cette quantité on fait notre analyse qualitative selon la méthode de comptage d'**Utermöhl (1958)**.

5.1.Analyse qualitative

Les échantillons destinés à la détermination des espèces sont analysés comme suite: Après le dépôt des espèces phytoplanctoniqueslugolées au fond du flacon, un volume de l'eau 20µl est prélevé au fond à l'aide d'une micropipette après homogénéisation. Cette goutte est déposée entre lame et lamelle, luter la lamelle avec du vernis et observée au microscope optiques Optika à l'objectif à immersion, avec un balayage de toute la surface de la lamelle, cette opération est répétée 3 fois en décalant nettement sur hauteur de la lamelle, d'environ un champ de microscope, afin d'éviter tout chevauchement.

5.2.Identificationdes espèces

L'identification des taxons observés est basée sur l'observation sous microscope optique des caractères morphologiques (formes, taille, couleur...) anatomique (disposition des chloroplastes,flagelles...)et à l'aide des clés de détermination(**Fott, 1969;Bourelly, 1966; 1970;1972;Pestalozzi et al.,1983; John et al.,2001**).

L'identification des diatomées a été faite grâce aux travaux d'abord de **Sournia (1968)**, puis de **Compère (1991)** et de**Krammer et Lange-Bertalot (1986, 2000)**.

5.3. Richesse spécifique

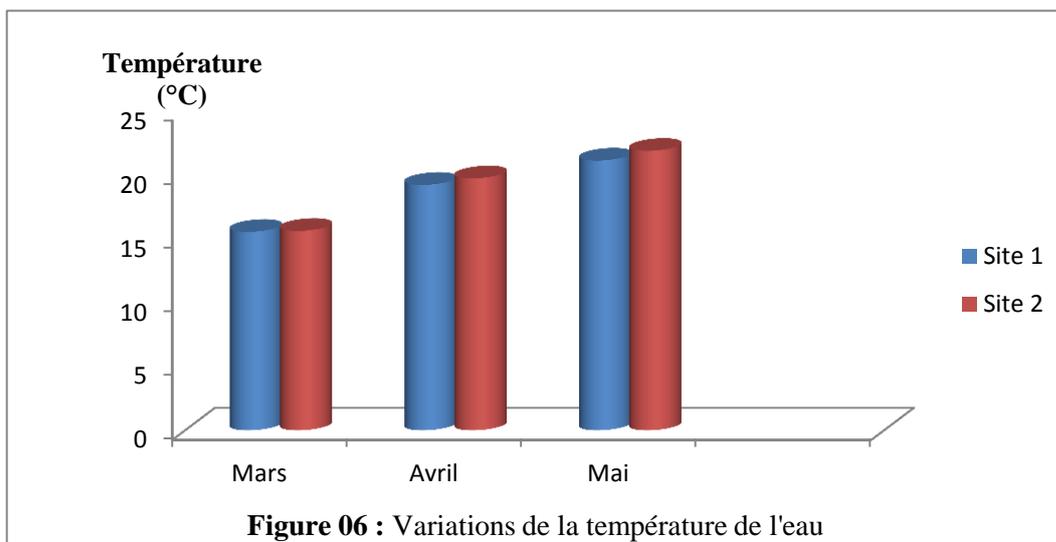
C'est le nombre total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. Elle mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total d'espèces dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique. Toutefois, cette méthode dépend de la taille des échantillons et ne considère pas l'abondance relative des différentes espèces. Sa valeur écologique est donc limitée (**Travers, 1964**).

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques

1.1. La température

La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques (Aberkan *et al.*, 2011).



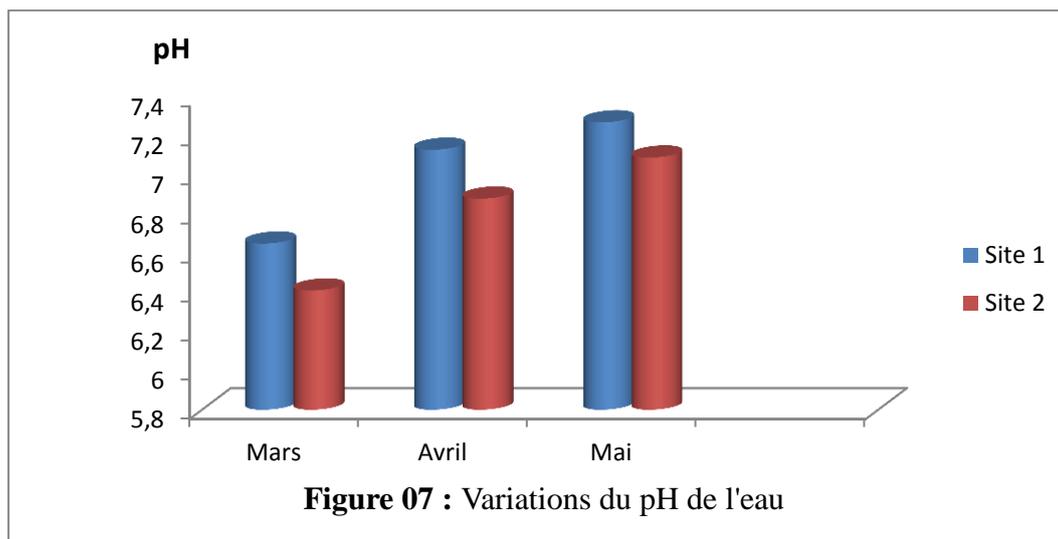
D'après les résultats (Fig. 06), la température des eaux du lac Tonga est saisonnière, elle est liée directement avec les conditions climatiques de la région. La valeur minimale obtenue est de 15,52 °C enregistrée dans le site 1 pendant le mois de mars et la valeur maximale est de 21,86 °C noté dans le site 2 pendant le mois de mai.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Tab. 06 Annexes) notre eau est de qualité normale à bonne.

1.2. Le pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau (Benamira *et al.*, 2012).

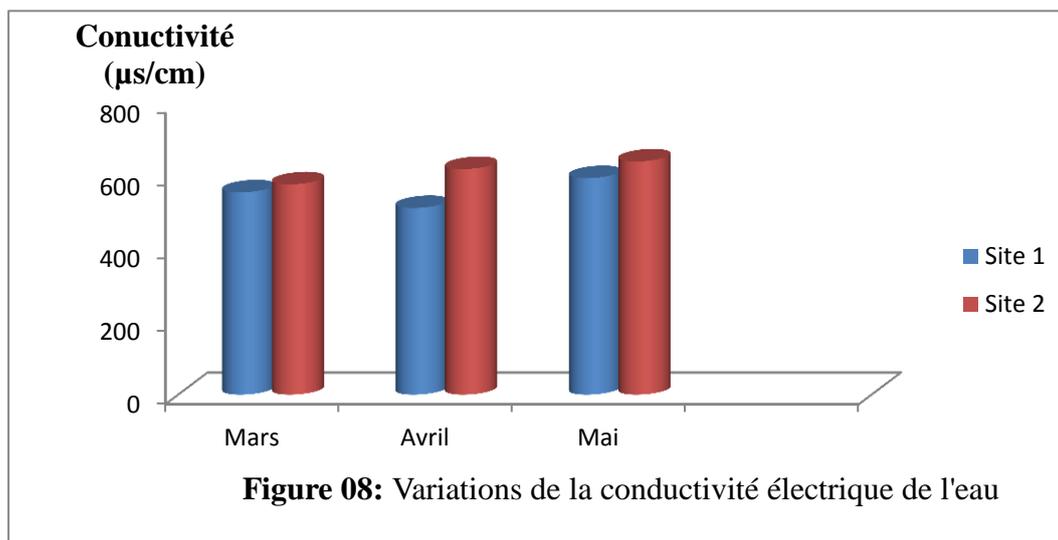
D'après les résultats (Fig. 07) la valeur du pH la plus faible est de 6,41 mesurée dans la station S1 pendant le mois de mars et la plus élevée est de 7,27 obtenue dans la station S1 pendant le mois mai.



Le pH de l'eau dulac Tonga est plus au moins neutre ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface (**Tab. 07 Annexes**). Cette gamme du pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

1.3.La conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau (**Rodier et al., 2009**).

