



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 الشاذلي بن جديد الطارف

Université Chadli Bendjedid. El Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département De Biologie

Mémoire fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de master en
« AGRO-ENVIRONNEMENT E BIO-INDCATEUR»

Contribution à l'étude de la croissance de la spiruline

Présenté Par :Taki Eddine Tliba

Devant le jury

Président	Nouri Nada	MCA	U. Chadli Bendjedid. El Tarf
Examinatrice	Amrani Amina	MCA	U. Chadli Bendjedid. El Tarf
Promoteur	Sofia Bahroun	MCB	U. Chadli Bendjedid. El Tarf
Co-Promoteur	Nasri Hichem	PROFESSEUR	U. Chadli Bendjedid. El Tarf

Année Universitaire: 2021/2022

Remerciement

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage et la patience de terminer mon travail.

À la fin de ce travail, je voudrais exprimer ma gratitude à Mme Bakroun Sofia, ma directrice du mémoire et mon co-encadreur M Nasri Hichem pour ma formation à me diriger, me conseiller et me critiquer quand c'est nécessaire, et toujours me pousser en avant.

Je tiens à remercier les membres de notre jury: Mme Nouri Nada pour honorer mon approbation de présider le de présider le jury de soutenance, et Mme Amrani Amina pour avoir accepté d'examiner mon humble travail

Enfin, un grand merci à tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement dans la réalisation de ce travail, et ont trouvé ici l'expression de ma plus profonde gratitude

Résumé

La spiruline est présente à la surface de la Terre depuis l'Antiquité et pousse naturellement dans des lacs forts et salés. Il a été largement étudié et son utilisation s'est largement répandue dans le monde entier. Le but de notre travail est de cultiver de la spiruline prélevée dans les eaux de surface du lac des oiseaux en BG11 sous différentes intensités lumineuses et il a été démontré que la spiruline a une forte capacité d'adaptation qui conduit à une augmentation de la biomasse.

Mots clés : Spiruline, culture, intensité lumineuse, biomasse.

Abstract

Spirulina has been on the Earth's surface since ancient times, and it grows naturally in strong, salty lakes. It has been studied extensively and its use has spread widely all over the world. The aim of our work is to grow spirulina taken from the surface waters of bird lake in BG11 under different light intensities and it has been shown that spirulina has a strong adaptive capacity that leads to an increase in biomass.

Key words: Spirulina, culture, light intensity, biomass ,BG11

ملخص

سبيرولينا موجودة على سطح الأرض منذ العصور القديمة ، وتنمو بشكل طبيعي في البحيرات المالحة والقوية. تمت دراستها على نطاق واسع وانتشر استخدامه على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم . الهدف من عملنا هو زراعة سبيرولينا المأخوذة من المياه السطحية لبحيرة الطيور في BG11 تحت شدات ضوئية مختلفة و لقد ثبت أن السبيرولينا تتمتع بقدرة تكيفية قوية تؤدي إلى زيادة الكتلة الحيوية.

الكلمات المفتاحية: سبيرولينا ، ثقافة ، شدة الضوء ، الكتلة الحيوية ، BG11 .

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01	Espèces de cyanobactéries toxiques et les cyanotoxines connues à ce jour	P5
Tableau 02	Zones potentiellement riches en spiruline	P8
Tableau 03	Analyse d'un milieu de culture typique	P12
Tableau 04	Les matériels utilisés	P15

LISTES DES FIGURES

FIGURE 1	Diversité morphologique des cyanobactéries	P4
FIGURE 2	schéma de la spiruline	P7
FIGURE 3	cycle biologique de la spiruline selon	P10
FIGURE 4	Situation géographique de Lac des Oiseaux	P14
FIGURE 5	photo original présenté les 2 formes de spiruline sous microscope optique gr 40	P17
FIGURE 6	protocole d'utilisation	P18
FIGURE 7	les dimensions de la cellule	P18
FIGURE 8	Schéma du principe de culture	P19
FIGURE 9	dilution et filtration de BG11	P20
FIGURE 10	préparation de culture dans les tubes	P21
FIGURE 11	L'emplacement des tubes dans la chambre de culture	P22
FIGURE 12	la Malassez sous microscope	P22
FIGURE 13	Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11 sous l'intensité lumineuse de 162 lux	P23
FIGURE 14	Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11- eau de mer-eau usée) sous l'intensité lumineuse de 369 lux	P24
FIGURE 14	Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11- eau de mer-eau usée) sous l'intensité lumineuse de 00 lux	P25

SOMMAIRE

TITRE	N°
INTRODUCTIO	1
SYNTHÉS BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : LES CYANOBACTERIES	
I.1. Généralité sur les cyanobactéries	
I.2. Définition	2
I.3.Morphologie	3
I.4. Utilisation de la lumière	4
I.5. Comportement écologique	
I.6. Multiplication	
I.7. Potentialité toxique	5
CHAPITRE II : LA SPIRULINE	6
II.1 Généralité sur la spiruline	
II.2 Morphologie	
II.3. Taxonomie	
II.4. Écologie et répartition géographique	7
II.5. Reproduction	8
II.6. Mobilité	

II.7.Culture de la spiruline.....	10
II.7.1 Paramètres influençant la croissance de la spiruline	11
II.7.2 Conditions de culture.....	12
a) La Température	13
b) La lumière	
c) Le pH L'agitation	
II.7.3 Milieu de culture	

MATERIEL ET METHODE

1- Les sites d'étude : Lac des Oiseaux	14
2- Matériel utilisés.....	15
3- Méthode d'échantillonnage.....	16
4- Milieu de culture	
5- Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau.....	
6- Identification des espèces.....	17
7- Méthode de dénombrement	
8- La culture de spiruline	19
8-1 Dilution et Filtration de BG11.....	
8-2 L'encensement	20
8.3 Le biovolume.....	22

LES RESULTATS DE BIOVOLUME

1-L'intensité lumineuse L1 : 162 lux	
2-L'intensité lumineuse L2 : 369 lux	24

3- L'intensité lumineuse L3 : 00 lux	25
DISCUSSION.....	26
CONCLUSION.....	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Introduction

Les cyanobactéries, anciennement appelées algues bleues, sont des bactéries photosynthétiques qui produisent de l'oxygène. Elles présentent une très grande diversité morphologique (**Hocini, 2017**), La prolifération de ces cyanobactéries est très fréquente dans les eaux calmes comme les eaux des barrages qui sont caractérisées par une grande stabilité de leurs colonnes d'eau. Les cyanobactéries sont capables de proliférer rapidement et de former des efflorescences ou blooms. (**Zhou et al., 2002**).

Les cyanobactéries ont de nombreux intérêts bioindustries comme elles sont utilisés comme source de biocarburants ou utilisés dans le domaine de l'agriculture et dans la recherche biomédicale et pharmaceutique (**Christelle Deleuze, 2019**) et Parmi les ressources alimentaires non conventionnelles, a été adoptée une algue bleue qui offre jusqu'à 70 % de protéines, de sels minéraux, des oligo-éléments et de nombreuses vitamines. Cette algue : c'est la spiruline, qui grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles nous est proposée dans l'alimentation humaine notamment comme complément protéique d'une alimentation suffisamment énergétique (**Clement, 1975**), Considérée comme l'aliment naturel le plus complet de notre planète, *Arthrospira Platensis* plus connue sous le nom de Spiruline pourrait être une solution pour améliorer la santé humaine, la nutrition notamment dans les pays du tiers-monde (**Cruchot, 2008**).

Plusieurs études scientifiques se sont intéressées à l'effet de plusieurs systèmes et modes de culture, incluant la variation des conditions de croissance tels que le pH, la température, la salinité et éléments nutritifs, etc., sur la productivité en **biomasse et sa qualité** (**Vonshak et al. 1982 ; Markou et al.,2012a ; Markou et al.,2012b**).

L'objectif de cette étude est de déterminer l'influence de l'intensité lumineuse sur la croissance de la spiruline et retenir qu'elle est la valeur optimale.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : LES CYANOBACTERIES

I.1. Généralité sur les cyanobactéries

Dans les écosystèmes aquatiques continentaux les proliférations des cyanobactéries causent de sérieux problèmes d'un point de vue écologique, Aujourd'hui encore, les cyanobactéries contribuent de manière directe et indirecte à l'économie et à la société (**Chorus et Batram, 1999**). En effet, elles participent de façon majeure à la production de biomasse phytoplanctonique de nombreux lacs et océans et ainsi au fonctionnement de leurs réseaux trophiques associés (**Whitton et Potts, 2000**). Cependant, dans les écosystèmes aquatiques, les cyanobactéries sont davantage connues pour les nuisances occasionnées lors des proliférations d'espèces toxiques, également appelées efflorescences, blooms, ou encore fleurs d'eau ; phénomènes fréquemment observés dans les milieux marins et lacustres. Au cours de ces efflorescences, le fonctionnement biologique des écosystèmes aquatiques et les différents usages associés à ceux-ci (utilisations récréatives, approvisionnements en eau potable, pêcheries) se trouvent fortement perturbés. De plus, depuis plusieurs décennies, les occurrences de ces efflorescences toxiques n'ont cessé d'augmenter sur tous les continents, avec pour principales causes l'eutrophisation anthropique exacerbée des milieux aquatiques ainsi que le réchauffement global (**Paerl et Paul, 2011; O'Neil et al., 2012**). Une importante réduction de la diversité spécifique dans le compartiment phytoplanctonique peut être observée en parallèle à une augmentation importante de la biomasse des cyanobactéries.

