

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

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité: Microbiologie Appliquée

Département: Écologie et Génie de l'Environnement

THÈME :

Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique et identification de la flore phytoplanctonique des eaux du Lac Bleu (Nord-est Algérien)

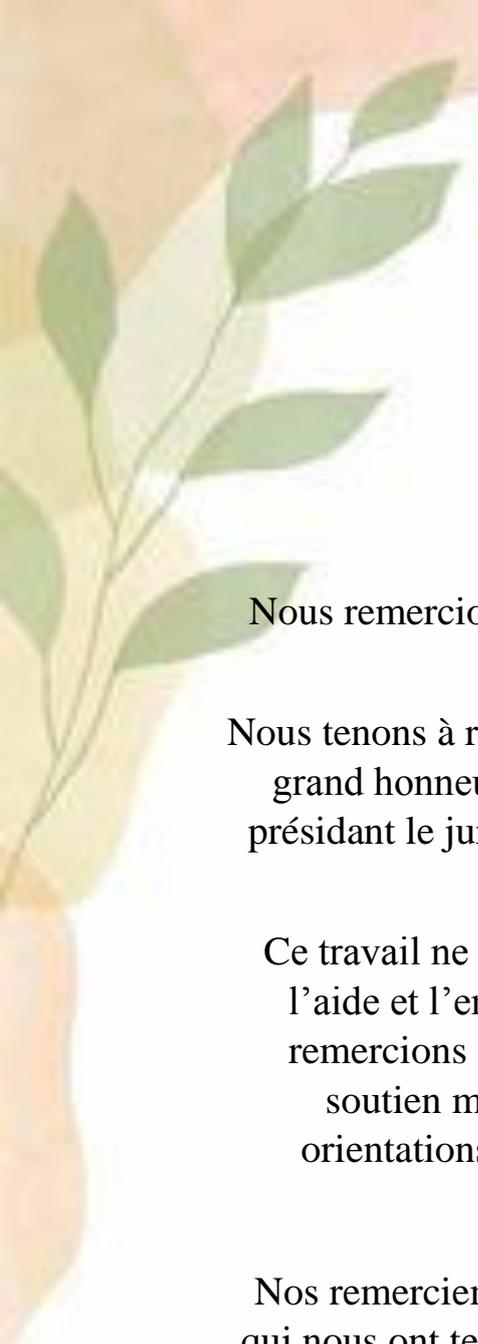
Présenté par :

- BRAHMIA Amina
- ZEROULOU Chayma

Devant le jury composé de :

Président:	Mr. RAMDANI Kamel	MCB	Université de Guelma
Examineur :	MR.MERZOUG Abdelghani	MCB	Université de Guelma
Encadreur :	Mr. ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

Année universitaire: 2020/2021



REMERCIEMENTS

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et terminer ce mémoire.

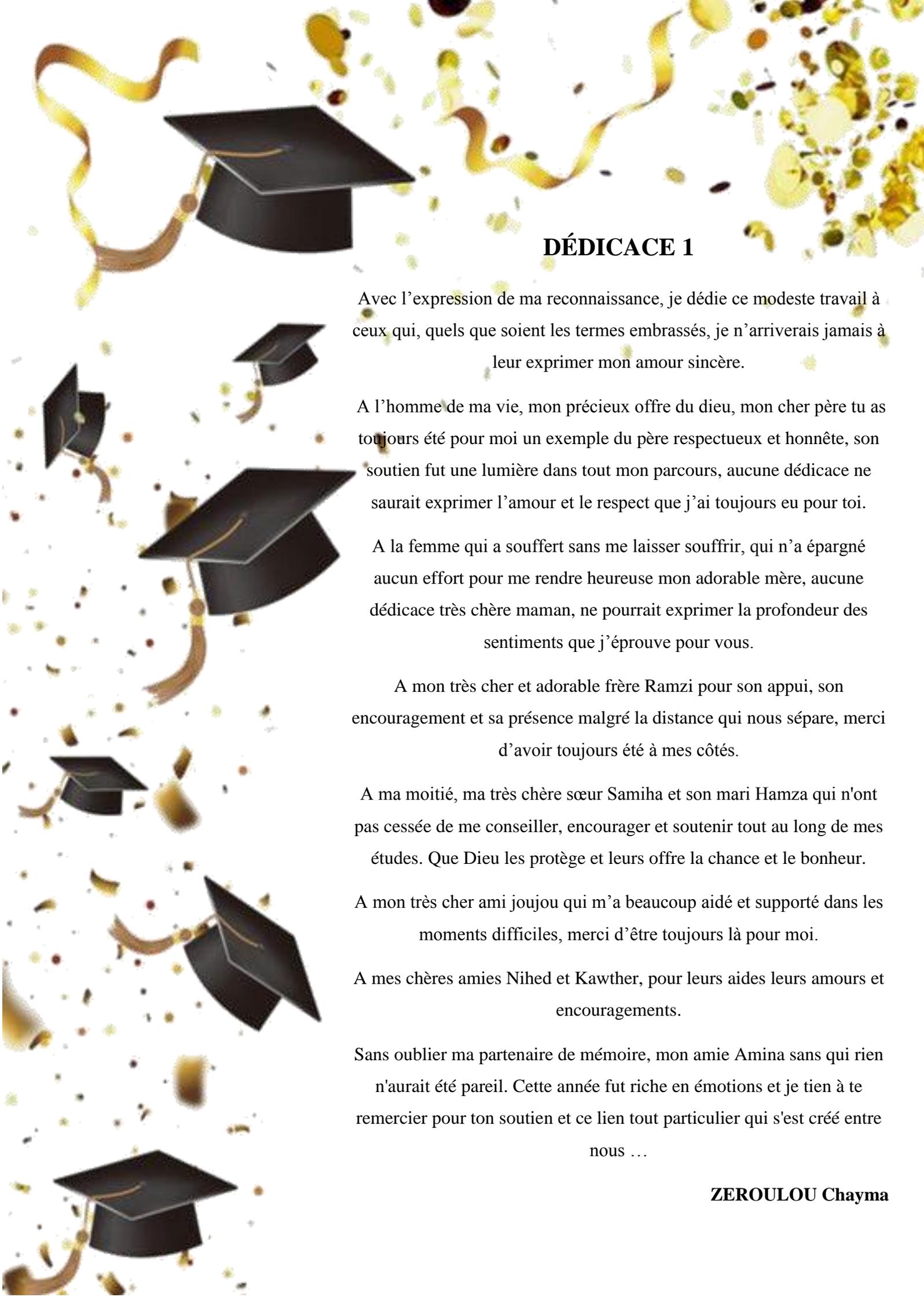
Nous tenons à remercier sincèrement les membres du jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail ; Docteur **RAMDANI Kamel**, en présidant le jury et Docteur **MERZOUG Abdelghani**, d'avoir examiné ce mémoire ;

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur **ROUABHIA Kamel**, nous le remercions chaleureusement pour son encadrement sans faille, son soutien moral, sa rigueur au travail, ses multiples conseils, ses orientations et sa disponibilité malgré ses multiples occupations ;

Nos remerciements vont également à tous les ingénieurs du laboratoire qui nous ont tendu la main alors que nous étions dans le laboratoire pour réaliser la partie appliquée ;

Nos vifs remerciements vont à nos familles pour leur soutien tout au long de notre parcours universitaire. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible ;

Enfin nous tenons à exprimer vivement nos remerciements avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation, car un projet ne peut pas être le fruit d'une seule personne.



DÉDICACE 1

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme de ma vie, mon précieux offre du dieu, mon cher père tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux et honnête, son soutien fut une lumière dans tout mon parcours, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse mon adorable mère, aucune dédicace très chère maman, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous.

A mon très cher et adorable frère Ramzi pour son appui, son encouragement et sa présence malgré la distance qui nous sépare, merci d'avoir toujours été à mes côtés.

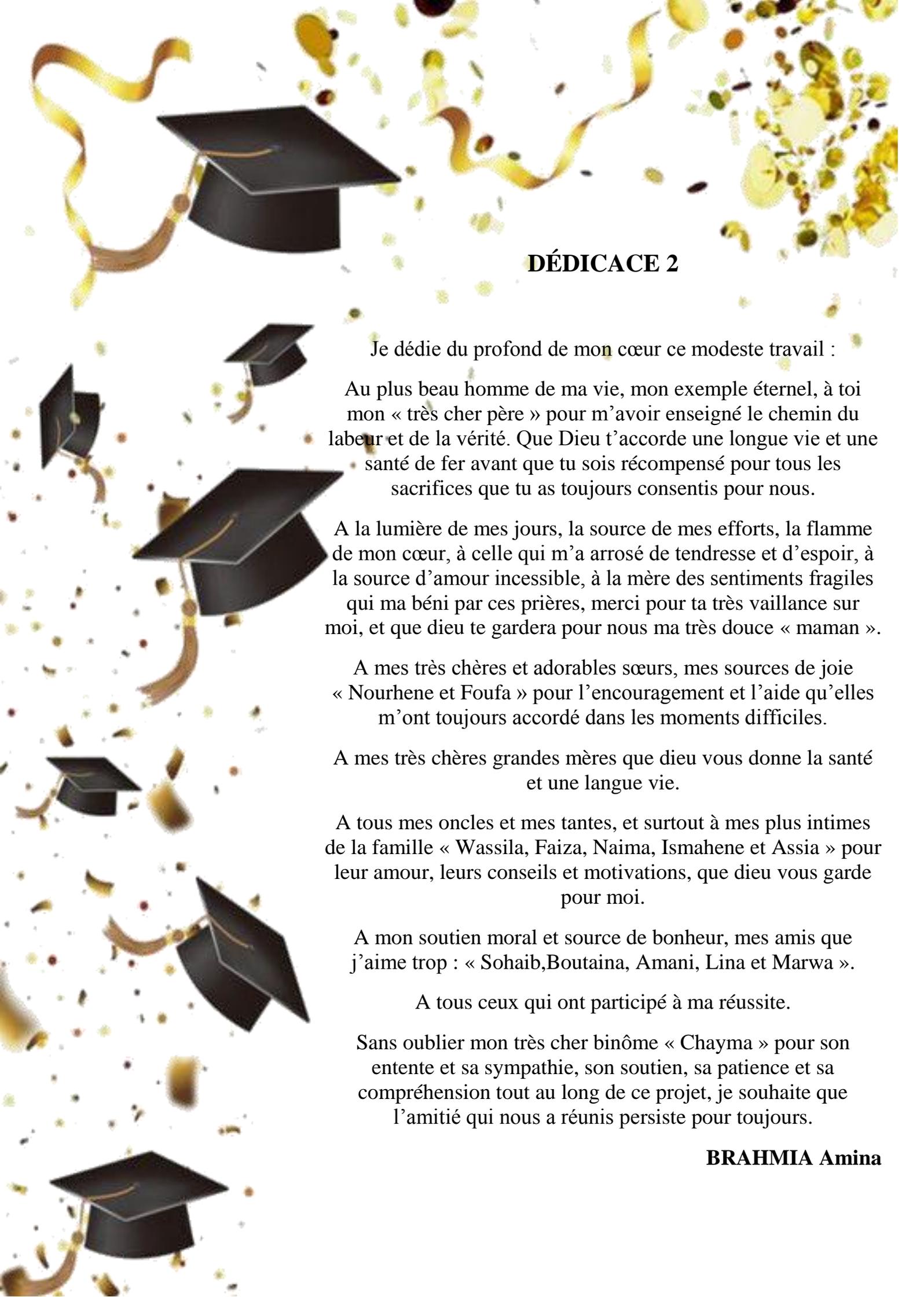
A ma moitié, ma très chère sœur Samiha et son mari Hamza qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon très cher ami joujou qui m'a beaucoup aidé et supporté dans les moments difficiles, merci d'être toujours là pour moi.

A mes chères amies Nihed et Kawther, pour leurs aides leurs amours et encouragements.

Sans oublier ma partenaire de mémoire, mon amie Amina sans qui rien n'aurait été pareil. Cette année fut riche en émotions et je tien à te remercier pour ton soutien et ce lien tout particulier qui s'est créé entre nous ...

ZEROULOU Chayma



DÉDICACE 2

Je dédie du profond de mon cœur ce modeste travail :

Au plus beau homme de ma vie, mon exemple éternel, à toi mon « très cher père » pour m'avoir enseigné le chemin du labeur et de la vérité. Que Dieu t'accorde une longue vie et une santé de fer avant que tu sois récompensé pour tous les sacrifices que tu as toujours consentis pour nous.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, à celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir, à la source d'amour incessible, à la mère des sentiments fragiles qui ma béni par ces prières, merci pour ta très vaillance sur moi, et que dieu te gardera pour nous ma très douce « maman ».

A mes très chères et adorables sœurs, mes sources de joie « Nourhene et Foufa » pour l'encouragement et l'aide qu'elles m'ont toujours accordé dans les moments difficiles.

A mes très chères grandes mères que dieu vous donne la santé et une langue vie.

A tous mes oncles et mes tantes, et surtout à mes plus intimes de la famille « Wassila, Faiza, Naima, Ismahene et Assia » pour leur amour, leurs conseils et motivations, que dieu vous garde pour moi.

A mon soutien moral et source de bonheur, mes amis que j'aime trop : « Sohaib, Boutaina, Amani, Lina et Marwa ».

A tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Sans oublier mon très cher binôme « Chayma » pour son entente et sa sympathie, son soutien, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet, je souhaite que l'amitié qui nous a réunis persiste pour toujours.

BRAHMIA Amina

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

CHAPITRE I : Contaminants biologique des eaux de surfaces

1. Généralités sur les ressources hydriques naturelles.....	03
1.1. Répartition de l'eau sur terre.....	03
1.2. Origine de l'eau.....	03
1.3. Eaux de surface.....	03
1.4. La contamination de cycle vital d'eau	03
2. Maladies à transmission hydrique.....	04
2.1. Les infections virales.....	05
2.2. Infection parasitaire.....	06
2.3. Les infections bactériennes.....	07
3. Transmission et contrôle.....	08
4. Germes indicateurs de contamination fécale.....	08
4.1. Les coliformes.....	08
• Les coliformes totaux.....	08
• Coliformes fécaux.....	08
4.2. Streptocoques fécaux.....	09
4.3. Bactérie Anaérobies sulfito-réductrices, Clostridium.....	10
5. Micro-organismes revivifiables.....	11

CHAPITRE II : Le phytoplancton

1- Généralité.....	12
2- Classification des phytoplanctons.....	12
2-1- Les procaryotes.....	12
2-2- Les eucaryotes.....	13
2-2-1- Les algues brunes.....	13

• Les Diatomées (Bacillariophycées	13
• Les Dinophycées ou dinoflagellés.....	13
• Les Cryptophycées.....	14
• Les Chrysophycées.....	14
• Les Xanthophycées.....	14
b- Les algues vertes.....	15
• Les Chlorophycées.....	15
• Les Euglénophycées.....	15
• Les Zygothycées ou zygnématophycées.....	16
3- Cytologie des microalgues.....	16
4- La croissance et reproduction.....	17
5- Les caractéristiques des phytoplanctons dans le milieu aquatique.....	17
5-1- La base de la chaîne alimentaire aquatique.....	17
5-2- La photosynthèse.....	18
5-3- Les efflorescences algales.....	19
5-4- Les cyanotoxines.....	19
5-5- L'eutrophisation.....	20
5-6- Autres caractéristiques.....	20
6- Rôle des phytoplanctons dans le traitement des eaux.....	20
7- L'habitat du phytoplancton.....	21
8- La succession saisonnière du phytoplancton.....	21

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

1-Présentation du site d'étude.....	23
1-1- Présentation du Parc national d'El-Kala (PNEK).....	23
1-1-1- Localisation.....	23
1-1-2- caractéristiques.....	24
• Situation géomorphologique.....	24
• Climatologie.....	24
1-2- Le lac bleu.....	24
1-2-1- Hydrologie et hydrogéologie du lac Bleu.....	25
1-2-2- Les caractéristiques écologiques.....	26
• La faune.....	26

• La flore.....	27
2- Choix de station d'étude.....	28
3- Les analyses physicochimiques.....	28
• Température.....	29
• Le potentiel d'hydrogène.....	29
• Conductivité électrique.....	30
• Oxygène dissous.....	30
• Salinité.....	30
• TDS.....	31
4- L'échantillonnage.....	31
• Matériel de prélèvement.....	31
• Méthode de prélèvement.....	31
• Méthode de transport et conservation.....	32
5- Les analyses bactériologiques.....	32
5-1- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et à 37°C.....	32
5-2- Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et thermotolérants....	35
5-3- Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.....	37
5-4- Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies Sulfito-Réductrices « Clostridium ».....	38
6- L'analyse phytoplanctonique.....	39
6-1- Analyse qualitative.....	39
6-2- Identification des espèces.....	40

CHAPITRE IV : Résultats et discussion

1- Résultats des analyses physicochimiques mesurés in situ.....	41
1-1- Le pH.....	41
1-2- La température	42
1-3- La conductivité	42
1-4- TDS.....	43
1-5- L'oxygène dissous.....	44
1-6- Salinité.....	45
2- Résultats des analyses bactériologiques.....	46

2-1- Recherches et dénombrement des germes totaux	47
2-2- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux.....	47
• Coliformes totaux	47
• Coliformes fécaux.....	48
2-3- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	48
2-4- Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	49
2.5. L'origine de la contamination fécale.....	50
3- Résultats du phytoplancton.....	51
3-1- Analyse qualitative.....	51
3-1-1- Composition spécifiques et structure des communautés phytoplanctonique.....	51
3-1-2- Richesse spécifique.....	58
3-1-2- Diversité des différents groupes.....	59
Conclusion	61
Références bibliographiques	63
Résumés	
Annexes	

Liste des abréviations

- ASR** : Anaérobies sulfitoréducteurs
- BCPL** : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
- CF** : Coliforme fécaux
- Cond** : conductivité
- CT** : Coliforme totaux
- D /C** : Double concentration
- GT** : Germes totaux
- HVA** : Hépatite virale « A »
- MTH** : Maladies à transmission hydrique
- NPP** : Nombre le plus probable
- S /C** : Simple Concentration
- SF** : Streptocoque Fécaux
- TDS** : Total des solides dissous
- TGEA** : Tryptone-Glucose-Extrait de levure-Agar
- TIAC** : Toxi-infections alimentaires collectives
- VF** : Viande foie

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
01	Le fonctionnement simplifié d'une chaîne alimentaire dans un cours d'eau.	18
02	La situation géographique du Parc National d'El Kala.	23
03	Diagramme Ombrothermique de Gaussen.	25
04	Vue satellite du lac Bleu (Google Maps 2021).	25
05	Vue de lac Bleu (photo prise par ZEROULOU Chayma).	26
06	Quelques espèces des avifaunes que nous avons remarquées (photo prise par BRAHMIA Amina).	27
07	La plante <i>Iris pseudo-acorus</i> (photo prise par ZEROULOU Chayma).	28
08	La plante <i>Nymphaea alba</i> (photos prise par BRAHMIA Amina).	28
09	Le site de prélèvement (photo prise par BRAHMIA Amina).	29
10	Photos de l'appareil GPS utilisé de type (GARMIN-GPS72).	29
11	Photos de l'appareil multiparamètre utilisé de type (WTW-Multi350i).	30
12	Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables.	35
13	Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et <i>E.Coli</i> .	37
14	Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.	38
15	Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies.	39
16	Protocole de l'analyse qualitative des phytoplanctons.	40
17	Variations de pH de l'eau du lac Bleu.	42
18	Variations de la Température de l'eau du lac Bleu.	43
19	Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Bleu.	43
20	Variations de la TDS de l'eau du lac Bleu.	44
21	Variations de l'Oxygène dissous de l'eau du lac Bleu.	44
22	Aspect macroscopique des coliformes totaux sur milieu TGEA.	46
23	Evaluations du nombre des germes revivifiables à 22°C et à 37°C de l'eau du Lac Bleu.	46
24	Estimation des coliformes totaux dans l'eau du lac Bleu.	47
25	Estimation des coliformes fécaux dans l'eau du lac Bleu.	48
26	Estimation des Streptocoques fécaux dans l'eau du lac Bleu.	48
27	Estimation des ASR dans l'eau du lac Bleu.	49
28	Evaluations de nombre des espèces et des Genre de chaque prélèvement.	60
29	Le pourcentage des groupes identifiés en mois de Mars.	60
30	Le pourcentage des espèces au mois d'Avril.	61

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
01	Principales virus pathogènes responsables des infections d'origine hydrique.	06
02	Principales maladies parasitaires d'origine hydrique et leurs agents responsables.	07
03	Principales bactéries pathogènes responsables des infections d'origine hydrique.	07
04	Taux de croissances comparatifs signales dans littérature.	17
05	Classifications des eaux d'après leur pH.	Annex02
06	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.	Annex02
07	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.	Annex02
08	Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous.	Annex02
09	La variation de la salinité du lac Bleu.	45
10	Grille de la qualité (IQM).	Annex02
11	Grille de l'origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF) qualité IQM.	Annex02
12	Résultats des analyses qualitatives des espèces phytoplanctoniques des eaux du lac bleu.	51
13	Présence, absence des espèces dans la station de prélèvement (présence+/absence-).	58

Introduction

Introduction

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe, elle constitue l'hydrosphère (**Degrémont, 1989**). C'est un élément vital Indispensable à la régulation du climat, au développement de la vie sur Terre, au maintien des écosystèmes, aux populations, au développement de l'agriculture, de l'industrie comme à la production d'énergie. Il convient donc, dans un contexte de changement global, d'analyser dans toute sa diversité la place et le rôle de l'eau et de se donner ainsi les moyens de mieux la préserver (**Euzen et al., 2015**).

L'Algérie, de par sa configuration physique et la diversité de son climat est riche en zones humides, ressources des plus précieuses sur les plans de la diversité biologique et de la productivité naturelle sur le territoire (**Benhassine-Gherzouli, 2013**) ; Elles correspondent à des zones de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, qu'elles s'inscrivent dans un continuum de conditions écologiques allant de milieux submergés en permanence à des milieux toujours exondés et naturellement drainés et pouvant subir de plus des variations de conditions dans le temps (**Chaabane & Boujelben, 2017**).