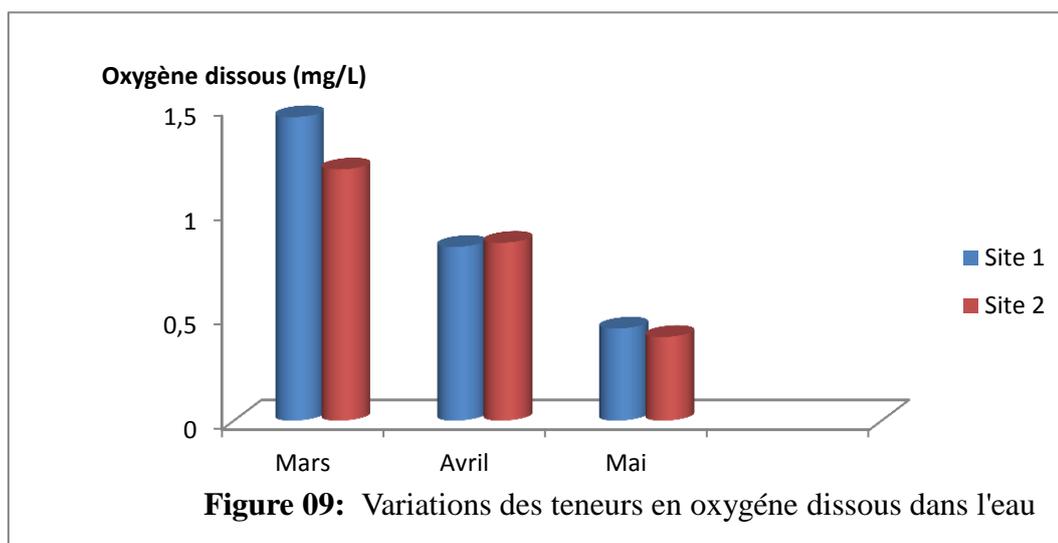


Les résultats montrent que la conductivité électrique du lac Tonga varie entre 513 et 641 µs/cm (**Fig. 08**) ce qui signifie que l'eau est de bonne qualité selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la conductivité (**Tab. 08 Annexes**). Ceci

est dû à l'augmentation de la température qui entraîne l'évaporation de l'eau qui favorise la concentration des sels dans l'eau.

1.4.L'oxygène dissous

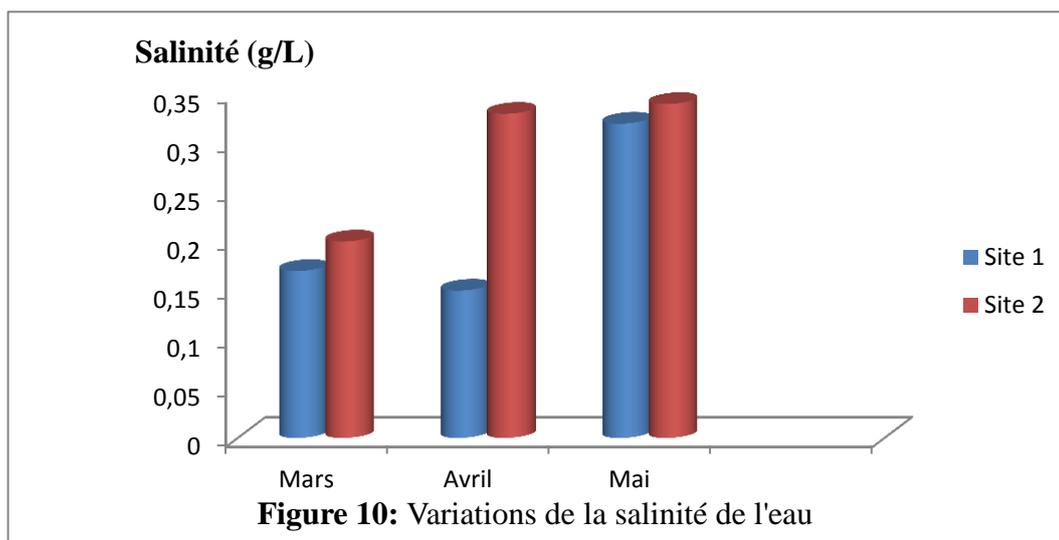
L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (Rodier, 1984) il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique (Winkler, 1888) (Tab. 09). Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration plus élevée d'oxygène dissous que l'eau chaude,



Selon les résultats illustrés dans l'histogramme ci-dessus (Fig. 09) on remarque qu'il y a une grande différence d'un mois à un autre. La valeur minimale 0,40 mg/L a été enregistrée dans le site 2 durant le mois de mai et de même la maximale 1,45 mg/L a été enregistrée dans le site 1 durant le mois de mars. Le brassage de l'eau au mois de mars et avril augmente le contact de celle-ci avec l'air et par conséquent augmente le taux d'oxygène dissous.

1.5.La salinité

La salinité est définie à l'origine comme la quantité de sels dissous présents dans l'eau (Bouchar, 2010). Ce paramètre varie proportionnellement avec la conductivité (Terbah, 2007). L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de calcium, ou en sels minéraux en générale. Au contraire, elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (Rejsek, 2002).



D'après les résultats obtenus (**Fig. 10**) la teneur de la salinité est légèrement élevée surtout dans le site 2 pendant trois mois à cause des concentrations élevées de la conductivité électrique c'est-à-dire l'eau est très chargée en éléments nutritifs par rapport au site 1. En générale c'est la salinité des eaux superficielles, donc on constate que l'eau du lac Tonga est une eau douce.

2. Résultats des analyses phytoplanctoniques

2.1. Identification des taxons

Au cours de la période d'étude l'observation des caractères morpho anatomiques des genres du phytoplancton récoltés dans le lac Tonga dans les deux stations nous a permis d'identifier 43 genres et 84 espèces, ces derniers sont répartis en 5 classes (Tab. 10) :

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga

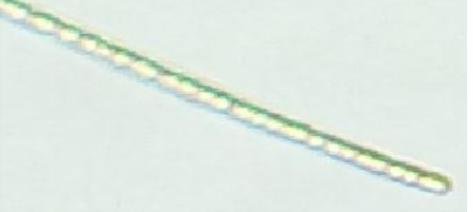
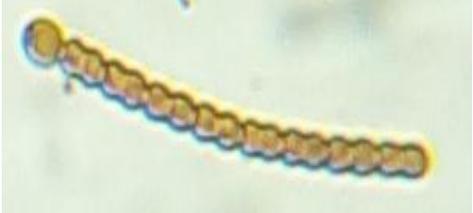
<i>Espèce</i>	<i>Aspect microscopique</i>
<i>Anabaena flos-aquae</i>	
<i>Anabaena planctonica</i>	
<i>Chroococcus turgidus</i>	
<i>Cyanidioschyzon merolae</i>	
<i>Cylindrospermopsis</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

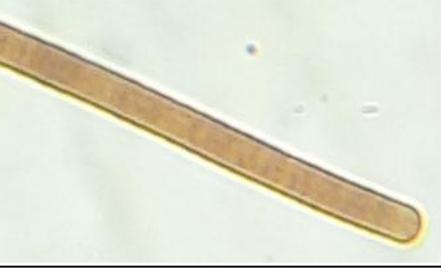
<i>Microcystisaeruginosa</i>	
<i>Oscillatoriabourrelly</i>	
<i>Oscillatorialimosa</i>	
<i>Actinastrumhantzschii</i>	
<i>Closteriumacerosum</i>	
<i>Closteriumacutum</i>	
<i>Closteriumbaillyanum</i>	
<i>Closterium navicula</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

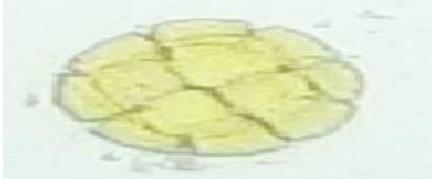
<i>Closterium venus</i>	
<i>Coelastrummicroporum</i>	
<i>Coelastrumsp</i>	
<i>Cosmarium botrytis</i>	
<i>Cosmariummargaritatum</i>	
<i>Cosmariumvexatum</i>	
<i>Dictyosphaeriumsp</i>	
<i>Gonatozygonbrebissonii</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