I.2. Définition

Apparues il y a 3,5 milliards d'années, les cyanobactéries ont su coloniser de nombreux écosystèmes dont les milieux aquatiques, terrestres et aériens. En effet les cyanobactéries, organismes procaryotes photosynthétiques, sont les plus vieilles formes de vie connues à ce jour. Au cours du Précambrien, leur prolifération a joué un rôle essentiel dans la formation d'une atmosphère riche en oxygène et par conséquent, dans l'apparition et le développement des formes de vie complexes (**Canfield, 2005**). Cependant, dans les écosystèmes aquatiques, les cyanobactéries sont davantage connues pour les nuisances occasionnées lors des proliférations d'espèces toxiques, également appelées efflorescences ou encore fleurs d'eau ; phénomènes fréquemment observés dans les milieux marins et lacustres.

(Paerl et Paul, 2011; O'Neil et al., 2012). Outre les problèmes écologiques (mortalités animales par exemple) et économiques (impact sur la fréquentation du site, sur les activités liées à l'exploitation du plan d'eau) (Pretty et al., 2003) engendrés par la présence de cyanobactéries, celles-ci soulèvent également des enjeux de santé publique. D'après certaines estimations, 50 à 70 % des fleurs d'eau seraient toxiques (Lavoie et al., 2007).

Caractérisations :

- Végétaux chlorophylliens (présence de chlorophylle et de pigments accessoires) "autotrophe".
- Aquatiques.
- Plantes non vasculaires
- Thallophytes (absence de différenciation cellulaire et tissulaire).
- Ribosomes des eucaryotes "80S". (Briand, 2008).

I.3.Morphologie

Généralement, les cyanobactéries présentent une grande diversité de formes et de tailles (Palinska, 2008). Elles sont cependant regroupées en trois grands types d'organisation morphologique (Figure 1) : unicellulaire, coloniale et filamenteuse pluricellulaire (Bernard, 2014).

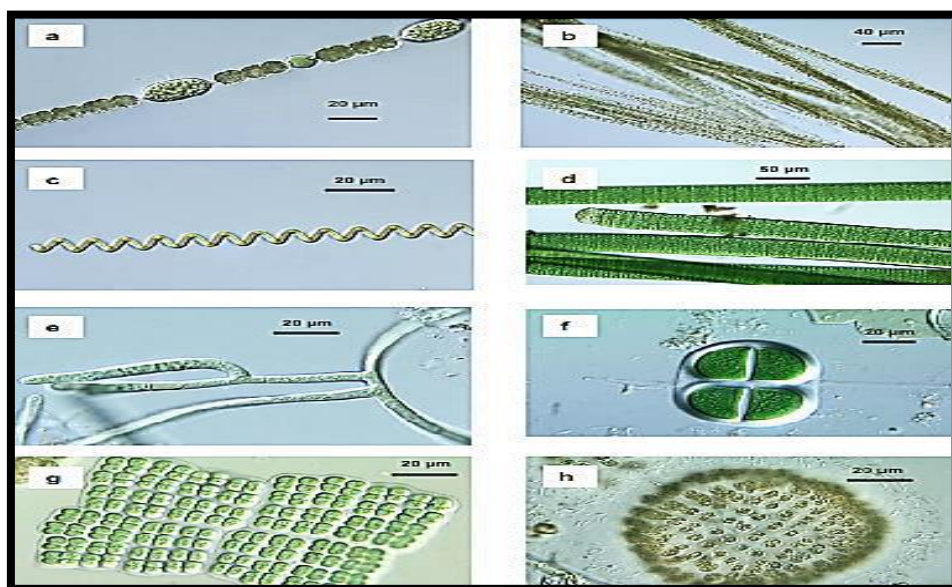


Figure 1 : Diversité morphologique des cyanobactéries (Photos : J. Oyadomari in Sabart, 2009).

I.4. Utilisation de la lumière

Les cyanobactéries disposent des divers pigments photosynthétiques, les phycobilibrotes (phycocyanine, phycoérythrine et allophycocyanines), les caroténoïdes et la chlorophylle-a. Ces pigments sont capables de capturer une vaste gamme de longueurs d'ondes du spectre lumineux et ainsi d'assurer un rendement photosynthétique élevé et de le maintenir à de faibles intensités lumineuses (**Sabart, 2009**).

I.5. Comportement écologique

Les cyanobactéries se prolifèrent dans tous les écosystèmes terrestres et aquatiques ils sont développés aussi dans les eaux chaudes avec une haute teneur en nitrate et phosphore, et parmi les conséquences de la prolifération de ces cyanobactéries, la restriction de la pénétration de la lumière dans l'eau et aussi la disparition des macrophytes. (**kosak et al., 2019**).

Les adaptations précédemment citées ont permis aux cyanobactéries de coloniser de nombreuses niches écologiques. On les retrouve majoritairement en eaux douces, mais également en milieux saumâtres et marins. En milieu terrestre, elles sont présentes dans les sols, sur la glace, sur les rochers des hautes montagnes et même dans les déserts (**Sotton, 2012**).

les proliférations de cyanobactéries ont été répertoriées dans le monde entier sous toutes les latitudes, dans les lacs, étangs, réservoirs, estuaires ainsi que dans les rivières où des proliférations d'espèces benthiques peuvent être observées (**Sabart, 2009 ; Sotton, 2012**).

I.6. Multiplication

Le mode de reproduction chez les cyanobactéries est asexué (multiplication végétative). Elle s'effectue par division binaire d'une cellule mère en deux cellules filles, par bourgeonnement ou par divisions multiples. Selon les espèces et les conditions environnementales, les temps de doublement des populations varient de quelques heures à plusieurs jours. Chez les formes unicellulaires la division successive de la cellule mère libère des nanocytes ou baeocytes. (**Briand, 2008**). Les formes filamenteuses se reproduisent par fragmentation du trichome ou par formation d'hormogonies spéciale, Les hormogonies sont des segments reproducteurs distincts des trichomes, Les cyanobactéries dans l'ordre Chamaesiphonales et Pleurocapsales se reproduisent par fusion binaire alors que dans l'ordre

desexospores de Chamaesiphonales le mode de réplication est par une série des fissions binaires successifs (convertissant une seule cellule mère en cellules filles). (**Choru et Bartram, 1999**).

I.7. Potentialité toxique

Les cyanobactéries nuisibles synthétisent une très grande variété de cyanotoxines, qui sont des molécules toxiques intracellulaires de structures variées incluant des peptides, des macrolides et des glycosides (**Patterson et al., 1994 ; Namikoshi & Rinehart, 1996 ; Bouaicha et al., 2019**). Ces cyanotoxines sont généralement synthétisées par des cyanobactéries en phase de croissance et sont retrouvées dans l'eau lors de la mort ou de la lyse cellulaire de ces cyanobactéries (**Tableau 1**). De nombreux travaux, ont montré que ces composés possèdent diverses activités biologiques antivirales, antifongiques (Patterson et al., 1994), cytotoxiques (Carmichael, 1994), inhibitrices de protéines phosphatases (**Honkanen et al., 1991**), antinéoplasiques (**Patterson et al., 1991**) et allélopathiques (**Pushparaja et al., 1999**).

Tableau 1: Espèces de cyanobactéries toxiques et les cyanotoxines connues à ce jour (El-Harry, 2008)

Espèces toxiques	Toxines	Références
<i>Anabaena circinalis</i>	MCYSTs, STXs	Humpage et al. (1994) ; Vezie et al. (1998).
<i>Anabaena bergii</i>	CYN	Schembri et al. (2001).
<i>Anabaena flos-aquae</i>	MCYSTs, antx-a(S), antx-a	Delvin et al. (1977) ; Carmichael et al. (1979) ; Mahmood & Carmichael (1987) ; Krienitz et al. (2002).
<i>Anabaena planctonica</i>	antx-a	Bruno et al. (1994).
<i>Anabaena spiroides</i>	MCYSTs	Sivonen & Jones (1999).
<i>Anabaena lemmermannii</i>	antx-a(S)	Onodera et al. (1997b).
<i>Anabaenopsis milleri</i>	MCYSTs	Lanaras & Cook (1994).
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	STXs	Mahmood & Carmichael (1986) ; Pereira et al. (2000).
<i>Aphanizomenon ovalisporum</i>	CYN	Banker et al. (2000).
<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	STXs	Li et al. (2003).

CHAPITRE II : LA SPIRULINE

II.1 Généralité sur la spiruline

La Spiruline est une cyanobactérie qui se développe préférentiellement dans des eaux chaudes, alcalines et riches en nutriments azotés et phosphorés. D'une longueur moyenne d'environ (0,25 mm ou 0,3mm), elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12µm de diamètre enroulé en spirale (**Bennouh et Rezig,2015**). c'est une algue planctonique microscopique unicellulaire capable de transformer la lumière de soleil en micronutriments (**Piccolo, 2011**).

II.2 Morphologie

La spiruline possède une longueur moyenne d'environ 250 um, elle possède des filaments mobiles de 10 à 12 um de diamètre non ramifiés et enroulés en spirale en 6 ou 7 spires caractérisée par une forme hélicoïdale. (**GOULAMABASSE, 2018**).

C'est une micro-algue qui possède une membrane pluristratifiée de 4 couches, caractérisée par un couleur bleu vert qui devient blanc nacré. Se caractérisant par un gout sucré due à la transformation de protéines en sucre (polysaccharides) sous l'effet de la chaleur. (**Manet, 2016**).

II.3. Taxonomie

Les cyanobactéries peuvent être unicellulaires ou Pluricellulaires, ils sont des microorganismes photosynthétiques produisant l'oxygène. La Spiruline est une cyanobactérie classée parmi les bactéries gram négatives. Elle appartient donc au domaine des bactéries (Bacteria), appartenant à l'ordre des Nostocales (= Oscillatoriales), la famille des Oscillatoriaceae, le genre Oscillatoria et le sous genre Spirulina ou Arthrospira. (**Charpy et al.,2008**).