Les écosystèmes aquatiques sont des milieux équilibrés d'eau dans lesquels des interactions se produisent entre l'habitat (biotope) et l'ensemble des organismes vivants de producteurs, de consommateurs et de réducteurs (biocénose) (**Drapeau et al., 1977**) ; un lac est un bon exemple d'écosystème.

Les producteurs d'un lac sont les plantes photo synthétisantes, parmi lesquelles il y a de grandes plantes enracinées ou flottantes et des plantes minuscules, ces dernières connues sous le nom de phytoplancton qui représentent le premier niveau trophique (**Drapeau et al., 1977**).

Les phytoplanctons sont des organismes unicellulaires végétaux qui vivent sur les couches supérieures des océans et des lacs. Ils jouent un rôle important dans les écosystèmes aquatiques. Non seulement, le phytoplancton représente le premier maillon de la chaîne alimentaire aquatique, mais, il est également considéré comme le «poumon» de notre planète (**Bordj & El saadi, 2018**).

L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les

activités humaines. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide qui cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels, l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs, mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, ...etc.) (**Makhoukh et al., 2011**).

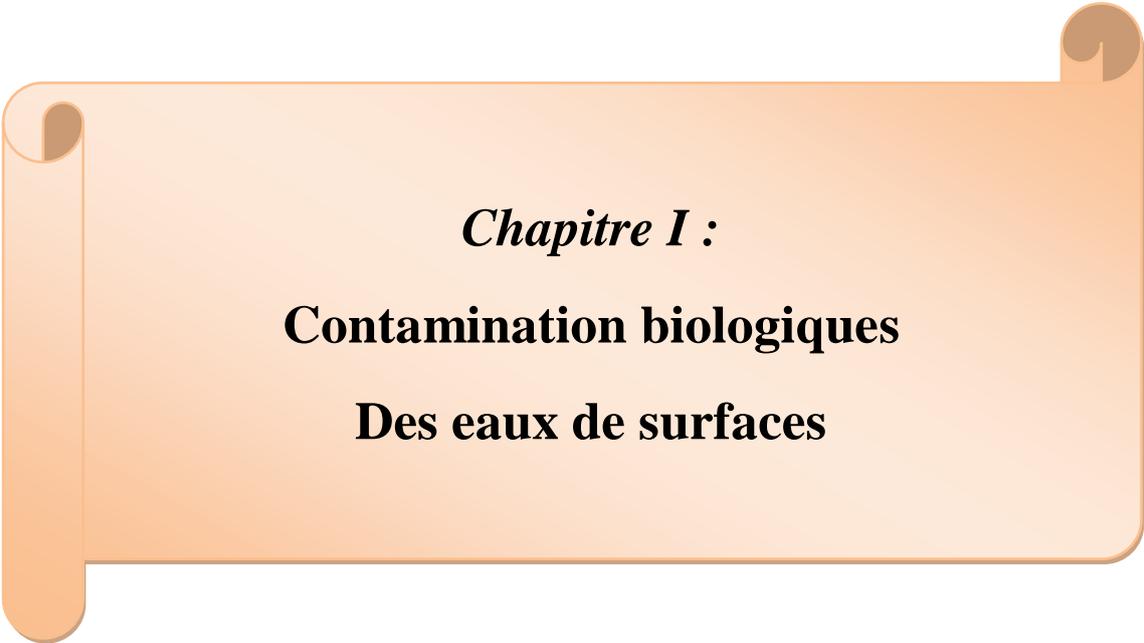
Dans la plupart des cas, la pollution s'entend comme un dépassement aux normes, définies en fonction des usages de l'eau. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau (Kherifi & Kherici-Bousnoubra, 2012). Ceci implique la nécessité impérieuse de protéger l'eau. Il faut la traiter que ce soit pour produire une eau propre à la consommation ou à des usages spécifiques industriels ou pour limiter les rejets de pollution dans le milieu naturel (**Degrémont, 1989**).

Les objectifs de ce travail sont de :

1. Caractériser l'environnement physico-chimique des eaux du Lac Bleu.
2. Déterminer la qualité bactériologique.
3. Identification de la flore phytoplanctonique du lac Bleu durant la période d'étude.

Ce manuscrit est divisé en quatre chapitres :

- Le premier et le deuxième chapitre, une étude bibliographique présente dont l'un une généralité sur les ressources hydrique naturelles et les maladies associées et l'autre une étude les phytoplanctonique ;
- Le troisième chapitre, présente une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physicochimiques et bactériologiques effectuées et phytoplanctonique ;
- Le quatrième 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 mémoire.

An orange scroll graphic with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered on the scroll.

Chapitre I :
Contamination biologiques
Des eaux de surfaces

CHAPITRE I : Contaminants biologiques des eaux de surfaces

1. Généralités sur les ressources hydriques naturelles

1.1. Répartition de l'eau

L'eau est le synonyme de vie biologique (**Degrémont, 1989**) ; Le problème de l'eau sur notre planète n'est pas tant celui de la quantité globale disponible que son inégale répartition géographique. Sur la planète bleue 97,5% de l'eau est salée stockés dans les mers et les océans. Les 2,5% restants sont, pour l'essentiel, piégés dans deux inlandis (Antarctique et Groenland), ce volume est reparti comme suit : 68% se trouve dans les glaciers et les couvertures neigeuses, 30.8% sont des eaux souterraines et 0,3% sous forme d'eau douce dans les lacs et les réservoirs (**David et Aurélie, 2009**).

1.2. Origine de l'eau

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes où l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (**Degrémont, 1989**).

1.3. Eaux de surface

Les eaux de surface englobent tous les eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents (cours d'eaux, rivières, lacs, étangs, barrages,...etc.) (**Degrémont, 1989**). La plupart des lacs de la terre sont des stockages d'eau douce stagnante dans des vallées, des plaines inondables et des dépressions isolées et la plupart d'entre eux se localisent des latitudes élevées de l'hémisphère nord où les précipitations sont abondantes. La plupart des lacs sont alimentés et drainés par des rivières, au contraire des étangs qui sont généralement plus petits et moins profonds. Les lacs naturels peuvent être liés à des soulèvements tectoniques, le long de failles sismiques et dans les zones de rift provoquant l'amincissement de la lithosphère (**Lécuyer, 2014**).

1.4. La contamination de cycle vital d'eau

Chaque année, 502800km³ d'eau s'évaporent sur les océans sous l'effet de l'Energie solaire. La plus grande partie retombe sous forme de précipitations sur les océans

mais 10% environ sont transférés sous forme de vapeur d'eau sur les continents, où à des conditions de température et de pression données, ils se condensent et précipitent (pluie ou neige) (**David et Aurélie, 2009**).

Au cours de ce passage atmosphérique, l'eau se charge déjà en éléments chimiques et va transporter des particules elles-mêmes porteuses de contaminants chimiques ou microbiologiques dans les zones influencées par des émissions de polluants dans l'atmosphère, l'eau va dissoudre des contaminants (oxydes d'azote, oxydes de soufre, pesticides, hydrocarbures, ...etc.). Ainsi l'eau de pluie, souvent considérée comme si pure dans l'esprit du public, ne l'est pas si l'atmosphère qu'elle a rencontrée est déjà contaminée (**Levi, 2013**).

Environ 60% de ces précipitations retournent rapidement dans l'atmosphère, par l'effet de l'évaporation sur les nappes d'eau libre (fleuve et lacs) ou de la transpiration des plantes et des animaux d'où l'importance de cycles secondaires sur les continents (**David et Aurélie, 2009**). Une fois au sol, Les 40% d'eau de précipitation restants ruisselle sur les surfaces et en particulier sur les zones imperméabilisées par l'Homme, dont l'étendue ne cesse de se développer (voies de circulation, toitures, parkings, aéroports, etc.). Elle emporte alors des contaminations microbiologiques (déjections d'animaux, déchets, etc.), des contaminants chimiques fixés sur ces surfaces ou libérées par les matériaux (**Levi, 2013**), et rejoint rapidement les rivières avec un temps de résidence de quelques jours. Seule une faible partie s'infiltré plus profondément et rejoint les nappes souterraines, mais le temps de résidence étant beaucoup plus long en fonction de la porosité et de la perméabilité du terrain et de la température (terrain gelé) (**David et Aurélie, 2009**).

2. Maladies à transmission hydrique

Les eaux de surface véhiculent de nombreux microorganismes comme des bactéries, des virus, des protozoaires, des algues qui altèrent la qualité sanitaire des eaux et provoquent par conséquence de diverses maladies chez l'homme (**Servais et al., 1999**).

On entend par « maladies liées à l'eau » celles contractée par ingestion, par contact direct ou encore les maladies pour lesquelles l'eau est le milieu de vie d'hôtes de larves ou de parasites. Ce sont les maladies du péril fécal (**Aubry et Gaüzère, 2012**). L'apparition d'une maladie infectieuse ou parasitaire liée à l'eau et sa transmission sont fonction de

certains paramètres. Ceux-ci sont variables selon l'agent infectieux et interviennent sur l'épidémiologie, la fréquence de la maladie (**Olivier, 2005**).

Aujourd'hui, ces maladies sont à l'origine d'un taux de mortalité très élevé des populations des pays en voie de développement (**Saab et al., 2008**). Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS) pas moins de deux millions de morts et les enfants en constituent le grand nombre sont dues à des maladies hydriques.

Parmi les infections à transmission hydrique que l'on retrouve en Algérie, on peut citer : la fièvre typhoïde, le choléra, les hépatites virale « A », les dysenteries, toxi-infections alimentaires collectives etc. Des études montrent une diminution notable de ce type de maladies (MTH) depuis une décennie en Algérie. En effet, en 2000 le taux de MTH est de 33%. Et en 2015 est de 25,1%. Ce groupe de maladie est dominé par les toxi-infections alimentaires collectives qui représentent (TIAC) 79,5% de l'ensemble des cas, suivi de l'hépatite virale « A » (HVA) (17,2%), la dysenterie (2,0%) et enfin la fièvre typhoïde 1,2% (**Kherifi et Bekiri, 2017**).

2.1. Les infections virales

Les virus sont des agents infectieux de très petite taille (10 à 350 nm). D'organisation beaucoup plus simple qu'une cellule ; ils ne contiennent qu'un type d'acide nucléique, soit un ADN, soit un ARN porteur de l'information génétique, et de protéines virales ; une capsid de protéines virales et souvent une enveloppe, dérivée des membranes cellulaires (**Haller, 2016**). Ils sont incapables de se multiplier par eux-mêmes et se comportent comme des parasites obligatoires des cellules vivantes dont ils détournent le fonctionnement (**Servais et al., 1999**). La multiplication virale se produit dans les cellules infectées, par élaboration des différents constituants viraux puis assemblage de ces composants, formant ainsi un virus complet. La formation de nouveaux virus vient donc des capacités de synthèse de la cellule hôte, qui réalise le programme génétique inscrit dans le patrimoine du virus.

L'infection d'un individu par les virus à transmission hydrique se fait dans la majorité des cas par ingestion. Les virus hydriques qui présentent un risque sanitaire à l'homme sont les virus entériques qui sont excrétés dans les selles d'individus infectés (**Haller, 2016**) (Tab. 01).

Tableau 01 :Principales virus pathogènes responsables des infections d'origine hydrique
(Servais et al., 1999).

Genres	Espèces (sérotypage)	Infections
Hépatovirus	Hépatite A	Hépatite
Calicivirus	Virus de l'hépatite E	
Rotavirus	Rotavirus humaine	Gastroentérite aiguë et diarrhée
Astrovirus	Astrovirus humaine	
Coronavirus	Coronavirus humains	

La classification des virus repose sur leurs caractéristiques morphologiques et physicochimiques : nature et organisation du génome, symétrie de la capsid, présence ou absence d'enveloppe et sur d'autres caractères plus mineurs tels que la taille, le site et le mode de multiplication (Servais et al., 1999).

2.2. Infection parasitaire

La recherche des agents infectieux dans l'eau ne se limite plus à la recherche des bactéries et des virus ; Les parasites ont été de tout temps responsables d'incalculables souffrances et de décès, et leur impact global sur la santé est énorme de nos jours (Hamze et al., 2004). Ces parasites sont des protozoaires microscopiques des vertébrés qui peuvent être retrouvés dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux traitées. Ils ont des caractéristiques importantes et spéciales :

- Leur dose infectieuse minimal est relativement faible (30 oocystes pour *C. parvum*)
- Une grande résistance à certains désinfectants comme le chlore ou l'ozone, par rapport aux bactéries.
- Une capacité à s'enkyster, sous forme d'oocyste (cryptosporidies et toxoplasme) ou de kyste (*Giardia*), ainsi leur paroi peu perméable semble leur conférer une grande résistance aux agents chimique et aux variations des conditions environnementales (température, pH...)
- Ils sont néanmoins plus sensibles au traitement UV (environ 40Mj/cm²).
- Malgré leur incapacité à se multiplier dans l'eau, ces parasites peuvent rester viables et conserver leur potentiel infectieux pendant plusieurs mois (Rodier et al., 2016).

Tableau 02 : Principales maladies parasitaire d'origine hydrique et leurs agents responsables (**Ripert, 1996**).

L'agent causal	L'infection
<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiase
<i>Entamoeba histolytica.</i>	Amibiase
Plasmodium	Paludisme

2.3. Les infections bactériennes

La plupart des bactéries présentes dans les eaux sont naturellement présentes dans le milieu aquatique où elles se multiplient. Ces bactéries appelées autochtones jouent un rôle considérable dans les cycles biogéochimiques de divers éléments constitutifs de la matière vivante comme le carbone, l'oxygène et l'azote. A l'opposé, certaines bactéries dites allochtones sont apportées dans les milieux aquatiques alors que ceux-ci ne constituent pas leur environnement habituel. Ces bactéries présentent une importance sanitaire et épidémiologique car elles sont responsables de diverses maladies chez l'homme (**Servais et al., 1999**).

Les infections bactériennes sont le fait de l'action pathogène de la bactérie ingérée ou de l'action de toxines préformées sécrétées dans l'aliment véhiculé, ou sécrétées dans la lumière digestive (**Malvy, 2011**) (Tab03).

Tableau03 : Principales bactéries pathogènes responsables des infections d'origine hydrique (**Rejsek, 2002**).

Agent causal	Infections
<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A et B</i>	Fièvres typhoïde et paratyphoïde
<i>Shigella</i>	Dysenterie et gastroentérite
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera et diarrhées
<i>Escherichia coli entérotoxigène</i> <i>Campylobacter jejuni/coli</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroentérite aiguë et diarrhée

3. Transmission et contrôle

Les micro-organismes ne connaissent pas de frontières. Les cours d'eau qui traversent des régions, des provinces ou même des pays deviennent le véhicule des maladies qui affligent les populations environnantes qui s'y approvisionnent ou qui les utilisent à des fins récréatives. Les cultures et les élevages de ces régions sont contaminés et constituent une source additionnelle de contamination.

Le contrôle de la transmission des maladies infectieuses d'origine hydrique doit donc passer par un programme efficace de maîtrise du milieu incluant un contrôle des élevages riverains, un traitement efficace des eaux usées, un traitement de potabilisation efficace et bien suivi, mais surtout l'éducation des autorités responsables aux risques associés à ces micro-organismes (**Payment et Hartemann, 1998**).

4. Germes indicateurs de contamination fécale

On se base sur l'utilisation d'indicateurs de pollution d'origine fécale pour avoir une idée bactériologique de la qualité de l'eau. Les germes tests sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, et les spores des anaérobies sulfito-réductrice (*Clostridium*). Ils sont assez bien représentatifs de la qualité de l'eau et sont facilement mis en évidence.

4.1. Les coliformes

- **Les coliformes totaux**

Dans cette famille des entérobactéries, certains genres forment le groupe des coliformes, qui ont les propriétés suivantes :

Ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, oxydase-, aéro-anaérobies facultatifs. Ils se développent en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface équivalents. Ils ferment le lactose avec production d'acide et de gaz en 48h à une température de 35 à 37°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$). Elles comprennent les espèces suivantes : *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia* et *Serratia* (**Delarras et Trébaol, 2003**).

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe des coliformes totaux et comptent parmi leurs membres des espèces de bactéries comme *Escherichia coli* et *Klebsiella*

pneumoniae (Verhille, 2013). Ils ont les mêmes propriétés que les coliformes, mais à la température de 44°C.

Escherichia coli, *Klebsiella pneumoniae* se développent à 44°C et au moins de 95% des souches fermentent le lactose avec production de gaz. *Yersinia enterocolitica* se développe également à 44°C, mais peu de souche fermentent le lactose (environ 5%). De surcroît, si ces coliformes thermotolérants produisent de l'indole à partir d'une peptone riche en tryptophane à 44°C, ils sont alors fortement présomptifs d'*Escherichia coli* (Delarras et Trébaol, 2003).

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie qui s'établit dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. La majorité des souches de *E. coli* sont inoffensives, quelques-unes seulement sont pathogènes (*Escherichia coli entérohémorragiques (ECEH)*, 2019). Les coliformes fécaux sont des bactéries utilisées comme indicateur de la pollution fécale d'une eau. Ces bactéries sont présentes dans les fèces des animaux à sang chaud et des animaux à sang froid, dans le sol et sur la végétation. Plusieurs chercheurs croient que la pollution par les fèces des animaux à sang froid n'est pas significative quantitativement (Drapeau et al., 1977).

4.2. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques, du groupe « D » de la classification de Lancefield, appartient à la famille de *Streptococcaceae* sont des bactéries Gram positif, sphérique à ovoïdes, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative qui possèdent l'antigène « D », Cultivant en anaérobiose à 44°C, et à pH 9,6 et capable d'hydrolyser l'esculine en présence de 40% de bile (Rejsek, 2002).

Ce sont des germes très ubiquitaire, certains groupes sont rencontrés dans le sol, dans l'air, dans l'eau et en distingue deux genres : *Streptococcus* et *Enterococcus*. Certaine espèce de *Streptococcus* d'origine fécale et animale, ayant l'antigène D : *Streptococcus bovis* (bovidés, porc, cheval), *Streptococcus alactolyticus* (porc, volailles). Certaine espèce d'*Enterococcus* s'origine fécale humaine ou animale, ayant l'antigène D, désormais classées en 4 ensembles Ent 1 à Ent 4 : *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus durans* et *Streptococcus avium* ...etc. (Delarras et Trébaol, 2003).

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud ; Quelques autres streptocoques sont à l'occasion présents dans les fèces mais n'appartiennent pas au groupe sérologique D de Lancefield: c'est le cas de *S. mitis* et *S. salivarius* que l'on retrouve dans la bouche de l'homme et qui sont avalés avec la salive; ces souches diffèrent de celles du groupe des streptocoques fécaux, il est donc utile de retenir que la présence de ces espèces n'indique pas nécessairement une pollution d'origine fécale (**Drapeau et al., 1977**).

4.3. Bactérie Anaérobies sulfite-réductrices, Clostridium

Les bactéries anaérobies sulfite réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (**El Haissofi et al., 2011**).

Ces germes appartiennent à la famille des *Clostridiaceae*, ce sont bâtonnets (bacille), anaérobie stricte, de gram+, possèdent des spores ovales ou sphériques déformantes, résistantes aux facteurs physicochimiques (thermorésistante...). Habituellement mobiles à flagelles péritriche ; *Clostridium perfringens* est immobile. Ils ont des caractères spécifiques : saccharolytiques, protéolytiques...suivants espèces ; ne réduisent pas les sulfates en H₂S.

Les *Clostridium*; bactéries comprennent plus de 150 espèces. Elles peuvent être des espèces saprophytes non pathogènes pour l'homme ou des espèces saprophytes pouvant être pathogènes occasionnelles ou des espèces toxigènes très pathogènes pour l'homme et les animaux. D'autres forment des *Clostridium sulfite-réducteurs*.

Les *Clostridium Sulfite-réducteurs* sont dénommés car ils sont capables de réduire les sulfures (sulfite de sodium, par exemple) présent dans le milieu de culture ; ceux-ci combinent avec un sel de fer pour donner du sulfure de fer noir (**Delarras et al., 2010**).

Les bactéries anaérobies sulfite-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale. Ces bactéries ont pour origines :

- Le sol, la terre
- L'intestin des hommes et des animaux (**Boyer, 2021**).

5. Micro-organismes revivifiables

Ce sont la totalité des bactéries aérobies, levures et moisissures, capables de former des colonies dans le milieu spécifié et dans les conditions d'essai décrites dans la norme.

- Les microorganismes se développant à 20°C qui sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau ;
- Les microorganismes se développant à 37°C, température du corps humain, qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud.

Mais cette distinction n'est pas très rigoureuse car de nombreux germes, considérés comme saprophytes, sont capables de se développer à 37°C et au-delà comme *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Staphylococcus*, etc (**Rejsek, 2002**).



Chapitre II :
Le phytoplancton

CHAPITRE II : Le phytoplancton

1. Généralité

Le plancton végétal, ou phytoplancton, (du grec *Phyton* ou plante et *Planktos* ou errant) est l'ensemble des algues microscopiques formées d'une seule cellule (microalgues), bien qu'elle soient unicellulaires, elle est principalement autotrophe vivant en suspension dans l'eau et soumis au mouvement des masse d'eau ; Les microalgues présentent une grande diversité de tailles (de moins d'1 μm à plus de 100 μm), de couleurs et de formes qui peuvent être très élaborées(Arzul et Quinion, 2014).

Le phytoplancton comprend des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes : algues bleues ou cyanobactéries, diatomées, chrysophycées et chlorophycées, dinoflagellés(Mollo et Noury, 2013).

2. Classification des phytoplanctons

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence ou non d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) c'est-à-dire eucaryotes ou procaryotes. Et ils sont différenciés aussi selon des critères morphologiques, biochimiques et reproductifs(Groga, 2012).