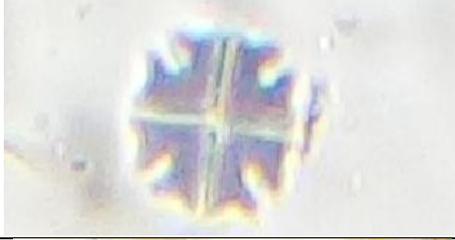
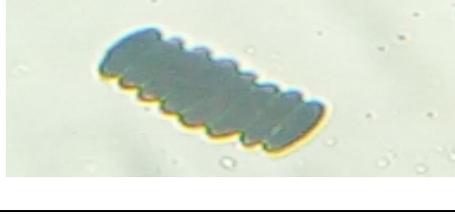
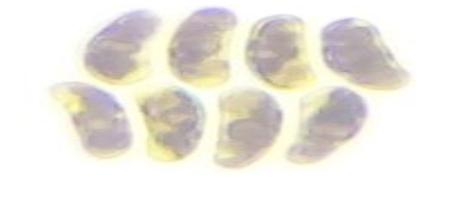
<i>Kirchnerielladianae</i>	
<i>Neospongiococcumvacuolatum</i>	
<i>Pediastrumangulosum</i>	
<i>Pediastrum duplex</i>	
<i>Pediastrumtetras</i>	
<i>Scenedesmusacuminatus</i>	
<i>Scenedesmusellipticus</i>	
<i>Scenedesmusplatydiscius</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

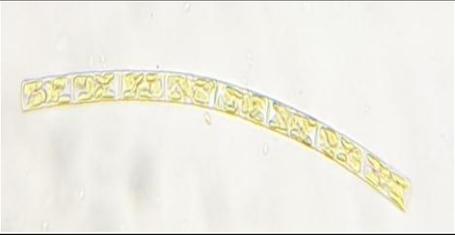
<p><i>Sphaerocystis schroeteri</i></p>	
<p><i>Achnanthes minutissima</i></p>	
<p><i>Aulacoseira</i> spp</p>	
<p><i>Aulacoseira islandica</i></p>	
<p><i>Aulacoseira subarctica</i></p>	
<p><i>Caloneistenus</i></p>	
<p><i>Chlorellaluteoviridis</i></p>	
<p><i>Cocconeis pediculus</i></p>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

<i>Cocconeisplacentula</i>	
<i>Cocconeissp</i>	
<i>Craticula cuspidata</i>	
<i>Cymbellacistula</i>	
<i>Cymbellalanceolata</i>	
<i>Cymbellasp</i>	
<i>Diatomaspp</i>	
<i>Diatomavulgaris</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

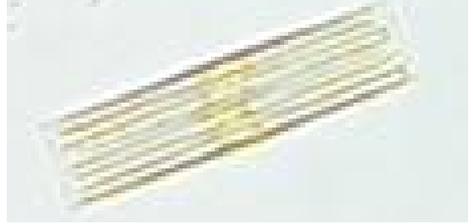
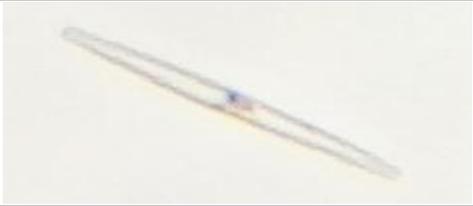
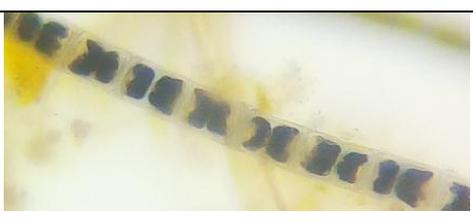
<i>Diatomée pinnularia</i>	
<i>Fragilariacrotonensis</i>	
<i>Fragilariasp</i>	
<i>Gomphonemaolivaceum</i>	
<i>Gyrosigmafasciola</i>	
<i>Melosiragranulata</i>	
<i>Melosiravarians</i>	
<i>Navicula gregaria</i>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

<p><i>Navicula lanceolata</i></p>	
<p><i>Navicula sp</i></p>	
<p><i>Nitzschiaacicularis</i></p>	
<p><i>Nitzschiapalea</i></p>	
<p><i>Nitzschiasigmoidea</i></p>	
<p><i>Nitzschiasp</i></p>	
<p><i>Pinnulariasp</i></p>	
<p><i>Pinnulariaviridis</i></p>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

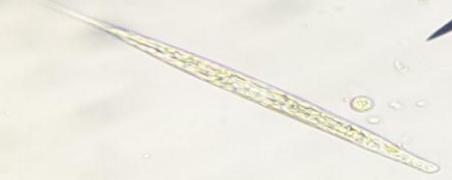
<p><i>Pseudo-nitzschiasp</i></p>	
<p><i>Synedrafamelica</i></p>	
<p><i>Synedrapulchella</i></p>	
<p><i>Synedra sp</i></p>	
<p><i>Euglenaacus</i></p>	
<p><i>Euglenaagilis</i></p>	
<p><i>Euglenaproxima</i></p>	
<p><i>Euglenasp</i></p>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

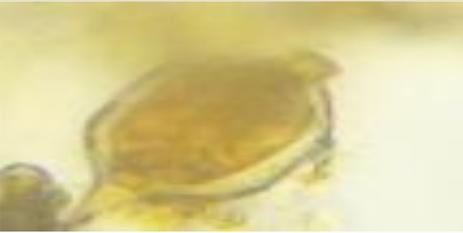
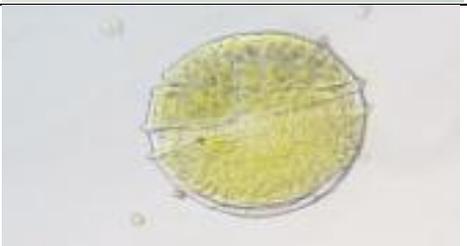
<p><i>Phacusacuminatus</i></p>	
<p><i>Trachelomonasarmata</i></p>	
<p><i>Trachelomonascaudata</i></p>	
<p><i>Trachelomonaseuchlora</i></p>	
<p><i>Trachelomonashispida</i></p>	
<p><i>Trachelomonasvolvocina</i></p>	
<p><i>Cryptomonasmarssonii</i></p>	

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques des eaux du lac Tonga (Suite)

<i>Cryptomonasovata</i>	
<i>Cryptomonassp</i>	
<i>Gymnodiniumsp</i>	
<i>Peridinium bipes</i>	
<i>Peridiniumsp</i>	
<i>Rodomonassp</i>	

2.2. Classification des espèces

Toutes les identifications taxinomiques des taxons phytoplanctoniques inventoriés dans les eaux du lac Tonga (**Tab. 11**) sont réalisées au niveau de l'espèce ou en cas de difficultés ou d'incertitudes à un niveau moindre (genre, classe,...), à l'aide des ouvrages de détermination disponibles notamment les travaux de **Compère (2001)** et ceux de **Bourelly (1966, 1968, 1970, 1972, 1985)**, **John et al. (2001)**, **Komarek & Anagnostidis (1999, 2005)** et **Komarek et al. (1983)**.

Tableau11 : Classification des taxons phytoplanctoniques identifiés dans les eaux du lac Tonga (présence absence) entre mars et mai 2017.