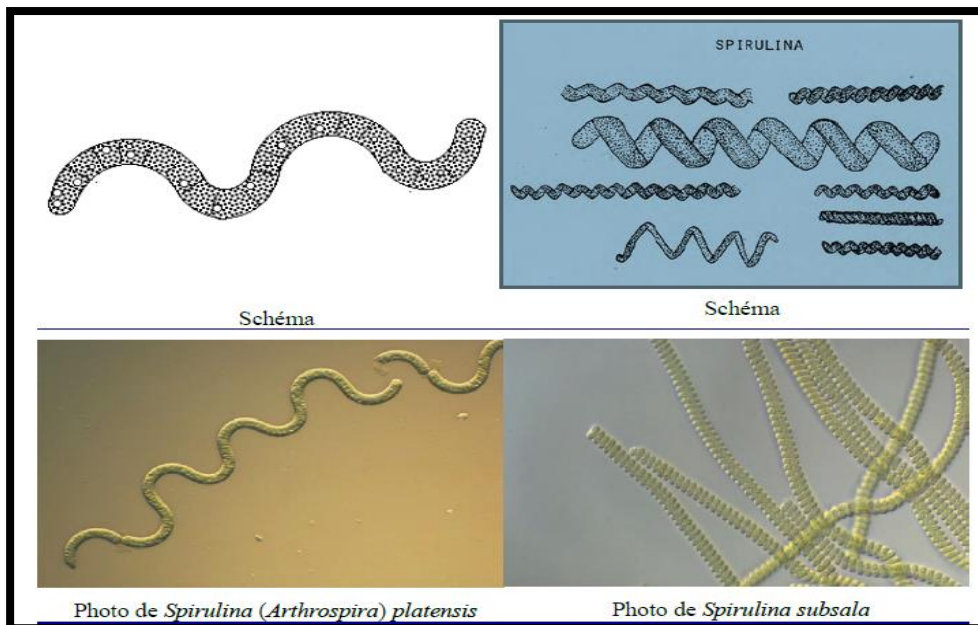


Figure 2 : schéma de la spiruline (J. Oyadomari, 2009).

Les Oscillatoriaceae se caractérisent par : des trichomes cylindriques, unisériées, simples, qui sont atténués parfois à l’apex par une courbure ou par la présence d’une coiffe, mais jamais en poils articulés. Les trichomes sont nus ou pourvus d’une gaine. Il n’y a pas de ramification et pas d’hétérocyste.

Genre Oscillatoria

Les trichomes sont libres, solitaires et dépourvus de gaine. Ils sont droits ou flexueux et parfois tordus en une hélice régulière.

Sous genre Spirulina

On peut considérer Spirulina comme sous genre d’Oscillatoria car elle diffère seulement par l’enroulement hélicoïdal du trichome. Chez Spirulina, les trichomes sont régulièrement enroulés en hélice plus ou moins serrée et leurs cloisons sont plus ou moins visibles.

Sous genre Arthrospira

Le trichome est de grande taille et les cloisons sont bien marquées.

Règne	Monera ou Bacteria
Sous-règne	Prokaryota
Phylum ou Division	Cyanophyta ou Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae
Ordre	Oscillatoriales
Famille	Oscillatoriaceae
Genre	<i>Arthrospira</i>
Espèce	<i>platensis</i>

II.4. Écologie et répartition géographique

La spiruline se trouve communément dans des eaux saumâtres, et lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales à pH fortement alcalin, elle peut apparaître aussi dans des lacs volcaniques et plus généralement dans les eaux chaudes et aussi dans certains déserts. (SGUERA, 2008). Son caractère thermophile et ses besoins importants en lumière limitent son aire de répartition à une bande intertropicale située environ entre 35° de latitude Nord et 35° de latitude Sud. Sa forte plasticité écologique permet de la retrouver à l'état naturel à la fois dans les lacs alcalins en Afrique (Tchad, Ethiopie, Tunisie), en Amérique latine (Mexique, Pérou), en Asie du Sud (Inde, Sri Lanka, Thaïlande). Cet organisme est dit ubiquiste. Il est cependant beaucoup moins abondant en Amérique du Nord et en Europe (HAMOUDA ALI, 2012).

Tableau 02 : Zones potentiellement riches en spiruline (Fox, 1999).

L'Afrique	
Algérie	Tamanrasset
Tchad	Région du Kanem : lacs Latir, Ouna, Borkou, Katam, Yoan, Leyla, Bodou, Rombou, Moro, Mombolo, Liwa, Iseirom, Ouniangakebir
Soudan	Cratère de Djebel Marra
Djibouti	Lac Abber
Ethiopie	Lacs Aranguadi, Lesougouta, Nakourou, Chiltu, Navasha, Rodolphe
Congo	Mougounga
Kenya	Lacs Nakuru, Elmenteita, Cratère, Natron
Tanzanie	Lac Natron

Tunisie	Lac Tunis; Chott el Jerid
Zambie	Lac Bangweoulou
Madagascar	Beaucoup de petits lacs près de Toliara
Asie	
Inde	Lacs Lonar et Nagpur
Myanmar	Lacs TwynTaung, Twyn Ma et TaungPyank
Sri Lanka	Lac Beira
Pakistan	Mares près de Lahore
Thaïlande	Lacs d'effluents d'une usine de tapioca, province de
Azerbaïdjan	Radburi, 80 km au S.O. de Bangkok
Amérique du Sud	
Pérou	Réservoir d'eau près de Paracas Près de l'île d'Amantani dans le lac Titicaca
Mexique	Lac Texcoco ; lac Cratère
Uruguay	Montevideo
Equateur	Lac Quilotoa : cratère de 1km de diamètre
Amérique du Nord	
Californie	Oakland ; Del Mar Beach
Haïti	Lac Gonâve
République	Lac Enriquillo

Dominicaine	
Europe	
Hongrie	
France	Camargue

II.5. Reproduction

Dans le mode de reproduction de la spiruline il existe trois étapes fondamentales : la fragmentation des trichomes, les processus d'élargissement et de maturation des cellules hormonales et l'élongation des trichomes. Ensuite, ces trichomes matures sont divisés en filaments ou hormogonies. Les cellules de l'hormogonies sont augmentées par fission binaire, grossissent en longueur et prennent leur forme hélicoïdale. (Mishra et al.,2013).

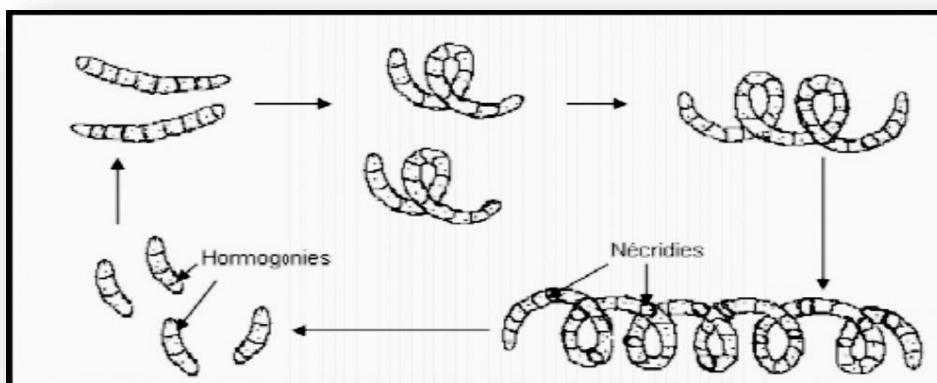


Figure 3 : cycle biologique de la spiruline selon (Balloni et al.,1980 in Ravelo, 2001).

II.6. Mobilité

Il y a deux types de déplacement pour la spiruline : la motilité et la flottabilité, le trichome exerce un mouvement oscillatoire, de forme hélicoïdale, en rotation autour du grand axe. La spiruline peut donc évoluer dans l'eau en se vissant ; ce déplacement s'effectue à la vitesse de 5µm par seconde, La spiruline peut également fabriquer des vésicules de gaz d'environ 70 nm de long et 10 nm de diamètre, faites d'une chaîne de protéines tissées. Elles se trouvent

habituellement près des parois terminales des cellules et sont empilées. Elles se forment et se remplissent de gaz lorsque la lumière du soleil apparaît, elles permettent au filament de spiruline de remonter en surface pour recevoir la lumière et ainsi commencer la photosynthèse. Les vésicules s'effondrent et le filament de spiruline redescend vers le fond obscur. Pendant la nuit, grâce au phénomène de respiration, la majeure partie des hydrates de carbone accumulés est convertie en protéines. Par conséquent, on peut en déduire qu'une limitation en CO₂ augmente la flottabilité alors que la production d'hydrates de carbone la diminue. Ces deux méthodes de locomotion permettent à la spiruline de se protéger elle-même contre une overdose mortelle de soleil. (CRUCHOT, 2008).

II.7.Culture de la spiruline

II.7.1 Paramètres influençant la croissance de la spiruline

Les différents facteurs environnementaux : l'intensité de la lumière et la température, et d'autres facteurs, a une grande influence sur la croissance de la spiruline, telle que la composition du milieu de culture impliquant la salinité et la nutrition azotée et phosphorée, le pH et l'agitation, pouvant altérer la vitesse de croissance des organismes photosynthétiques et Les facteurs majeurs influençant la productivité de la spiruline sont résumés dans ce qui suit : (CHENTIR, 2018).

Les deux facteurs climatiques : La température et l'intensité de lumière ayant un effet direct sur l'activité photosynthétique et ainsi sur le taux de croissance de la spiruline. En-dessous de 17 °C, la croissance est pratiquement nulle, mais la spiruline ne meurt pas. La température optimale pour sa croissance est comprise entre 29 et 35°C, au-dessus de 38 °C, la croissance de la spiruline est inhibée.