2.1.Les procaryotes

Il existe un seul groupe qui est les cyanobactéries ou cyanophycées(ou algues bleus) quisont des organismes procaryotes contenant un pigment qui leur confère une couleur bleue (du grec *cyano*, « cyan »)(Mollo et Noury, 2013), ils regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. Les cellules appartenant à cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée et se divisent essentiellement par fission binaire ou division végétative. Les cyanobactéries se distinguent des procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle a et de pigments accessoires (phycocyanine, phycoérythrine, caroténoïdes)(Rolland, 2009).

Les cyanobactéries présentent des formes unicellulaires et filamenteuses qui peuvent être elle-même isolées ou coloniales. Ils possèdent également des vacuoles de gaz qui leur permettent d'ajuster leur position dans la colonne d'eau en régulant leur flottaison. Ainsi dans la journée les cellules migrent en surface pour profiter au mieux de l'énergie

lumineuse, alors que le soir elles vont plutôt avoir tendance à migrer en profondeur afin d'exploiter les nutriments qui s'y trouvent souvent en plus grande concentration (Vonarx, 2008).

2-2-Les eucaryotes

Il existe plusieurs groupes de phytoplancton qui ont un vrai noyau :

2.2.1. Les algues brunes

- **Les Diatomées (Bacillariophycées)**

Ce groupe domine le microplancton par le nombre d'espèces et le nombre d'individus ; Les diatomées vivent dans tous les milieux (eau douce, eau saumâtre ou eau salée). Elles sont très sensibles aux variations des facteurs physiques (température, salinité, lumière, pH), mais également aux pesticides. Aussi ce sont des bons indicateurs sur la qualité d'eau douce. Chaque cellule est protégée par une coque (thèque) en silice appelée frustule. A l'intérieur de cette coque se trouve la cellule contenant la chlorophylle nécessaire à la photosynthèse, les pigments peuvent être verts, bruns ou jaunes (Romain et al., 2013).

Deux grands types de diatomées sont distingués en fonction de la forme de leur frustule : les Diatomées centriques ont une symétrie radiaire et possèdent, soit la forme d'un tube, soit celle d'un disque plus ou moins épais, les Diatomées pennées possèdent un frustule plus ou moins allongé selon un axe principal (Rolland, 2009).

- **Les Dinophycées ou dinoflagellés**

Le nom Dinoflagellé provient du grec *dinos* « tourbillon », sont des organismes unicellulaires de couleur dorée à brune due à la pérédinine (pigment caroténoïde) comme pigments accessoires et contiennent de la chlorophylle a et c, leur taille varie de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres, elles décrivent leur déplacement très particulier dû à la présence de deux flagelles, un flagelle postérieur servant de gouvernail et un autre flagelle transversal entraînant leur propulsion (Leclercq, 2009). Ce groupe rassemble 300 espèces environ (Nabors, 2008).

Les dinoflagellés sont responsables de « blooms » (ou fleurs d'eau ou efflorescences) spectaculaires, la plupart sans conséquences fâcheuse, mais parfois responsables de nuisances. Certaines dinophytes sont toxiques mais ne sont pas

nécessairement à l'origine de blooms et peuvent être nocives à des faibles concentrations (De Reviere, 2002).

- **Les Cryptophycées**

Ce sont des organismes unicellulaires, mobiles par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvus de paroi cellulaire. En effet, l'enveloppe qui les entoure est appelée péri-plaste et est composée de deux couches distinctes, le péri-plaste interne (succession de plaques protéiques) et le péri-plaste externe (membrane protéique unique) qui entourent la membrane plasmique (Baillot, 2013).

Les Cryptophycées présentent une centaine d'espèces, leurs cellules sont aplaties dorso-ventralement et sont pourvues d'une invagination antérieure qui porte les deux flagelles confère aux cellules une asymétrie. Les cellules contiennent une variété de pigments dont la phycoérythrine qui leur donne une couleur rougeâtre caractéristique. La reproduction se fait par fission binaire (Rolland, 2009).

- **Les Chrysophycées (algues dorées)**

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 (Mollo et Noury, 2013).

La chrysophycée est une microalgue 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...etc.). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Mollo et Noury, 2013). Certains genres comme *Dinobryon* (*Dinobryon divergens*, *Dinobryon elegantissimum*, *Pseudo kephyrion entziiffo*, *Granulata*) sont des organismes flagellés entourés par une logette (ou lorica) de nature protéagique et cellulosique. La forme de cette logette est très utile pour différencier les espèces (Baillot, 2013).

- **Les Xanthophycées**

Regroupent plus de 100 genres. La plupart des 600 espèces d'algues vert-jaune vivent en eau douce, mais certaines sont rencontrées dans les océans ou dans les sols

humides ; Bien que les Xanthophycées soient typiquement unicellulaires, certaines espèces forment des colonies, ou bien de longs filaments cellulaires, d'autres sont *cœnocytiq*ue, formées d'une seule masse cytoplasmique renfermant de nombreux noyaux (Nabors, 2008).

Elles 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 (Rolland, 2009)

2.2.2. Les algues vertes

Avec plus de 7600 espèces, les algues vertes présentent une grande variété de forme : solitaires, flagellées, coloniales, filamenteuses, en coenobes. Ces cellules eucaryotes se distinguent des autres classes par leur coloration d'un vert franc, due à la présence d'un ou plusieurs chloroplastes contenant de la chlorophylle a et de la chlorophylle b. Les réserves sont souvent contenues dans des pyrénoides. Elles sont sous forme d'amidon qui se colore en noir avec le Lugol (Baillot, 2013).

- **Les Chlorophycées (algues vertes)**

De couleur verte (chlorophylle a et b et caroténoïdes jaunes), ce groupe renferme environ 7000 espèces, on trouve des formes unicellulaires flagellées ou non flagellées, des formes coloniales et des formes filamenteuses ramifiées ou non ; Les formes unicellulaires présentées ici appartiennent au groupe particulier des desmidiées : le contenu cellulaire est disposé en deux parties de part et d'autre du noyau central. On en trouve de très belles dans les eaux acides et parmi les sphaignes des tourbières (Leclercq, 2009).

- **Les Euglénophycées**

Les euglènes sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma (« eyespot ») orange à rouge composé de globules de caroténoïdes. Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et

par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. En ce qui concerne leur mode de reproduction, la division cellulaire semble être la règle pour cette classe du phytoplancton(**Groga, 2012**).

Leurs réserves sont sous forme de grains de paramylons de forme variable qui aident à la distinction de certains taxons ; Les Euglénophycées sont particulièrement abondantes dans les eaux stagnantes (milieux lenticques) très riches en nutriments et en matières organiques. Elles sont souvent associées à la présence de sédiments, de macrophytes ou de débris de feuilles. Quelques espèces sont dominantes en milieu acide(**Baillet, 2013**).

- **Les Zygothycées ou Zygnématophycées**

Cette classe regroupe des algues vertes unicellulaires ou filamenteuses, les cellules sont uninucléées, le noyau est généralement situé au centre de la cellule, les parois cellulaires sont pectocellulosiques, composées de trois couches, elles-mêmes stratifiées. Ces algues sont caractérisées par une absence totale de flagelles et par un type particulier de reproduction sexuée (conjugaison), les noyaux sont nus et amiboïdes(**De Reviere, 2002**).

Les Zygothycées sont très sensibles aux variations de la composition chimique des eaux et à la température. Ainsi certaines espèces sont liées aux eaux alcalines tandis que la grande majorité peuple uniquement les eaux acides et les tourbières à sphaignes(**Baillet, 2013**).

3. Cytologie des microalgues

Les caractères cytologiques sont très importants car la classification repose surtout sur :

- l'ultrastructure des plastes : nombre de membranes et groupements des thylacoïdes.
- la présence de pigments comme la chlorophylle a, b et c et des pigmentssurnuméraires : phycobilisomes (Phycocérythrine et Phycocyanine), carotènes et caroténoïdes (ex : exanthophylle)(**Amirouche et al., 2009**).

- Origine des plastes

Les plastes, comme les mitochondries, seraient d'origine endosymbiotique : c'est la théorie de l'endosymbiose étayée et démontrée par les analyses des séquences génétiques que les plastes seraient des cyanobactéries ayant établi une relation de symbiose à l'intérieur

de leur cellule hôte ; Un ou plusieurs événements endosymbiotiques conduisent à la formation des plastes à deux, trois ou quatre membranes (Amirouche *et al.*, 2009).

➤ Cils et flagelles

L'appareil flagellaire montre une grande diversité concernant la structure, le nombre et la disposition des flagelles. La structure de la zone de transition flagellaire constitue dans certains cas de bons marqueurs phylogénétiques. En particulier, les cellules flagellées des chlorobiontes possèdent toutes une structure étoilée en section longitudinale cette structure se présente sous la forme d'un H « pièce en H » (Amirouche *et al.*, 2009).

4. La croissance et reproduction

Les algues se multiplient par reproduction sexuelle, asexuelle, ou par conjugaison. Leur métabolisme est basé sur la photosynthèse qui leur permet grâce à leurs pigments chlorophylliens de transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique et ainsi de synthétiser les constituants organiques de leur protoplasme à partir du carbone minérale (le carbone du CO₂ ou des CO₃ ou des HCO³⁻). Leur taux de croissance comparé à celui d'autre micro-organisme apparaît au tableau (04) (Drapeau *et al.*, 1977).

Tableau 04 : Taux de croissances comparatifs du différentes microorganismes (Drapeau *et al.*, 1977).

Organisme	K (jour ⁻¹)
Algues	0.20-2
Protozoaires	1.0-4.0
Bactéries	2.0-6

5. Les caractéristiques des phytoplanctons dans le milieu aquatique

5.1. La base de la chaîne alimentaire aquatique

Dans le milieu aquatique, le phytoplancton joue un rôle essentiel en tant que producteur primaire grâce à l'énergie lumineuse, il assimile le dioxyde de carbone atmosphérique pour fabriquer de la matière organique ; Cette propriété autotrophe du phytoplancton due à la synthèse chlorophyllienne le situe à la base des réseaux trophiques aquatique.

Il constitue la base de l'alimentation pour les populations aquatiques hétérotrophes : les consommateurs primaires que sont les herbivores et les consommateurs secondaires composés des carnivores, le phytoplancton est donc la clé de voute de l'écosystème aquatique, dans un milieu ou le décalage temporel, la diminution ou la disparition d'un élément, peuvent affaiblir l'ensemble des consommateurs primaires et secondaires. La composition biochimique complexe du phytoplancton renforce son intérêt nutritionnel pour les consommateurs primaires. En effet, glucides, protéines et lipides forment des composés aux propriétés spécifiques répondant aux besoins nutritionnels pour les consommateurs primaires (Arzul et Quinon, 2014).

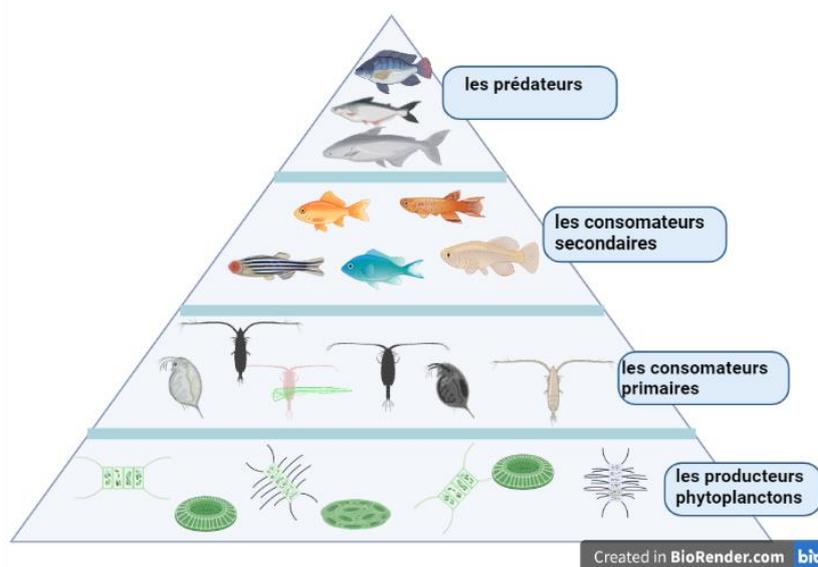


Figure 01 : Le fonctionnement simplifié d'une chaîne alimentaire dans un cours d'eau

5.2. La photosynthèse

Les microalgues eucaryotes et procaryotes ont en commun la photosynthèse oxygénique ; Cette réaction assure la transformation du carbone inorganique en énergie chimique en captant l'énergie lumineuse, c'est dans le chloroplaste que se réalise cette conversion (Sialve et Steyer, 2013). Ce mécanisme consiste en une réaction d'oxydoréduction catalysée par l'énergie lumineuse et qui convertit le dioxyde de carbone et l'eau en sucre simple et en oxygène (Sialve, 2013).



Cette réaction globale se réalise en deux étapes (phase lumineuse et phase obscure) séparées dans l'espace et dans le temps.

- Phase lumineuse : Cette réaction rapide est réalisée dans la membrane du chloroplaste, elle permet la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique pour produire du NADPH₂ et de l'ATP, l'oxygène libéré résulte de la dissociation de la molécule d'eau consommée. Cette réaction est particulièrement rapide(Esmaeli, 2015).
- Phase « obscure » ou sombre : Le siège de la réaction est situé dans le stroma où les produits de la phase claire vont participer à la réduction du CO₂ en glucides. Cette étape est significativement plus lente que la précédente(Esmaeli, 2015).

5.3.Les efflorescences algales

Dans l'environnement aquatique, lorsque les conditions sont favorables à un assemblage d'espèces ou à un taxon unique, on assiste à une prolifération du phytoplancton, appelée efflorescence algale (en anglais : «Algal bloom»). Il se produit alors une augmentation relativement rapide de la population algale (pouvant atteindre 100 à plusieurs millions de cellules par millilitre) se traduisant généralement par une coloration de l'eau qui dépend de la pigmentation des espèces présentes, même si ces efflorescences sont souvent considérées comme étant dominées par un taxon algal, une étude récente a mis en lumière l'importance de la dynamique de succession des taxons algaux durant une même efflorescence, chacun étant successivement capable de devenir dominant sur un court laps de temps(Crenn, 2016).

5.4.Les cyanotoxines

Les cyanotoxines sont des toxines pouvant être libérées dans les eaux par les cyanobactéries, ces microorganismes trouvent un terrain de prolifération particulièrement favorable dans les eaux continentales moyennement ou fortement eutrophisées, la prolifération massive et rapide de ces bactéries est dans certains cas facilement observable par un changement de couleur de l'eau et la formation d'écume ou mousse(Levi et al., 2006).Cependant, l'absence d'écume ne constitue pas un critère permettant d'écarter la présence éventuelle des cyanobactéries et/ou de cyanotoxines, leur présence est signalée sur tous les continents et la préoccupation internationale est croissante vis-à-vis des risques sanitaires associés ; L'augmentation du nombre de barrages réservoirs dans les zones en manque d'eau et celle des apports nutritifs liés à la pollution des eaux de surface contribuent à amplifier cette problématique(Levi et al., 2006).

5.5.L'eutrophisation

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques est une succession de processus biologiques enclenchés en réponse à un apport excessif de nutriments. Elle se traduit par des réponses complexes de l'ensemble des écosystèmes aquatiques d'eau douce, saumâtre ou salée. Elle peut être progressive ou brutale. Les effets les plus notables sont des proliférations de producteurs primaires, des phénomènes de toxicité ou d'anoxie (absence d'oxygène), des pertes de biodiversité.

L'eutrophisation dépend non seulement d'un apport excessif de nutriments, mais également de plusieurs autres facteurs, qui sont les suivants : un excès d'apport de nutriments, un temps de résidence de l'eau long, une quantité de lumière suffisante et une température favorable. Sous l'action de ces facteurs, le fonctionnement des écosystèmes aquatiques va alors être modifié, entraînant une réponse complexe des écosystèmes (Pinay *et al.*, 2018).

5.6.Autres caractéristiques

La majorité des microalgues sont dites photoautotrophes ou autotrophes. Cependant certaines espèces de microalgues sont capables de se développer en absence de lumière ; elles sont dites hétérotrophes. Dans ce cas elles se développent en mode fermé dans des bioréacteurs semblables à des fermenteurs et se nourrissent d'une source de carbone organique (Dejoye, 2013).

6. Rôle des phytoplanctons dans le traitement des eaux

Les microalgues conviennent pour maintenir la qualité de l'eau en raison de leurs besoins en nutriments, de leur taux de reproduction rapide et de leur cycle très court ! leurs capacités à utiliser l'azote et le phosphore inorganiques pour la croissance offrent une approche rentable pour éliminer les nutriments et ont une grande capacité d'absorption des nutriments inorganiques. Les métaux traces (tels que Co, Mo, Ca, Mg, Cu, Zn, Cr, Pb et Se) peuvent être accumulés dans les cellules d'algues par transport biologique actif, de plus, les cellules algales ont la capacité de détoxifier les métaux en excès en produisant des composés tels que les phytochélatines (Esmaeli, 2015).

7. L'habitat du phytoplancton

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. Ils ont colonisé tous les milieux la mer, les fleuves et ruisseaux, et étangs, les marais, les eaux souterraines, les gouttières, les fossés, les tourbière..., ils sont aussi présents dans des endroits plus surprenants tels que les embruns, les mares, les lavoirs et les fontaines, on en trouve même dans les suintements de roches(Mollo et Noury, 2013).

Certaines espèces sont adaptées à des environnements extrêmes tels que glaciers, sources chaudes ou cendres volcaniques, car elles peuvent supporter des températures extrêmes, des pH faibles ou encore des conditions variables d'éclairement(Vonarx, 2008). On connaît par exemple : une *Dunaliella acidophila* qui se développe à pH égal à 1, avide de phosphates minéraux de même, cyanidium caldarium, une micro rhodophycée colonise les eaux acides pH entre 1 et 5 et d'autres microalgues et cyanobactéries préfèrent les eaux alcalines comme *Cyanospira capsulata* croit à pH égal à 11, *spirulin aplatensis* à pH entre 9 et 10(Claude, 2013).

Il se développe mieux dans les eaux plutôt calmes et riches en sels nutritifs : rivières, estuaires, marais... Ainsi, la concentration de phytoplancton est jusqu'à dix fois plus forte dans les eaux continentales qu'en haute mer(Mollo et Noury, 2013).

8. La succession saisonnière du phytoplancton

La succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en quatre stades :

- **Une phase hivernale** : A la fin de l'hiver, la colonne d'eau se mélange du fait du refroidissement de l'eau de surface qui devient alors plus dense que celle du fond, permettant la remise à disposition des nutriments dans la couche de surface. Un développement phytoplanctonique important a lieu, avec un pic principal de densité en février et des pics secondaires en novembre-décembre et mars-avril. Les espèces de petite taille (rapport surface/volume ~ 1) capables de se multiplier rapidement (stratégie r) sont favorisées. Les Bacillariophycées prédominent ce stade. La diversité est globalement faible(Rossi, 2008).
- **Une phase printanière** : Pendant cette phase, la biomasse augmente progressivement (même cinétique pour la production primaire). La présence de nombreuses espèces de Chlorophycées est observée avec des biomasses assez importantes. Certaines de ces

espèces sont indicatrices de milieux très eutrophes (*Chlamydomonas sp.*, *Eudorina elegans*) et d'autres de milieux mésoeutrophes (*Dictyosphaerium pulchellum*, *Micractinium pusillum*). Les Chrysophycées (classe algale composé principalement de taxons indicateurs de milieux oligotrophes), qui habituellement pendant cette période de l'année présentent des biomasses relatives assez élevées. Enfin, des diatomées pennées (*Fragilaria crotonensis*) présentent des biomasses également importantes et indiquent que le milieu est bien stratifié (Rimet, 2018).

- **Une phase estivale :** La masse d'eau devient pauvre en nutriments. Les Dinoflagellés augmentent, favorisés par leur taux de croissance faible (stratégie K) et leur capacité à se diriger dans la masse d'eau grâce à leurs flagelles. De plus, certaines Dinophycées sont capables d'hétérotrophie, ce qui leur permet de survivre lorsque les nutriments deviennent vraiment insuffisants. Ce troisième stade a notamment lieu l'été, lors de la stratification de la masse d'eau (Rossi, 2008).
- **Une phase automnale :** se caractérise généralement par la dominance de la cyanobactéri (Cherifi et Loudiki, 2002).

An orange scroll graphic with a gradient from light to dark orange, featuring rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll binding. The text is centered on the scroll.

Chapitre III :
Matériel et méthodes

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

1-Présentation du site d'étude

1-1- Présentation du Parc national d'El-Kala (PNEK)

1-1-1-Localisation

Le parc national d'El Kala (P.N.E.K.) a été créé en 1983. Il a été classé réserve de Biosphère dans le cadre du programme de « l'homme et la biosphère » (MAB) par UNESCO en 1990. Le parc est réputé par ses sites RAMSAR.

Le P.N.E.K se trouve à l'extrême nord-est du pays, à 80 Km à l'Est de Annaba, limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne, à l'Ouest par les plaines de Annaba, et au Sud par les monts de la Medjerda (Slimani et al., 2013). Il couvre près de 80000 hectares. Il est classé comme une zone à vocation forestière qui constitué d'une mosaïque de milieux naturels, marins, dunaires, et lacustres (**Benslama et al., 2002**).

Les communes incluses totalement dans le parc sont : El-Kala, El-Aioun, Souarekh, Ain El Assel, Bougous et Ramel Souk. Les communes incluses partiellement dans le Parc sont : El-Tarf, Boutheldja, et Berrihane (**Saifouni, 2009**).