Cyanobactéries							
Genre	Espèce	Mars		Avril		Mai	
		S1	S2	S1	S2	S1	S2
<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>						
	<i>Anabaena planctonica</i>						
<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>						
<i>Cyanidioschyzon</i>	<i>Cyanidioschyzon merolae</i>						
<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis</i> sp						
<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>						
<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria bourrellyi</i>						
	<i>Oscillatoria limosa</i>						
Chlorophytes							
<i>Actinastrum</i>	<i>Actinastrum hantzschii</i>						
<i>Closterium</i>	<i>Closterium macerosum</i>						
	<i>Closterium acutum</i>						
	<i>Closterium baillyanum</i>						
	<i>Closterium mominiferum</i>						
	<i>Closterium navicula</i>						
	<i>Closterium venus</i>						
<i>Coelastrum</i>	<i>Coelastrum microporum</i>						
	<i>Coelastrum</i> sp						
<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium botrytis</i>						
	<i>Cosmarium margaritatum</i>						
	<i>Cosmarium vexatum</i>						
<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Dictyosphaerium</i> sp						
<i>Gonatozygon</i>	<i>Gonatozygon brebissonii</i>						
<i>Kirchneriella</i>	<i>Kirchneriella dianae</i>						
<i>Neosporangiococcum</i>	<i>Neosporangiococcum vacuolatum</i>						

Tableau11 : Classification des taxons phytoplanctoniques identifiés dans les eaux du lac Tonga (Suite)

<i>Pediastrum</i>	<i>Pediastrum angulosum</i>						
	<i>Pediastrum duplex</i>						
	<i>Pediastrum tetras</i>						
<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus acuminatus</i>						
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>						
	<i>Scenedesmus platydiscius</i>						
<i>Sphaerocystis</i>	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>						
Chrysophytes							
<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>						
<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseirasp</i>						
	<i>Aulacoseira islandica</i>						
	<i>Aulacoseira subarctica</i>						
<i>Caloneis</i>	<i>Caloneis tenuis</i>						
<i>Chlorella</i>	<i>Chlorella luteoviridis</i>						
<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>						
	<i>Cocconeisplacentula</i>						
	<i>Cocconeis</i> sp						
<i>Craticula</i>	<i>Craticula cuspidata</i>						
<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella cistula</i>						
	<i>Cymbella lanceolata</i>						
	<i>Cymbellasp</i>						
<i>Diatoma</i>	<i>Diatomasp</i>						
	<i>Diatoma vulgare</i>						
<i>Diatomé</i>	<i>Diatomé pinnularia</i>						
<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria crotonensis</i>						
	<i>Fragilariasp</i>						
<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>						
<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma fasciola</i>						
<i>Melosira</i>	<i>Melosira granulata</i>						
	<i>Melosira varians</i>						

Tableau11 : Classification des taxons phytoplanctoniques identifiés dans les eaux du lac Tonga (Suite)

<i>Navicula</i>	<i>Navicula gregaria</i>						
	<i>Navicula lanceolata</i>						
	<i>Navicula sp</i>						
<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia acicularis</i>						
	<i>Nitzschia palea</i>						
	<i>Nitzschia sigmoidea</i>						
	<i>Nitzschia sp</i>						
<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia sp</i>						
	<i>Pinnularia viridis</i>						
<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>Pseudo-Nitzschia sp</i>						
<i>Synedra</i>	<i>Synedra famelica</i>						
	<i>Synedra pulchella</i>						
	<i>Synedra sp</i>						
<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas euchlora</i>						
<i>Euglénophytes</i>							
<i>Euglena</i>	<i>Euglenaacus</i>						
	<i>Euglenaagilis</i>						
	<i>Euglena proxima</i>						
	<i>Euglena sp</i>						
<i>Phacus</i>	<i>Phacus acuminatus</i>						
<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas armata</i>						
	<i>Trachelomonas caudata</i>						
	<i>Trachelomonas euchlora</i>						
	<i>Trachelomonas hispida</i>						
	<i>Trachelomonas volvocina</i>						
<i>Pyrrhophytes</i>							
<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas marssonii</i>						
	<i>Cryptomonas ovata</i>						
	<i>Cryptomonas sp</i>						
<i>Gymnodinium</i>	<i>Gymnodiniumsp</i>						

Tableau11 : Classification des taxons phytoplanctoniques identifiés dans les eaux du lac Tonga (Suite)

<i>Peridinium</i>	<i>Peridinium bipes</i>						
	<i>Peridinium</i> sp						
<i>Rodomonas</i>	<i>Rodomonas</i> sp						

2.3.Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques

La classe des *Chrysophytes* représente la classe la plus importante avec 19 genres et 36 espèces soit 43 % (Fig. 12), parmi ces genres il existe un seul genre toxique *Pseudo-nitzschia*. Les espèces de ce genre produisent de l'acide domoïque, une neurotoxine responsable d'intoxications alimentaires qui produit une toxine amnésiante parfois mortelle. Les *Chrysophycées* sont très intéressantes pour les réseaux trophiques car il est présent partout. Se sont des micro-algues fourrage par excellence, elle est particulièrement intéressante pour ses qualités nutritives et sa biomasse importante.

La dominance des *Chrysophycées* Ceci s'explique par le fait de ce dernière tolèrent des hautes teneurs en matières minérales et encore beaucoup plus en matières organiques. En effet, ils ont une préférence pour les lacs oligotrophes, dont les eaux sont limpides et pures (Gayral, 1975).

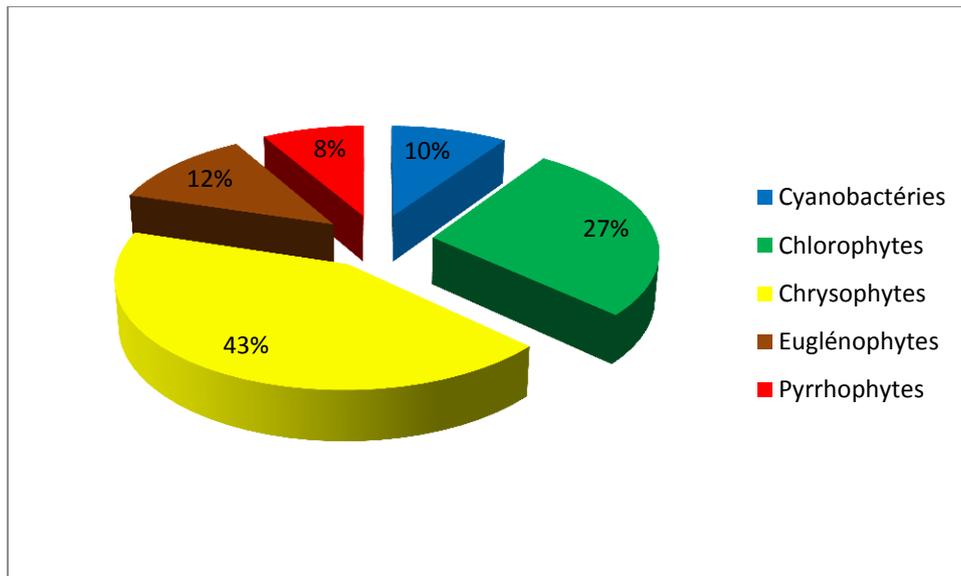


Figure11 : Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques du lac Tonga.

La classe des *Chlorophytes* présentée par 11 genres avec 23 espèces soit 27 % (Fig. 12), parmi ces genres il existe un genre très important *Chlorella* très riche en nutriments et en chlorophylle (4 fois plus que la *spiruline*). la prolifération de ces micro-algues nécessite que les conditions du milieu est favorable et les capacités de l'organisme à s'y adapter.

La classe des **Euglenophytes** caractérisée par 3 genres avec 10 espèces soit 12% (**Fig. 12**). Sont présentent des densités moyennement faibles. Les *Euglénophycées* préfèrent les eaux riches en matières organiques (**Gayral, 1975**).

La classe des **Cyanobactéries** n'est jamais apparue comme une classe dominante ceux-ci sont dus aux faibles concentrations en ortho-phosphates et au pH acide donc un pH inférieur à 5, élimine la vie et la croissance des cyanobactéries (**Brock, 1973**). C'est une classe représentée par 6 genres et 8 espèces soit 10 % et sept espèces parmi lesquelles il existe trois genres et deux espèces toxiques qui sont :

- **Anabaena**, est un genre de cyanobactéries filamenteuses de la famille des Nostocaceae, C'est l'un des quatre genres de cyanobactéries produisant des neurotoxines qui peuvent dans certaines conditions s'avérer dangereuses tant pour la vie sauvage ou pour les animaux d'élevage et les animaux de compagnie. L'espèce toxique qui appartient à ce genre est *Anabaena flos-aquae*.
- **Microcystis**, ce genre appartenant au groupe des cyanobactéries sont capable de produire deux grands types de toxines neurotoxines et hépato toxines. L'espèce toxique de ce genre est *Microcystis aeruginosa* qui peut former des proliférations d'algues nuisibles d'importance économique et écologique.
- **Oscillatoria**, c'est un genre régulièrement suspectées lors d'intoxications par des efflorescences à cyanobactéries. Les toxines des *Oscillatoria* ont un tropisme hépatique

Enfin les **Phyrrhophytes** ne sont représentés que par 4 genres avec 7 espèces soit 8 % (**Fig. 12**). Présentent des pourcentages faibles. Les Phyrrhophytes ou dinoflagellés de couleur brune, leur paroi est formée par des plaques de celluloses sous la membrane plasmique. Elles font partie du phytoplancton et sont responsables du phénomène des eaux rouges. Certains dinoflagellés ne possèdent pas de pigments photosynthétiques. *Gymnodinium*, est un genre responsable des "marées rouges" où l'eau peut contenir jusqu'à 46 millions de cellules d'algues par litre d'eau. Lors de la mort des cellules, la libération de substances toxiques provoque une grave pollution des coquillages et de la faune aquatique.