La spiruline exige une intensité lumineuse entre 50 et 80mol photon/m²/s pour assurer sa croissance. Dans un système de culture en bassin extérieur, les cultures sont exposées à un cycle naturel de lumière et d'obscurité, imposant ainsi un seul régime physiologique d'ajustement et d'acclimatation. En revanche, dans un système fermé, si le cycle de lumière est de 24/24h, il faudrait alors déterminer l'intensité de lumière qui augmenterait la concentration cellulaire de la culture, sans qu'il s'y provoque un auto-ombrage, responsable de la diminution du taux de croissance.

II.7.2 Conditions de culture

La température, la lumière et le pH, sont des facteurs essentiels pour la culture de la spiruline

- d) **La Température** : la température idéale pour pousser la vitesse de croissance de la spiruline est de 37°C. Au-dessus de 43°C peut être mortel, en dessous, la vitesse de multiplication baisse à 20°C la croissance est pratiquement stoppée.
- e) **La lumière** : La lumière influence directement sur la croissance de la spiruline, une forte intensité lumineuse peut conduire à la photolyse et pour l'éviter, il est convenable de vérifier deux conditions nécessaires.

- Ensemencer le bassin avec une forte concentration afin que la lumière n'atteint pas à la fond de bassin, et la mesure de la concentration et apporté par disque Secchi

- Une agitation suffisante.

- f) **Le pH** : Le milieu de culture doit présenter un degré d'alcalinité situé entre 9 et 11, Pour aboutir à une bonne croissance de la spiruline. (Bennouh et Rezig, 2015).

- g) **L'agitation**

L'agitation a un effet direct sur la productivité des cultures surtout à grande échelle. Parce qu'elle est nécessaire pour homogénéiser et assurer une bonne répartition de l'éclairage parmi tous les filaments de la spiruline. L'agitation est assurée par palette rotative à moyenne vitesse, qui maintient les cellules en suspension. (Chentir, 2018).

II.7.3 Milieu de culture

Le milieu de culture contient des engrais l'azote (N), phosphore (P), potassium (K) sont les trois principaux éléments, vient ainsi le soufre et le fer et d'autres minéraux de traces et aussi composé à la fois l'eau salé et alcaline.

Tableau 03 : Analyse d'un milieu de culture typique (FOX, 1999).

Eléments	Concentration en mg /l
Bicarbonate	2800
Phosphate	614

Sulfate	25
Chlore	350
Sodium	3030
Potassium	4380
Magnésium	642
Calcium	10
Ammonium	5
Ammoniac	5
Fer	1

MATERIEL ET METHODE

9- Les sites d'étude : Lac des Oiseaux :

C'est un lac d'eau douce (Longitude : 36°42' N Latitude : 08°07' E) possède une superficie de 120 hectares en période hivernale et 70 en période sèche, il abrite la nidification de nombreuses espèces rares malgré sa taille réduite, un bon exemple d'une zone humide représentative. Le lac des Oiseaux est, de par sa localisation au nord de la route nationale 44, un centre naturel privilégié pour l'éducation environnementale. (Boumezbeur et al., 2002), Le lac penche vers KoudaitNemlia au Nord et au Nord-est, et DjbelBouabed au Sud et au Sud-est, il s'ouvre à l'Ouest sur les terrains marécageux de la Mekhada ou l'excès d'eau du lac est déverse. Il fait partie de la commune du Lac des Oiseaux, Daïra de Boutheldja et wilaya d'El Tarf. Le lac présente une surface plus ou moins ovale, étirée vers le Nord-Ouest par une queue d'étang caractéristique, de rives faiblement inclinées et de petite profondeur (Houhamdi, 2002).

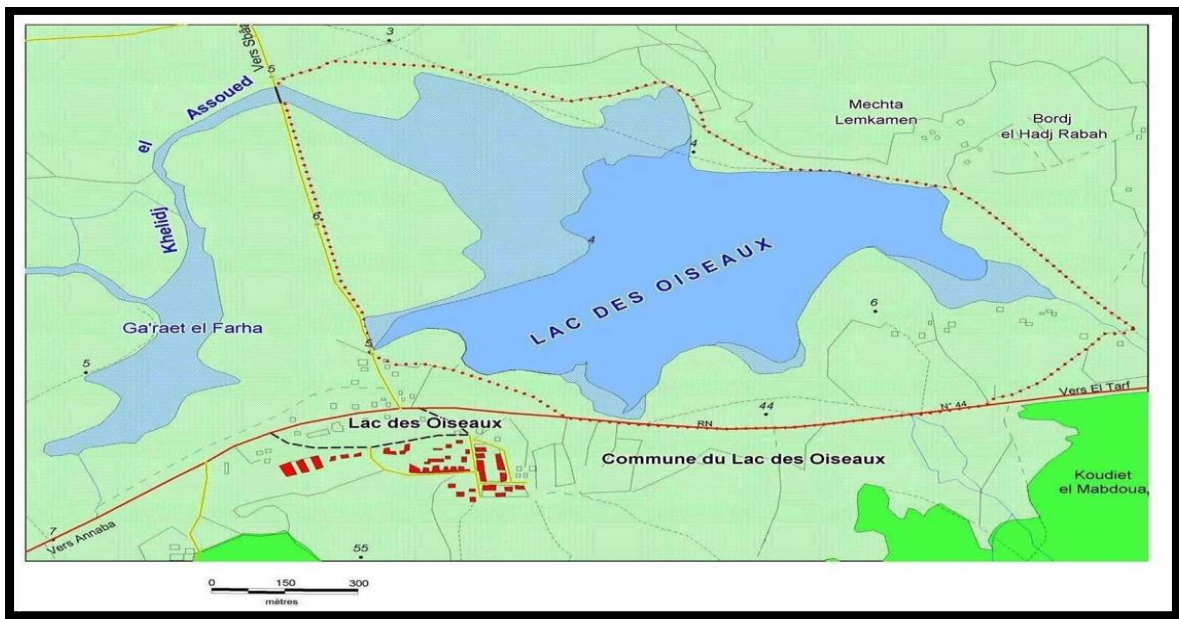












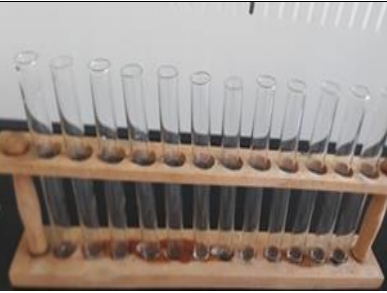

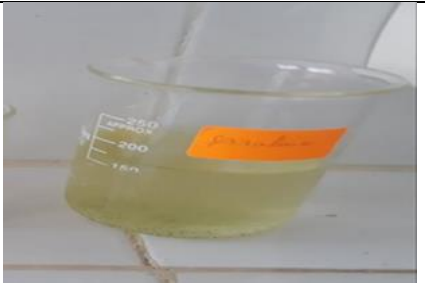


Figure 4 : Situation géographique de Lac des Oiseaux (BOUCHERIT et al., 2014)

10- Matériel utilisés

Tableau 04 : les matériels utilisés

		
Eau distillé	les pipettes pasteur	Microscope optique
		
Chambre de culture	Luxmètre	BG11
		
les Filtras seringues	la hotte	Filtre papier 11mm

		
<p>les seringues</p>	<p>Microscope inversé(wiloverts)</p>	<p>Filet 0 plancton (20um)</p>
		
<p>Les tubes à essai en verres</p>	<p>les erlenmeyers</p>	<p>les béchers</p>

11- Méthode d'échantillonnage

Dans un premier temps, nous avons procédé à un prélèvement d'eau brute pour l'identification microscopique et le comptage des cyanobactéries dominantes.

Pour cela, un prélèvement intégré d'eau brute à l'aide d'un eau de 10 litres a été effectué environ 4 fois et ceux en surface et en ciblant des zones de bloom (concentration de cyanobactéries en surface). Ce volume a été concentré par la suite à travers un filet à plancton de 20 µm de vide de maille, pour obtenir au final un échantillon non traité ou fixé d'environ 2 litres.

Les cyanobactéries contenues dans ce prélèvement sont identifiées à l'aide du microscope inversé (**wiloverts**) pour confirmation de la présence de la spiruline et son comptage grâce à la lame malassez en tenant compte dans notre estimation que des cellules de spiruline.

12- Milieu de culture

Contrairement à l'échantillonnage précédant celui –ci est complètement simple et aléatoire. En évitant de prélever l'écume de surface si elle est présente. Nous avons utilisé des contenants stériles de 5 litres pour chacun des deux sites. Puis procéder à la filtration en laboratoire.

13- Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

Les dosages des éléments nutritifs (nitrites, nitrates, azote ammoniacal, orthophosphates) ont été réalisés au Laboratoire d'analyse « HORIZONS » à Annaba.

14- Identification des espèces

La détermination des espèces de spiruline est réalisée à partir de L'observation sous microscope optique, au grossissement 40.

Les critères retenus sont :

- La structure et la couleur des micro-algues (cellulaire ou filamenteuse).
- La forme de la colonie ou du trichome.
- La taille des cellules.
- La présence ou l'absence de: gaine gélatineuse (couleur, aspect et taille), akinètes, hétérocystes, vacuoles à gaz (pseudovacuelles). (HAÏF & ZAIDI, 2018).



Figure 5 : photo original présenté les 2 formes de spiruline sous microscope optique gr 40

15- Méthode de dénombrement

Le dénombrement de spiruline se fait à partir d'une cellule de comptage la malassez (numération directe), une lame spéciale quadrillée qui permet le comptage de différents types de cellules, creusée de rigoles qui délimitent deux plates-formes latérales élevées qui

supporteront une lamelle épaisse et plane et une plate-forme centrale légèrement abaissée, sur laquelle est gravé deux quadrillages

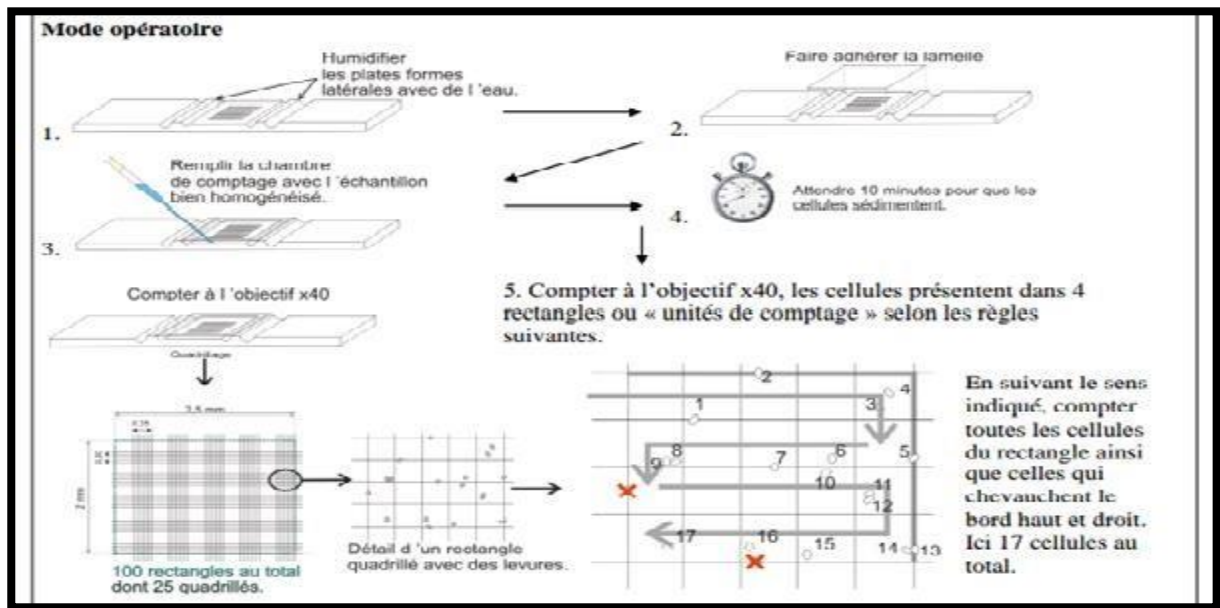


Figure 11 : protocole d'utilisation (Moreda,2013)

Calcul

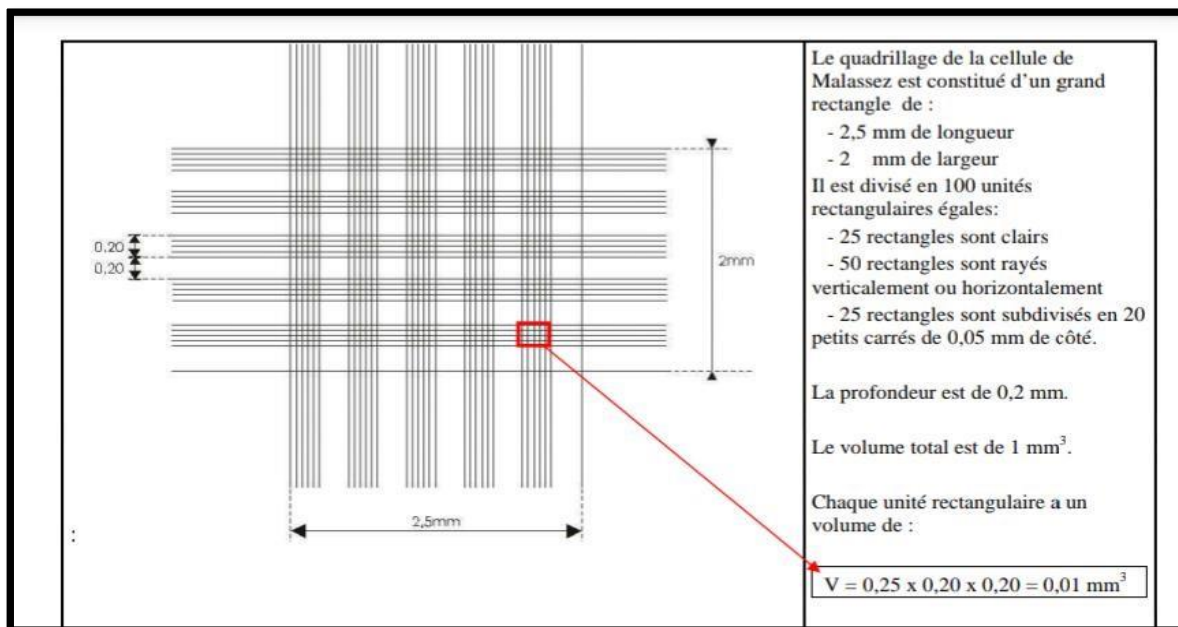


Figure12 : les dimensions de la cellule (Ifaller, 2013).

Formule a appliqué :

$$N = (n / (a.v)).Fd$$

N=nombre de cellules par unité de volume

n=nombre de cellules comptés

a= nombre d'unité de comptage dénombrés (on dénombre au moins 5)

v=volume d'une unité de comptage

Fd=facteur de dilution

Remarque : sur Malassez un rectangle ou unité de comptage contient $0,01 \text{ mm}^3$ c'est à dire $0,01 \mu\text{l}$ d'échantillon (rappelle $1\text{mm}^3=1\mu\text{l}=1.10^{-3} \text{ ml}=1.10^{-6} \text{ l}$).

8. La culture de spiruline

La culture est réalisée dans le BG11, dans une chambre de culture, avec une température constante et une intensité lumineuse différente.

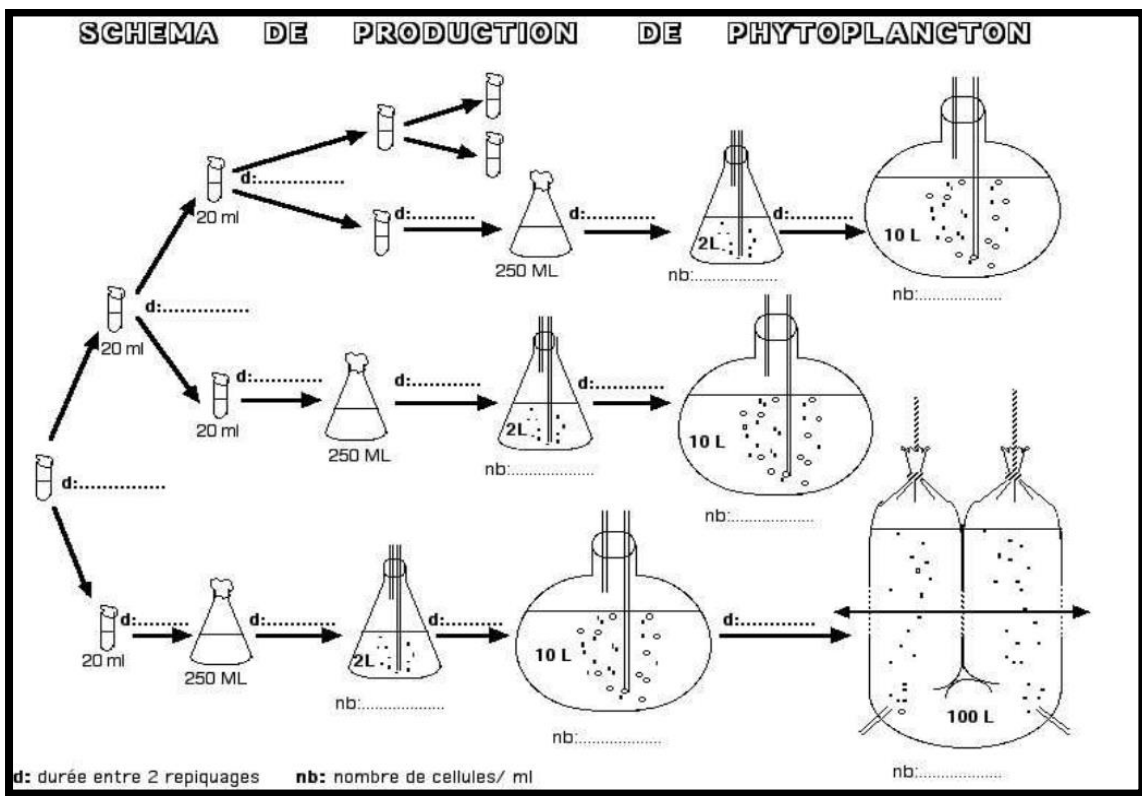


Figure 7 : Schéma du principe de culture (FAO techniques d'écloserie)

8-1 Dilution et Filtration de BG11

La dilution de BG11, pour un litre d'eau, nous avons besoin de 20 ml de BG11 (20 ml/ 1 litre), dans cette étude nous avons besoin juste une quantité de 250 ml d'eau distillé et ajoutée une quantité de 5 ml de BG11. Après le BG11 dilué, il est filtré dans un autre flacon stérile sous les rayons UV dans la hotte à l'aide d'une seringue et filtrat seringue.



Figure 8 : dilution et filtration de BG11 (photo pers).

8-2 L'encensement

La culture se fait dans 09 tubes à essai en verres séparé par groupe de 03 dans un portoir. Chaque tube contient 5 ml d'eau de BG11 et 10 ml d'échantillon.



Figure 9 : préparation de culture dans les tubes (photo pers)

Le placement des tubes après la préparation se fait directement dans la chambre de culture où le portoir est placé dans un étage différent de l'autre contient une intensité lumineuse différente et une température constante de 30C°.

- le premier support est placé au premier étage avec seulement deux lampes allumées.
- Le deuxième support est placé au deuxième étage sans lumière équivalent (obscurité).
- Le troisième support est placé au troisième étage avec les quatre lampes allumées équivalent.



Figure 10 : L'emplacement des tubes dans la chambre de culture (photo pers)

8.3 Le biovolume

Le nombre d'espèces est calculé tous les quatre jours, sous microscope inversé par la Malassez.

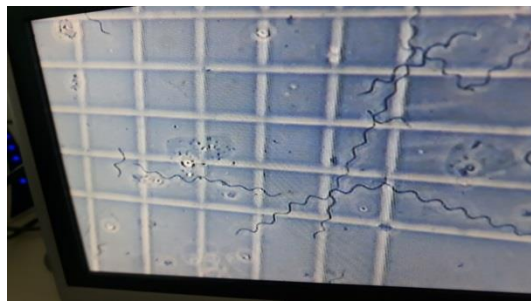


Figure11 : la Malassez sous microscope (photo pers)

Après 12 jours, les tubes sont convertis en des erlenmeyers où les trois tubes pour un milieu spécifique font 45ml et sont placés dans un erlenmeyer l'un d'une taille 250 ml et le volume restant est complété avec la même eau du milieu(BG11 ou bien eau de mer ou bien eau usée domestique), puis placé à l'intérieur de la chambre et le biovolume est calculé tous les quatre jours.

LES RESULTATS DE BIOVOLUME

1- L'intensité lumineuse L1 : 162 lux

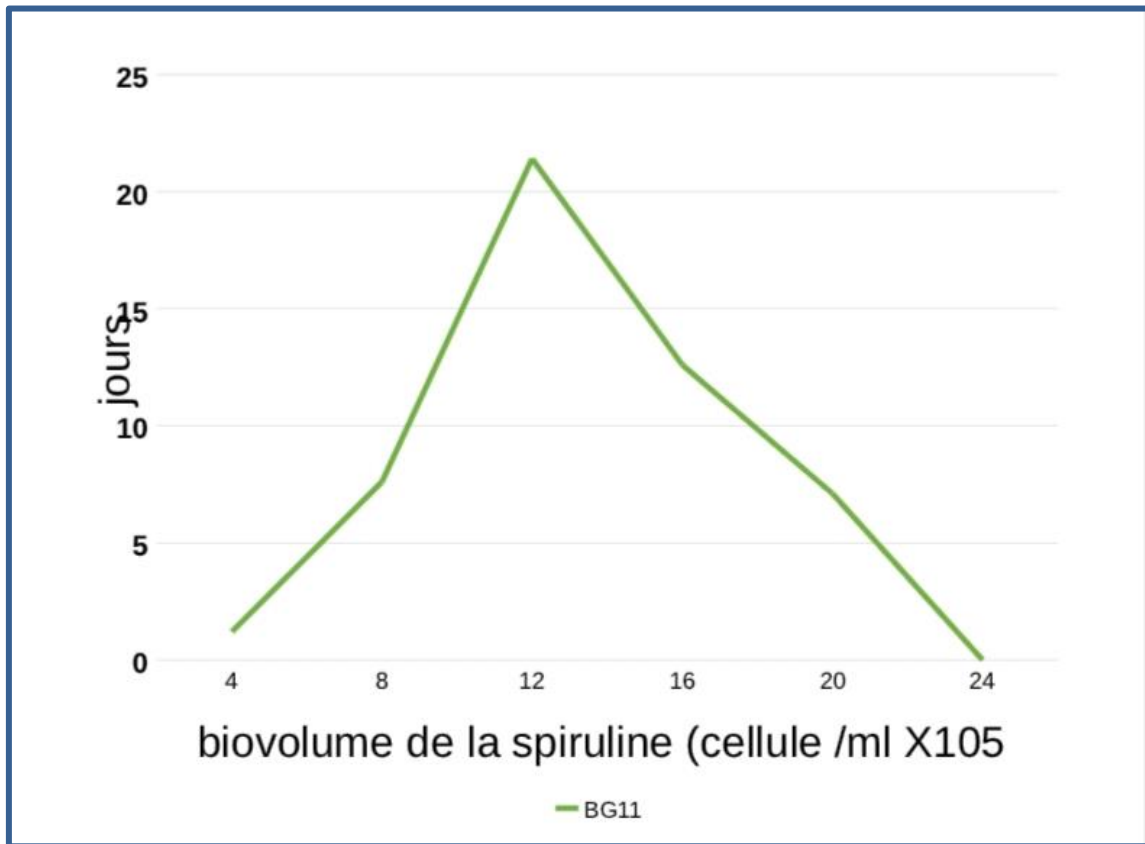


Figure 12: Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11 sous l'intensité lumineuse de 162 lux.

D'après la figure12, on peut observer qu'après le 4^{ème} jour de la mise en culture, la biomasse de la spiruline commence à augmenter notablement dans le milieu de culture (BG11). Mais on peut constater que qu'après le 8^{ème} jours la croissance de la spiruline continue à hausser

Après un essai d'agrandissement de la culture dans des erlenmeyer de 250 ml aux 15^{ème} jour, la spiruline a eu du mal à s'adapter et on a assisté à une chute dans la biomasse dans les jours suivant au profit d'autre espèces filamenteuses et a fini par totalement disparaître au 24^{ème} jour.

2-L'intensité lumineuse L2 : 369 lux



Figure 13: Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11- eau de mer-eau usée) sous l'intensité lumineuse de 369 lux.

D'après la figure 13, le développement de la biomasse de la spiruline dans le BG11 sous une forte intensité lumineuse et plus faible, il semblerait que la cyanobactérie soit très sensible à la lumière vue que le pic de croissance dans le BG11 est de 0.6×10^5 cellule/ml. Relevé le 8^{ème} et le 20^{ème} jour.

2- L'intensité lumineuse L3 : 00 lux

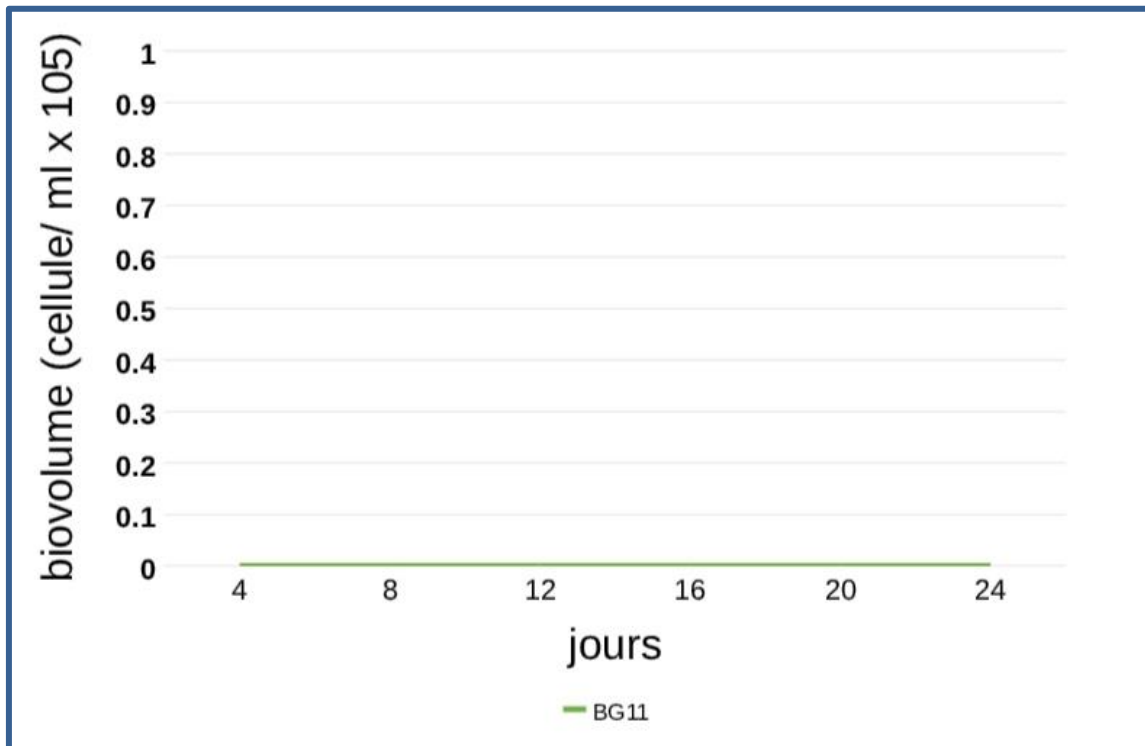


Figure 14: Evolution de la croissance de la spiruline dans les milieux (BG11- eau de mer- eau usée) sous l'intensité lumineuse de 00 lux

D'après la courbe 14, la spiruline ne s'est pas développée en absence de la lumière, ce qui confirme la nécessité et le besoin de la lumière qu'on peut appeler facteur limitant de la culture

DISCUSSION

Arthrospira est une micro algue photosynthétique, filamenteuse, en forme de spirale, multicellulaire et bleu-vert. La division cellulaire se produit par fission binaire. Comme elle contient de la chlorophylle a, comme les plantes supérieures, les botanistes la classent comme une micro algue appartenant à la classe des cyanophycées. Elle est utilisée comme un complément alimentaire vue sa composition chimique comprend des protéines (55%-70%), des glucides (15%-25%), des acides gras essentiels (18%), des vitamines, des minéraux et des pigments comme les carotènes, la chlorophylle a et la phycocyanine. (**Shabana et Arabi, 2012**)

La spiruline est considérée comme un excellent aliment, ses pigments sont utilisés dans les industries alimentaires et cosmétiques, dépourvu de toxicité et possède des propriétés anticancéreuses, antivirales, immunologiques et elle agit également comme un puissant antioxydant.

La cycle de vie de la spiruline comprend trois étapes fondamentales : la fragmentation des trichomes, les processus d'élargissement et de maturation des cellules d'hormogonie et l'élongation des trichomes. Ensuite, ces trichomes matures sont divisés en filaments ou hormogones, les cellules des hormogones sont augmentées par fission binaire, se développent dans le sens de la longueur et prennent leur forme hélicoïdale (**Balloni et al., 1980**).

Atteindre une productivité élevée de la biomasse est essentiel pour établir avec succès une installation algale à grande échelle. Les cultures de microalgues dans les étangs sont normalement limitées par la lumière. Pour atteindre une productivité élevée de la biomasse, il est nécessaire de développer un système pour fournir de la lumière dans la profondeur des cultures de microalgues dans les étangs d'élevage.

Dans cette étude la spiruline a été cultivée dans un milieu de culture enrichissant le BG11, avec différentes intensités lumineuses.

La mise en culture sous l'intensité lumineuse 162 lux est concluante dans le BG11 car la spiruline s'est bien adaptée avant le 15^{ème} jour, ce résultat s'accorde avec **Boudour (2008)** ou l'enrichissement d'un échantillon d'eau douce de surface dans le BG11 a permis à la spiruline de se développer et d'accroître. Le travail de **Dineshkumar et al. (2016)** a constaté un succès

Cependant l'intensité lumineuse doit être adéquate, car les conditions d'obscurité ou de trop forte luminosité sont des facteurs limitant pour la croissance de la spiruline. De manière générale, la quantité de lumière et les différents temps de cycles de lumière/obscurité ont une influence sur la croissance et la composition biochimique des microalgues. Des études de **Kendirlioglu (2015)** et al et **AminiKhoeyi et al. (2012)** effectuées sur *Chlorella vulgaris* ont montré que la croissance maximale était obtenue avec un cycle 16:8 h (16h avec éclairement, 8h sans éclairement). Dans l'étude de **Niangoran (2017)** le niveau d'éclairage optimal se situe entre 300 et 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, exactement de 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Xue et al. (2013) ont montré, en utilisant des fibres optiques fixées verticalement, une augmentation de 43 % et 38 % de la productivité pour *Spirulina platensis* et *Scenedesmus dimorphus*, respectivement, grâce à une répartition uniforme des fréquences lumière/obscurité supérieures à 10 Hz.

Les caractéristiques de croissance de deux souches de microalgues dans des photobioréacteurs à colonne à bulles ont été étudiées dans différentes conditions de culture. *Chlorella vulgaris* et *Gloeothece membranacea* ont été cultivées dans des photobioréacteurs acryliques luminescents à différentes densités de culture de graines. Des photobioréacteurs acryliques luminescents de couleurs bleu, vert, jaune, orange et rouge capables de conversion spectrale de la lumière ont été utilisés. Les résultats ont indiqué que le photobioréacteur luminescent rouge améliorait la production de biomasse dans les deux souches de microalgues tandis que la pigmentation était induite sous différentes couleurs de lumière. La lumière verte a favorisé la production de chlorophylle chez *C. vulgaris*, mais la production de chlorophylle dans les cultures de *G. membranacea* était moins influencée par les conditions d'éclairage ou la densité de culture. (**Mohsenpour et Willoughby, 2013**)

Une étude similaire a été réalisée par **Detweiler et al. (2015)** cultivant quatre souches de microalgues ; *Chlorella vulgaris*, *D. salina*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Botryococcus sudeticus* et une cyanobactérie (*Spirulina platensis*) dans un flacon de 250 ml avec un volume de travail de 100 ml sous serre couverte par un panneau de LSC (Concentrateurs solaires luminescents). Ils ont utilisé des panneaux LSC rouges qui avaient un pic d'absorption à 400 nm et des spectres d'émission dans la plage de 600 à 700 nm. Les résultats ont montré que le taux de croissance augmentait et que le temps de doublement diminuait de manière significative pour *C. vulgaris* sous le panneau LSC rouge par rapport au réacteur témoin.

Raeisossadati et al. (2019) ont étudié des concentrateurs solaires luminescents rouges et bleus (LSC) dans des étangs extérieurs pour dégrader la lumière du soleil, la réémettre et la délivrer dans la profondeur de la culture *d'Arthrospira platensis* opérée à une profondeur de 21 cm. Lorsque des LSC rouges ont été utilisées, la productivité de la biomasse et la productivité de la phycocyanine *d'A. platensis* ont augmenté de 26 % et 44 %, respectivement. Cependant, l'utilisation de LSC bleues n'a entraîné aucune augmentation significative de la productivité de la biomasse *d'A. platensis*.

CONCLUSION

De nombreuses recherches ont eu comme objectif principale la mise en culture de la spiruline et l'étude de sa capacité d'adaptation qui lui a permis d'accroître dans de nombreux milieux de cultures même inattendues. Comme l'eau de mer et les eaux usées domestiques qui sont le sujet dans la présente étude.

En effet nous avons réalisé une culture au laboratoire, dans un milieu de culture riche en nutriment « la BG11 » en variant à chaque fois l'intensité lumineuses.

Les résultats obtenus démontrent que la lumière est un facteur très important dans le développement de la spiruline même si le milieu est favorable et correctement alcalin ce qui s'est traduit par une faible production de la biomasse.

Il paraît d'une grande utilité de poursuivre la présente étude tout en élargissant le champ des expérimentations et d'approfondir les recherches scientifiques et technologiques, dans le futur. Il serait nécessaire d'envisager d'entreprendre les différentes activités de recherche suivantes :

- Identification génétique, taxonomique, phyllogénétique et caractérisation biochimique des souches prélevées de notre site d'étude
- Elargir la recherche en variant de nombreux paramètres physico chimique tels que (la température- le PH- la saturation en oxygène- l'élément nutritifs)
- Pousser les essais de culture de la spiruline dans d'autres milieux
- Pousser la culture de la spiruline dans les grandes quantités pour des fins économiques....

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Afssa, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. (2006).** Évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries dans les eaux destinées et de leurs toxines à l'alimentation, à la baignades autres activités récréatives,(231p).
2. **AminiKhoeyi, Z., Seyfabadi, J., Ramezanpour, Z.(2012).**Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris*. *Aquac. Int*, 20 (1), 41-49p.
3. **Amrani, A. (2015).** Impacts écologiques et sanitaires de la prolifération massive des cyanobactéries toxiques sur la faune piscicole et la production aquacole dans le lac Oubeïra : Bioaccumulation des cyanotoxines dans les poissons et risques sanitaires associés. Université badjimokhtar–Annaba .Annaba.
4. **Balloni, W.,Tomasselli, S., Giovannetti, A.,Margheri, M., C.(1980).** Biologia fondamentale de l generaSpirulina, in Materassi R, Prospective dellacoltura di Spirulina in Italia, Consilio Nazionale delle Ricerche, Rome, 49-85.
5. **Bennouh, I., Rezig,K.(2015).** Conduite de la culture et production de la spiruline sous abri en palmeraie. Université kasdiMerbah Ouargla, Ouargla.
6. **Bensehaila,S.,Doumandji,A.,Boutekrabt,L.,Manafikh,I.,Bensehaila,K.,Kouache,A.,Bensehaila, A.(2015).**The nutritional quality of *Spirulina platensis* of TamanrassetAlgeria. *African Journal of Biotechnology*, 14(19), pp. 1649-1654.
7. **Bernard, C. (2014).** Les cyanobactéries et leurs toxines. *REVUE FRANCOPHONE DES LABORATOIRES*, 460,68.
8. **Bouaicha, N.(2002).** Impact sanitaire des toxines de cyanobactéries en milieu d'eau douce. *Environnement et santé*,(46p).
9. **Bouazouni, O. (2004).** Parc National d'El KALA Etude socio-économique du PNEK. Projet Régional pour le Développement d'Aires marines et côtières Protégées dans la région de la Méditerranée (MedMPA).

10. **Boucherit, K., kherfouf, A. (2014).** Structure et écologie des Anatidés hivernants dans le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux (Wilaya d'El-Tarf, Nord-Est de l'Algérie). universiteDjillaliLiabes de SBA.
11. **Boumezbeur, A., Ameer,N., Doudou, M., Bakaria,F. (2003).** La Réserve Naturelle du Lac des Oiseaux,Wilaya d'El Tarf. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar.
12. **Brahimi, R., Benaicha, R., Ouahrani, S., Chebhouni, E.K., Hacène, N. et Siga, A. (2001).** Essais de Production de Protéines d'organismes Unicellulaires (P.O.U. par des Souches de Spirulina.Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation – Biomasse. p. 65-68
13. **Briand, E.(2008).** Contribution à la compréhension du déterminisme de la mise en place des proliférations de cyanobactéries et de leur production de toxines. Museum national d'histoire naturelle.Paris.
14. **Charpy, L., Langlade, M-J., et Alliod, R. (2008).**La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ?, Institut de Recherche pour le Développement, Marseille, 11-29.
15. **Chentir, I.(2018).** Optimisation de la culture de Spiruline et son impact sur ses performances nutritionnelles. Université de Blida 1, Blida.
16. **Chorus, I.,Bartram,J.(1999).** Cyanobacterial toxins .In Kaarina,S., Gary,J, Toxic Cyanobacteria in Water.
17. **Cruchot H, (2008).** La Spiruline, Bilan et Perspective. Thèse docteur en pharmacie. Faculté de médecine et de pharmacie de Besançon. Université de France-Comite.
18. **Cruchot H, (2008).** La Spiruline, Bilan et Perspective. Thèse docteur en pharmacie.Faculté de médecine et de pharmacie de Besançon. Université de France-Comite
19. **Dahel, Z., (2009).** Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*. Université badjimokhtar–Annaba .Annaba.

20. **Dansou, D. (2002).** Développement de la culture de la spiruline (*Spirulina platensis*) et valorisation de celle-ci au Burkina Faso. Université d'Ouagadougou. Ouagadougou.
21. **David, L., Bernadette, P., Christiane, H., Alessandra G.(2017).** Impacts des cyanobactéries et des cyanotoxines sur les étangs d'épuration municipaux et les milieux aquatiques récepteurs : Revue de littérature et synthèse. Fonds de recherche du Québec Nature et technologies,(115p).
22. **De Figueiredo, D. R., Reboleira, A. S. S. P., Antunes, S. C., Abrantes, N., Azeiteiro, U., Gonçalves, F., Pereira, M. J. (2006).** The effect of environmental parameters and cyanobacterial blooms on phytoplankton dynamics of a Portuguese temperate lake. *Hydrobiologia*, 568(1), 145–157.
23. **Dineshkumar, R., Narendran, R., Sampathkumar, P.(2016).** Indian Journal of Geo Marine Sciences, 45 (12).
24. **Djebbari, N., Boudjadi, Z., Bensouilah, M.(2009).** L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *Anguillicolacrassus* Kuwahara, Niimi & Itagaki, 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord-Est algérien). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n°31 (1), 45-50.
25. **Dumont, V. (2005).** Etude des cyanobactéries dans la rivière Tarn. Centre de Ressources Technologiques en Biotechnologie – Bioprocédés (99/05),(109P).
26. **Fox, R.D. (1999).** La spiruline : technique, pratique et promesse, Edisud ,P246.
27. **Gami, B., Naik, A., Patel, B. (2011).** Cultivation of *Spirulina* species in different liquid media *J. Algal Biomass Utiln.* 2011, 2 (3): 15– 26p.
28. **Garrity, G.M., Boone, D.R., Castenholz, R.W. (eds) (2001).** Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd. ed. Vol. 1: The Archea and the deeply branching and phototrophic bacteria. Springer Verlag.
29. **Geoffrey, C., Louise, M., James, M.(2004).** Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 203 (2005), 264–272.
30. **Goulamabasse, T.(2018).** La spiruline : activités thérapeutiques et son intérêt dans la lutte contre la malnutrition à Madagascar. Université de Lille. Lille.

31. **HamoudaHamouda Ali, I.(2012).** Etude de la spiruline comme aliment fonctionnel, nourrissant la flore intestinale : influence in vitro de la spiruline sur la croissance des Bifidobacteries. Université Saad dahab de Blida.Blida.
32. **HOUHAMDI, M. (2002).** Écologie des peuplements aviens du Lac des Oiseaux (Numidie orientale). Thèse de Doctorat d'État, Université Badji Mokhtar, Annaba, 146 p.
33. **Karkos PD, Leong SC, Karkos CD, Sivaji N and Assimakopoulos DA, (2008).**Spirulina in clinical practice: Evidence-based human applications. *Evid Based Complement Alternat Med*:1R4.
34. **Kendirlioglu, G., Agirman, N., Cetin, A. K.(2015).**The effects of photoperiod on the growth, protein amount and pigment content of *Chlorella vulgaris*. *Turk. J. Sci. Technol.*, vol. 10, no 2.
35. **Khan Z, Bhadouria P and Bisen PS, (2005).** Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. *Curr Pharm Biotechnol.* V 6:373R379.
36. **Kidron,G., Starinsky,A., Yaalon,D.(2014).** Cyanobacteria are confined to dewless habitats within a dew desert:Implications for past and future climate change for lithic microorganisms. *Journal of Hydrology*, 519 (2014),3606–3614.
37. **Kim, B.H., Lee, W.S., Kim, Y.O., Lee, H.O. and Han, M.S. (2005)** Relationship between akinete germination and vegetative population of *Anabaena flos-aquae*(Nostocales, Cyanobacteria) in Seokchon reservoir (Seoul, Korea). *ArchivfürHydrobiologie***163**: 49-64.
38. **Komárek J, Anagnostidis K. (1999),**Cyanoprokaryota: Part 1: Chroococcales. SüBwasser flora von Mitteleuropa Freshwater Flora of Central Europe. SpektrumAkademischerVerlag Heidelberg, Germany, 548p.
39. **Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš1, J., Johansen,.(2014).** Taxonomic classification of cyanoprokaryotes(cyanobacterial genera)2014,using apolyphasic approach. *Preslia*86:295–335,2014.

40. **Kromkamp, J.** (1987) Formation and functional significance of storage products in cyanobacteria. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **21**: 457-465.
41. **Kulshreshtha A, Zacharia AJ, Jarouliya U, Bhadauriya P, Prasad GB and Bisen PS, (2008).**Spirulina in health care management. *Curr Pharm Biotechnol*: 400-405.
42. **Langlade, M-J., Alliod, R., Charpy, L.(2008).**Utilisations de la spiruline autres que pour la malnutrition, colloque international : spiruline et développement, Madagascar, P131.
43. **Latour, D., Giraudet, H. and Berthon, J.L.** (2004) Frequency of dividing cells and viability of *Microcystis aeruginosa* in sediment of a eutrophic reservoir. *Aquatic Microbial Ecology***36**: 117-122.
44. **Lavoie, I., Laurio, W.F. Vincent.(2007).** Les fleurs d'eau de cyanobactéries, vulnérabilité des prises d'eau. Québec, INRS Eau, Terre et Environnement, rapport no 919,v,17p.
45. **M. Hocini, M.(2017).** Production de la Spiruline en Algérie (Arthrospiraplatansis) : Bilan et perspectives. Université Abderrahmane MIRA-Bejaia. Bejaia.
46. **M. Hocini, M.(2017).** Production de la Spiruline en Algérie (Arthrospira platansis) :Bilan et perspectives. Université Abderrahmane MIRA-Bejaia. Bejaia.
47. **Manet, A.(2016).** La spiruline : indication thérapeutiques, risques sanitaires et conseils à l'officine.Universitégrenobile Alpes.
48. **Mankiewicz, J., Tarczyn, M.,Walter, Z., Zalewski, M.(2002).** Natural toxins from cyanobacteria. *Actabiologicacracoviensia, Series Botanica*,45/2: 9–20, 2003.
49. **Merel, S. (2010).**Caractérisation des sous-produits de chloration de la microcystine-LR et de la cylindrospermopsine. Université Rennes 1, 2009. Français.
50. **Merel, S., Walker, D., Chicana, R., Snyder, S., Baurès, E., Thomas, O. (2013).** State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environment International*, 59, 303–327.

51. **Mishra, T., Joshi,M., Sanpreet,S.,Jain,P., Kaur,R., Ayub,S., Kaur,K.(2013).** Spirulina: the beneficial algae. International Journal of Applied Microbiology Science 2013, 2(3),21-35.
52. **Mur, L.R., Skulberg, O.M., Utkilen, H. (1999)** Cyanobacteria in the environment, p. 15-40. *In* I. Chorus and J. Bartram (ed.), Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN Spon, London, United Kingdom.
53. **Neche, L.(2015).** Spiruline- probiotique :complementaire a fort potentiel nutritionnel et energtique. Université Blida1.Blida.
54. **Niangoran, N.(2017).** Optimisation de la culture de la spiruline en milieu contrôlé : éclairage et estimation de la biomasse. Université Toulouse 3 Paul Sabatier.Toulouse.
55. **Oliver, R.L.,Gant, G.G. (2000).**Freshwater blooms. *In* B.A., Whitton Potts,M.(ed.), The Ecology of Cyanobacteria Their diversity in time and space Kluwer Publishers, Dordrecht, Germany. , p. 149-194
56. **Ouldbellahcen, T., Bouchabchoub, A., Massoui, M., El yachioui, M. (2013).**Qualite nutritionnelle de spirulina platensis en croissance dans les eaux uses domestiques.Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14,Jun 2013, pp. 123-129p.
57. **Pelmont, J. (1992).** Bactéries et environnement, Adaptations physiologiques. Volume II. Publications Univ., Collection Grenoble Sciences. p. 467-469.
58. **Piccolo, A. (2011).** Spirulina, a livelihood and a business venture - Report SF/2011/16. Indian Ocean Commission - SmartFish Program.
59. **Pretty, J.N., C.F. Mason, D.B. Nedwell, R.E. Hine, S. Leaf., R. Dils, 2003.** Environmental Costs of Freshwater Eutrophication in England and Wales, *Environmental Science & Technology*, 37, 2, pp. 201-208.
60. **Saadi, S. (2015).** Effet des conditions de la conservation sur la qualité nutritionnelles et technologiques d'un couscous enrichi en spiruline. UNIVERSITE DE BLIDA1.Blida.
61. **Salés, S. (2004).** Compte-rendu du Mini-colloque sur la spiruline à Tamanrasset. Association Targuinca.

62. **Sall, MG., Dankoko, B., Badiane, M., Ehua, E., Kuakuwi, N. (1999).** La spiruline : une source alimentaire promouvante. *Médecine d'Afrique Noire*, 46 (3), 141p.
63. **Saoudi, A. (2008).** Isolement, culture et évaluation de la toxicité des efflorescences à *Microcystis* sp., du barrage Mexa (El-Tarf). Université Badji Mokhtar-Annaba, Annaba.
64. **Sarri, D., (2017).** Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El-Kala et des sites d'intérêts biologique et écologique de la région d'El-Tarf. Université Ferhat Abbas Sétif 1. Sétif.
65. **Sguera, S (2008).** *Spirulina platensis* et ses constituants : intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques. Thèse docteur en pharmacie. Faculté de pharmacie. Université de France Comite.
66. **Sous-comité fédéral-provincial sur l'eau potable. (1989).** Les algues bleues (CYANOBACTÉRIES) et leurs toxines, *Votre santé et vous*, (5p).
67. **Taranu, Z. E., Zurawell, R. W., Pick, F., & Gregory-Eaves, I. (2012).** Predicting cyanobacterial dynamics in the face of global change: the importance of scale and environmental context. *Global Change Biology*, 18(12), 3477–3490.