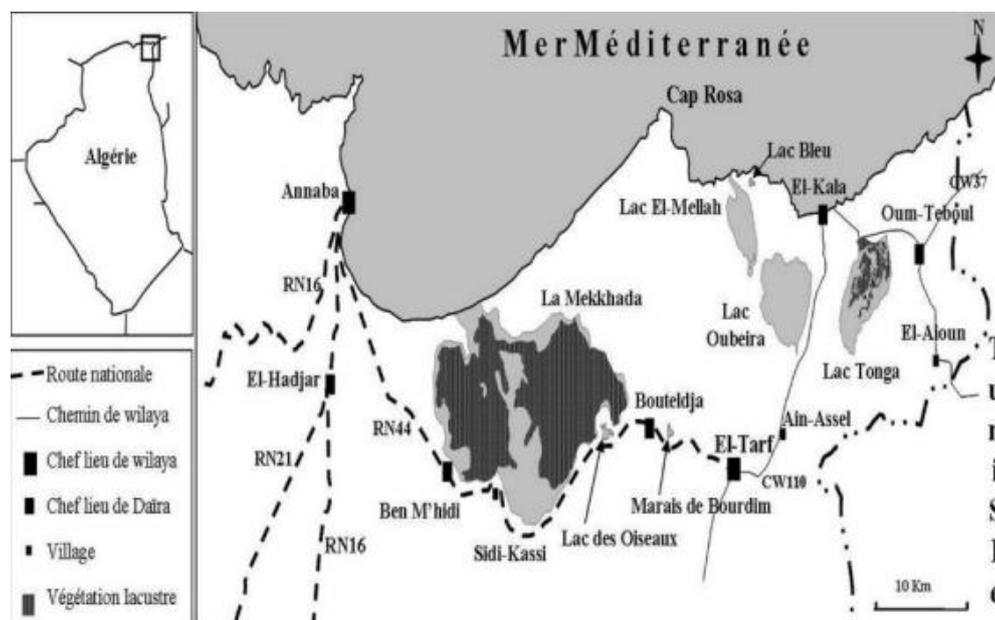


Figure 02 : La situation géographique du Parc National d'El Kala (**Zitouni et al., 2014**).

1-1-2- Caractéristiques

- **Situation géomorphologique**

Le relief du Parc se compose d'une succession de dépressions dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres, et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense. Le long d'une coupe Nord-Sud, le relief passe de 0 à 1200 m d'altitude (**Hamouda et Tahar, 2012**).

- **Climatologie**

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat méditerranéen, à fort contraste saisonnier (pluvieux en hiver et sec en été) et est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses de la frange littorale maghrébine, recevant chaque année en moyenne entre 700 et 900 mm de pluie.

Deux phénomènes météorologiques conditionnent cette forte pluviosité : les perturbations cycloniques d'origine atlantique, de l'ouest et du nord-ouest d'une part et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, d'autre part. De plus, sa situation littorale mais aussi l'existence de nombreuses zones humides (naturelles et artificielles) entraînent une importante évaporation et les vents nord-ouest (dominants en hiver) sont souvent porteurs d'humidité et tout ceci génère, également, de fortes précipitations (**Kahli et al., 2018**).

Diagramme pluvio -thermique de Bagnouls et Gaussen

Pour élaborer le diagramme géothermique de Bagnouls et Gaussen (1957), nous avons tenu compte des données climatiques mentionnées par (**Djamai, 2020**) qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes de la région d'El Kala pour la période de 1988 à 2018 (fig.02).

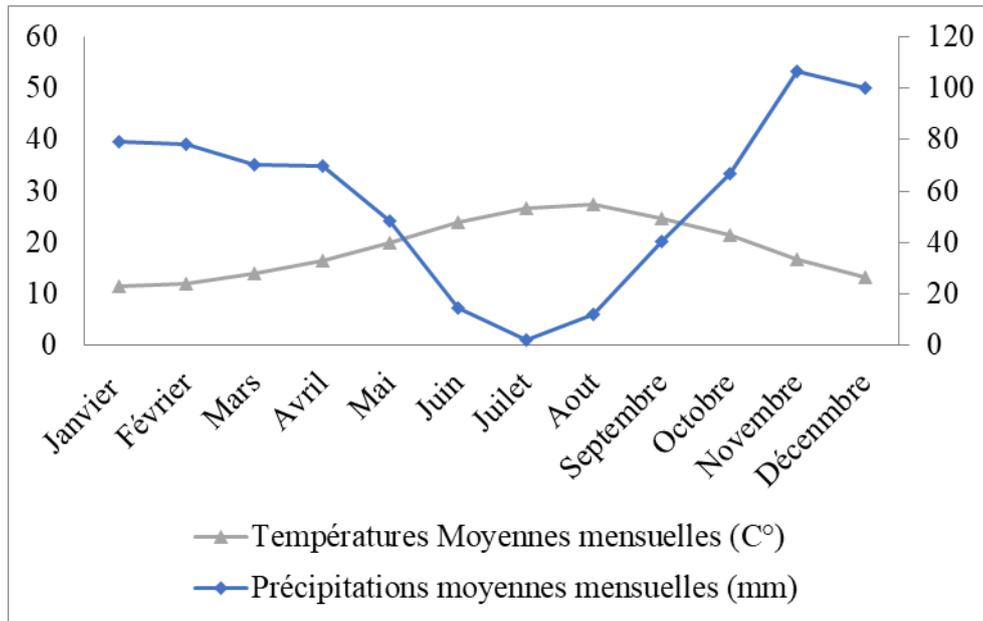


Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen.

Les résultats obtenus (fig.03), nous ont permis de visualiser deux saisons distinctes, une saison sèche de Juin jusqu'en Octobre où les précipitations sont déficitaires par rapport à l'évaporation et une saison humide et pluvieuse qui s'étend d'Octobre en Juin.

1-2- Le lac Bleu

Le lac Bleu (latitude 36° 54'N, longitude 08° , 20' E), est une dépression d'environ 05ha située au Nord Est du lac Mellah, ayant le statut de réserve intégrale dans le Parc. Il est intégré au lac Mellah dans son inscription sur la liste de Ramsar depuis 2004 (Sarri, 2017).



Figure 04: Vue satellite du lac Bleu (Google Maps 2021).



Figure 05 : Vue de lac Bleu (photo prise par ZEROULOU Chayma, 2021).

1-2-1- Hydrologie et hydrogéologie du lac Bleu

Le réseau hydrographique est inexistant en dehors des petits talwegs qui conduisent les brefs cours d'eau temporaires. Le bassin versant est aréique. La nature du sol, essentiellement sableuse, ne favorise pas le ruissellement qui est fortement réduit au profit de l'infiltration. Les talwegs, creusés par ces eaux de ruissellement éphémères, montrent toutefois que les écoulements de surface se font vers le fond de la cuvette où se trouve le plan d'eau.

Le plan d'eau du lac Bleu correspond donc à un affleurement de la nappe des formations dunaires qui forment les reliefs recouverts de maquis de chênes Kermès à l'est du lac Mellah. Un aquifère mal connu et qui doit fournir des apports d'eau douce appréciables au Lac Mellah (Sabri, 2011).

1-2-2- Les caractéristiques écologiques

- **La faune**

L'Avifaune : D'une manière générale, l'avifaune nicheuse du lac Bleu n'est pas importante. Nous attribuons cette pauvreté à la taille réduite du site. Cependant, les espèces présentes sont des nicheurs réguliers. Douze espèces constituent le fond de l'avifaune nicheuse de ce site : *Blongios nain*, *Bouscarle de cetti*, *Canard colvert*, *Cisticole des joncs*, *Foulque macroule*, *Fuligule nyroca*, *Grèbe castagneux*, *Locustelle lusciniode* et *Martin pêcheur*,

Poule d'eau, Râle d'eau, Rousserole effarvate (Sabri, 2011). Parmi celles-ci, nous remarquons (à l'aide des jumelles) la présence d'une espèce patrimoniale, *Foulque macroule*.



Figure 06 : Quelques espèces des avifaunes que nous avons remarqué (photo prise par BRAHMIA Amina, 2021).

Les poissons : On a l'exemple de l'espèce endémique de cyprinodontidés, l'*Aphanius fasciatus* est une espèce de poissons fréquentant les eaux douces et saumâtres (Boumendjel et al., 2015).

Les Mammifères : La présence d'eau douce et le couvert végétal présent autour du site, favorisent la fréquentation des lieux par divers mammifères ; On y trouve les éléments classiques de la grande faune qui sont : Sanglier, Chacal, Renard, Mangouste, Genette, Hérisson. Il y a des rongeurs et lagomorphes comme : *Rat Souris de lataste*, *Rat rayé d'Algérie* et le *Lapin de garenne*, ainsi que plusieurs espèces de Chiroptères : comme *Pipistrelle de Kuhl*, *Petit murin* et l'*Oreillard gris (Sabri, 2011)*.

- **La flore**

Le lac bleu est caractérisé par la présence d'un certain nombre de ceintures végétales allant du plan d'eau à la forêt humide. Ainsi, il distingue :

-une zone de plantes aquatiques : comme par exemple : *Nymphaea alba*, *Lemna minor*, *Callitiche stagnalis*.

- une zone d'hélophytes : comme par exemple : *Phragmites australis*, *Juncus maritimus*, *Typha angustifolia*.
- Une zone d'amphiphytes : comme *Cladium mariscus*, *Iris pseudo-acorus*.
- une zone d'hygrophytes : caractérisée par l'installation du grand *Carex elata*.
- la zone de la forêt humide (l'Aulnaie) : comme le *Salix pedicellata* et l'*Alnus glutinosa* (Djaaboub, 2008). Parmi celles-ci, nous remarquons la présence des espèces suivantes : *Nymphaea alba*, *Lemna minor*, *Iris pseudo-acorus* et *Lemna minor*.



Figure 07 : La plante *Iris pseudo-acorus* (photo prise par ZEROULOU Chayma).



Figure 08 : La plante *Nymphaea alba* (photos prise par BRAHMIA Amina).

2- Choix de station d'étude

Pour le but de surveillance de la qualité physicochimique, bactériologique et l'identification de la flore phytoplanctonique de l'eau de Lac Bleu ; nous avons choisi un seul point de prélèvement pour effectuer cette étude.



Figure 09 : Le site de prélèvement (photo prise par BRAHMIA Amina).

À l'aide d'un appareil GPS de type (GARMIN-GPS72) en été déterminer la géo référence de site étudié qui sont : (36°54'N 8°20'E).



Figure 10 : Photos de l'appareil GPS utilisé de type (GARMIN-GPS72)

Cette étude est réalisée sur une période de deux mois de Mars 2021 à Avril 2021 à raison d'un prélèvement par mois.

3- Les analyses physicochimiques

La totalité des analyses physico-chimiques qui estiment la qualité des eaux sont effectuées sur terrain en utilisant un multiparamètre de type (WTW-Multi350i).



Figure 11 : Photos de multiparamètre utilisé de type (WTW-Multi350i).

Les sondes de multi-paramètre sera plongée dans l'eau à une certaine distance assez loin des bords et des obstacles et on attend les résultats s'affiche dans l'écran. Les paramètres qui ont été mesuré sont : la température, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, la salinité et la TDS.

- **Température**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Parce que la température est un facteur écologique important (Abdoulaye et *al.*, 2013).

- **Potentiel d'hydrogène**

Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, il dépend aussi des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous. Il dépend aussi

de la nature géologique du terrain, il est fonction aussi de l'assimilation chlorophyllienne, de la respiration des organismes et du métabolisme des bactéries et des champignons inférieurs (El Haissoufi et al., 2011). Ce paramètre mesure la concentration en ions H^+ de l'eau et traduit ainsi la balance entre acides et bases sur une échelle logarithmique de 0 à 14 (Abboudi et al., 2014).

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement ; elle s'exprime en $\mu S/cm$, où 2 $\mu S/cm$ correspondent à 1 mg de sels dissous par litre d'eau, et varie proportionnellement avec les fluctuations de la température (Tfeil et al., 2018).

- **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques. Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'autoépuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau. L'oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l'état du puits et d'autre part il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles de l'oxygénées dissous favorisent le développement des germes pathogènes (Belghiti et al., 2013).

- **Salinité**

La salinité est un facteur qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu donné en fonction de leur préférendum. Si la salinité varie, la survie des organismes sera fonction de leur tolérance. La salinité influence également la densité des eaux entraînant un gradient vertical à l'origine d'une stratification des eaux (principalement aux environs du front de salinité). Ce facteur varie très rapidement en fonction : du cycle de marée, du coefficient de marée et du cycle hydrologique. Tout comme la température, la

salinité est un facteur dépendant de phénomènes à grande échelle (diminution des apports continentaux, réchauffement climatique, pollution...etc.) (Feki-Sahnoun, 2013).

- **TDS**

Le total des sels dissous (TDS) Ce paramètre mesure la quantité d'ions organiques et inorganiques dissouts dans l'eau. Il varie suivant la salinité des eaux selon les normes ci-dessous : Eau douce (30000 ppm TDS) (Tfeil et al., 2018).

4- L'échantillonnage

- **Matériel de prélèvement**

Pour l'analyse bactériologique, on utilise des flacons en verre de 250 ml qui sont déjà nettoyer avec un détergent puis rincer deux fois avec l'eau propre puis avec l'eau distillé.

Les flacons en verre seront ensuite stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1h 30 (Rodier et al., 1984).

Pour l'analyse phytoplanctonique, on a fait l'échantillonnage dans des bouteilles (d'eau) plastiques vides de 1.5 L ; les bouteilles doivent être bien rincées à l'eau distillée de 3à4 fois pour l'élimination totale de l'effet des produits désinfectants.

- **Méthode de prélèvement**

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau et le but d'analyse ; Le prélèvement de nos échantillons à été effectué manuellement au niveau de lac Bleu sur le site de prélèvement.

Pour l'analyse bactériologique, le flacon sera plongée à une certaine distance au fond (20-30cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts (Rodier et al., 2009), les flacons sont ouverts sous l'eau, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de la même façon pour éviter tout contamination.

Pour le dénombrement du phytoplancton, un litre d'eau brute est prélevé ; dans lequel, quelques gouttes de Lugol concentré sont ajoutées, ce qui donne à l'échantillon une

légère coloration brune, et permettra de conserver au mieux la structure des cellules phytoplanctoniques contenues dans l'échantillon (Amri *et al.*, 2010).

Les flacons doivent être bien étiquetés avant le prélèvement par des étiquettes lisibles et non détachable pour éviter tout problème de confondre entre les flacons.

- **Méthode de transport et conservation**

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après prélèvement ; c'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible. Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6° C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon (Rodier *et al.*, 2009).

La totalité de nos analyses ont été réalisés au niveau du laboratoire de microbiologie du département de biologie de l'université du 08 Mai 1945 de Guelma.

5- Les analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a porté sur les bactéries indicatrices de pollution fécale qui regroupent les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les spores des anaérobies sulfite-réductrice.

5-1- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables à 22°C et à 37°C

La recherche et dénombrement de cette microflore est réalisé par la méthode d'ensemencement en profondeur sur gélose. Les dénombrements sont exprimés en unité formant colonie par ml (UFC/ml) (Oumokhtar *et al.*, 1998). Cet examen vise à dénombrer de manière non spécifique le plus grand nombre de microorganismes, en particulier des bactéries qui se développant dans des conditions aérobies habituelles de culture.

- **Technique**

- Agiter soigneusement et de façon prolongée le flacon d'échantillon pour l'homogénéisation.

- Préparer stérilement les dilutions décimales de l'eau et mettre au fur et à mesure, dans les boîtes de Pétri vides stériles, 1ml de chaque dilution ; en débute par la dilution la plus forte jusqu'à l'échantillon non dilué.
- Ajouter 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue (à 45°C) et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de Pétri, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte.
- Laisser le milieu solidifier sur une surface plane, horizontale et fraîche.
- Ensemencer au moins une boîte par température d'incubation, dont la 1ère sera incubée à l'obscurité jeu à 36°C ± 2°C pendant 44 ± 4 heures et l'autre jeu à 22°C ± 2°C pendant 68 heures ± 4 heures (**Rejsek, 2002**).

- **Lecture et dénombrement**

Pour chaque température d'incubation, compter les colonies présentes dans chaque boîte, on prendra en compte que les boites dont le nombre de colonies est inférieur à 300 et on utilisera la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 \times d}$$

Où :

$\sum c$: est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution (**Rejsek, 2002**).

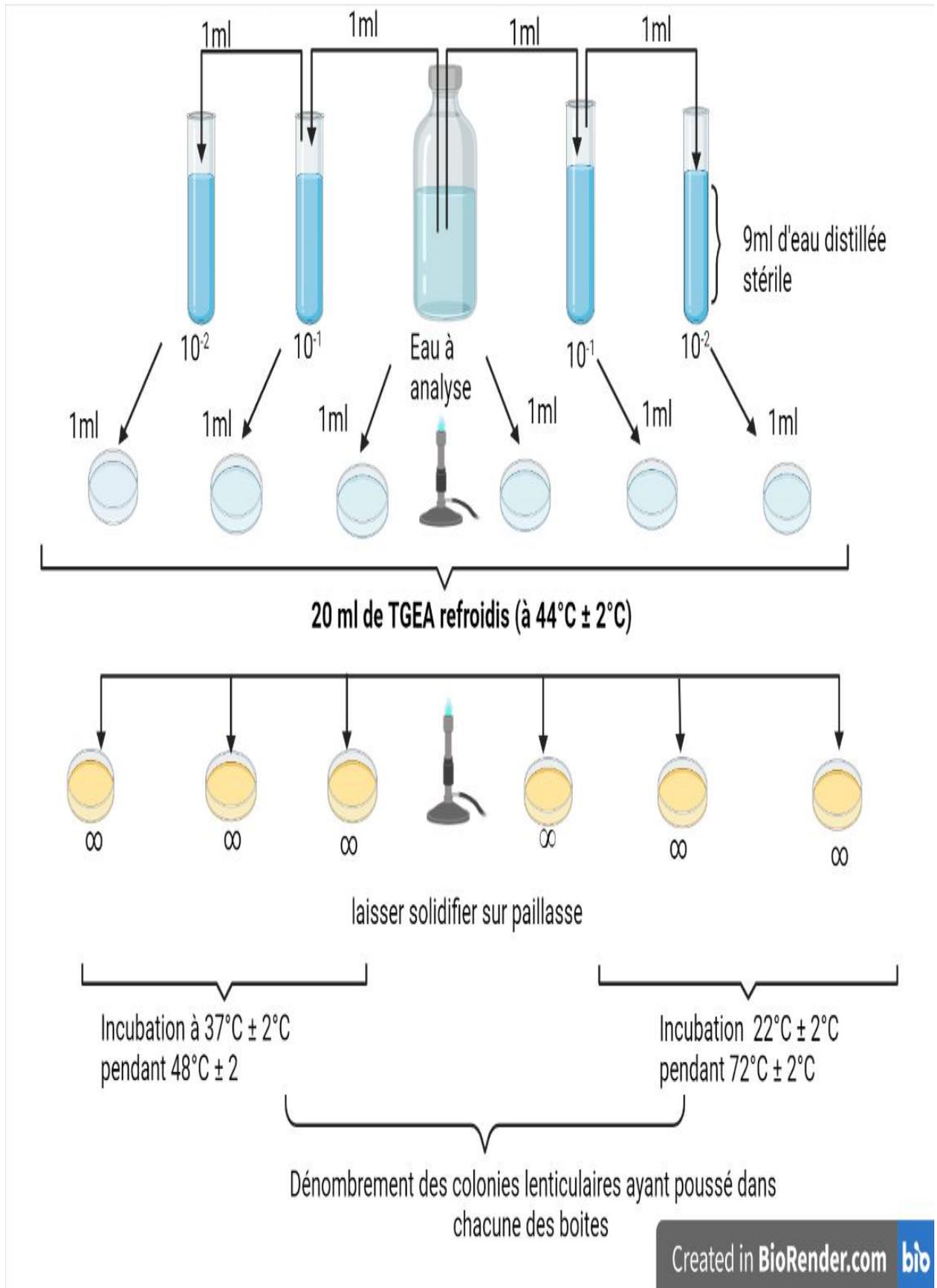


Figure 12 : Protocole de recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables.

5-2- Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et thermotolérants

La recherche et dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermotolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP), se fait en deux étapes :

a-Test présomptif

-3 tubes de BCPL D/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 10 ml d'eau à analyse par tube (série 1).

-3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 1 ml d'eau à analyse par tube (série 2).

-3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 0.1 ml de l'échantillon d'eau à analyse par tube (série 3).

-Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche ; après incuber à $30 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 24 à 48 heures (**Delarras et Trébaol, 2003**).

- **La lecture**

Seront considérés positifs les tubes où il se produit simultanément à la fois :

- production de gaz.
- un changement de couleur du milieu en jaune ce qui indique la fermentation du lactose dans le milieu (**Bricha et al., 2007**) ; La lecture finale s'effectue sur la table du NPP.

b-Test confirmatif

A partir de chaque tube de bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre positif, confirmer en ensemencant des milieux confirmatifs de Schubert avec cloche de Durham et les incuber à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24 heures (**Delarras et Trébaol, 2003**).

- **La lecture**

Observer les tubes repiqués pour confirmation, dans les tubes montrant un trouble microbien (ce qui indique la présence des coliformes thermotolérants) réaliser le test indole à l'aide du réactif de Kovacs, une réaction considérée positive correspond à la formation d'anneaux rouges à la surface de tube autrement dit présence de coliformes fécaux « *Escherichia coli* » (**Delarras et Trébaol, 2003**) ; La lecture finale s'effectue sur la table du NPP.