Conclusion

Depuis quelques années, l'eutrophisation croissante des lacs se traduit par des phénomènes de proliférations du phytoplancton de plus en plus préoccupantes du fait de multiples problèmes liés à la toxicité potentielle de certaines espèces phytoplanctoniques.

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique dulac Tonga situé à l'extrême Nord-Est de la ville d'El-Kala (36°51'N-8°30'E) qui occupe une vaste dépression côtière, d'une superficie de 2600 hectares. Il mesure 7.5 Km de long et 4 Km de large.

Des prélèvements sont réalisés durant une période de trois mois (mars, avril et mai) au niveau de deux sites du lac Tonga pour faire la mesure in situ de quelques variables physico-chimique et l'analyses qualitatif du phytoplancton de l'eau de ce lac.

Les résultats des analyses physico-chimiques de ce plan d'eau présentent une variation saisonnière de la température, un pH plus au moins neutre qui se situe entre 6,41-7,27, une conductivité électrique variée entre 513-641 μ s/cm avec une salinité légèrement élevée et un oxygène dissous à faible concentration.

L'observation des caractères morpho anatomiques des taxons phytoplanctoniques récoltés dans le lac nous permis d'identifier 84 espèces et 43 genres repartis en cinq classes, 19 genres pour les chrysophytes, 11 pour les Chlorophytes, 06 pour les cyanobactéries qui sont connus par leur toxicité, 04 pour les Phrrhophyteset 03genres pour la classe des Euglénophytes.

Parmi cette population phytoplanctonique on a identifié des espèces toxiques tel que *Anabaena flos-aquae* et *Microcystis aeruginosa*.

L'étude du phytoplancton révèle que la forte présence de ce dernier est une réponse logique au changement saisonnier des conditions physicochimiques du milieu. La forte présence du phytoplancton durant le mois de mai n'est pas seulement liée à l'augmentation de la température mais aussi à celle de la disponibilité des nutriments, à l'éclairement et aussi à l'hydrodynamisme. Car dans le mois de mars la production du phytoplancton est limitée par les basses températures, les faibles conditions d'éclairement et le brassage par le vent.

En perspectives, ils seraient intéressant de :

- Etaler la période d'étude en un cycle annuel voir sur plusieurs années.
- Réaliser l'identification spécifique du phytoplancton.

Références bibliographiques

- **Abadli M., Harkati G., 2015.** Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata, Chott Merouane, Sife Lemnade, STEP Kouinine). Mémoire de Master. p : 7, 9.
- **Abeliovich A. & Weisman D., 1978.** Role of heterotrophic nutrition in growth of algae *Scenedesmus obliquus* in high rate oxidation ponds, appl. And environ. Microbiol. pp: 35.
- **Abouabdellah R., 2012.** Étude des phycotoxines paralytiques et lipophiles chez les mollusques bivalves de l'Atlantique sub marocain. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Ibn Zohr. 174p.
- **Agrigon A., 2000.** Annuaires de la qualité des eaux et des sédiments. DUNOD. 206p.
- **Amrani A., 2016.** Impacts écologiques et sanitaires de la prolifération massive des cyanobactéries toxiques sur la faune piscicole et la production aquacole dans le lac Oubeïra : Bioaccumulation des cyanotoxines dans les poissons et risque sanitaires associés. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar- Annaba. P : 32, 40.
- **Anneville, O., Kaiblinger, C., Tadonlécé, R.D., Druart, J.C. & Dokulil, M.T., 2008.** Contribution of Long-Term Monitoring to the European Water Framework Directive Implementation. Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference. Sengupta, M. & Dalwani, R. (eds). pp 1122-1131.
- **Anonyme., 1996.** La Wilaya d'El Tarf vous invite à découvrir ses sites merveilleux. Direction de tourisme et de l'artisanat de la wilaya d'el-Tarf. pp : 10
- **Aráoz R., Molgó J. & Tandeau de Marsac N., 2010.** Neurotoxic cyanobacterial toxins. *Toxicon* 56:813-828.
- **Arrignon J., 1991.** Aménagement piscicole des eaux douces. 4^{éd} ED: Lavoisier. 631p.
- **Backer E. W., 1983.** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.* 17(4) pp : 459-466
- **Bagnoul S. & Gaussen H., 1957.** Les climats Biologiques et leurs Classifications. *ANN. GEOGR. FR.* N° 355: 193-220
- **Balvayt G. & Druart Jean-Claude., 2009.** Le lac d'Annecy et son plancton. Edition Quae. P 41.

- **Barnabé G. & Barnabé – Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. pp : 131, 135,138.
- **Bartram J. & Chorus I., 1999.** Introduction. In I. Chorus, J. Bartram [eds.], Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. ed. by E & FN Spon on behalf of the World Health Organization, pp.1-416..
- **Bates S. S., 1989.** Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. Can. J. Fish. Aquat.Sci., 46: 1203-1215.
- **Beghdadi F., 2016.** Importance des zones humides de la Macta (Nord- ouest algérien) Pour l'avifaune aquatiques : Écologie, Parasitologie et Parasitologie et Distribution spatio- temporelle. Thèse de Doctorat. Université 08 Mai 1945-Guelma. P29.
- **Benamira M., & Halassi I., 2012.** Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau du lac souterrain : Bir Osman hammam Dabagh-Guelma. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 de Guelma. pp : 60.
- **Bengtsson J., 1998.** Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. Applied Soil Ecology. **10** (3) pp: 191-199.
- **Benyacoub S., 1993.** Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse dans la région d'El Kala (Nord-est Algérien). Thèse Doctorat. Université Dijon. France, 285p.
- **Bettayeb A., 2010.** Etude comparative entre les propriétés physiques de base du bois de pin d'Alep et de pin maritime. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. Université Ibn Khaldoun Tiaret (Algérie).
- **Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bulletin d'écologie, 17 : 215-307.
- **Bouchar F., 2010.** Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimètre. TENU MToulouse.
- **Bougis P., 1974.** Ecologie du plancton marin. L. Le phytoplancton .Masson et Cie, Parise. pp : 196.
- **Bourrelly P., 1966.** Les algues d'eau douce : les algues vertes, éd. N.Boubée, 1572p.
- **Bourrelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. pp : 438.