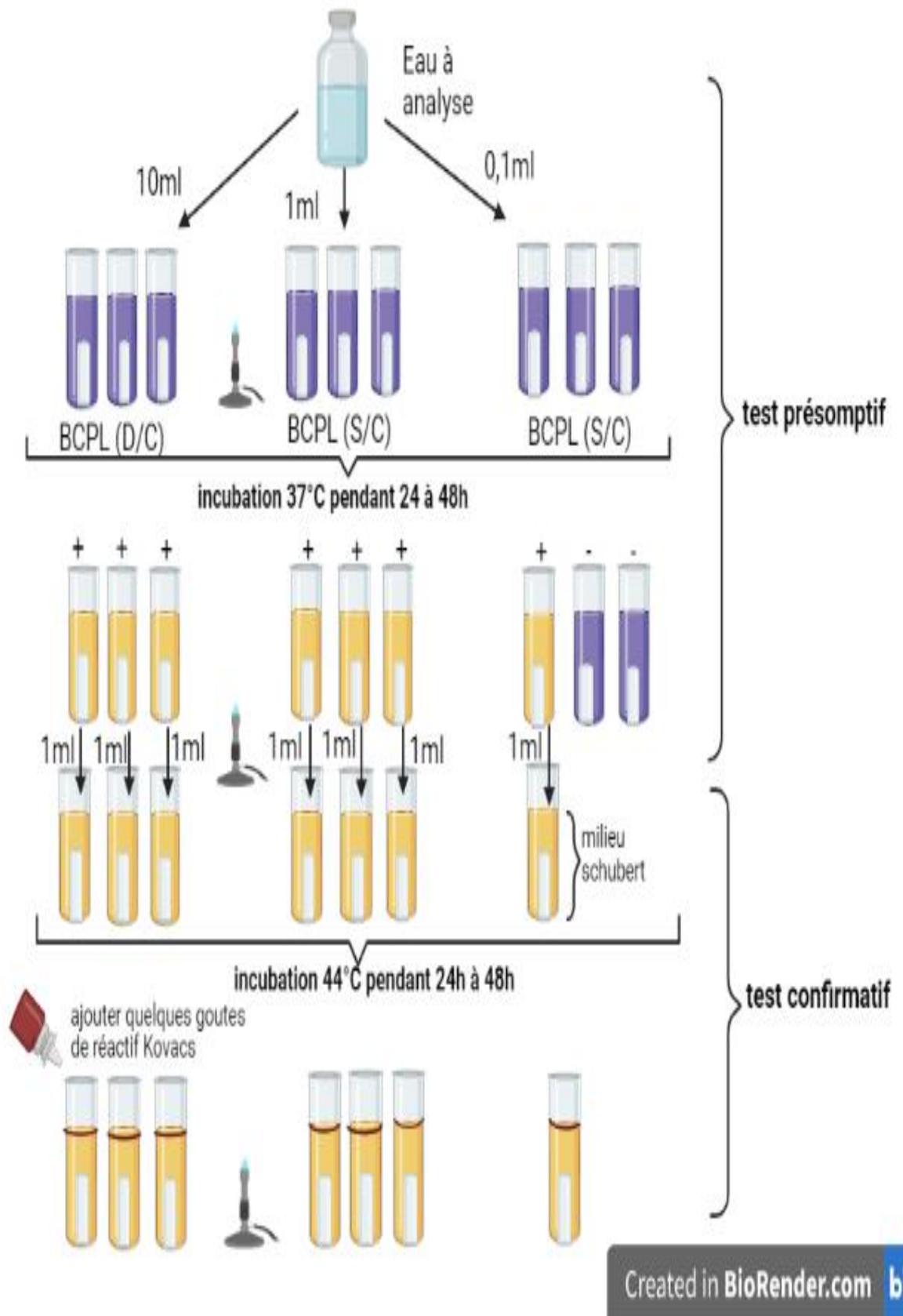


Figure 13 : Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *E.*

coli.

5-3- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Les Streptocoques ont été dénombrés sur milieu liquide (3 tubes par dilution) par la même méthode décrite pour les coliformes. Les dilutions appropriées sont ensemencées sur milieu de Rothe liquide double concentration et d'autre avec simple concentration (milieu présomptif).

Après 24 heures d'incubation à 37°C, on repique les tubes positifs (qui montrant une trouble) sur milieu de Eva Litsky (milieu confirmatif). Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 heures.

Les tubes montrant simultanément à la fois une trouble et une pastille violette au fond sont considérés comme positifs et sont comptés ; Le milieu de Litsky a la propriété de confirmer la présence d'entérocoques du fait que les bactéries autres que les Streptocoques qui auraient donné une réaction positive sur Rothe soient inhibées par l'éthyle violet (**Afif et al., 2008**).

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 100 ml suivant la table statistique de Mac-Crady (NPP) (**Bricha et al., 2007**).

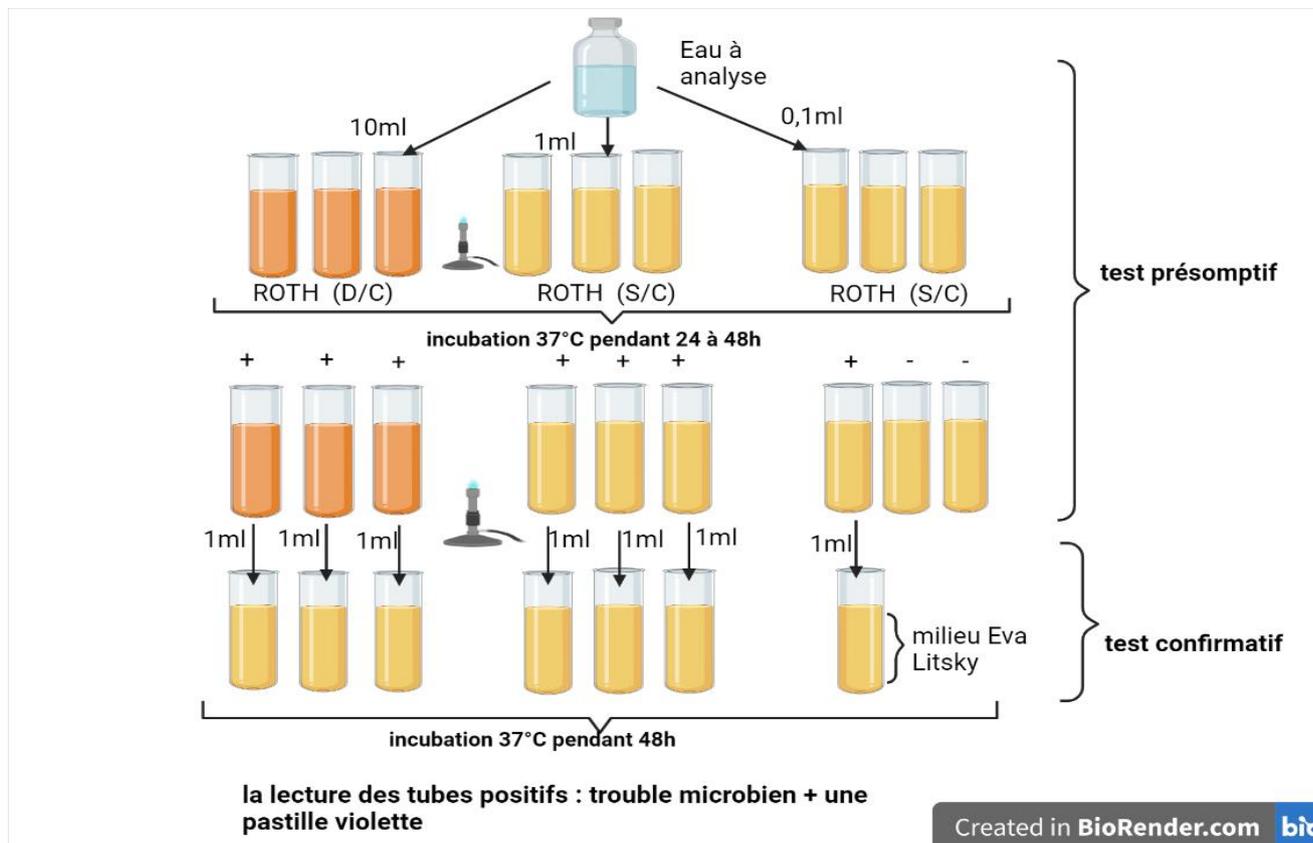


Figure 14 : Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

5-4- Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies Sulfito-Réductrices « *Clostridium* »

La recherche de *Clostridium Sulfito réducteurs* est basée sur la recherche des formes sporulées (Hamaidi-Chergui et al., 2020).

Après l'homogénéisation, prendre environ 25ml d'eau à analyser. Après l'homogénéisation dans un bécher stérile, qui sera par la suite soumis, à un chauffage 10 minutes à 80°C puis on refroidit rapidement pour détruire les formes végétatives et activer les spores de *Clostridium* qui germeront ensuite plus facilement (Afi et al., 2008).

Dans 4 tubes stériles, répartir stérilement 5ml de contenu de ce bécher. Après agitation, les tubes ont été refroidis à température ambiante et 7 ml de gélose viande foie (VF) additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et de sulfite de sodium en surfusion ont été ajoutés pour assurer l'anaérobiose. L'incubation a été réalisée à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les grosses colonies noires, produisant des sulfures à partir desulfites qui ont précipité avec les ions de fer, sont considérées comme étant des *Clostridium* sulfito-réductrices (Hammoudi et al., 2013).

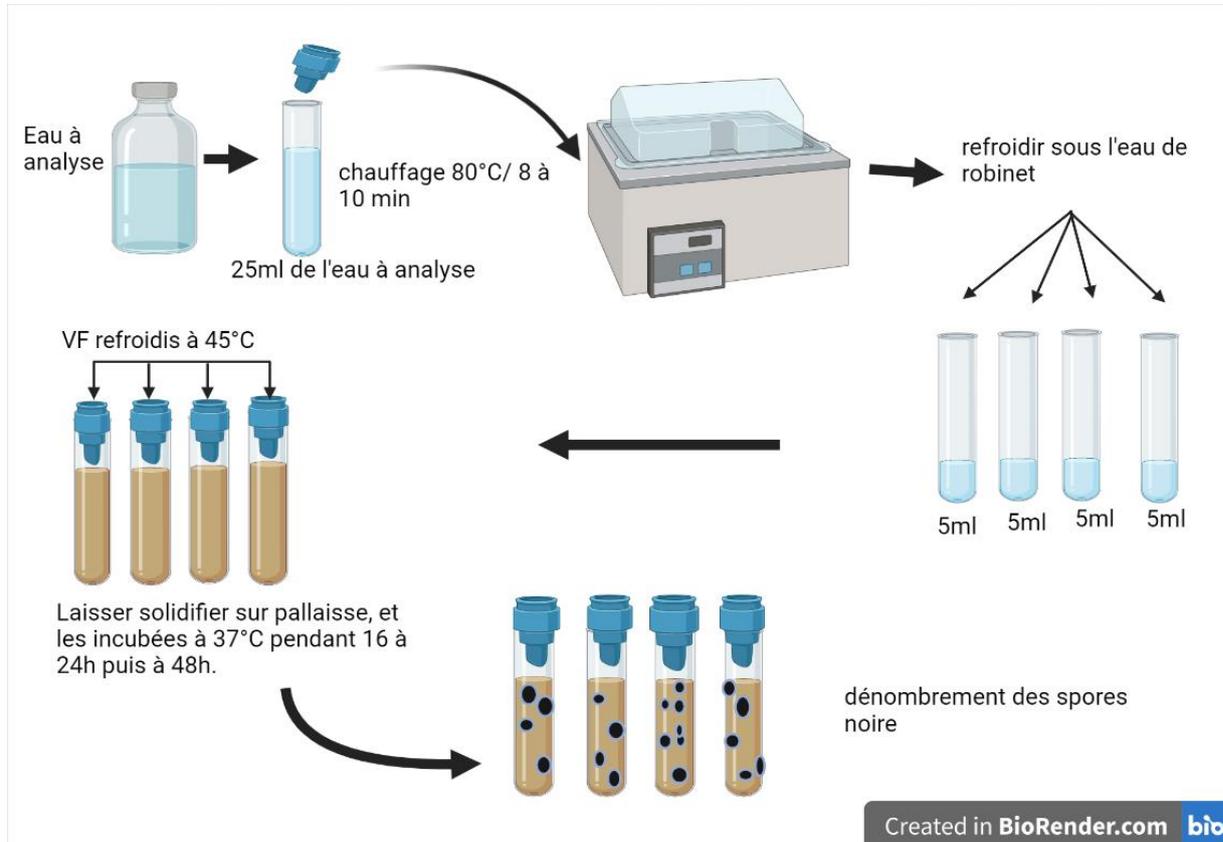


Figure 15 : Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies.

6-L'analyse phytoplanktonique

A partir de l'échantillon prélevé et fixé au Lugol, après agitation on effectue un sous échantillonnage de 50 ml dans une éprouvette graduée avec l'ajout de 2 ml du Lugol, puis on la laisse se sédimer au moins 24 h. Après 24h on garde que 5ml qui se trouvent en bas et qui se représente le sous échantillon et on débarrasse le reste, ensuite on répartit cette quantité dans des tubes à hémolyse sec, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse.

6-1- Identification des espèces

Méthode :

A partir du sous échantillon préparer, un volume de 20 μ l est prélevé à l'aide d'une micropipette et déposée entre lame et lamelle, puis la lamelle est luttée avec du vernis transparent et passé à l'observation au microscopes optiques de type "Leica" à l'objectif à immersion (x100) suivant un parcours horizontal d'une manière à ce que tout la surface de la lamelle soit couverte.

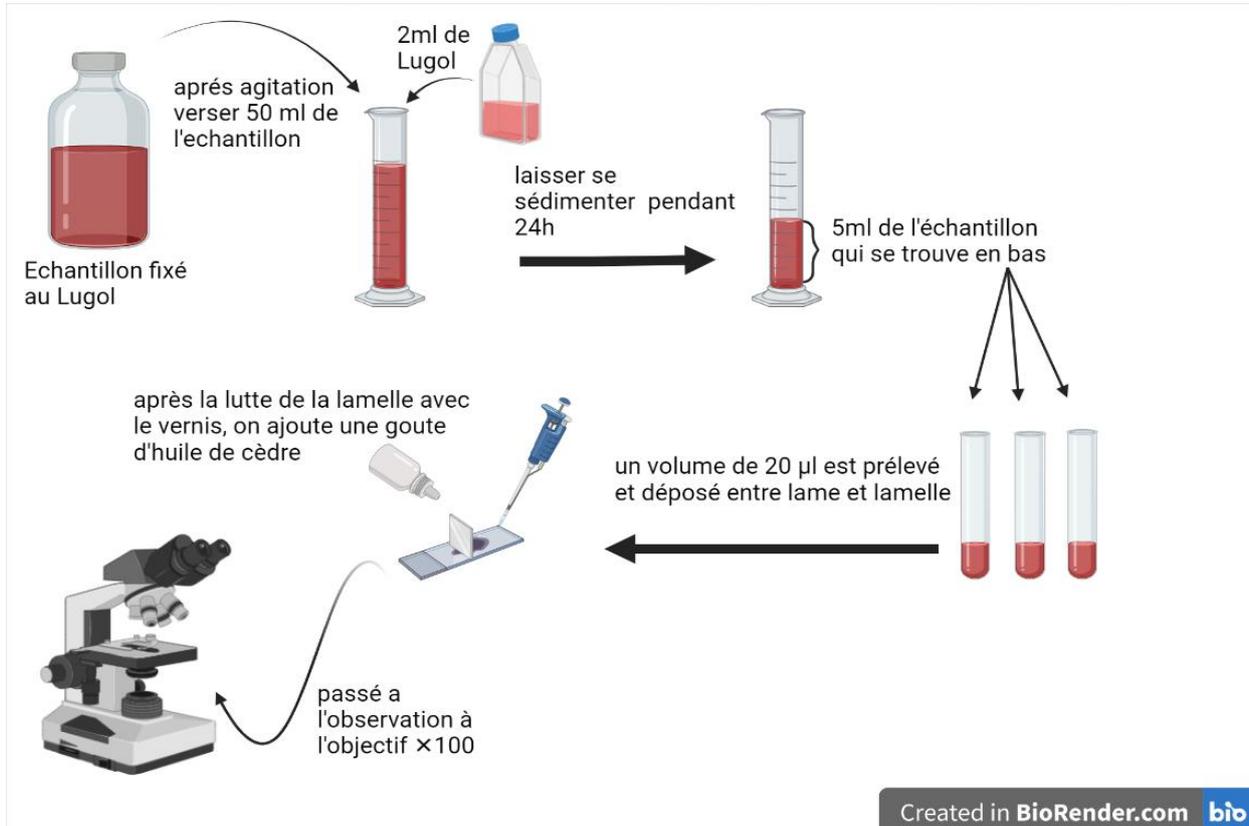
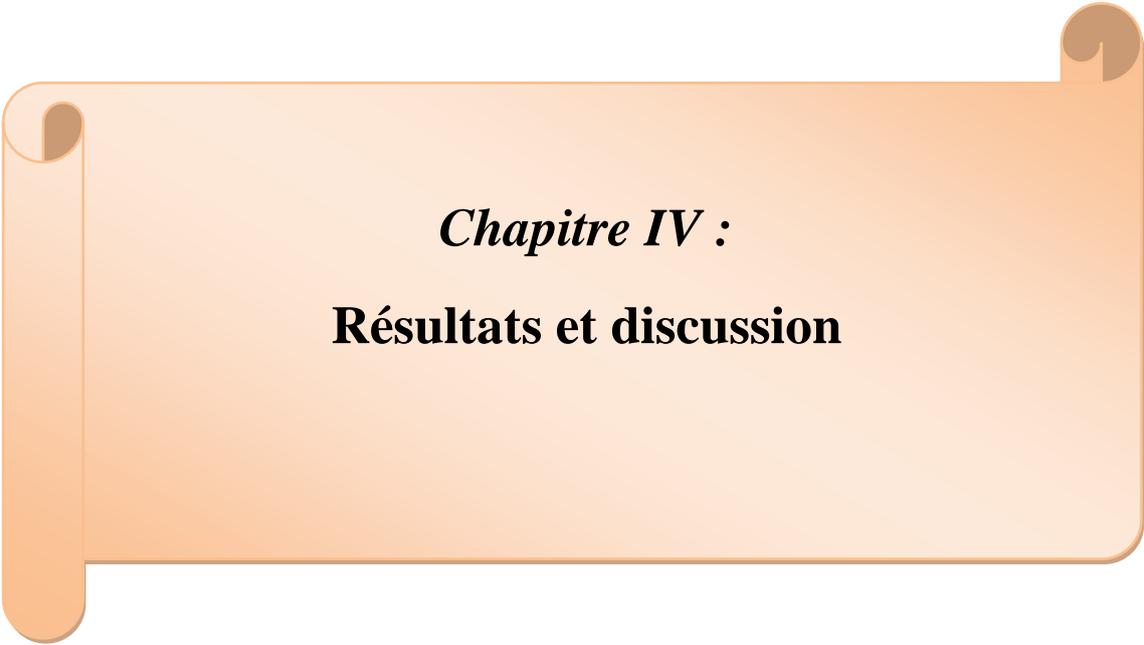


Figure 16 : Protocole de l'analyse qualitative des phytoplanctons.

L'identification des taxons est basée sur l'observation des critères morphologiques (formes, taille, couleur...etc.), anatomique (disposition des flagelles...) et sur des clés de détermination (ex : la détermination des Diatomées ou Bacillariophycées est fait à l'aide des travaux de Krammer et Lange Bertalot).

Remarque : Nous avons développé toutes les illustrations des protocoles de recherche par le logiciel Bio-Render.

An orange scroll graphic with a gradient from light to dark orange, featuring rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll binding. The text is centered on the scroll.

Chapitre IV :
Résultats et discussion

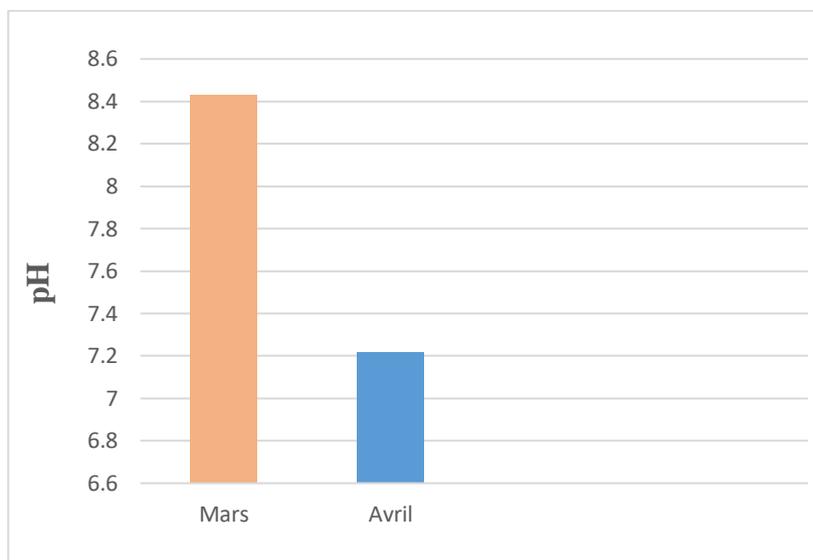
CHAPITRE IV : Résultats et discussion**1- Résultats des analyses physicochimiques mesurés *in situ*****1-1- Le pH**

Figure 17 : Variations de pH de l'eau du lac Bleu.

D'après les résultats obtenus dans la Fig (17), la valeur de pH le plus faible est de 7.22 mesurée pendant le mois d'Avril et la plus élevée est de 8.43 obtenue pendant le mois de Mars.

D'après le tableau 05, Le pH de l'eau du Lac Bleu est représenté une forte alcalinité ce qui entraîne une intense évaporation, mais cette valeur a été diminuée pendant le mois d'Avril et l'eau du lac devient plus au moins neutre ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface ; Cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

1-2- La température

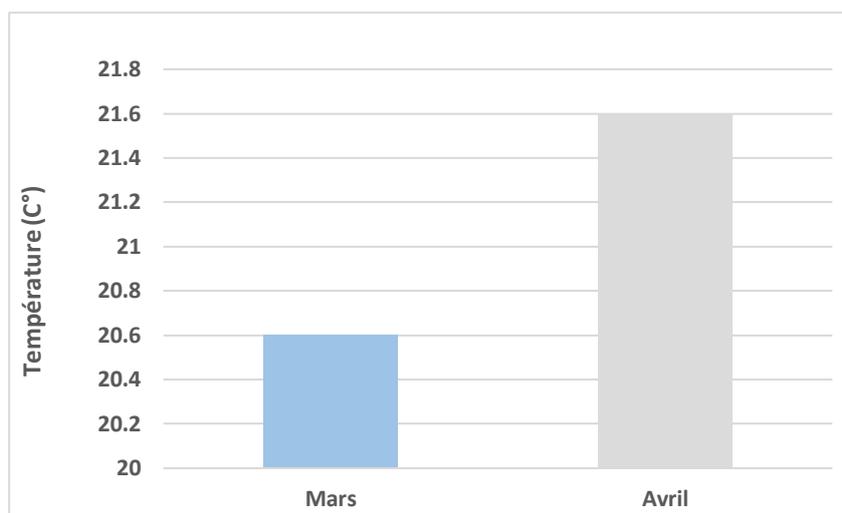


Figure 18 : Variations de la Température de l'eau du lac Bleu.

D'après les résultats obtenus la température minimale du lac Bleu obtenue est de 20.6°C enregistrée pendant le mois de Mars, et la température maximale est de 21,1°C noté pendant le mois d'Avril.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Tab. 06), l'eau du lac Bleu est de bonne qualité (20°C-22°C).

1-3- La conductivité

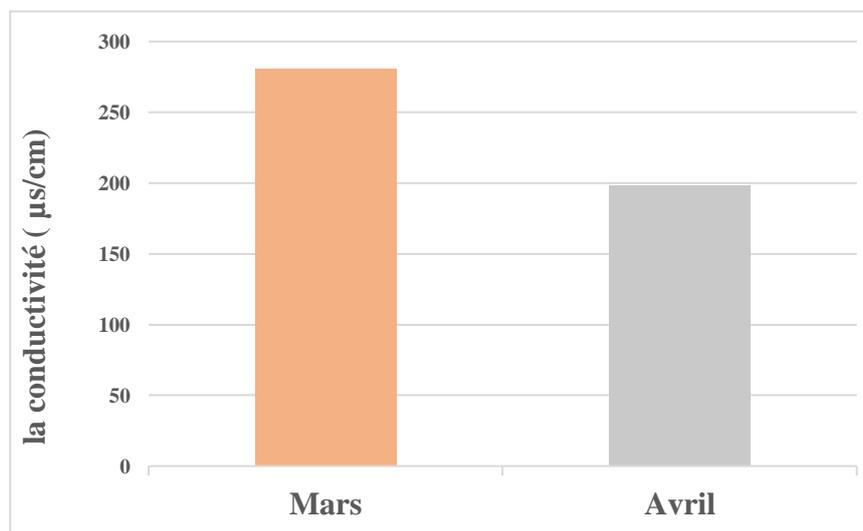


Figure 19 : Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Bleu.

D'après la figure 19 La conductivité du l'eau du lac durant les deux mois est variée entre 198.5 μs/cm dans le mois d'Avril et 281 μs/cm dans le mois de Mars, ce qui

signifie que l'eau du lac Bleu est de bonne qualité selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la conductivité (Tab. 07).

1.4. TDS

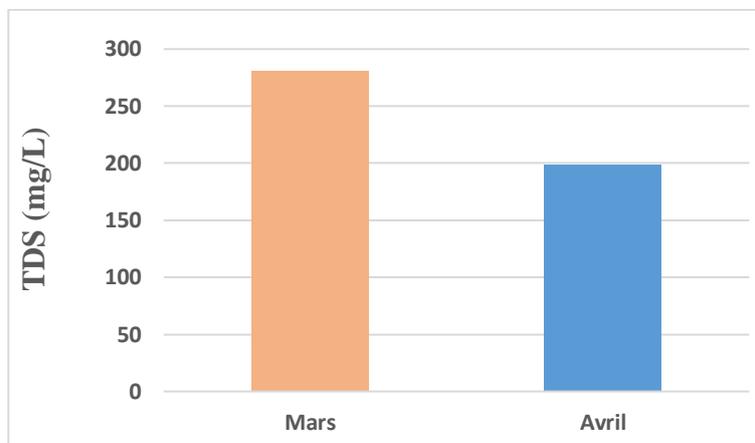


Figure 20 : Variations de la TDS de l'eau du lac Bleu.

Selon les résultats enregistrés dans la figure 20, les valeurs de TDS varient entre 199 mg/l dans le mois d'Avril et 281 mg/l dans le mois de Mars donc la qualité de l'eau est excellente (moins de 300 mg/l), c'est ce qui permet au phytoplancton de se développer.

1.5. L'oxygène dissous

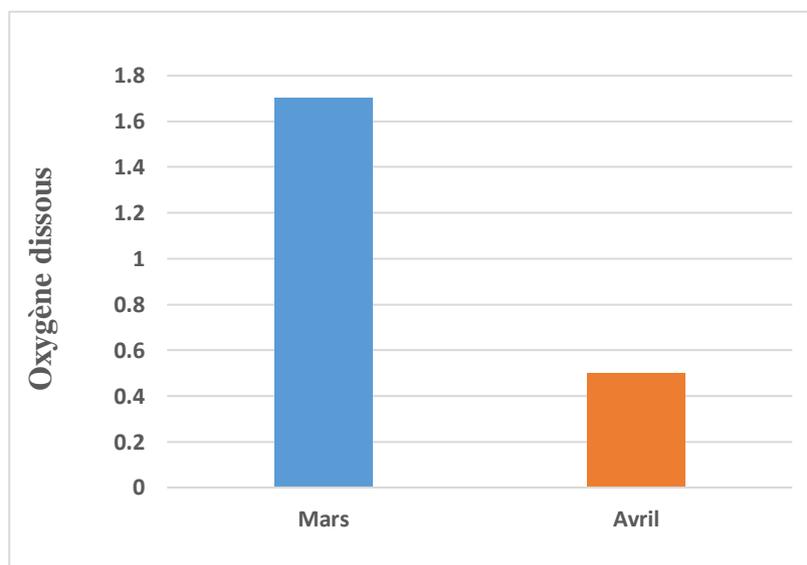


Figure 21 : Variations de l'Oxygène dissous de l'eau du lac Bleu.

La lecture de nos résultats nous permet de dire que les teneurs d'eau en oxygène dissous montrent une grande variation au cours de la période d'étude. Les teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac Bleu montrent une valeur minimale égale à 0,5 mg/l en mois de Mars et une valeur maximale de 1,7 mg/l en mois d'Avril.

Les faibles teneurs en oxygène enregistrée sont dues à l'augmentation de température qui limite la solubilité de l'oxygène et la respiration des organismes aquatiques vivants ainsi que le calme de la colonne d'eau en raison du manque de précipitations et l'absence du vent, qui n'était pas disponible pendant la période de notre échantillonnage. Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de l'oxygène dissous (Tab. 08), le lac est de médiocre qualité.

1.6.Salinité

Tableau 09 : La variation de la salinité du lac Bleu.

Mois	Mars	Avril
La valeur (g/l)	00	00

D'après les résultats du tableau 09, la teneur de salinité est nul au cours des deux mois d'étude le cas de toutes les eaux douces à cause des faibles concentrations de la conductivité électrique c'est-à-dire l'eau est pauvre en calcaire, calcium et les éléments minéraux.

2- Résultats des analyses bactériologiques

Le suivi des analyses bactériologique a fait l'objet d'un traitement de données selon l'indice de contamination fécale de **Bovesse et Depelchin(1980)**.

2-1- Recherches et dénombrement des germes totaux

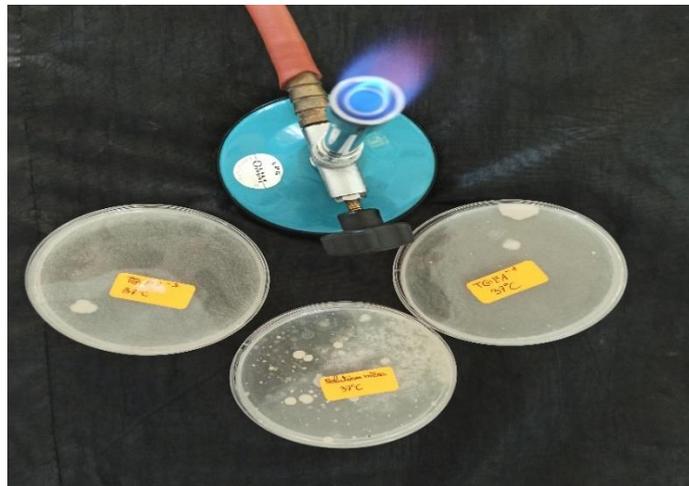


Figure 22 : Aspect macroscopique des coliformes totaux sur milieu TGEA.

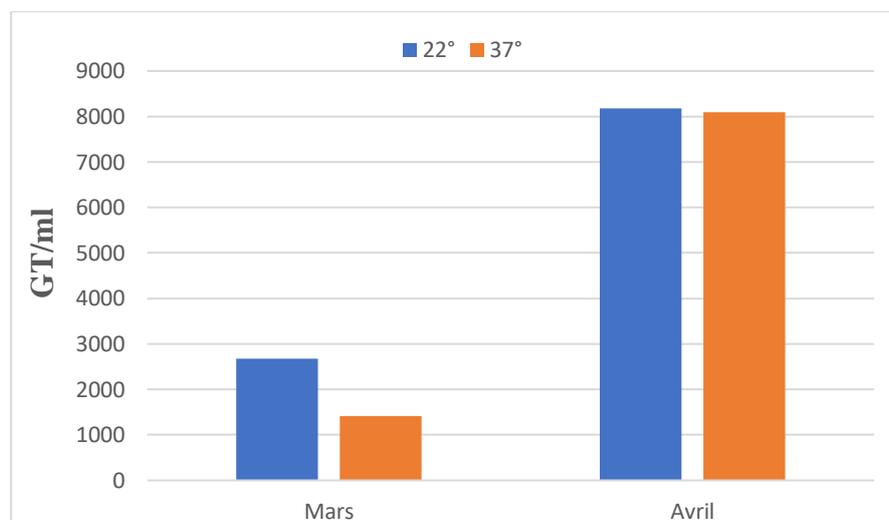


Figure 23 : Evaluations du nombre des germes revivifiables à 22°C et à 37°C de l'eau du Lac Bleu.

Nos résultats (Fig. 23) ont montré que le nombre des germes totaux incubés à 22°C en mois d'Avril est plus élevé qu'en mois de Mars, avec un taux maximum de 1818,18 GT/ml (en Avril) et un minimum de 2681,81 GT/ml (en Mars). Et le même chose est observé pour ceux qui ont été incubés à 37°C, cela peut s'expliquer par la diminution et augmentation des chutes de pluies.

2-2- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

- Coliformes totaux

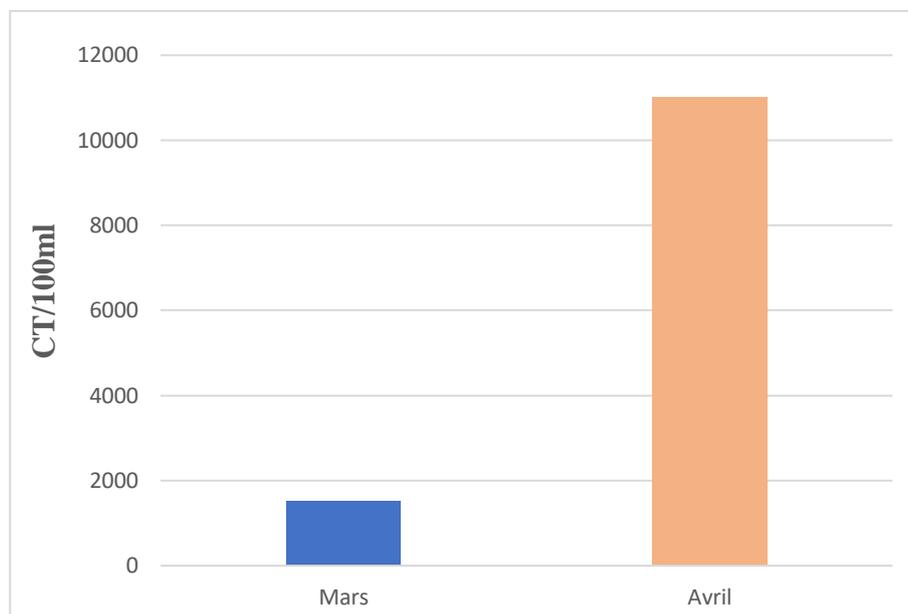


Figure 24 : Estimation des coliformes totaux dans l'eau de lac Bleu.

D'après la figure 24 les effectifs des coliformes totaux a atteint son maximum en mois d'Avril avec 11000 CT/100 ml. Par contre le minimum est observé en mois de Mars avec 1500 CT/100 ml.

Selon l'indice de contamination fécale de **Bovesse et Depelchin(1980)**, L'interprétation des résultats (fig. 24) indique le degré d'altération des eaux de lac Bleu. On note que les eaux passent d'une bonne qualité avec des indices forts ($4,3 < IQM < 5$) à une qualité modérée ($2,7 < IQM < 3,4$).

- Coliformes fécaux

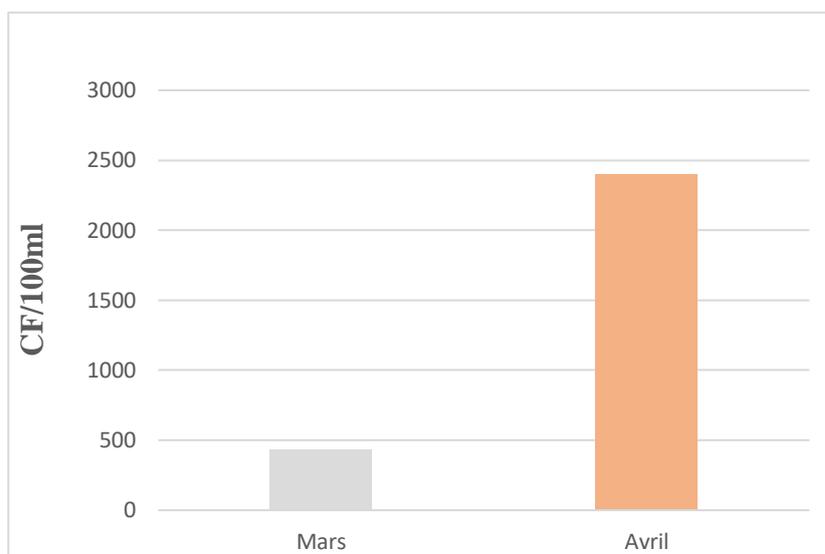


Figure 25 : Estimation des coliformes fécaux dans l'eau du lac Bleu.

D'après la figure 25, les concentrations en CF des eaux de lac Bleu a montré une différence entre les deux mois de prélèvements par un maximum enregistré avec 2400 CF/100 ml en mois d'Avril, et un minimum de 430 CF/100 ml en moi de Mars.

Selon l'indice de contamination fécale de **Bovesse et Depelchin (1980)**, L'interprétation des résultats (fig. 25) indique le degré d'altération des eaux de lac Bleu. On note que les eaux passent d'une faible qualité avec des indices forts ($3,5 < IQM < 4,2$) à une qualité modérée ($2,7 < IQM < 3,4$).

2-3- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

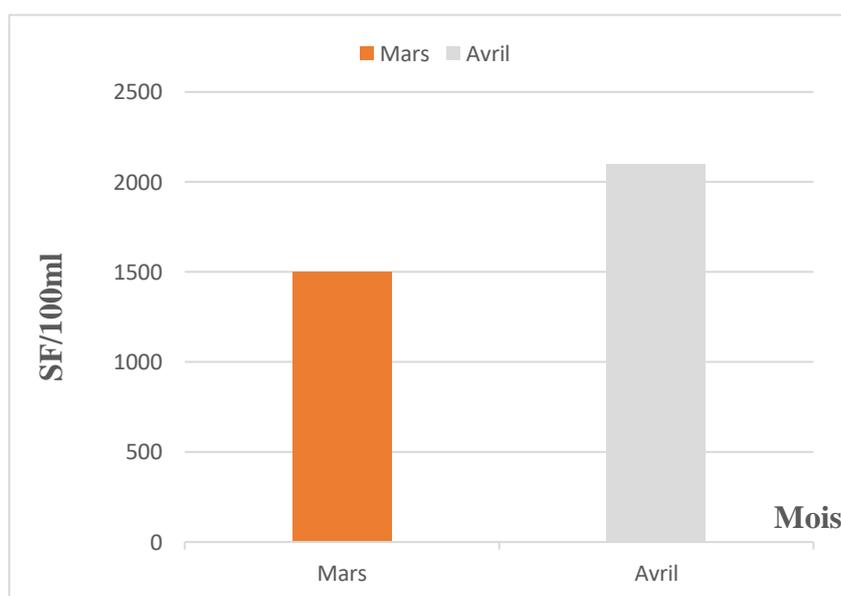


Figure 26 : Estimation des Streptocoques fécaux dans l'eau du lac Bleu.

D'après la figure 26 les concentrations des Streptocoques fécaux sont moins importantes que celles notées pour fécaux. La valeur maximale enregistrer en mois d'Avril avec 2100 SF/100ml, et un minimum de 1500 SF/100 ml en moi de Mars.

Selon l'indice de contamination fécale de **Bovesse et Depelchin (1980)**, L'interprétation des résultats (fig. 26) indique le degré d'altération des eaux de lac Bleu qui présente une très forte contamination avec des indices faible ($1,0 < IQM < 1,8$).

2-4- Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

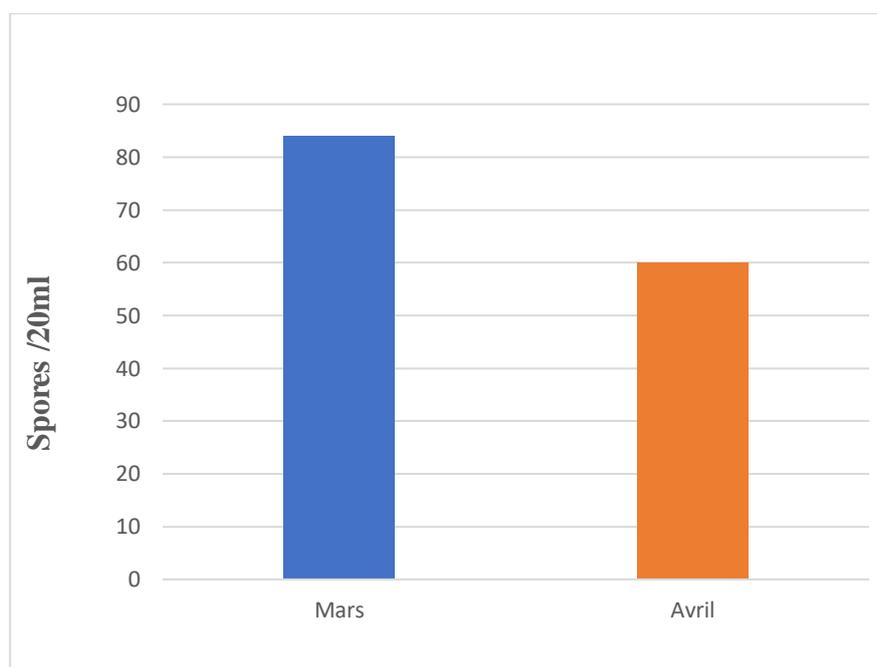


Figure 27 : Estimation des spores des ASR dans l'eau de lac Bleu.

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR ont montré que le nombre de spores dans les eaux de lac Bleu en mois de mars est de 84 Spore/20ml, cette valeur a été diminuée progressivement pour arriver à une valeur de 60 Spore/20ml en mois d'Avril.

2.5. L'origine de la contamination fécale

La détermination de l'origine de la contamination fécale selon les critères définis par Borrego et Romero, montre quela contamination est d'origine animale si le rapport (R) coliformes fécaux (CF)/ streptocoques fécaux (SF) est inférieur à 0,7, et d'origine humaine si ce rapport est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance

animale si R est compris entre 0,7 et 1. Cette origine est incertaine si R est compris entre 1 et 2. L'origine de la contamination est mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4 (Hamaidi-Chergui et al., 2020).

Selon les critères définis par Borrego et Romero, dans le mois de Mars R est inférieur à 0,7 donc la contamination est d'origine animale, et la contamination est d'origine incertaine dans le mois d'Avril avec le rapport R est compris entre 1 et 2.

3- Résultats des analyses phytoplanctonique

3-1- Analyse qualitative

3-1-1- Composition spécifiques et structure des communautés phytoplanctonique

Pendant notre étude, nous avons identifiées 28 genres et 52 espèces (tab. 12) à partir de la station du prélèvement, ces derniers sont répartis dans les 5 groupes d'eau douce : Chlorophycées, Euglénophycées, Cyanophycées, Chrysophycées et Pyrrhophycées. Dont les chlorophycées représentent le groupe le plus important (50%), suivie par le groupe des chrysophycées avec un pourcentage de (32,69 %), puis le groupe des Euglénophycées qui représente (7.69%) du nombre total des espèces, tandis que les Pyrophycées et les cyanophycées qui représentent une richesse très faible.

Tableau 12 : Résultats des analyses qualitatives des espèces phytoplanctoniques des eaux du lac bleu.