- **Bourrelly P., 1970.** Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome 3 : Les Algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Edition N.Boubée & Cie, 572 p.
- **Bourrelly P., 1972.** Les algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome 1 : Les algues vertes. Edition N.Boubée & Cie, 512p.
- **Bourrelly p., 1985.** Les algues bleues ou cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée Parise.
- **Bousslama Z., 2003.** Bioécologie d'une population de Mésange bleue *Parus caeruleus ultramarinus* (L.1758) dans les subérasies de plaine du Nord-est algérien: Écologie alimentaire et impact de la charge parasitaire sur les conditions morphologiques et physiologiques des poussins. Thèse Doctorat. Université Annaba. 103 p.
- **Boutabia L., 2016.** Étude systématique et bioécologique des lichens corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-est algérien). Thèse Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. p : 28, 29,33.
- **Brock T.D., 1973.** Lower pH limit for the existence of blue green algae: evolutionary and ecological implication. *Science*. Vol : 179. P: 480-483.
- **Carmichael W.W. & Falconer I.R., 1993.** Diseases related to freshwater blue-green algal toxins and control measures. *In*: Falconer I (edt) Algal toxins in sea food and drinking water. *Academic.Press*. London. pp : 187
- **Carmichael W.W., 1994.** The toxins of cyanobacteria. *Sci.Am.*270 (1), 78-86.
- **CE., 2011 :** Commission européenne. L'eau, une ressource pour la vie Comment la directive-cadre sur l'eau contribue à protéger les ressources de l'Europe Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne 2011 — 25 p. — 21 x 21 cm.
- **Champiat D. & Larpent J.P., 1994.** Biologie des eaux : Méthodes & Techniques, 2ème tirage. pp : 24, 37 ,39.
- **Chaocachi B., Ben Hassine O.K. & Lemoalle J., 2002.** Impact du vent sur la Transparence des eaux de la lagune de l'ICHKEUL .Bull. Inst. Natu. Scien. Tech. Mer de Salammbö .Vol. 29 .P: 87-93.
- **Chrétiennot-Dinet M.-J., 1990.** Atlas du phytoplancton marin, vol. 3, Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées et Tribophycées. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 261 pp.

- **Compère P., 1991.** Contribution à l'étude des algues de Sénégal. Algues du lac de Guiers et du bas Sénégal. Bulletin du jardin botanique national de Belgique, **61**pp :171-267.
- **Compère P., 2001.** Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique : t.5 Desmidiées 1 Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae, Closteriaceae, Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 69 p. Compère, P., 2001. Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique : t.5 Desmidiées 1 Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae, Closteriaceae, Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 69 p.
- **Costanza R., Darge R., Rudolf D.G., Stephen F.K., Monica G., Bruce H, Karin L. & Marjan B., 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital in *Nature's Services* VOL 387.
- **Couté A. & Chauveau O., 1994.** Algae. Encyclopaedia Biospeologica I, éd., Société de Biopédologie, ISSN 0398-7973, 3ème trimestre pp: 371-380.
- **Couté A., & Bernard C., 2001.** Les cyanobactéries toxiques. *In* : Toxines d'algues dans l'alimentation, Frémy, J.M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- **Crossetti L., Bicudo D., Bicudo C. & Bini L., 2008.** Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophicatio process. *Brazilian Journal of Biology* 68: 1061-1067.
- **De Reviere R., 2003.** Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences .Tome 2. pp : 78, 255.
- **Demers S., Therriault T., Bourget E. & Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: Wind influence. *Limnol. Oceanogr.* **32**: 327-39.
- **Des Abbayes H., Chadefaud M., Feldmann J., De Ferre Y., Gausson H., Grasse P.P. & Prévot A.R., 1978.** Précis de botanique : 1 végétaux inférieurs. 2ème édit. Masson, paris. 302,303p.
- **Djabourabi A., 2014.** Impact de facteurs environnementaux et de micro algues toxiques sur certains organismes aquatiques (bivalves).Thèse de Doctorat. Université BadjiMokhtar-Annaba.p24, 36.
- **Djebbari N., Boudjadi Z. & Bensouilah M., 2009.** L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi & Itagaki, 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord-Est algérien), *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n°31 (1), 45-50.

- **Durand J.H., 1954.** Les sols du bassin versant du lac Tonga (Algérie). Direction du service de la colonisation et de l'Hydraulique. Gouvernement Général de l'Algérie. 254 p.
- **Emberger L., 1952.** Une classification biogéographique des climats. *Nat. Monspl, Série Bot*, 7, 3-42.
- **Ergashev A. E. & Tajiev S. H., 1986.** Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment lagoon (Chmkent, Central Asia): artificial inoculation and rol of algae in sewage purification. *Int. Res. Der. Ges. Hydrobiol.* 17(4): 545-555.
- **Feki-Sahnoun W., 2013.** Analyse de la variabilité spatio-temporelles des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabés. Thèse de Doctorat. Université de Sfax. P : 33,34.
- **Filali R., 2012.** Estimation et commande robustes de culture de micro-algues pour la valorisation biologique de CO₂. thèse doctorat Sciences et Technologies de l'Information des télécommunications et des Systèmes, AUTOMATIQUE. HAL.221p.
- **Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P. & Walsby A.E., 1973.** The blue-green algae. Academic Press-London and New York. Pp : 9-297
- **Fott B., 1969.** Studies In Phycology, E. schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- **Frontier S., & Etienne M., 1990.** Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes rangs-fréquences : modélisation, variabilité d'échantillonnage. In: Biométrie et Océanographie. Société de Biométrie. Ifremer. Actes des colloques. pp : 145-177.
- **Gacem H., 2015.** Etude bioécologique et systématique des Hydrachnidiae dans deux sites: Annaba et Lac Tonga. Lutte biologique anticulicidienne et du parasitisme larvaires des Hydracariens. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba. p : 31,33.
- **Gaillard I., 2003.** Analyse de la variabilité Spatio-temporelle des populations micro-algales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY) .Thèse de Doctorat .Université de la Méditerranée (Aix - Marseille II).P : 1-15.
- **Gana N., 2014.** Détermination de certains paramètres biochimiques urinaires chez le rat wistar recevant un régime cafeteria supplémenté en algues vertes. Mémoire Mastère physiopathologie cellulaire. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.41p.
- **Gayral P., 1975.** Les Algues : morphologie, cytologie, reproduction et écologie. Doin. édit. Paris. P: 52,133-138.

- **Gehu J.M., Kaabeche M. & Ghazoulir., 1993.** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El-Kala (Algérie) Coll. Phyto. Soc. XXII: 297-329.
- **Ghedadbia M., 2012.** La Contribution à l'identification générique des Cyanobactéries potentiellement toxiques et l'étude de leurs paramètres de croissance : Cas du Lac Tonga. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar- Annaba. P51.
- **Gleick P.H., 1993.** "Water resources: A long-range global evaluation." Ecology Law Quarterly Vol. 20, No. 1. pp. 141-149.
- **Gorenflot R. & Guern M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin. édit. Paris. pp: 196, 201.
- **Groga N., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse .p 42.
- **Hakmi A., 2002.** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran.71p.
- **Hamilton D.P. & Schladow S.G., 1997.** Prediction of water quality in lakes and reservoirs.Part I- Model description.Ecological Modeling, 96,(1-3),91-110.
- **Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M., Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S. & Rakotoarinjanahary H., 2001.** Potentially Harmful microalgae of the Western India Ocean.Manuals and guides 41.pp : 5,79.
- **Harris G.J., 1986.** Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London.
- **Herzi F., 2013.** Caractérisation chimique des exsudats du dinoflagellé marin toxique *Alexandrium catenella* et de la diatomée marine *Skeletonema costatum* et étude de la réponse protéomique d'*Alexandrium catenella* en conditions de stress métalliques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Carthage (Tunisie) et de l'Université de Toulon (France).p : 14,24.
- **Hudnell H.K., 2008.** Cyan bacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs. Advances in Experimental Medicine and Biology (Vol. 619), Springer-Verlag, Berlin, Germany, 950 p.
- **Humenik F.J. & Hanna G.P., 1971.** Algal-bacterial symbiosis for removal and conservation of waste water nutrients, J.W.P.C.F., 43 (4). pp :580-594.

- **Hutchinson G.E., 1957.** A treatise on Limnology. *Geography, Physical and Chemistry*. John Wiley and Sons. Vol. 1. Inc., New York, 1115 p.
- **Idealg., 2014.** Étude de la consommation des algues alimentaires en France. Agrocampus Ouest. France.71p.
- **Iltis A., 1980.** Les algues 1. *In* : Durand Jean-René (ed.), Lévêque Christian (ed.). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne : tome 1. ORSTOM, 1980, p. 9-61. (Initiations-Documentations Techniques ; 44). pp : 53.
- **Jean-Claude D. & Frederic R., 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes .INRA-Thonon, Rapport SHL 283 2008,96p.
- **Jeffrey S.W., Mantoura R.F.C. & Bjørnland T., 1997.** Data for the identification of 47 key phytoplankton pigments. *In*: Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C., Wright, S.W., (Eds), Phytoplankton pigments in oceanography, UNESCO, Paris, pp. 447-559.
- **Jeng H., 2007.** Encyclopedia of Cancer and Society. Ed. Graham Colditz. , Los Angeles: Sage Publications Inc. 2: 695-697.
- **John D.M., Whitton B.A. & Brook A.J., 2001.** The Freshwater Algal Flora of the British Isles, An identification Guide to freshwater and terrestrial algae, *Cambridge University Press*, 710p.
- **Joleaud L., 1936.** *Etude géologique de la région de Bone et la Calle*, 2 série: stratigraphie et description générale. Typo-litho & Jules Carbon.
- **Kadid Y., 1989.** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Ingéniorat d'état en agronomie (INA El Harrach)
- **Kalisz I., 1973.** Role of algae in sewage purification .2.Nutrient removal, *pol. Arch. Hydrobiologie*. 20(3) pp : 413-434.
- **Kerr D.S, Razak A. & Crawford N., 2002.**Age-related changes in tolerance to the marine algalexcitotoxin domoic acid. *Neuropharmacology* 43:357–366.
- **Komarek J. & Anagnostidis K., 1999.** Susswasserflora von Mitteleuropa 19. Cyanoprokaryota 1.Teil: Chroococcales, (Gustav Fischer ed.), Stuttgart, Gustav Fischer. 548 p.
- **Komarek J. & Anagnostidis K., 2005.** Susswasserflora von Mitteleuropa 19. Cyanoprokaryota 2.Teil: Oscillatoriales, (Elsevier Spektrum Akademischer Verlag ed.), München, Elsevier. 759 p.

- **Komarek J., Fott B. & Huber Pestalozzi G., 1983.** Die binnengewasser, band XVI. Das phytoplankton des süsswassers systematik und biologie: 7 teil 1 Halfte Chlorophyceae (Grünalgen) ordnung: Chlorococcales, (E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung ed.), Stuttgart, DEU. 1044 p.
- **Krammer K. & Lange-Bertalot H., 1986-2000.** Bacillariophyceae. *In: Süsswasserflora Von Mitteleuropa* (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. Mollenhauer D., eds). Spectrum AkademischerVerlag, Heidelberg, Berlin, pp: 1-5.
- **Lampert W., 1987.** Laboratory studies on zooplankton-Cyanobacteria interaction. *New. Zeal .Jour. Mar .Fresh .Res.* **21**: 483-490.
- **Landscape Aménagement Co. 1998.** *Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe des zones humides + 16 cartes au 1/25 000.* Agence nationale pour la conservation de la nature. Algérie 234 p.
- **Lassus P., 2003.** Les proliférations de micro-algues toxiques en milieu côtier. Journée scientifique d'échanges sur les biotoxines - Toxines de micro-algues et cyanobactéries. Paris. AFSSA.p 9-12.
- **Ledreux A., 2010.** Contribution à l'évaluation du risque pour l'homme lors de l'apparition de neurotoxines émergentes : analyse de réponses cellulaires et sélection de modèles expérimentaux de criblage. Thèse de Doctorat. AgroParisTech. P : 47,43.
- **Lightfoot N.F., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. France. 387p.
- **Mara D., 1980.** Sewage treatment in hot climates, ED. John Wiley and Sons.168p.
- **Marcaillou-Le Baut C., Kryszewski S. & Bourdeau P., 2001.** Syndromes observés et données épidémiologiques. *In: Toxines d'algues dans l'alimentation.* Frémy J.P., Lassus P. et al. Ifremer, 371-399.
- **Mayat S., 1994.** Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- **Merzoug S.E., 2009.** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya de Skikda), mémoire de magister, université de Guelma .51p.
- **Messikh S., 2016.** Étude Bio-écologique des Hydracariens de la région d'Elkala.Thèse de Doctorat, Université Baji Mokhtar Annaba .p 27.
- **Mollo P. & Noury A., 2013.** Le Manuel du plancton. Edition : ECLM. Paris. 198P.
- **MPRH/ONDPA., 2004.** Fonctionnement des lacs Mellah, Oubeira, Tonga et des oiseaux. pp 173-250.

- **Mur L.R., Skumberg O.M. & Utkilen H., 1999.** Cyanobacteria in the Environment. In : Chorus, I. et Bartram, J 1999. (Eds.). Toxic Cyanobacteria in water. A guid to their public health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON, pp : 41-111.
- **Nsikak B., 2008.** Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc. **3**: 813-817.
- **Oertli B. & Frossard Pierre-André., 2013.** Mares et étangs: Ecologie, conservation, gestion, valorisation. Edition. PPUR Presses polytechniques. p 72.
- **Olivier R.L. & Ganf G.G., 2000.** Freshwater blooms. In Whitton B. A. & potts M. (eds.). The Ecology of Cyanobacteria – Their Diversity in Time and Space. Kluwer Academic Publishers, pp : 149-194.
- **Oudra B., 1987.** Recherche d'une optimisation des méthodes d'étude de la biomasse algale dans les bassins expérimentaux de lagunage a Marrakech, Mémoire de CFA, Université Cadi Ayyad, Marrakech.
- **Oudra B., 1990.** Bassins de stabilisation anaérobie et aérobie facultatif pour le traitement des eaux usées à Marrakech : Dynamique du phytoplancton (Microplancton Et Picoplancton) et évaluation de la biomasse primaire. Thèse de 3ème cycle, Université. Cadi Ayyad, Marrakech. 124p.
- **Ould Aklouche F., 2016.** Suivi de l'évolution et la croissance du loup de mer *Dicentrarchus labrax* et de la Dorade *Sparus aurata* au niveau de la ferme aquacole d'Agla (Wilaya de Tlemcen). Mémoire de Master. Université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid. 24p.
- **Ozenda P., 2000.** Les végétaux : Organisation et diversité biologique. 2 Dunod éd. P: 9-13.
- **Padisák J., Borics G., Grigorszky I. & Soróczyki-Pinter E., 2006.** Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive the assemblage index. Hydrobiologia. 553: 1-14.
- **Parhad N.M. & Rao N.U., 1974.** Effect of pH on survival of *Escherichia coli*. Jounl. Water poll. Control. Fed., 46:980-986.
- **Paulmier G., 1972.** Phytoplancton et microphytobenthoe en rivière d'Auray. Leur raledane le cycle biologique des huitres *Ostrea edulis* L. Thèse Doctorat Université de Provence. Mention Sciences.

- **Pearson H.W., Mara D.D., Milis S. W. & Smallman D.L., 1987.** Factors determining algal population in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. *Wat. Sci. Tech.* 19 (12) : 131-140.
- **Pestalozzi G.H., Komarek T.J. & Fott B., 1983.** *Das Phytoplankton des Subwassers, Systematik und Biologie*, E.Schweizerbart'scheVerlagsburchhandlung, Stuttgart.
- **Pouliot Y. & Delanoue J., 1985.** Mise au point d'une installation pilote d'épuration tertiaire des eaux usées par production de microalgues. *Rev .France. Des sci. De l'eau*, 4 : 207-222.
- **Prescott L.M., Harley J.P. & Klein D.A., 2003.** *Microbiologie*, 2^{ème} édition. De boeck Université, Bruxelles.
- **Raachi., 2007.** Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du Lac Tonga au Nord-est Algérien. Mémoire Présenté Comme Exigence Partielle De La Maîtrise En Géographie, p: 88.
- **Rafiqul I.M., Jalal K.C.A. & Alam M.Z., 2005.** Environmental Factors for Optimization of Spirulina Biomass in Laboratory Culture. *Biotechnology.* 4 (1): 19-22.
- **Ramade F., 2003.** *Eléments d'écologie fondamentale*. 3eme Edition. Dunod. 690 p.
- **Raymond., 1977.** *Le traitement des eaux. 2ème édition. Dunod, France.* 387p.
- **Rejsek F., 2002.** L'analyse des eaux technique et aspects réglementaires, Scérèn CRDP Aquitaine, Bordeaux.358p.
- **Reynolds C. S., 1987.**Cyanobacterial water-blooms. *Adv. Bot. Res.* 13, 67-143.
- **Reynolds C. S., 1998.** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status. *Hudrobiologia.* 11 (26): 369-370.
- **Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-flores, L. & Melo, S. 2002.** Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research.* 24 417-428.
- **Ricard M., 1987.** *Atlas du phytoplancton marin, Diatomophycées.* vol. 2. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 297 pp
- **Rodier J., Legube B., Marlet N. & Coll., 2009.** *L'analyse de l'eau.* 9ème édition. Dunod. Paris. p : 6-1579.
- **Rodier J., 1984.** *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.* Edition. Dunod. Paris.

- **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Dunod. Paris. 1383p.
- **Roger P.A., 1996.** Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice fields. IRRI. Editor William H. Smith. P: 132.
- **Rouag R., 1999.** Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie environnement. Université d'Annaba. 61 p.
- **Rzymski P. & Poniedzialek B., 2012.** Dermatotoxins synthesized by blue-green algae (Cyanobacteria). Postepy Dermatol Alergol 29:47-50.
- **Salsamo N., Morabito G., Buzzi F., Garibaldi L., Simona M. & Mosello R. 2006.** Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. Hydrobiologia. 563 : 167-187.
- **Seltzer P., 1946.** Le climat d'Algérie. Trav. Inst. Météophys. Globe d'Algérie, Alger, 219 p.
- **Sieburth J.M., Smetacek V. & Lenz J., 1978.** Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. Limnol. Oceanogr. 23, 63.
- **Sivonen K. & Jones G., 1999.** Cyanobacterial Toxins. In: Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management: London, pp 41-111.
- **Skulberg O.M., 1996.** Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters health and environment. In: Chemical data as a basis of geomedical investigations. ed. Lag. J., the Norwegian Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148.
- **Solheim A.L., 2005.** Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions. Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp.
- **Sournia A., Chrétiennot-Dinet M.J. & Ricard M., 1991.** Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? J. PlanktonRes. 13, 1093-1099.
- **Stewart P., 1969.** Sylviculture. Inst. Nat. Agro., El - Harrach, 73p.
- **Tillmann U., Elbrächter M., John U. & Krock B., 2011.** A new non-toxic species in the dinoflagellate genus *Azadinium*: *A.poporum* sp. nov. European Journal of Phycology. 46 (1) (2011), pp. 74–87.

- **Travers M., 1964.** Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France : 308-343.
- **Trégouboff G. & Rose M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome 1. CNRS, P: 128.
- **Utermöhl H., 1958.** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Method. Int. Ver. theor. angew. Limnol., 9 : 1-39.
- **Van Dolah, F. M., 2000.** Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. Environ. Health Perspect, 108 Suppl. 1: 133-41.
- **Villeneuve V., Legare S., Painchaud J. & Vincent W., 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. Rev. Sci. Eau, géol, pp :259-274.
- **Wiegand C. & Pflugmacher S., 2005.** Ecotoxicological affects of selected cyanobacterial secondary metabolites: a short review Toxicol. Applied Pharmac. 203: 201-218.
- **Winkler L.W., 1888.** Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 21, page 2843.
- **World Health Organization (WHO), 1987.** Factors affecting treatment in ponds In Wastewater Stabilization pond: Principles of Planning and Practice, FMRO Technical Publication, 10, Alexandria.
- **Zingone A. & Enevoldsen H.O., 2000.** The diversity of harmful algal blooms challenge for science and management. Ocean & Coastal Management. **43** :725-748.

Résumé

Le lac Tonga est une zone humide et étendue d'eau douce endoréique et une zone d'importance internationale unique dans la région méditerranéenne, situé dans le Parc National d' El Kala à 36°51' N et 08°30' E. Il est inscrit sur la liste *Ramsar* depuis 1982, il est également partie intégrante de la réserve de la biosphère.

Notre travail consiste à caractériser la qualité phytoplanctonique, durant la période s'étalant de mars à mai 2017, où on a effectué des prélèvements mensuels sur deux stations.

Les résultats montrent que les analyses physico-chimiques de l'eau du lac Tonga sont dans les normes des eaux superficielles, une température saisonnière et un pH plus au moins neutre varie entre 6.41 et 7.27 avec un oxygène dissous et une conductivité électrique qui peut classer les eaux de ce lac comme des eaux de bonne qualité.

Les résultats de l'analyse phytoplanctonique nous permis d'identifier 43 genres et 84 espèces appartenant à 5 embranchements ou classes, Les *Chrysophytes* représentent la classe la plus élevée avec 43 % en termes de nombre total d'espèces, suivie par celle des *Chlorophytes* 27 %. Les *Euglenophytess* et les *Cyanobactéries* représente respectivement 12 % et 10 % des espèces recensés, et enfin, les *Pyrrhophytes* représentent la classe la moins représentée avec seulement 8 %. Des espèces toxiques tel que *Anabaena flos-aquae* et *Microcystis aeruginosa* sont identifiés.

Mots clés : Analyse physico-chimique, analyse phytoplanctonique, espèce toxique, lac Tonga, El Kala.

Abstract

The Tonga lake is a wet area and extent of freshwater endoreic and an area of international importance unique in the Mediterranean region, located in the National Park of El Kala to 36°51 N and 08°30 E. It is inscribed on the Ramsar List since 1982; it is also an integral part of the reserve of the biosphere.

Our work is to characterize the phytoplankton quality, during the period from March to May 2017, where it was carried out monthly samples on two stations.

The results show that the physico-chemical analysis of the water of the Lake Tonga are in the standards of surface waters, a seasonal temperature and a pH more at least neutral varies between 6.41 and 7.27 with a dissolved oxygen and electrical conductivity which may classify the waters of this lake as the waters of good quality.

The results of the analysis of the phytoplankton allowed us to identify 43 genera and 84 species belonging to 5 branch lines or classes, Chrysophytes represent the highest class with 43% in terms of total number of species, followed by that of the Chlorophyta 27%. The Euglenophytess and cyanobacteria represents respectively 12% and 10% of species identified, and finally, the Pyrrhophytes represent the class the least represented with only 8%. Of the toxic species such as *Anabaena flos-aquae* and *Microcystis aeruginosa* are identified.

Key words: physical-chemical analysis, phytoplankton analysis,, toxic species, Tonga lac, El Kala.

الملخص

تعتبر بحيرة طونغا منطقة رطبة وبحيرة للمياه العذبة وذات أهمية دولية فريدة من نوعها في منطقة البحر الأبيض المتوسط، وتقع في الحضيرة الوطنية للقالة في 36 ° 51 شمالا و 08 ° 30 شرقا. وهي مسجلة على لائحة رامسار منذ عام 1982، كما أنها جزء من محميات المحيط الحيوي. مهمتنا هي لوصف نوعية العوالق النباتية خلال الفترة الممتدة من مارس إلى ماي 2017، أين تم أخذ العينات شهريا من محطتين. وأظهرت النتائج أن التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه من بحيرة طونغا في مستويات المياه السطحية من درجات الحرارة الموسمية ودرجة الحموضة متعادلة تقريبا، تتراوح ما بين 6.41 و 7.27 مع الأوكسجين المذاب وناقلية كهربائية التي يمكنها تصنيف مياه البحيرة كمياه ذات نوعية جيدة.

نتائج تحليل العوالق النباتية حددنا 43 جنسا و 84 نوعا تنتمي إلى خمسة من الكائنات الحية أو الطبقات، و Chrysophytes تمثل أعلى درجة مع 43%. من حيث العدد الكلي للأنواع، تليها في ذلك 27 كلوروفيتا % و Euglenophytes والبكتيريا الزرقاء يمثل على التوالي 12% و 10% من الأنواع المدرجة، وأخيرا، Pyrrhophytes تمثل أقل من الدرجة ممثلة مع 8% فقط. يتم تحديد الأنواع السامة مثل *Anabaena flos-aquae* و *Microcystis aeruginosa*.

كلمات البحث: تحليل فيزيوكيميائي ، تحليل العوالق النباتية، الأنواع السامة، بحيرة طونغا، القالة.

Tableau 06 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température
(Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

Tableau 07 : Classifications des eaux d'après leur pH (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau 08 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Merzoug, 2009).

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Qualité des eaux
CE<400	Bonne
400<CE<750	Bonne
750<CE<1500	Passable
1500<CE<3000	Médiocre

Tableau 09 : Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température (Table de Winkler)

Température (°C)	Solubilité (O ₂ mg /l)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11