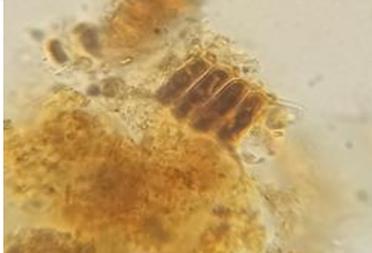
Groupes	Le genre	L'espèce	L'aspect microscopique
Chlorophytes	Monoraphidium	<i>Monoraphidium griffithii</i>	
	Scenedesmus	<i>Scenedesmus armatus</i>	
		<i>Scenedesmus ellipticus</i>	
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	

Tableau 12 :(Suite)

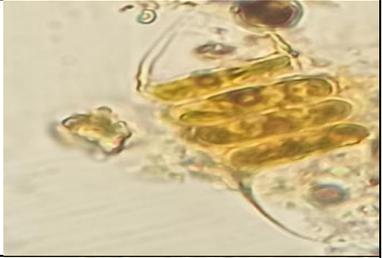
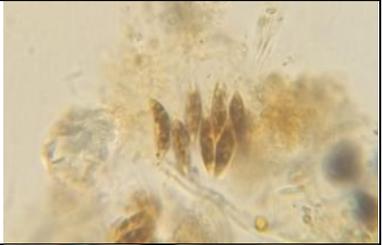
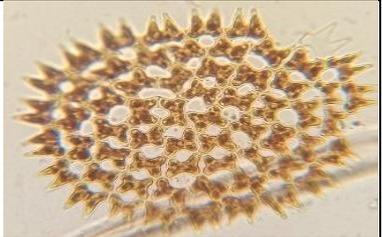
	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	
	<i>Scenedesmus acutus</i>	
	<i>Scenedesmus baculiformis</i>	
	<i>Scenedesmus serratus</i>	
	<i>Scenedesmus perforates</i>	
Pediastrum	<i>Pediastrum duplex</i>	
	<i>Pediastrum integrum</i>	

Tableau 12 :(Suite)

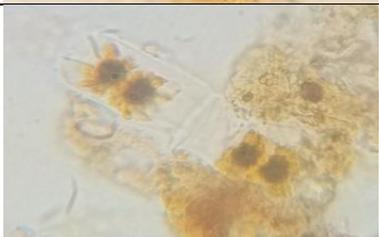
		<i>Pediastrum boryanum</i>	
Cosmarium		<i>Cosmarium candianum</i>	
		<i>Cosmarium botrytis</i>	
		<i>Cosmarium contractum</i>	
Staurostrum		<i>Staurostrum gladiusum</i>	
Zygnema		<i>Zygnema conspicuum</i>	
Gonatozygon		<i>Gonatozygon brebissonii</i>	
Mougeotia		<i>Mougeotia sp</i>	

Tableau 12 :(Suite)

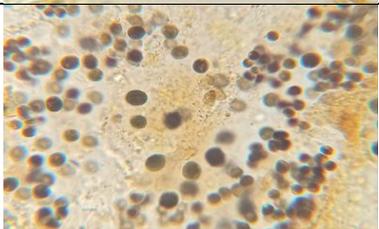
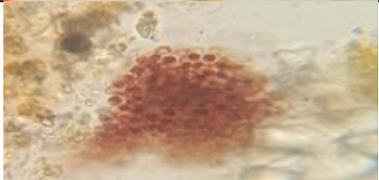
Spirogyra	<i>Spirogyra weberi</i>		
	<i>Spirogyra varians</i>		
	<i>Spirogyra decimina</i>		
Dictyosphaerium	<i>Dictyosphaerium sp</i>		
Tetrastrum	<i>Tetrastrum komarekii</i>		
Planktosphaeria	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>		
Botryococcus	<i>Botryococcus brauni</i>		
Cyanobactéries	Microcystis	<i>Microcystis aeruginosa</i>	

Tableau 12 :(Suite)

	Anabaena	<i>Anabaena flos-aquae</i>	
		<i>Anabaena cylindrica</i>	
Euglénophytes	Euglena	<i>Euglena proxima</i>	
	Trachelomonas	<i>Trachelomonas volvocina</i>	
		<i>Trachelomonas hispida</i>	
		<i>Trachelomonas armata</i>	
Chrysophycées	Navicula	<i>Navicula constans</i>	
		<i>Navicula gregaria</i>	

Tableau 12 :(Suite)

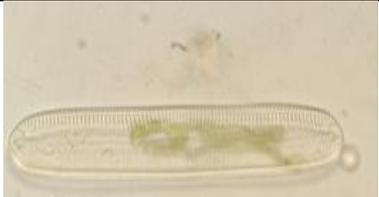
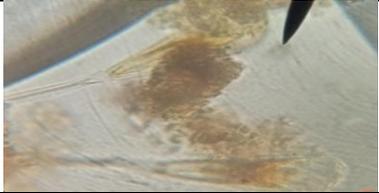
		<i>Navicula veneta</i>	
		<i>Navicula cryptotenella</i>	
		<i>Navicula cuspidata</i>	
		<i>Navicula salinarum</i>	
	Nitzchia	<i>Nitzschia filiformis</i>	
	Cymbella	<i>Cymbella turgida</i>	
	Pinnularia	<i>Pinnularia sp</i>	
		<i>Pinnularia viridiformis</i>	

Tableau 12 :(Suite)

	Gyrosigma	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	
	Achnanthes	<i>Achnanthes minutissima</i>	
		<i>Achnanthes sp</i>	
	Craticula	<i>Craticula cuspidata</i>	
	Epithemia	<i>Epithemia adnata</i>	
	Gomphonema	<i>Gomphonema truncatum</i>	
		<i>Gomphonema kamschaticum</i>	
	Amphora	<i>Amphora ovalis</i>	

Pyrrophycées	Cryptomonas	<i>Cryptomonas sp</i>	
	Hemidinium	<i>Hemidinium sp</i>	

3-1-2- Richesse spécifique

L'analyse de notre échantillon (Tab. 13) montre que la richesse phytoplanctonique est moins diversifiée et caractérisée en mois de mars par rapport au mois d'avril, De sorte qu'au mois de Mars, nous avons identifié 27 espèces et 21 genres alors qu'en d'Avril nous avons identifié 37 espèces et 22 genres (Fig. 28) ; généralement ces variations sont liées aux plusieurs facteurs tel que variations de température (augmentation et diminution) et la stabilité de la colonne d'eau.

Tableau 13 : La présence et l'absence des espèces dans la station de prélèvement (Présence+/Absence-).

Groupes	Espèces	Mars	Avril
Chlorophycées	<i>Monoraphidium griffithii</i>	+	+
	<i>Scenedesmus armatus</i>	-	+
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	+	+
	<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	-	+
	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	-	+
	<i>Scenedesmus acutus</i>	-	+
	<i>Scenedesmus baculiformis</i>	-	+
	<i>scenedesmus Serratus</i>	-	+
	<i>Scenedesmus perforates</i>	-	+
	<i>Pediastrum duplex</i>	-	+
	<i>Pediastrum integrum</i>	-	+
	<i>Pediastrum boryanum</i>	+	+
	<i>Cosmarium candianum</i>	+	+
	<i>Cosmarium botrytis</i>	+	-
	<i>Cosmarium contractum</i>	-	+
<i>Staurastrum gladiosum</i>	-	+	

Tableau 13 :(Suite)

	<i>Zygnema conspicuum</i>	-	+
	<i>Gonatozygon brebissonii</i>	+	-
	<i>Mougeotia sp</i>	-	+
	<i>Spirogyra weberi</i>	-	+
	<i>Spirogyra varians</i>	+	+
	<i>Spirogyra decimina</i>	-	+
	<i>Dictyosphaerium sp</i>	+	+
	<i>Tetrastrum komarekii</i>	-	+
	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	-	+
	<i>Botryococcus brauni</i>	+	+
Cyanophycées	<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	+
	<i>Anabaena flos-aquae</i>	+	-
	<i>Anabaena cylindrica</i>	-	+
Euglénophycées	<i>Euglena proxima</i>	-	+
	<i>Trachelomonas volvocina</i>	+	+
	<i>Trachelomonas hispida</i>	-	+
	<i>Trachelomonas armata</i>	-	+
Chrysophycées	<i>Navicula constans</i>	+	-
	<i>Navicula gregaria</i>	+	-
	<i>Navicula veneta</i>	+	-
	<i>Navicula cuspidata</i>	-	+
	<i>Navicula salinarum</i>	+	+
	<i>Nitzschia filiformis</i>	+	-
	<i>Cymbella turgida</i>	+	+
	<i>Pinnularia sp</i>	-	+
	<i>Pinnularia viridiformis</i>	+	-
	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	+	-
	<i>Achnanthes minutissima</i>	+	-
	<i>Achnanthes sp</i>	+	-
	<i>Craticula cuspidata</i>	+	-
	<i>Epithemia adnata</i>	+	-
	<i>Gomphonema truncatum</i>	+	-
	<i>Gomphonema kamtschaticum</i>	+	-
<i>Amphora ovalis</i>	+	+	
Pyrrhrophycées	<i>Cryptomonas sp</i>	-	+
	<i>Hemidinium sp</i>	-	+

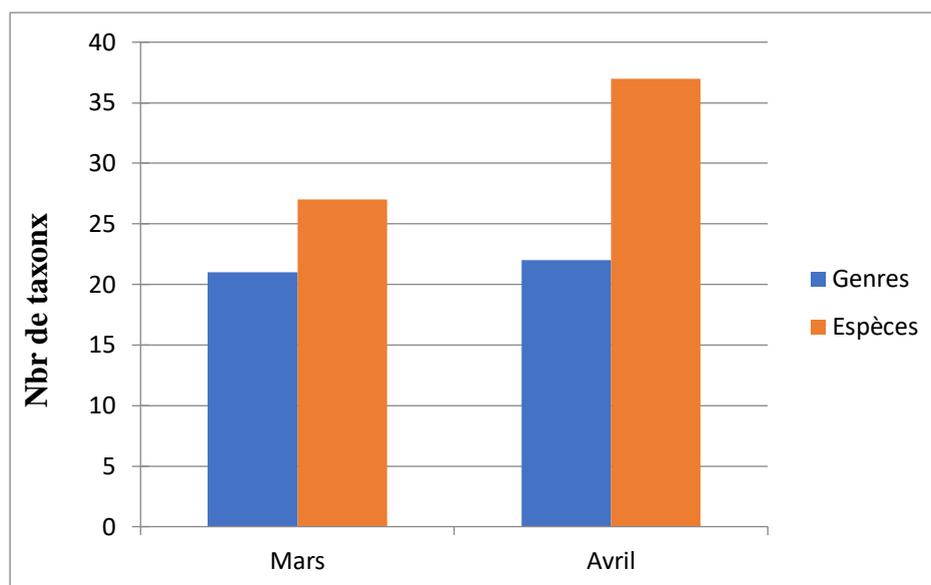


Figure 28 : Evaluations de nombre des espèces et des Genre de chaque prélèvement.

3-1-3- Diversité des différents groupes

Au cours du moins de mars le total des espèces identifiées est 27 espèces dont les Chrysophycées représentent le groupe le plus important avec une richesse élevée de 15 espèces identifiées ce qui équivaut à 55.55% suivi par le groupe des Chlorophycées dont 09 espèces sont identifiées ce qui équivaut 33.33 % puis le groupe du Cyanophycées avec le nombre de 2 espèces identifiées soit 7.40%, les Euglénophycées représentent une très faible richesse avec une seule espèce ce qui équivaut à 3.70% et aucune espèce identifiée des Pyrrhophycées (Fig. 29).

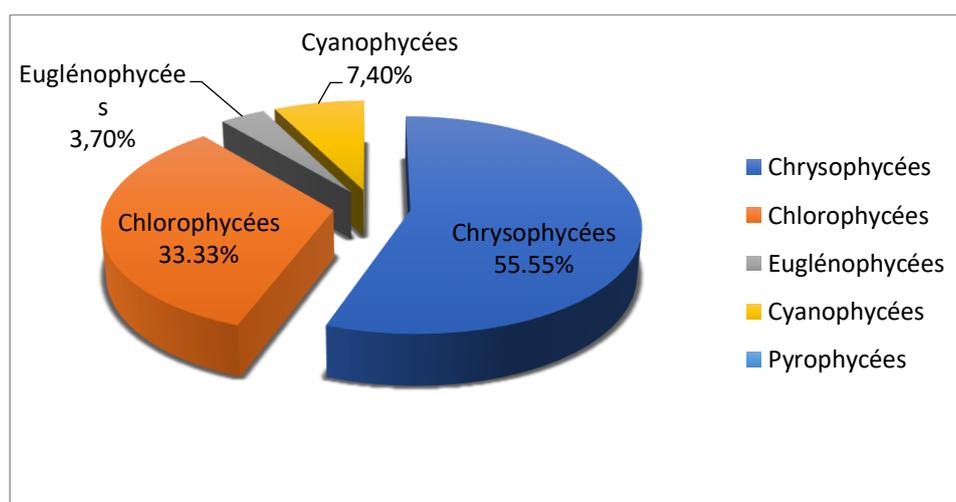


Figure29 : Le pourcentage des groupes identifiés en mois de Mars.

Ainsi qu’au mois d’avril le total des espèces identifiées est 37 espèces. Les Chlorophycées représentent le groupe le plus important avec une richesse élevée de 24

espèces identifiés ce qui équivaut à 64.86% suivi par le groupe des Chrysophycées dont 5 espèces sont identifiés ce qui équivaut 13.51%, puis le groupe des Euglénophycées avec 4 espèces identifiés soit 10.81%, les Cyanophycées et les Pyrrhophycées représentent une très faible richesse avec le nombre de deux espèces identifiées pour chacune du groupe ce qui équivaut à 5.40% (Fig. 30).

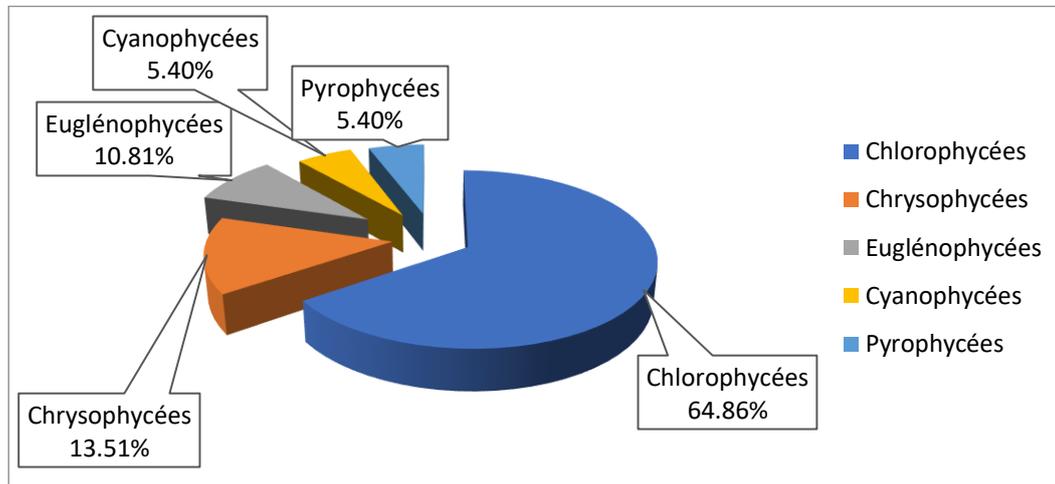


Figure 30: le pourcentage des espèces au mois d'Avril.



Conclusion

Conclusion

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la détermination de plusieurs paramètres, pour cela et pour le but de contribuer à la caractérisation de l'un des quatre lacs du Parc National d'El Kala, nous avons suivi les propriétés physico-chimiques et d'autres paramètres biologiques (détermination de la qualité bactériologique et phytoplantonique) du lac Bleu d'El Kala.

L'études des paramètres physico-chimiques effectués in situ, a permis de dire que l'eau du lac est de bonne à moyenne qualité avec des résultats dans les normes dans tous les paramètres, une température mensuelle normale varie entre 20 et 21°C, un pH plus ou moins neutre, une bonne conductivité et TDS sauf qu'une faible oxygénation due à l'augmentation de température qui limite la solubilité de l'oxygène et la respiration des organismes aquatiques vivants ainsi que le calme de la colonne d'eau en raison du manque de précipitations et l'absence du vent, qui n'était pas disponible pendant la période de notre échantillonnage, et enfin la salinité de l'eau du lac qui ne dépasse pas 0g/l ce qui est le cas pour toutes les eaux douces.

Dans notre étude, les résultats des analyses bactériologiques obtenues principalement à travers la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale à savoir les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux, et un dénombrement des spores des bactéries sulfite-réductrices, ont révélé qu'il y a une présence d'un nombre élevé des germes indicatrices de contamination fécale avec une variation de l'origine au cours des mois de l'étude, De sorte qu'au mois de mars l'infection était d'origine animale, puis au mois d'avril elle est devenue d'origine incertaine ; ainsi la présence d'une contamination ancienne.

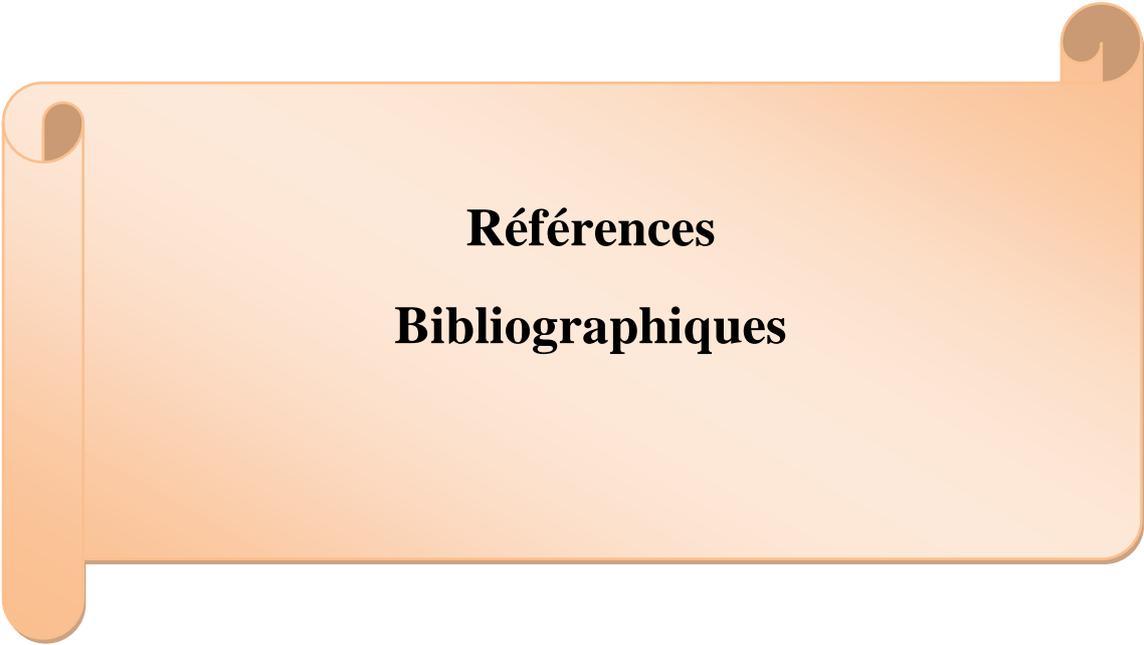
En ce qui concerne les analyses phytoplantoniques, l'observation des caractères morpho anatomiques des différents taxons phytoplantoniques récoltés dans le lac et d'après les clés d'identifications nous a permis d'identifier 28 genres et 52 espèces appartenant aux 5 groupes d'eau douce, dont les chlorophycées représentent le groupe le plus important (50%), suivie par le groupe des chrysophycées avec un pourcentage de (32,69 %), puis le groupe des Euglénophycées qui représente (7.69%) du nombre total des espèces, tandis que les Pyrrophycées et les cyanophycées qui représentent une richesse très faible.

On note que la richesse phytoplanctonique en termes de nombre d'espèces est moins diversifiée et caractérisée en mois de mars par rapport au mois d'avril, généralement ces variations sont liées aux plusieurs facteurs tel que variations de température (augmentation et diminution) et la stabilité de la colonne d'eau.

Enfin, du point de vue quantitative et qualitative des microorganismes, on peut conclure que l'eau du lac Bleu est fortement polluée ce qui peut provoquer des altérations dans l'écosystème en générale.

Les écosystèmes aquatiques du parc national d'EL Kala et surtout le lac Bleu sont très peu étudiées et constituent donc un grand terrain pour les chercheurs dans différents domaines ; de notre part nous recommandons plusieurs études pour avoir le but d'appréciation de la qualité de cette région tel que :

- Analyse chimique de l'eau
- Etude sur la communauté zooplanctonique.
- Etude des interactions entre les bactéries et les phytoplanctons pour mieux comprendre le fonctionnement des systèmes aquatiques.
- Recherche des bactéries pathogènes
- Etude de floristique et faunistique de la région.



Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abboudi, A., Tabyaoui, H., El Hamichi, F., Benaabidate, L., & Lahrach, A. (2014).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de guigou, maroc. 10.
- **Abdoulaye, d. N., khadijettou, m. M. S., & mohamed, o. S. O. K. (2013, janvier).** Contribution a l'étude de la qualite physico- chimique de l'eau de la rive droite du fleuve senegal. 12.
- **Afif, A., Faid, M., & Najimi, M. (2008).** Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. 7(1), 2- 7.
- **Aib, A., & Yakhlef, K. (2014).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplantonique des eaux du Lac Tonga (Nord-est Algérien). Université 8 Mai 1945.
- **Amirouche, N., Bouguedoura, N., & Hadj-Arab, H. (2009).** Botanique : Algues, Champignons, Lichens. Houma édition.
- **Amri, S., Branes, Z., & Oudra, B. (2010).** Inventaire des cyanobacteries potentiellement toxiques dans la tourbiere du lac noir « parc national d'el-kala » (algerie). 4(1), 49- 68.
- **Arzul, G., & Quinion, F. (2014).** Plancton marin et pesticides : Quels liens? Quae.
- **Aubry, P., & Gaüzère, B.-A. (2012, avril 20).** Les maladies liées à l'eau. 20/04/2012
- **Baillet, S. (2013).** Utilisation des groupes morpho-fonctionels du phytoplancton pour le diagnostic ecologique des plans d'eau du bassin loire Bretagne [Mémoire, école pratique des hautes études]. <https://hal-ephe.archives-ouvertes.fr/hal-01572432/document>
- **Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013, Juin).** Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès (maroc).
- **Benhassine-Gherzouli, C. (2013).** Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire [Thèse de doctorat, Université Toulouse 2 Le Mirail]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01058385/document>

- **Benslama, M., Boughendjioua, Z., & Zanache, H. (2002).** Evaluation quantitative des retombées de litière sous forêt de chêne liège « cas de la réserve de BRABTIA, Parc National El-Kala ; Nord-Est. Algérien ». 11.
- **Bordj, N., & El saadi, N. (2018).** Etude de l'agregation du phytoplancton par la methode des moments spatiaux. 2, 74- 89.
- **Boumendjel, M., Taibi, F., Hennouni, N., Samar, M. F., Abdesselem, A., Slimane, B., Laabidi, Z., Laissani, A., Merdaci, D., Alleb, W., Djouadi, H., Menam, A., & Alloui, B. (2015).** Ecologie et polymorphisme de l'aphanius fasciatus valenciennes 1821 (cyprinodontidae), dans le lac bleu, parc national d'el-kala (nord-est algerie). 14, 9- 12.
- **Boyer, M. (2021, février 23).** Bactéries anaérobies sulfito-réductrices, Clostridium. Vigilab.[https://www.vigilab.com/documentation/fiches microbiologie/](https://www.vigilab.com/documentation/fiches_microbiologie/)
- **Bricha, S., Ounine, K., Oulkheir, S., El Haloui, N., & Attarassi, B. (2007).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). 3(3), 391- 404.
- **Chaabane, B., & Boujelben, A. (2017).** Identification, classification et caractérisation des zones humides du grand sfax b.,. 30, 45- 65.
- **Cherifi, O., & Loudiki, M. (2002).** Variations de la structure trophique du lac-réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). 15(1), 193- 208.
- **Claude, G. (2013).** Histoire naturelle des microalgues. Odile Jacob.
- **Crenn, K. (2016).** Interactions entre microalgues et bactéries dans l'environnement marin [Thèse de doctorat, université Pierre et Marie Curie]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01391468/file/these_archivage_3270917o.pdf
- **David, B., & Aurélie, B. (2009).** Atlas mondial de l'eau. De l'eau pour tous ? Autrement.
- **De Reviere, B. (2002).** Biologie et phylogénie des algues (Tome2 éd.). Belin.
- **Degrémont. (1989).** Memento technique de l'eau (9eme édition, TOM1).
- **Dejoye Tanzi, C. (2013).** Eco-extraction et analyse de lipides de micro-algues pour la production d'algo-carburant [Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01712195/document>
- **Delarras, C., & Trébaol, B. (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux -Réglementation, prélèvements, analyses. TEC &DOC.

- **Delarras, C., Trebaol, B., & Durand, J. (2010).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux—Réglementation, micro-organismes, prélèvements, analyses (2e édition). TEC &DOC.
- **Djaaboub, S. (2008).** Etude de la végétation du lac Bleu (Parc National d'El-Kala) [Mémoire de magister]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
- **Drapeau, A. J., Jankovic, S., & World Health Organization. (1977).** Manuel de microbiologie de l'environnement <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40507>. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40507>
- **El Haissoufi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Aabouch, M., Bennani, L., Benlemlih, M., Idir, M., Zanibou, A., Bennis, Y., & El Ouali Lalami, A. (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de fes, maroc. Vol 5(n°1), p : 37-68.
- **El Haissoufi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Aabouch, M., Bennani, L., Benlemlih, M., Idir, M., Zanibou, A., Bennis, Y., & El Ouali Lalami, A. (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de fes, maroc. 5(n°1), 37- 68.
- **Escherichia coli entérohémorragiques (ECEH).** (2019, septembre 16). Institut Pasteur. <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/escherichia-coli>
- **Esmaeli, L. (2015).** Bioaccumulation and toxic effect of zinc on the green alga *Chlorella Vulgaris* [Mémoire de master, Université du Québec à Montréal]. <https://archipel.uqam.ca/7494/1/M13715.pdf>
- **Euzen, A., Jeandel, C., & Mosseri, R. (2015).** L'eau à découvert Agathe Euzen, et Rémy Mosseri. CNRS Éditions.
- **FEKI-SAHNOUN, W. (2013).** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabés [Thèse de doctorat]. Faculté des Sciences de Sfax.
- **Groga, N. (2012).** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac Taabo (Côte d'Ivoire) [Thèse de doctorat, Université de toulouse]. <https://core.ac.uk/download/pdf/78382888.pdf>
- **Haller, O. (2016).** Virologie. In MANUEL DE POCHE DE MICROBIOLOGIE MEDICALE (2eme édition, Vol. 16, p. 16). Lavoisier Médecine-Sciences.

- **Hamaidi-Chergui, F., Kouba, R., Ouahchia, C., & Demiai, A. (2020).** Evaluation of the Bacteriological pollution of the Mazafran Wadi Waters and Study of the Resistance Profile of Escherichia Coli. 4(2), 507- 512.
- **Hammoudi, A., Bousmaha, F., Bouzid, R., Aggad, H., & Saegerman, C. (2013).** Évaluation de la contamination bactérienne superficielle des carcasses bovines dans un abattoir algérien. 19, 2901- 2907.
- **Hamouda, S., & Tahar, A. (2012).** Apport de l'analyse spatiale dans le suivi du couvert végétal du parc national d'El-Kala, (Algérie). 1 & r1. 25, 59- 70.
- **Hamze, M., Dabbouss, F., Al-Ali, K., & Ourabi, L. (2004).** Prévalence des parasites intestinaux au nord du Liban : 1997-2001M. Hamze¹, F. Dabboussi¹, K. Al-Ali² et L. Ourabi³. 10(3).
- **Kahli, A., Belhadj, G., Gaget, E., Merlet, C., & Guelmami, A. (2018).** Cartographie des forêts humides dans la région d'El Kala (Algérie) à l'aide des outils d'observation de la terre. 73, 431- 445.
- **Kherifi, W., & Bekiri, F. (2017).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie., 2017.
- **Kherifi, W., & Kherici-Bousnoubra, H. (2012).** EVOLUTION SAISONNIERE DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DU LAC MELLAH (NORD-EST ALGERIEN). 11, 109- 118.
- **Leclercq, L. (2009).** Le phytoplancton des eaux douce.
- **Lécuyer, C. (2014).** l'eau sur la terre : Propriétés physicochimiques et fonctions biologiques. ISTE editions.
- **Levi, Y. (2013).** Contamination des eaux et santé publique. 32(4), 1- 14.
- **Levi, Y., Harvey, M., & Cervantès, P. (2006).** Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives (p. 205).
- **Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van. Clooster, M. (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental). N° 09, 149- 169.
- **Malvy, D. (2011).** Infections et toxi-infections d'origine alimentaire et hydrique. Orientation diagnostique et conduite à tenir. 30(4), 1- 25.
- **Mollo, P., & Noury, A. (2013).** Le manuel du plancton. Charles Léopold Mayer.

- **Nabors, M. (2008).** Biologie végétale : Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Pearson. Education France.
- **Olivier, R. (2005).** Maladies liées à l'eau : Classification.
- **Oumokhtar, B., Karib, H., Bouchriti, N., & Araba, A. (1998).** Appréciation de la qualité bactériologique de la viande et des abats de taurillons fraîchement abattus dans les abattoirs de Rabat. 18(3), 169- 176.
- **Payment, P., & Hartemann, P. (1998).** Les contaminants de l'eau et leurs effets sur la santé. 11(hors-série).
- **Pinay, G., Gascuel, C., Ménesguen, A., Souchon, Y., Le Moal, M., Levain, A., Étrillard, C., Moatar, Pannard, A., & Souchu, P. (2018).** L'eutrophisation : Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité (1e édition). Quæ.
- **REJSEK, F. (2002).** L'Analyse des eaux technique et aspects réglementaires. Scérèn CRDP Aquitaine.
- **Rimet, F. (2018).** Phytoplanctons du Léman. 128- 139.
- **Ripert, C. (1996).** Épidémiologie des maladies parasitaires. Tec & Doc.
- **Rodier, J., Beuffe, H., Bournaud, M., Broutin, J.-P., Geoffray, C., Kovacsik, G., Laporte, J., Pattee, E., Plissier, M., Rodi, L., & Vial, J. (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer (7ème). Dunod.
- **Rodier, J., Legube, B., Marlet, N., & Coll. (2009).** L'analyse de l'eau (9ème). Dunod.
- **Rodier, J., LEGUBE, B., & MERLET, N. (2016).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer (10e édition). Dunod.
- **Rolland, A. (2009).** Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir Marne (Bassin versant de la Seine) [Thèse de doctorat, Université de Savoie]. <https://hal.inrae.fr/tel-02823324/document>
- **Romain, Tristan, Maxime, Louis, Dylan, Léo, Gwenaëlle, Yann, Julien, & Fanny. (2013).** A la découverte du plancton.
- **Rossi, N. (2008).** Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France) [Thèse de doctorat, Université du Sud Toulon-Var]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00439972/document>

- **Saab, H. B., Nassif, N., El Samrani, A. G., Daoud, R., Medawar, S., & Ouain, N. (2008).** Suivi de la qualité bactériologique des eaux de surface (rivière NahrIbrahim, Liban). 20(4), 341- 352.
- **Sabri, F. O. (2011).** Caractérisation écologique d'un site Ramsar : Le lac bleu wilaya d'El Tarf proposition d'un plan directeur de gestion [MEMOIRE DE MASTER, Université Badji Mokhtar]. **Saifouni, A. (2009).** État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie [Mémoire de magister]. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.), El Harrach, Alger.
- **Sarri, D. (2017).** Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El-Tarf [Thèse de doctorat]. Farhat Abbas Sétif 1.
- **Servais, P., Castignolles, N., Petit, F., George, I., Buffet-janvresse, C., & Ficht, A. (1999).** 6- contamination bactérienne et virale. Ifremer.
- **Sialve, B. (2013).** Couplage des cultures de microalgues avec la méthanisation : Traitement et valorisation de la matière et de l'énergie dans le cadre de la bioraffinerie environnementale [Thèse de doctorat].
- **Sialve, B., & Steyer, J.-P. (2013).** Les microalgues, promesses et défis. 26, 25- 39.
- **Tfeil, H., Mahfoudh, M., Moulay Mhamed, B. A., Aliyen, A., Yarba, L., & Vall Hmeyada, A. M. (2018).** Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie., 14(6).
- **Verhille, S. (2013).** Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : Interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. 13.
- **Vonarx, J. (2008, octobre 7).** Cyanobactéries et cyanotoxines. PLANET VIE. https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/gestion-de-l-environnement-pollution/cyanobacteries-et-cyanotoxines?fbclid=IwAR2Ypr8OF5pbilvunR19o9L3oNES_ZxU7TCeEd3qcUQO8hK_US1_im7b8I
- **Zitouni, A., Tahar, A., Bouzlama, Z., & Houhamdi, M. (2014).** Premières données sur la structure et l'écologie des populations de la Foulque macroule *Fulica atra* (Rallidés) dans les zones humides de la région d'El-Kala (Nord-Est de l'Algérie). 28, 25-33.

Résumé

Le lac Bleu, est un lac d'eau douce située au Nord Est du lac Mellah et qui s'étale sur une superficie d'environ 05 ha, ayant le statut de réserve intégrale dans le Parc National d'El Kala. Dans cette étude, des paramètres physico-chimiques et bactériologiques ainsi que d'autres analyses phytoplanctoniques ont été suivis sur un seul point de prélèvement avec un géo référence de (36°54'N 8°20'E) ; L'ensemble des paramètres est étudié pendant les deux mois consécutifs, Mars et Avril de l'année 2021. La totalité des analyses physico-chimiques effectuées in situ sont les suivantes : la température, le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, la salinité et la TDS ; les résultats indiquent que la qualité de l'eau est de bonne à moyenne. Les analyses bactériologiques sont basées sur la recherche et dénombrement des germes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les bactéries anaérobies Sulfito-Réductrices (*Clostridium*) ; Les résultats montraient la présence des bactéries indicatrice de contamination fécale avec un degré de contamination modérer à très forte. Les origines de pollution diffèrent pendant les mois d'étude d'une origine animale à incertaine. L'identification des taxons phytoplanctoniques est basée sur l'observation des critères morphologiques (formes, taille, couleur...), anatomique (disposition des flagelles...) et sur des clés de détermination ; Les résultats de l'analyse phytoplanctonique nous a permis d'identifier 28 genres et 52 espèces appartenant aux 5 groupes d'eau douce : Chlorophycées, Euglénophycées, Cyanophycées, Chrysophycées et Pyrophycées ; enfin on note que la richesse phytoplanctonique en termes de nombre d'espèces est moins diversifiée et caractérisée en mois de mars par rapport au mois d'avril.

Mots clés : Qualité bactériologique, Phytoplancton, paramètres physico-chimiques, Lac Bleu, PNEK.

Abstract

The Blue Lake is a freshwater lake located in the north-east of Mellah Lake which covers an area of approximately 5 ha, having the status of an integral reserve in the National Park of EL-Kala. In the current study, physicochemical and bacteriological parameters as well as other phytoplankton analyzes were followed on a single sampling point with a geo-reference of (36 ° 54'N 8 ° 20'E) ; all the parameters are studied during the two consecutive months, March and April of the year 2021. All of the physicochemical analyzes carried out in situ are as follows: temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, salinity and TDS; the results indicate that the water quality is good to average. Bacteriological analyzes are based on research and enumeration of total and fecal coliforms, fecal streptococci and anaerobic sulfate reducing bacteria (clostridium); The results showed the presence of bacteria indicative of fecal contamination with a moderate to very high degree of contamination. The sources of pollution differ during the months of study from animal to uncertain origin. The identification of phytoplankton taxa is based on the observation of morphological (shapes, size, color, etc.), anatomical (arrangement of flagella, etc.) criteria and on determination keys; The results of the phytoplankton analysis allowed us to identify 28 genera and 52 species belonging to the 5 freshwater groups : Chlorophyceae, Euglénophyceae, Cyanophyceae, Chrysophyceae and Pyrophyceae. we note that the phytoplankton richness in terms of number of species is less diversified and characterized in March compared to April.

Key words: Bacteriological quality, phytoplankton, physicochemical parameters, Blue Lake, PNEK.

الملخص

البحيرة الزرقاء هي بحيرة مياه عذبة تقع في الشمال الشرقي لبحيرة الملاح وتغطي مساحة تقارب 05 هكتارات، وتعتبر محمية متكاملة في حديقة القالة الوطنية. في هذه الدراسة، تم تتبع بعض الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية بالإضافة إلى تحاليل العوالق النباتية الدقيقة حيث تم أخذ العينات من موضع واحد ذو الأبعاد الجغرافية (54°36 ش 50°8 ش). خلال شهري مارس وأفريل. تتمثل الخصائص الفيزيوكيميائية المقاسة في الموقع في: درجة الحرارة، درجة الحموضة، الأكسجين المذاب، الناقلية الكهربائية، الملوحة، والمواد الصلبة الذائبة؛ حيث تشير النتائج إلى أن جودة المياه من جيدة إلى متوسطة. إتمدت التحاليل البكتريولوجية على البحث والتعداد للجراثيم الكلية والقولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية والبكتيريا اللاهوائية المختزلة للكبريتات (المطثية)؛ حيث أظهرت النتائج وجود بكتيريا تدل على تلوث برازي بدرجة متوسطة إلى عالية جداً مع اختلاف مصادر التلوث خلال شهري الدراسة حيث تكون ذات أصل حيواني إلى أصل غير مؤكد. كما يعتمد تحديد أصناف العوالق النباتية على ملاحظة المعايير المورفولوجية (الشكل والحجم واللون... الخ)، والمعايير التشريحية (ترتيب الأسواط، وما إلى ذلك) وعلى مفاتيح التحديد؛ سمحت لنا نتائج تحليل العوالق النباتية بجدد وتصنيف 28 جنساً و52 نوعاً موزعة إلى مجموعات المياه العذبة الخمس: الكلوروفيسيا، والكلوروفيسيا، والسيانوفيسيا، والكريسوفيسيا، والبيروفيسيا. أخيراً، نلاحظ أن ثراء العوالق النباتية من حيث عدد الأنواع يكون أقل تنوعاً وتميزاً في مارس مقارنة بشهر أفريل.

الكلمات المفتاحية: النوعية البكتريولوجية، العوالق النباتية، الخصائص الفيزيوكيميائية، البحيرة الزرقاء، الحظيرة الوطنية للقالة.

Les milieux de cultures

❖ TGEA Gélose tryptone –glucose-Extrait de levure

Le milieu TGEA est utilisé pour la recherche et le dénombrement des germes revivifiables dans les eaux.

- **Formule (en gramme par litre d'eau distillée)**

-Tryptone.....	5g.
-Extrait de viande de bœuf.....	3g.
-Glucose.....	1g.
-Agar.....	15g.
-pH final à 25°C : 7.0 ± 0.2	

- **Préparation**

Dissoudre 24 grammes du milieu dans un litre d'eau distillé. Bien mélanger. Chauffer en secouant fréquemment. Faire bouillir pendant une minute ou jusqu'à dissolution complète. Stériliser en autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

❖ Viande foie (VF)

Le milieu VF est utilisé pour la recherche et le dénombrement des Clostridium dans les eaux. Préparer en deux étapes :

- **Milieu de base**

-Base viande foie.....	30g
-Glucose.....	2g
-Amidon.....	2g
-Agar.....	11g
-Eau distillée	1000ml
-pH 7.6+/-0.2.	

- **Au moment de l'emploi : Ajouter à 20ml de base fondée**

-Sulfate de sodium à 5%.....	0,5ml.
-Alun de fer	4gouttes.

❖ Bouillon de Litsky

Le milieu de Eva Litsky est utilisé pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux qui comprend deux temps : présomption et confirmation ; Le milieu de Rothe sert au test présomptif, le milieu de Litsky au test confirmatif.

- **Formule (en gramme par litre d'eau distillée)**

Peptone	20
Glucose	5
Chlorure de sodium	5
Phosphate monopotassique	2,7
Azothydrate de sodium	0,3
Ethyl-violet	0,0005
pH final = 6,8 +/- 0,2.	

- **Préparation**

Mettre 35,7 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée. Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à la dissolution complète de produit. Ajuster, si nécessaire, le pH à 6.8 +/- 0.2. Répartir à raison de 10 ml par tube. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

- **❖ Bouillon de Rothe**

Le milieu de Rothe est utilisé pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux.

- **Formule (en gramme par litre d'eau distillée)**

Milieu simple concentration

Mélange de peptone	15
Glucose	7,5
Chlorure de sodium	7,5
Extrait de boeuf.....	4,5
Azothydrate de sodium	0,2
pH final= 7.2+/-0.2 à 25°C	

Milieu double concentration

Peptone	30
Glucose	15
Chlorure de sodium	15

Extrait de boeuf.....4.5
 Azothhydrate de sodium0.4
 pH final= 7.2+/-0.2 à 25°C

- **Préparation**

Pour obtenir le milieu de Rothe « simple concentration », mettre 35.8g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.

Pour obtenir le milieu de Rothe « double concentration », mettre 71.6g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.

Mélanger bien jusqu'à la dissolution complète. Ajuster, si nécessaire, le pH

à 7.2+/-0.2 à 25°C. Répartir à raison de 10ml par tube. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15minutes.

- ❖ **Milieu BCPL (LACTOSE BROTH WITH BROMCRESOL PURPLE)**

Milieu présomptif pour la détection des bactéries coliformes dans l'eau.

Ingrédientsformule (en gramme par litre d'eau distillée)

pH final : 6.7+/-0.2 à 25°C.

Caséine peptone.....7.0
 Lactose 5.0
 Extrait de boeuf..... 1.0
 Violet de bromocrésol1%..... 0.03

- **Préparation**

Suspendre 13,0 grammes du milieu dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et dissoudre en chauffant avec agitation fréquente. Faire bouillir pendant une minute jusqu'à dissolution complète et verser dans le tube. Stériliser en autoclave à 121°C pendant 15 min. Surchauffe ovoïde.

- ❖ **Le réactif de Kovacs**

Il est utilisé pour déterminer la capacité des bactéries, principalement les entérobactéries, à produire de l'indole par la désamination du tryptophane.

Ajoutez 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac dans un tube contient le milieu Schubert préalablement incubé. La coloration en rouge cerise après 30 secondes montre un résultat positif (indole +). Un résultat négatif (indole -) ne présente aucune décoloration de la surface de la gélose

Les tableaux

Tableau 08 : Classifications des eaux d'après leur pH. (Aib & Yakhlef, 2014).

pH	Nature de l'eau
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 09 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Aib & Yakhlef, 2014).

Température	Qualité
<20°C	Normale
20°C - 22°C	Bonne
22°C - 25°C	Moyenne
25°C - 30°C	Médiocre
>30°C	Mauvaise

Tableau 10 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Aib & Yakhlef, 2014).

Conductivité électrique (µs/cm) Qualité des eaux

CE < 400	Bonne
400 < CE < 750	Bonne
750 < CE < 1500	Passable
1500 < CE < 3000	Médiocre

Tableau 11 : Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous (Aib & Yakhlef, 2014).

L'oxygène dissous (mg/l)	Qualité des eaux
>7mg/l	Normal
Entre 5 et 7mg/l	Bonne
Entre 3 à 5mg/l	Moyenne
<3mg/l	Médiocre

Tableau 12 : Grille de la qualité (IQM) (Kherifi & Kherici-Bousnoubra, 2012).

Classe n°	GT/ml	CF/ml	SF/ml	IQM	Contamination fécale
5	<2000	<100	<5	4,3-5,0	Nulle
4	2000-9000	100-500	5-10	3,5-4,2	Faible
3	9000-45000	500-2500	10-50	2,7-3,4	Modérée
2	45000-360000	2500-20000	50-500	1,9-2,6	Forte

1	>360000	>20000	>500	1,0- 1,8	Très forte
----------	---------	--------	------	-------------	------------

Tableau 13 : Grille de l'origine de la pollution selon le rapport coliforme fécaux/streptocoques fécaux (CF/SF) qualité IQM

Le rapport $R=CF/SF$	Origine de la contamination
$R < 0,7$	D'origine animal
$R > 4$	D'origine humaine
$0,7 < R < 1$	Mixte à prédominance animal
$1 < R < 2$	Incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine