

Université kasdi Merbah Ouargla

Faculté : Science de la Nature et de la Vie

Département des : Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'étude

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière: Science Agronomique

Spécialité: Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement

Présenté par: Bennouh Kaouthar et Rezig Ibtiham

Thème

Conduite de la culture et production de la spiruline sous abri en palmeraie

Soutenu publiquement

Le: /06/2015

Devant le jury :

BISSATI	Samia	Pr.	UKM, Ouargla Président
SEGGAI	Ali	M A A	UKM, Ouargla Encadreur
Belaroussi	Med	M A A	UKM, Ouargla Examineur

Année Universitaire: 2014/2015

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné
les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste
travail.

Mes vifs remerciements et ma reconnaissance vont au président de jury
M^mBISSATI S. : professeur à l'université de KASDI Merbah, d'avoir
accepté de présider le jury de ce mémoire

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à **Mr. Bellaroussi** pour avoir
faire de lecteur notre mémoire, aller l'examiner et ils peuvent évaluer
cette mémoire. Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté
à ce travail et pour vos précieux conseils et remarques.

Nous vos remercions tous les travailleurs d'exploitation particulièrement
ancla TA HAR

Finalement nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos
familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe de
réaliser ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des enseignants qui ont
contribué à notre formation.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°	Titre	Page
1	Analyse d'un milieu de culture typique (FOX, 1999)	8
2	le rôle et la teneur de composition nutritionnelle dans la spiruline	13
3	le rôle et la teneur de composition minéraux dans la spiruline	14
4	Résultats d'analyse d'eau de forage Nibua Y. (2010)	19
5	Composition chimique du milieu de culture (SAGGAI, 2008)	21
6	une productivité en poids sec de spiruline par litre et par jour	31

Liste des Figures

Figure n°	Titre	Page
1	Cycle biologique de la Spiruline selon (Balloni et al.1980 in Ravelo, 2001)	5
2	Morphologies typiques de Spiruline (Source : Antenna Technologie)	6
3	Méthodologie du travail	16
4	Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla	17
5	Evolution du pH dans le mois janvier et février	25
6	Evolution de CE dans le mois janvier et février	25
7	Evolution de température d'eau dans le mois janvier et février	26
8	Evolution de température de la serre dans le mois janvier et février	26
9	Evolution de taux d'oxygène dans le mois janvier et février	27
10	Evolution de salinité dans le mois janvier et février	28

11	Observation microscopique de la spiruline	28
----	---	----

LISTE DES PHOTOS

Photos	Titre	Page
1	dispositif expérimentale	20
2	L'ensemencement	21
3	Agitation manuelle	21
4	la récolte de spiruline	23

Liste d'abréviations

MSSS	Ministère de la santé et des services sociaux	
D.P.A.T	directeur de la Planification et de l'Aménagement du Territoire	
UNICEF	Fonds des nations unies pour l'enfance	

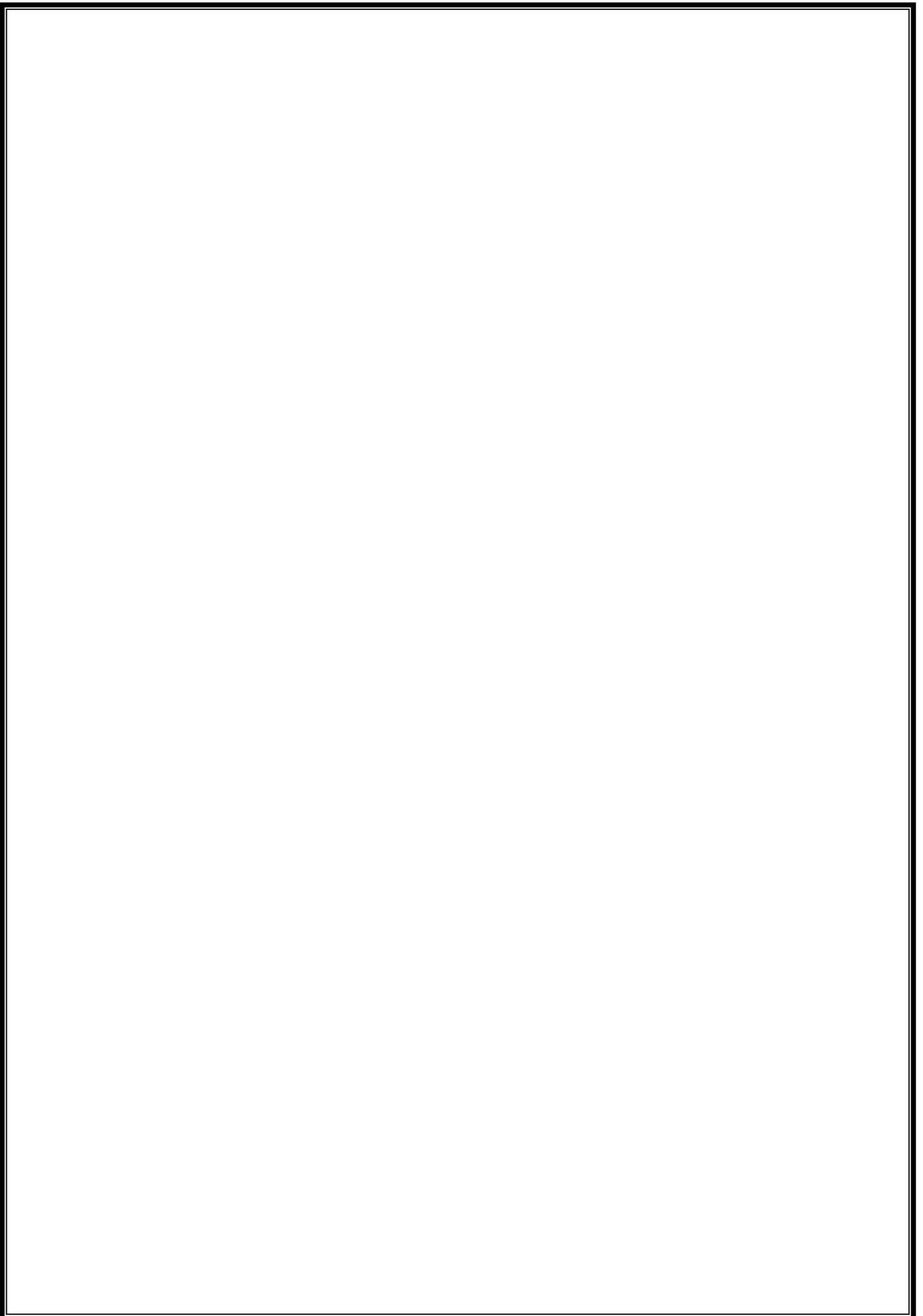


Table de Matière

Introduction

Synthèse bibliographique

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Chapitre I : Généralité sur la spiruline

I/1 Historique.....	3
----------------------------	----------

I/2 Biotope.....	3
-------------------------	----------

I.2.1 Etude biologique.....	4
------------------------------------	----------

I.2.1.1 Définition.....	4
--------------------------------	----------

I.2.1.2 Taxonomie.....	4
-------------------------------	----------

I.2.1.3. Reproduction.....	4
-----------------------------------	----------

I.2.3 Les souches de l'arthrospira platensis.....	5
--	----------

I.2.3.1 Morphologie de la spiruline.....	5
---	----------

I.2.3.2 Les différentes formes des Arthrospira.....	6
--	----------

I.3 Culture de la spiruline.....	7
---	----------

I.3.1 Condition de la culture.....	7
---	----------

I.3.1.1 Température.....	7
---------------------------------	----------

I. 3.1.2 La lumière.....	7
---------------------------------	----------

I.3.1.3 Le pH.....	7
---------------------------	----------

I.3.2 Milieu de culture.....	7
-------------------------------------	----------

I.3.2.1 L'eau.....	8
---------------------------	----------

I.3.2.2 Les éléments nutritif.....	9
---	----------

I.3.2.3 les différents modes de production de spiruline.....	9
---	----------

I.4 la construction des bassins de culture.....	10
I.4.1 La couverture du bassin de culture.....	10
I.4.2 Nombre et surface des bassins.....	11
I.5 Techniques de culture.....	11
I.5.1 Ensemencement.....	11
I.5.2 mesure de la concentration d'une culture de spiruline.....	11
I.5.3 Agitation.....	12
I.5.4 Ombrage.....	12

I.5.5 Récolte.....	12
I.5.6 Séchage.....	12
I.6 Renouveaulement du milieu de culture.....	12
I.7 Aspect nutritionnel.....	13
I.8 Intérêt et utilisation.....	14
I.9 Toxicité.....	15

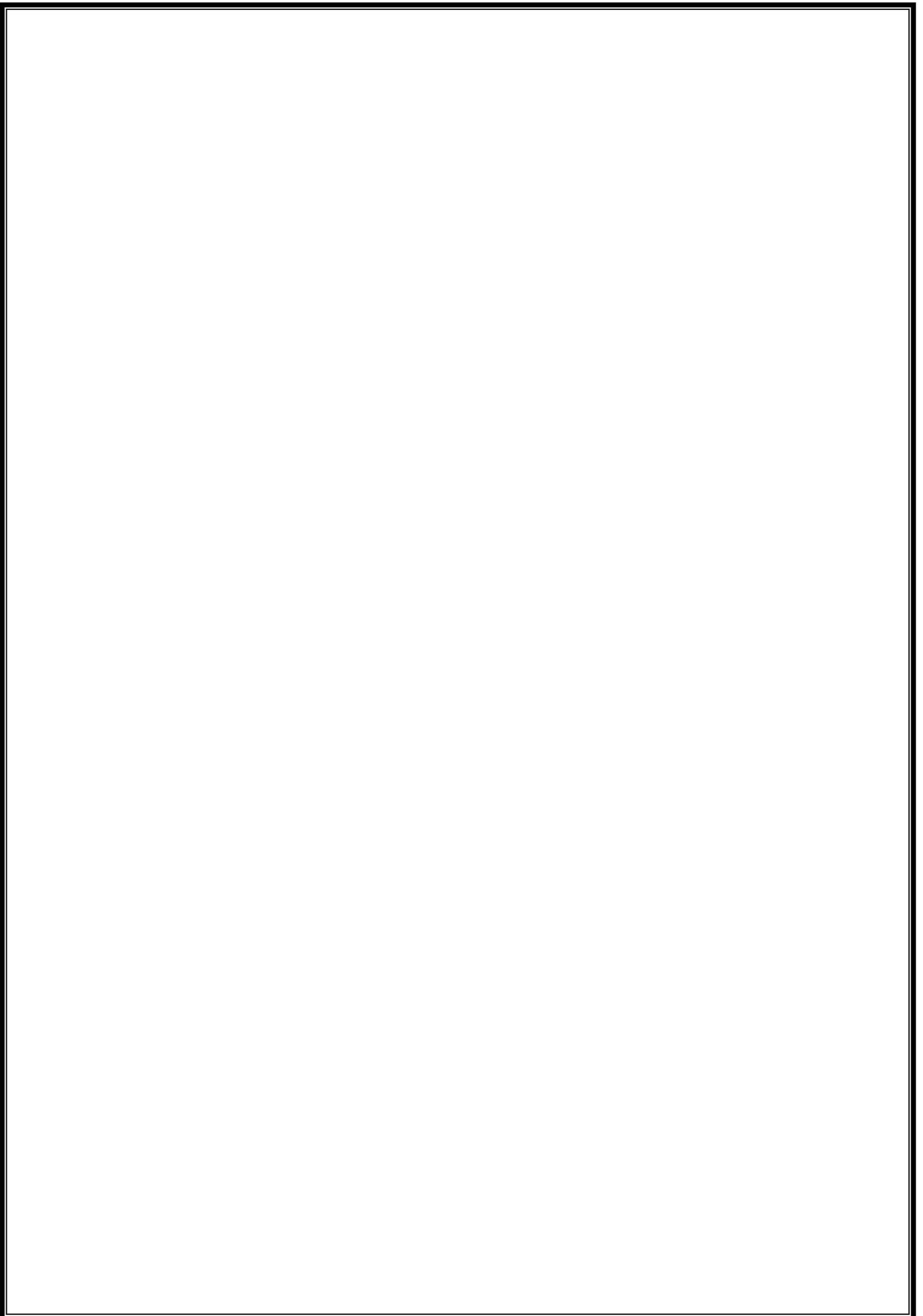
Partie expérimentale

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1 Approche Méthodologique.....	16
II.2 Station d'étude.....	17
II.2.1 Présentation de la station expérimentale.....	17
II.3 Type de la souche de spirulines utilisées.....	18
II.4 Le Type d'eau utilisé.....	18
II.5 Matériel et produit utilisé.....	18
II.6 Méthode d'étude.....	19
II.6.1. Dispositif expérimental.....	19
II.6.2 Préparations du milieu de culture.....	20
II.6.3 Ensemencement.....	21
II.6.4 Condition de culture.....	21
II.6.5 Etude de la conduite de la culture et la production de la spiruline.....	22
II.6.5.2 Etude de caractérisation de la spiruline.....	22
II.6.6 Récoltes.....	23

Chapitre III : Résultats et discussions

	24
III.1 Résultats des mesures des paramètres physico-chimiques.....	
III.1.1. PH	24
III.1.2 Conductivité électrique (CE)	24
III.1.3 Température.....	25
III.1.4 oxygène.....	26
III.1.5 salinité.....	27
III.2. Résultats Morphologiques et changement des couleurs.....	28
III.3. Résultats quantitatifs.....	29
III.4. Résultats Qualitatifs.....	30
III.5. discussions les Résultats.....	30
Conclusion.....	31
Références bibliographiques.....	32
Annexe.....	



Introduction

Introduction

Selon MSSS (**Ministère de la santé et des services sociaux**) Les cyanobactéries sont des microorganismes aquatiques qui présentent à la fois des caractéristiques provenant des bactéries et des algues, elles contiennent comme les algues de la chlorophylle qui est le pigment responsable de la photosynthèse.

Parmi les cyanobactéries les plus connues la spiruline, C'est un petit être aquatique (0,3 mm de long), vieux comme le monde dont le nom scientifique est « **cyanobactérie Arthrospira platensis** » (**JORDAN, 2006**)

La spiruline qui est une micro algue est considérée comme une ressource alimentaire non conventionnelle pouvant contenir jusqu'à 70% de protéines ; elle riche en sels minéraux ; en oligo-éléments et en nombreuses vitamine (B1, B2, B12, E) (**sall et al, 1999**).

La spiruline fait l'objet d'un développement de cultures dans les régions où elle vie naturellement ; en Afrique, Asie et Amérique mais également dans des fermes spécialement conçues pour sa production à l'échelle industrielle. En Europe elle est produite sous serres ou en photo bioréacteurs (**JOURDAN, 2000**).

De nombreuses recherches sont effectuées principalement sur le continent américain et en Asie, sur les propriétés des molécules présentes dans la Spiruline. Ces recherches sont Prometteuses, même s'il n'y a peu de preuve d'efficacité chez l'homme. C'est en se basant Sur ces propriétés que la Spiruline est commercialisée dans les pays développés, et depuis Peu dans quelques régions d'Afrique comme complément alimentaire « bénéfique à la Santé ». (**BRUNO DEREVIERS, 2003**)

La culture de spiruline dans le monde, se concentre dans la zone tropicale (Tchad, Inde, Mexique) dans ces régions, la spiruline peut pousser spontanément à cause de la présence des conditions favorable (PH, salinité, température) pour sa croissance. En Algérie, En Algérie, l'unique exploitant de cette espèce et qui maîtrise parfaitement les techniques de sa culture et de sa production est le docteur **Mr.HIRI Abdelkader** installé à Tamanrasset.et **Mr.SAGGAI** à Ouargla.

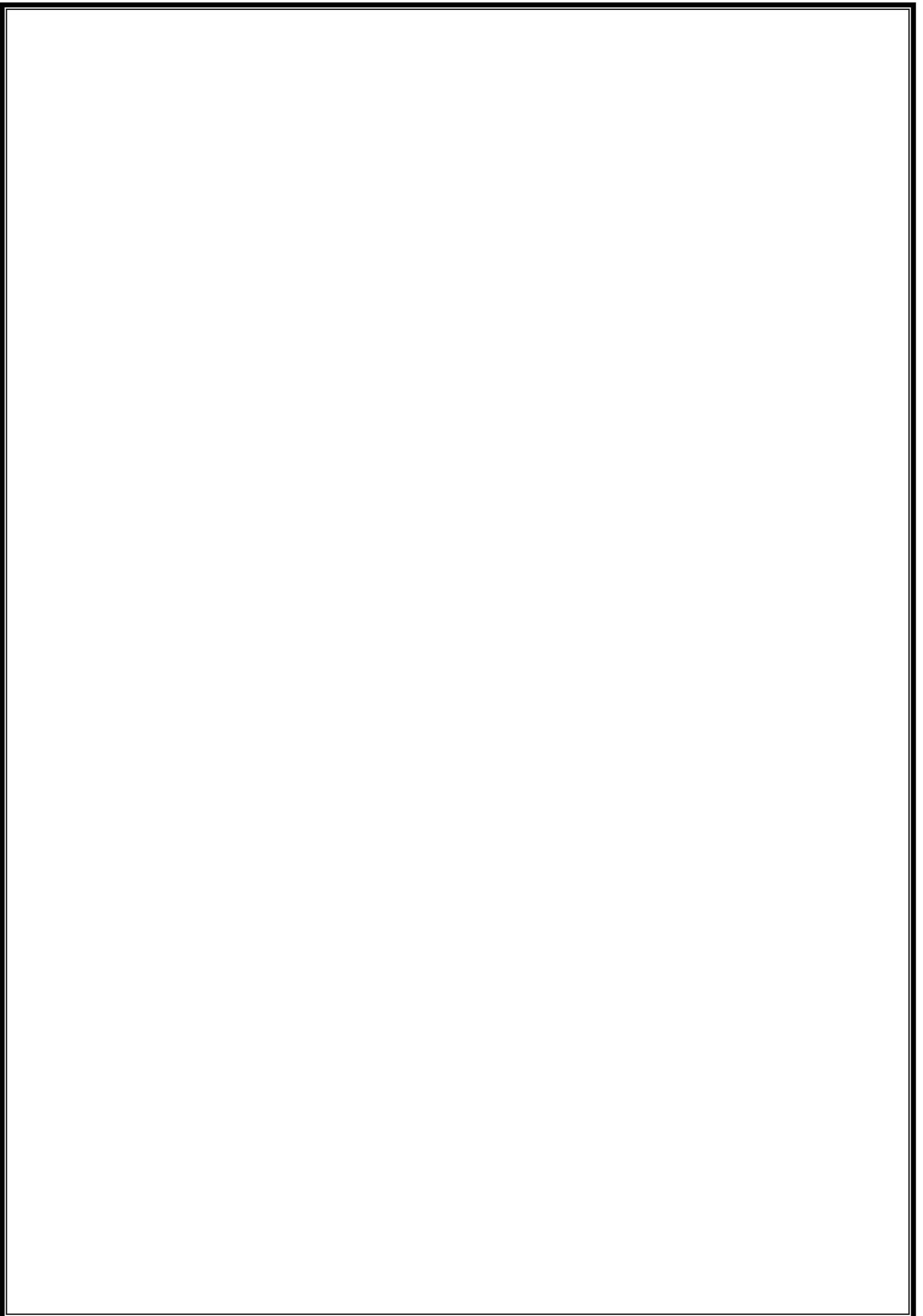
Introduction

Cette étude a pour objectif d'étudier :

➤ la croissance et la production de la spiruline à partir du démarrage de la culture

➤ conduite de culture et les caractéristiques (physicochimiques pH, CE, T°C)

Notre mémoire est divisé en 2 partie **le première** est une étude bibliographique pour amélioration l'information et la connaissance scientifique sur la production de la spiruline et **le deuxième** partie présente une étude expérimentale afin étude de processus de conduite de la culture, de croissance et de la production de la spiruline sous abri en palmeraie .Aussi, nous avons présentés les résultats obtenus et leurs discussions.



Chapitre I : Généralité sur la spiruline

I.1 Historique

La spiruline est une algue extrêmement ancienne, puis qu'elle aurait été présente à l'origine de la vie sur la terre, elle a su se défendre contre toutes les agressions et traverser les siècles et les bouleversements climatiques les Aztèques et les Incas furent parmi les premiers à cultiver cette algue bleue-verte.

Il existe (2) espèces principales de spiruline, la spiruline **maxima**, qui provient du **Mexique** et la spiruline **platensis** du **Tchad**. la spiruline se développe à l'état naturel dans les lacs andins d'origine volcanique, ainsi que dans le lac Texaco au Mexique, Cependant elle pousse aussi en Afrique dans de grands lacs, en particulier au Tchad, Aujourd'hui l'engouement pour cette micro-algue et l'augmentation de sa demande, à clairement développé sa culture à travers le monde. (**Mr.GINSENG, 2012**), des recherches en Afrique du sud ont permis la découverte de fossiles de cyanobactéries datant de 3,5 milliards d'années (**Durand-Chastel, 1993**).

I.2 Biotope

I.2.1 Etude biologique

I.2.1.1 Définition

La Spiruline est une cyanobactérie (anciennement désignée par le terme « algue bleue »

puis cyanophycée 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 0,3 mm), elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12 µm de diamètre enroulés en spirale. Pour se développer, la Spiruline a besoin d'éléments minéraux simples tels l'eau, les sels minéraux, le gaz carbonique et l'oxygène qu'elle puise directement dans son milieu tout en utilisant la lumière solaire comme source d'énergie grâce à son système pigmentaire. Ce mode de synthèse de biomasse s'intitule la photo autotrophie. (**BRUNO DEREVIERS, 2003**)

I.2.1.2 Taxonomie

En 1960 une claire distinction entre procaryote et eucaryote a été définie, basée sur la différence d'organisation cellulaire : les procaryotes regroupent les organismes dépourvus de compartiment cellulaire tandis que les eucaryotes regroupent ceux qui possèdent des organelles c'est à dire des nucléoles et des mitochondries (**Durand-Chastel,1993**). En 1962, Stanier et al (**Stanier, 1974 ; Stanier et Van Niel C. B., 1962**) constataient que cette algue bleue-verte était dépourvue de compartiments cellulaires, et donc faisait partie des procaryotes ; ils proposaient de désigner ce microorganisme «Cyanobactérie». on la classe selon **Ripley Fox (1999)** dans:

Règne Monera

Sous règne Prokaryota **Phylum** Cyanobacteria

Classe Cyanophyceae

Ordre Nostocales

Famille Oscillatoriceae

Genre *Arthrospira*

Espèce *Arthrospira platensis*

I.2.1.3. Reproduction

Son mode de reproduction est la bipartition par scission simple c'est une reproduction asexuée, par segmentation des filaments ; ce processus ne doit pas être confondu avec la mitose, la quelle n'existe que chez les eucaryotes (**CRUCHOT ,2008**).

sa vitesse de multiplication est particulièrement rapide dès que la température dépasse 30°C à l'ombre lorsque ces condition sont réunies et que le milieu est favorable le temps de génération est très court (7heures) (**JOURDAN, 1996, Zarrouk, 1966**).

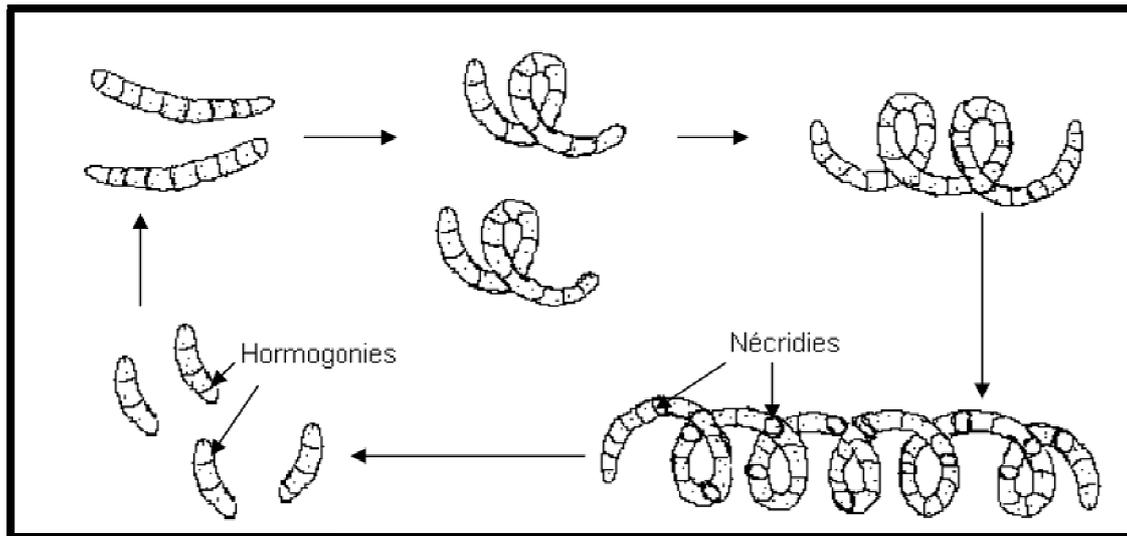


Figure 1: Cycle biologique de la Spiruline selon (Balloni et al.1980 in Ravelo,2001)

La Spiruline est composée de cellules transparentes empilées bout à bout pour former un filament ou trichome enroulé en forme hélicoïdale. Cette rotation du trichome sur lui-même se fait suivant un sens déterminé, dans le sens des aiguilles d'une montre, si on regarde par-dessus la spirale en descendant (**Jourdan, 1999**).

Le cycle biologique de la Spiruline selon **Balloni et al. (1980 in Ravelo, 2001)** est le suivant (**Figure 1**) un filament en maturité forme des cellules spéciales appelées nécridies, des disques de séparation biconcaves. Au niveau de ces cellules le trichome se fragmente pour donner naissance à de nouveaux individus de courtes chaînes (2 à 4 cellules) appelées hormogènes. Par division binaire des cellules, les hormogènes croissent en longueur et prennent la forme typiquement hélicoïdale.

I.2.3 Les souches de *l'Arthrospira platensis*

Arthrospira (spirulina platensis) est micro algue largement cultivée dans le monde la production mondiale de cette primaire a augment de puis 1995 de plus de 4000T /an (**statistique CUBIA ,2000**) *S. platensis* se développe soit dans de cultures artificielles soit dans des cultures de lac .Elle s'adapte à de nombreux biotopes (sable ,eau douce ,eau de mer) **Tredecini et al 1986 , wu et al .1993 ,Halland ,2006**).

I.2.3.1 Morphologie de la spiruline

La Spiruline a une longueur moyenne de 250 µm quand elle possède 7 spires. Elle est composée de filaments mobiles (de 10 à 12 µm de diamètre) non ramifiés et enroulés en spirales, qui ressemble à un minuscule ressort à boudin, d'où le nom de

«Spiruline» (Geitler, 1932 in jarisoa,2005). On trouve cependant des Spirulines ondulées et parfois droites

I.2.3.2 Les différentes formes des *Arthrospira*

En ce qui concerne les différentes souches d'*Arthrospira platensis*, on distingue les souches "**spiralées**", "**ondulées**", et "**droites**"

- les souches "**spiralées**", désigne les souches dont les filaments ont la forme d'une queue de cochon, telle la "Lonar" (Inde) et "Toliara"
- les souches "**ondulées**", le terme "ondulées" désigne les souches dont les filaments sont en spirale étirée, telle la "Paracas" (Pérou)
- les souches "**droites**", le terme "droites" désigne les souches dont les filaments sont tellement étirés qu'ils donnent l'impression d'être presque rectilignes.

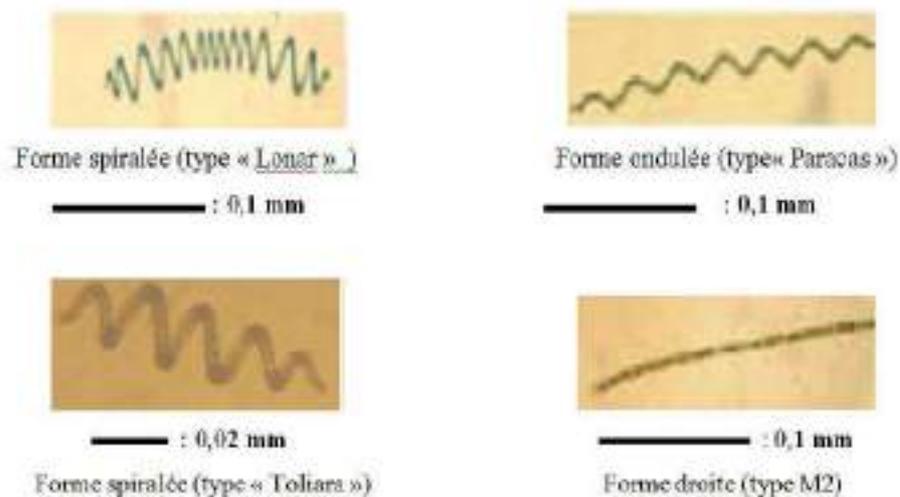


Figure.2: Morphologies typiques de Spiruline (Source : Antenna Technologie)

I.3. Culture de la spiruline

I.3.1 Condition de la culture

Il existe trois facteurs essentiels déterminants pour la culture de la spiruline

La température, la lumière et le pH.

I.3.1.1 la Température

Les premiers repères concernant les températures sont à peu près les mêmes que pour l'homme, 37°C : température idéale pour pousser la vitesse de croissance de la spiruline (**FALQUET ,1999**)

Au-dessus de 43°C peut mortel , en dessous, la vitesse de multiplication baisse a20°C la croissance est pratiquement stoppée la culture doit donc se situer entre ces deux température (**JOURDEN ,1999**).

I. 3.1.2 La lumière

La lumière influent directement sur la croissance de la spiruline qui assuré par la photosynthèse ainsi que une forte intensité lumineuse peut conduire à la photolyse et pour l'éviter, il est convenable de vérifier deux conditions nécessaires (**Fox D.1999**) :

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

I.3.1.3 Le pH

Pour aboutir à une bonne croissance de la spiruline, le milieu de culture doit présenter un degré d'alcalinité situé entre 9 et11.

I.3.2 Milieu de culture

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

Le tableau N° 01 : donne la composition chimique d'un milieu de culture typique (FOX, 1999).

Tableau N°01 : 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

I.3.2.1 L'eau

Les spirulines vivent dans une eau à la fois salée et alcaline. L'eau utilisée pour le milieu de culture doit être de préférence potable (mais ne sentant pas fortement le chlore) ou au moins filtrée (sur bougie filtrante ou filtre à sable) et parfois stérilisée aux UV, le plus important étant l'élimination des algues étrangères. L'eau de pluie, de source ou de forage est en général de qualité convenable. Si l'eau est dure, il se produira des boues minérales (plus ou moins abondantes selon la teneur en calcium, magnésium et fer), qui décantent rapidement et ne sont pas particulièrement gênantes pour la culture, à condition toutefois que l'ensemencement initial en spirulines soit assez concentré. Si l'eau est trop dure il vaut mieux la traiter pour éviter des boues gênantes. (JOURDEN ,1999) .

I.3.2.2 Les éléments nutritif

L'eau utilisé peut apporter de façon naturelle les besoins de la spiruline pour se développer et limite ainsi la quantité d'intrants nécessaire à sa croissance. Le milieu de culture de la spiruline doit être apporté tous les éléments suivants (**Jordan, 1999**):

- **bicarbonate de sodium (NaHCO₃)**: est la source d'alcalinité, qui peut aussi être apporté par le natron ou l'eau de cendre
- **le phosphore (P)**: est indispensable pour la photosynthèse, apporté par n'importe quel Orthophosphate soluble.
- **l'azote (N)** : est un constituant important des acides aminés, qui apporté principalement par l'azote atmosphérique, et aussi l'urée.
- **le carbone(C)** : c'est la nourriture principale de la spiruline, qui apporté principalement par le gaz carbonique, et aussi le sucre.
- **les métaux** : essentiellement le fer, le magnésium...

I.3.2.3 les différents modes de production de spiruline

En termes de production et de récolte, la Spiruline peut être obtenue de trois manières :

1/ en milieu naturel : dans les lacs ou étangs où elle se développe naturellement (Tchad, Mexique, Chine) et où elle est récoltée directement

2/ en milieu de culture artificiel : pour une production artisanale. Les techniques de cultures sont simplifiées et demandent un minimum de formation. Ce type de culture peut être vulgarisée et mise à la portée de populations à faible revenu.

3/ en milieu de culture synthétique : contrôlé pour une production industrielle (USA, Inde, Chili, Thaïlande, Chine). La culture est alors réalisée dans des bassins de formes diverses, de grande surface (plusieurs hectares) agités mécaniquement. La Spiruline est séchée par atomisation. L'investissement est élevé mais les productions peuvent atteindre des centaines de tonnes.

I.4 la construction des bassins de culture

Pour une production familiale ou artisanale on peut se contenter de bassins de petite taille, sans agitation à roue à aube, sans chicane médiane. Il y a alors de nombreuses façons de construire un bassin adéquat, variables selon les conditions locales. (JOURDAN ,2006).

➤ En bâches plastique

D'Une épaisseur de film de 0,25 mm minimum, et de préférence 0,5 mm, est recommandée Le film de qualité alimentaire (ou au moins non toxique), et résistant aux ultraviolets éviter le plus possible les plis dans les angles donnant des zones qui ne seraient pas bien agitées ou aérées. (JOURDAN ,2006).

➤ En « dur » (béton, parpaings, briques)

Le fond d'un bassin en ciment doit être construit sous forme d'une dalle en béton armé de 10 cm d'épaisseur minimum, de très bonne qualité, sur terrain bien compacté. Les bords du bassin peuvent être en briques, en parpaings ou en béton armé. Eviter les angles vifs. (JOURDAN ,2006).

➤ En argile (si on n'a vraiment pas d'autre possibilité)

Creuser sur 20 cm et faire un talus bien tassé de 20 cm également. Si le terrain n'est pas naturellement argileux, garnir la surface d'une couche d'argile humide de bonne qualité, de 3 à 5 cm d'épaisseur, bien tassée pour éviter les fissures. Garnir les rebords de tuiles ou briques cuites, ou de plastique pour éviter les fissurations lors des baisses de niveau. La spiruline pousse très bien dans un bassin en argile, mais sa pureté bactériologique doit être surveillée de plus près (risques accrus de présence de microorganismes anaérobies au fond car on ne peut pas agiter le fond). (JOURDAN ,2006).

I.4.1 La couverture du bassin de culture

Il est en fait souvent utile, voire nécessaire, d'installer une serre ou au moins un toit sur le bassin, permettant de le protéger contre les excès de pluie, de soleil ou de froid, et contre les chutes de feuilles, fientes d'oiseaux, vents de sable et débris divers, tout en lui permettant de « respirer ». Le toit peut être en toile de tente blanche ou en tissu

polyamide enduit PVC blanc laissant passer une partie de la lumière mais capable d'arrêter suffisamment la pluie. Il peut être aussi en bâche plastique. Dans le cas où il est opaque, il se met à une hauteur suffisante pour que le bassin reçoive assez la lumière par les bords. (JOURDAN ,2006).

I.4.2 Nombre et surface des bassins

Mieux vaut construire deux ou plusieurs petits bassins qu'un seul grand : ainsi on pourra en vider un (pour le nettoyer ou le réparer par exemple) sans perdre son contenu, et si une des cultures se contamine, n'est pas en bonne santé ou meurt, un autre bassin permettra de continuer et de réensemencer. (JOURDAN ,2006).

Les bassins étroits sont plus faciles à agiter et à couvrir. Pour une production artisanale la surface totale des bassins ne dépassera guère 50 à 100m², mais un niveau semi artisanal est envisageable, pouvant dépasser 1000m³. (JOURDAN ,2006).

I.5 Techniques de culture

I.5.1 Ensemencement

Dans un site dépourvu de la spiruline, ou pour redémarrer avec une nouvelle souche, il doit démarrer avec un gramme de spiruline concentré dans un volume de culture , si on veut travailler avec un volume important il s'agit de multiplier le volume de semence initiale, il est convenable de faire des cultures successives, si la concentration de culture est plus faible, il faut ombrer avec une agitation continue sinon la spiruline va s'agglomérer (Jordan, 1999).

I.5.2 mesure de la concentration d'une culture de spiruline

La concentration d'une culture peut être évaluée par l'intensité de sa couleur. On utilise pour cela un *disque de secchi* il s'agit d'une règle graduée à l'extrémité de laquelle se trouve fixé (perpendiculairement) un petit disque blanc.

On plonge cet instrument dans la culture, jusqu'au point où le disque cesse d'être visible. La profondeur du disque est alors lue sur la règle graduée. Une culture est diluée si le disque de secchi reste visible au-delà de 5-6cm de profondeur, une valeur de 2-3cm correspond à une culture prête à la production. Des valeurs inférieures à

2cm indiquent qu'il est nécessaire de culture, ou de récolter fortement (**FLAQUET, 1996**)

(La numération au microscope est un moyen efficace qui permet l'évaluation de la densité et, le contrôle de la propreté de la culture)

I.5.3 Agitation

Elle est nécessaire pour assurer une bonne culture, au moins (2-4) fois par jour, qui augmente avec l'intensité de la lumière, Le mode d'agitation peut être : manuelle avec un balai ou électrique avec une pompe ou une roue à aubes, l'agitation peut être continue si on utilise une pompe avec sans danger sur la spiruline. L'agitation nocturne continue favorise nettement l'autoépuration de milieu (**Jordan, 1999**).

I.5.4 Ombrage

L'ombrage est nécessaire quand la température de la culture est très basse, inférieure de 10 C° avec une forte intensité lumineuse pour éviter la destruction de la spiruline par la photolyse, ainsi une culture sous ombrage est plus facile à récolter et la qualité de la spiruline est améliorée (**Jordan, 1999**).

I.5.5 Récolte

On récolte de manière à maintenir la concentration en spirulines au niveau, entre 0,4 et 0,6 g/l. En l'absence de récoltes, avec suffisamment de nutriments, la concentration en spiruline croit jusqu'à l'équilibre entre photosynthèse et respiration, Il n'est pas bon pour la culture de rester longtemps sans être récoltée, à très haute concentration : cela peut même être une cause de mortalité pour elle (**Jordan, 1999**).

I.5.6 Séchage

Si on a aucun intention de consommer la spiruline fraiche ou on veut la conserver, il va falloir la sécher, ce qu'est une bonne façon de conserver la spiruline sur une longue période (**Jordan, 1999**).

I.6 Renouveaulement du milieu de culture

Le milieu de culture doit rester peu coloré et peu trouble pour assurer un bon développement de cette algue

Normalement les bactéries et le zooplancton rechargent de la minéralisation et du recyclage des déchets biologiques mais il peut arriver que la production de déchets dépasse leur élimination (surtout dans les bassins à productivité poussée ;et /ou pour des hauteurs de liquide faibles) ; il se peut aussi quel milieu s'épuise en oligoélément ou que la salinité ait tendance à devenir trop élevée (en cas d'alimentation carbone sous forme de milieu de culture ou pratiquer une purge (**JOURDAN ;1999**)).

I.7 Aspect nutritionnel

Dépourvue de paroi cellulosique, la spiruline est parfaitement digeste crue ou simplement séchée. C'est d'abord l'impressionnante teneur en protéine des spirulines, ainsi que leur vitesse de croissance, dans des milieux totalement minéraux, qui ont attiré l'attention des chercheurs. (**FALQUET, 1996**).

Tableau N°02 : le rôle et la teneur de composition nutritionnel dans la spiruline

Composition nutritionnel		Composition pour 10g	Rôle
Protéine (végétale)		55 à 70%	construction des corps
Glucide		15à25%	Apporte de l'énergie à l'organisme
Lipide		4à7%	Réserve énergétique fabrication hormones, bon fonctionnement de l'organisme
vitamine	B1	30%	Participe à l'équilibre du système nerveux, des muscles et du cerveau
	B2	30%	Lutte contre le vieillissement de la peau, rides, lésions oculaires
	B6	4%	Facilite la digestion et l'assimilation des aliments. Stimule le système immunitaire
	B12	1000%	Fatigue, circulation, croissance

I.7.1.Sels minéraux et oligo-éléments.

Tableau N°03: le rôle et la tenure de composition minéraux dans la spiruline&

Composition minérale	Composition pour 10 g	%	Rôle
Calcium	100 mg	10 %	Nécessaire à la formation des os et des dents, à la croissance et à la coagulation du sang, aux transmissions nerveuses, à la croissance et aux contractions musculaires
Fer	18 mg	100%	Essentiel à la formation de l'hémoglobine et au transport de l'oxygène dans le sang. Il accroît la résistance à la fatigue, aux infections et au stress
Magnésium	40 mg	20 %	Très important dans le fonctionnement des cellules, de l'influx nerveux, à la contraction et au développement des muscles, à la formation des anticorps
Phosphore	80 mg	8%	Stimule la croissance et la mémoire
Potassium	140 mg	5%	Rôle essentiel dans la perméabilité des membranes des cellules. Il régularise le rythme cardiaque et la tension artérielle, améliore les facultés mentales et oxygène le cerveau

I.8 Intérêt et utilisation

La spiruline est considérée comme un super-aliment en effet, la spiruline est une micro-algue extrêmement riche en protéines, fer, en bêta-carotène (30 fois plus que la carotte), vitamines, minéraux, oligoélément. Les gouvernements se penchent du plus en plus sur cette algue pour combattre la malnutrition dans le monde et les chercheurs sont de plus en plus actifs concernant les chercheurs anti- cancers de la spiruline, quoi qu'il en soit, la spiruline est une algue extrêmement riche et complète qui convient parfaitement au sportifs de haut niveau, ainsi qu'aux convalescents. (MR.GINSENG, 2012)

La spiruline est intéressante en tant qu'une source riche en substances anti oxydantes et anti radicaire tels que les caroténoïdes, les poly phénols, les vitamines, Acides gras, et les acides aminés elle est recommandée comme complément alimentaire pour lutter contre la malnutrition et les carence en acide gras essentiels ;vitamines Fer et l'iode . (UNICEF ,1996)

- ❖ La spiruline peut être consommée mélangée avec la farine ; le miel le sucre....
- ❖ Utiliser en cosmétique dans les peau-yeux-cheveux
- ❖ Action protectrice sur la peau
- ❖ Action protectrice sur les yeux
- ❖ Fortifie les angle
- ❖ Elle stimule la production de globules rouges et blancs
- ❖ Inhibe le virus du sida in-vitro
- ❖ Régule les fonctions intestinales et digestives, etc....
- ❖ Elle est recommandée dans les cas de malnutrition, anémies, empoisonnements, xérophtalmie, allergies , hypertensions , ainsi qu'en usages externes pour les maladies.

I.9Toxicité

Selon la thèse de Hélène CHRUCHO (2008, Spiruline : Bilan et perspectives), à l'issue des nombreuses études menées par des chercheurs spécialisés dans le domaine des cyanobactéries, il ressort que la spiruline (**genre *Arthrospira***) n'est pas toxique, contrairement à la plupart des autres cyanobactéries. Les autres cyanobactéries produisent en effet un grand nombre de métabolites bioactifs, parmi lesquels figurent des toxines neurotoxines (anatoxine-A, β -N-méthylamino-L-alanine), hépatotoxines (microcystine) ou hématoxines, responsables de cas d'empoisonnements humain ou animal. Mais, le genre *Arthrospira* ne possédant pas les gènes assurant la synthèse de ces toxines, la spiruline destinée à l'alimentation humaine, après des analyses poussées, a été autorisée à la vente depuis de nombreuses années dans les pays industrialisés. En principe, les espèces toxiques de cyanobactéries (*Oscillatoria agardhii*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon flos-aquae*...) vivent plutôt dans des habitats aquatiques dulcicoles ou marins et le milieu très alcalin dans lequel pousse la spiruline ne leur est pas favorable. Néanmoins, la possibilité d'une contamination des spirulines par ces algues n'est pas écartée.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Approche méthodologique

Les tentatives de production de spiruline introduite conjointement par Mr Hiri et les services de la Direction de la pêche et des ressources halieutiques d'Ouargla en Octobre 2006 ont donné des résultats satisfaisants avec récolte et consommation. Mais cette expérience in situ n'a duré que quelques mois. La déperdition de ces cultures semble liée à la conduite de la culture (**Figure N°03**)

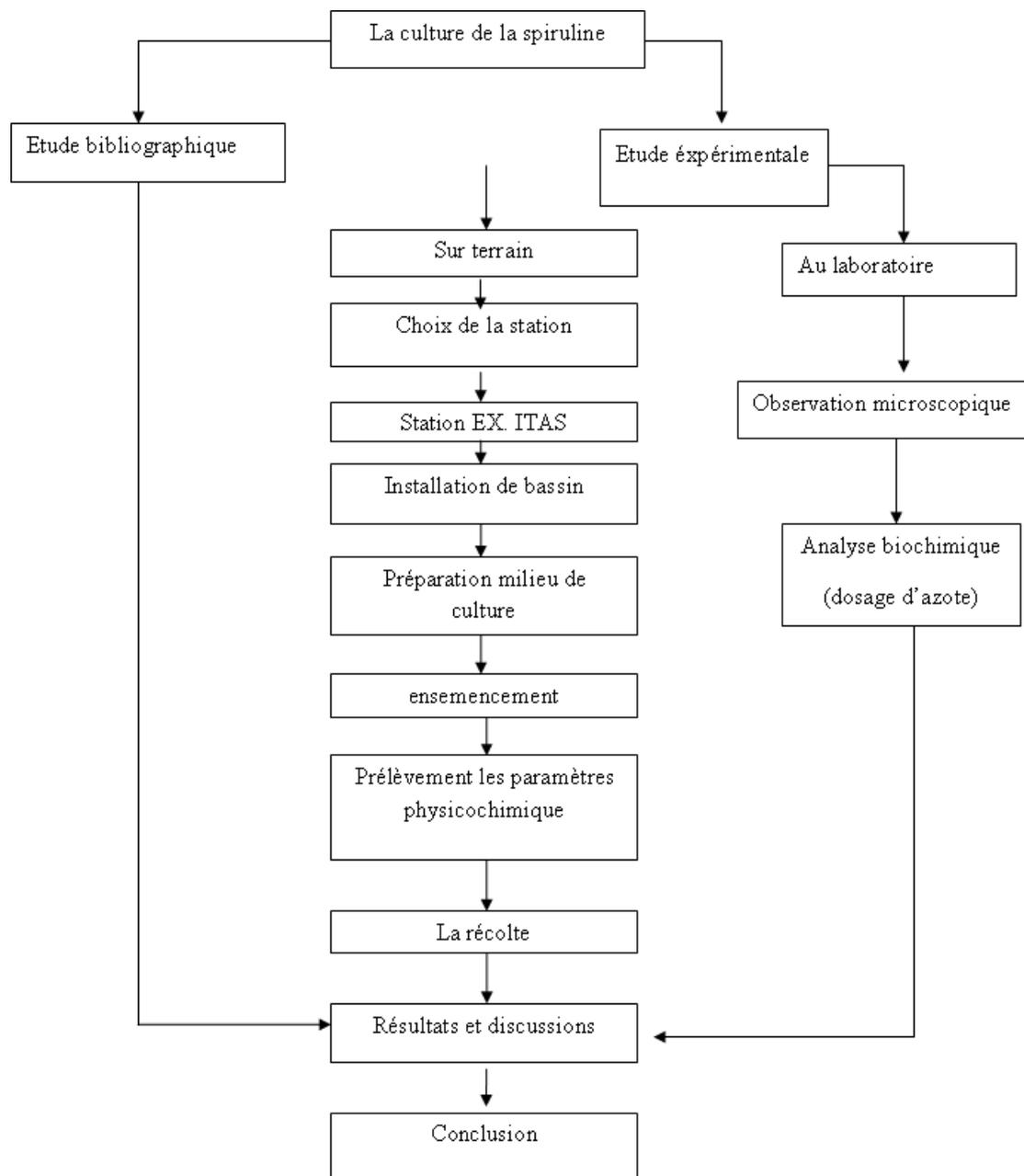


Figure N° 03 : Méthodologie du travail

II.2 Station d'étude

On a réalisé notre travail expérimental au niveau de l'exploitation de l'Université Kasdi Merbah, Ouargla (Ex. ITAS)

II.2.1 Présentation de la station expérimentale.

L'exploitation agricole de l'université de Ouargla (ex : I.T.A.S) à été crée en 1959, par le service colonial pour la mise en valeur, Elle est située au sud-ouest de Ouargla.

En 1979, l'exploitation a été confiée à l'Institut Technologique d'Agriculture Saharienne (I.T.A.S). Le périmètre couvre une superficie de 32 hectares, dont les 16 hectares sont aménagée et répartie en quatre secteurs à savoir : secteur A. secteur B. secteur C. et secteur .D. Et le reste à savoir secteurs E. F. G. et H. correspondant à l'extension se trouve inexploité. Le nombre théorique de palmiers 1760 le nombre réel est de 1320. Ses coordonnées sont les suivantes

- Latitude : $31^{\circ},57'$ Nord.
- longitude : $5^{\circ},20'$ Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 134.0 m

La choix de cette station relie à la présence d'une bonne condition qui adapte la production de spiruline

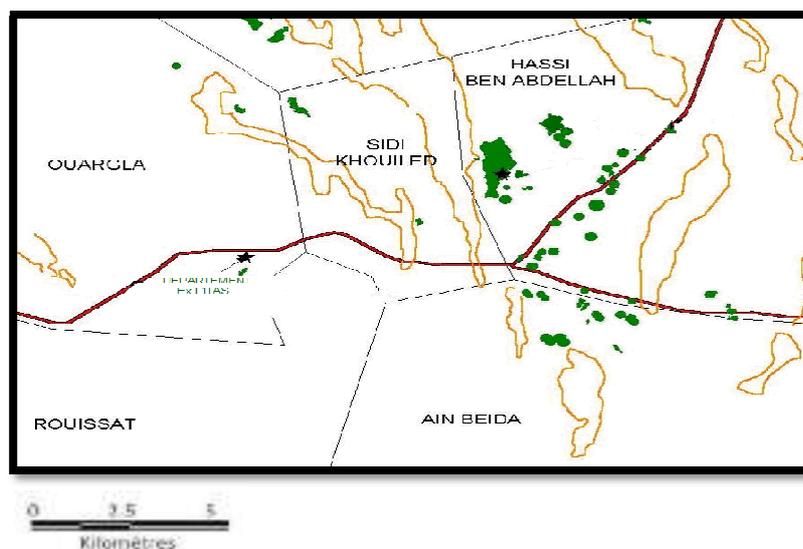


Figure 4 : Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla

II.3 Type de la souche de spirulines utilisées

La souche de la spiruline utilisée dans notre travail est *Arthrospira platensis* type M2 est remise par Monsieur SAGGAI A. enseignant chercheur à la faculté des science de la vie et de la nature, université Kasdi Merbah. Cette souche est originaire de la région de Tamanrasset.

II.4 La qualité de l'eau utilisée

L'eau utilisée pour notre expérimentation est une eau pompée d'un forage Miopliocène. Les résultat d'analyse de la qualité de l'eau sont présenté par le tableau suivant :

Tableau N°04 : Résultats d'analyse d'eau de forage Nibua Y. (2010)

Paraméter Type d'eau	CE à 25 C ⁰ (ds /m)	pH	Les anions (meq/l)			Les cations (meq/l)			
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Forage Miopliocène	5.3	7.3	0.5	20.5	21.6	26.3	1.1	8.0	22.9

II.5 Matériel utilisé

II.5.1 Matériel sur terrain

- Bassin de culture (longueur, 4m. largeur, 150Cm. hauteur 50 Cm)
- Pompe d'aquarium et lompe 45W
- Plastique pour la couverture
- Chauffage
- Bâche à eau (1000 litre)
- conductivimètre portable WTW. Muni d'une électrode combinée. mesuré les paramètres suivant (pH, CE , T⁰ de milieu de culture, oxygène, salinité)

II.5.2 Matériel biologique et chimique

- La souche de spiruline (6litre)
- Milieu de culture (milieu SAGGAI, 2008)
- Azote, Phosphore et potassium (N,P,K)

II.5.3 Matériel de laboratoire

- Balance électronique
- Thermomètre
- Microscope optique
- Papier aluminium
- Lames et lamelles
- mortier

II.6 Méthode d'étude

II.6.1. Dispositif expérimental

Pour réaliser ce travail on a installé un bassin de culture d'une longueur de **4 m**, **une largeur de 1,50 m et une hauteur de 0,5 m**, le bassin est installé dans une serre, un abris confectionner spécialement pour la protection de notre culture contre les intempéries. Le dispositif est installé sous palmier dans l'espace intercalaire. Le dispositif expérimental est réalisé le 11 décembre (**Photo N°1**)

- Remplir le bassin a1000 litre d'eau de forage de L'ITAS (Miopliocène)
- Préparer milieu de culture (**milieu A, SAGGAI, 2008**)
- Ensemencement (6 litre de culture)
- conditionnement de la serre :

-Assuré un éclairage pendant nuit

-Installation pompe à aquarium immergée dans le bassin pour une bonne circulation de l'aire

-Fermé bien la serre et contrôle tous les paramètres pour obtenir une bonne culture de spiruline.



Photo N°01: Dispositif expérimentale

II.6.2 Préparations du milieu de culture

Le milieu de culture retenu est celui de SEGGAI (2008). Le choix de ce milieu (**tableau N°5**) est effectué de fait que ce milieu est le plus convenable pour la culture de la spiruline dans la région de Ouargla.

Tableau N°05: Composition chimique du milieu de culture (SAGGAI, 2008)

Elément	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	FeSO_4	K_2SO_2	NaHCO_3	Natron
g/l d'eau	0.2	0.05	0.1	04	08

II.6.3 Ensemencement

L'ensemencement de bassin à été réalisé avec 6 litre plus le nutriment de milieu (SAGGAI, 2008)



Photo N°02 : L'ensemencement

II.6.4 Condition de culture

a. Agitation

On utilise une pompe à aquarium immergé pour une bonne circulation de l'air, tout en évitant d'abimer les cellules. Parfois, on réalise une agitation manuellement (photo N°3)



Photo N°3 : Agitation manuelle

b. Eclairage

L'énergie lumineuse en nuit pour les cultures est fournie par un lompe de 45W

II.6.5 Etude de la conduite de la culture et la production de la spiruline**II.6.5.1. Etude de l'évolution des paramètres physico-chimiques**

Le suivi est réalisé par des mesures de la température, le pH, l'oxygène et la salinité trois fois par jour (**matin, midi, après midi**).

Le suivi des paramètres physico-chimiques, température de l'eau , salinité, pH et l'oxygène sont mesurés avec un conductivimètre portable WTW. Muni d'une électrode combinée.

II.6.5.2 Etude de caractérisation de la spiruline**a. Etude morphologique**

La forme et la couleur de la Spiruline varient en fonction du caractère physique et chimique du milieu environnant dans lequel vit la Spiruline. Le Suivi de la morphologie L'observation est réalisée par un microscope optique

b. dosage de protéine

On a déterminé la teneur en protéines, un critère important d'appréciation de la qualité nutritionnelle de la spiruline.

Le dosage de protéine est réalisé par la méthode de Kjeldahl (ISO, 1997). Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. Le sulfate d'ammonium obtenu est distillé sous forme d'ammoniac et dosé après déplacement, en milieu alcalin. La teneur en protéines calculée en multipliant le taux d'azote total (N%) par le coefficient de 6.25.

II.6.6 Récoltes

Consiste à sécher la récolte par le séchage solaire, puis la biomasse est pesée à l'aide d'une balance électronique.



Photo N°04 : la récolte de spiruline

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Résultats des mesures des paramètres physico-chimiques

III.1.1. pH

D'après les résultats du pH mesuré au niveau du bassin et après ensemencement on observe une évolution du pH pendant les deux mois, janvier et février (**Figure 5**).

- Pour le mois de janvier la valeur maximale est de **9.63** et minimale de **8.50**
- Pour le mois de février la valeur maximale est de **10.47** et minimale de **8.98**

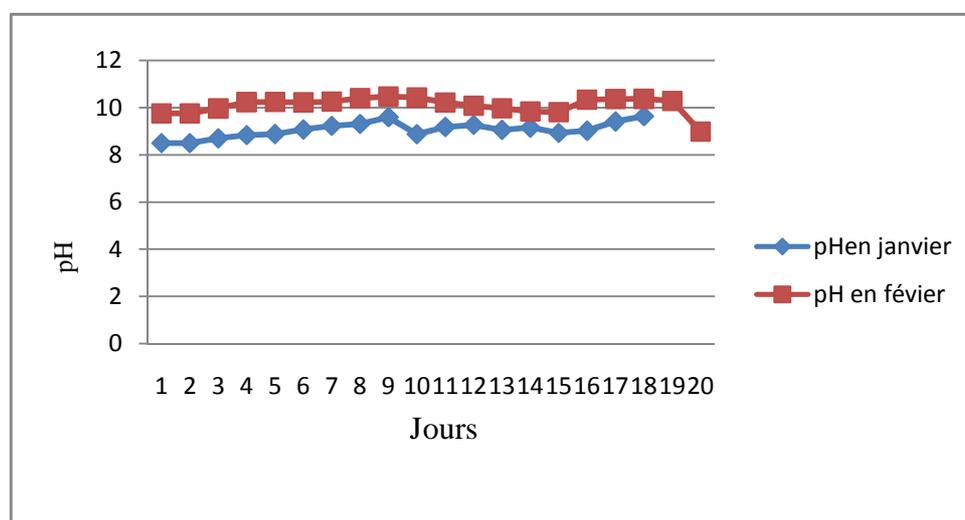


Figure N°5 : évolution le pH dans le moins janvier et février

III.1.2 Conductivité électrique (CE)

D'après les résultats de la CE mesurée au niveau du bassin et après ensemencement on observe une évolution de la CE pendant les deux mois, janvier et février (**figure 6**).

- Pour le mois de janvier la valeur maximale est de **12.71ds/m** et minimale de **10.81ds/m**
- Pour le mois de février la valeur maximale est de **12.69ds/m** et minimale de **12.57ds/m**.

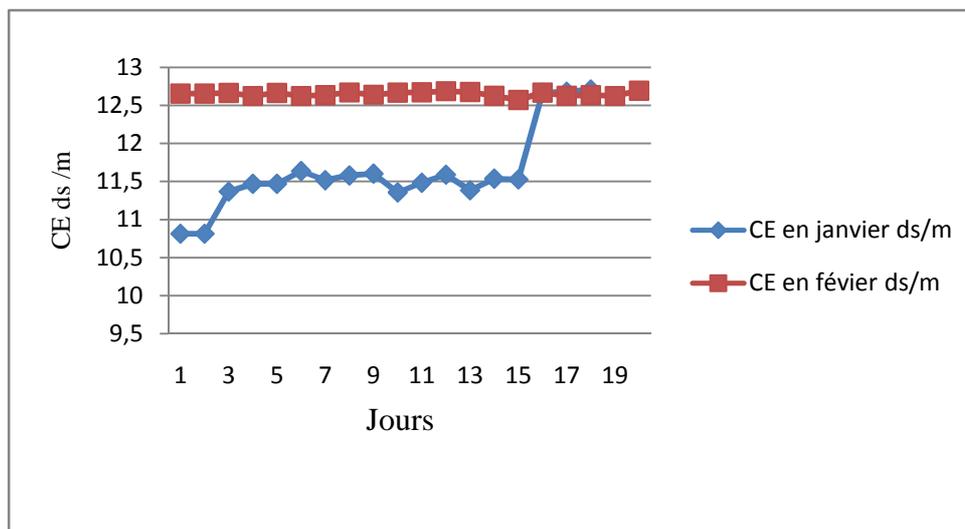


Figure N°6 : Evolution de CE durant les mois janvier et février

III.1.3 Température

les résultats au niveau de bassin après ensemencement on observe évolution de la température dans deux mois janvier et février. Les valeurs moyennes de la température de milieu de culture étaient (fig 7).

-Pour le mois janvier la valeur maximale est de 17.75°C et minimale de **15.86°C**

-Pour mois février la valeur maximale est de 19.37°C et minimale de **15.87°C**
Les valeurs moyennes de la température de la serre étaient (fig8).

-Pour le mois janvier la valeur maximale est de 23.66°C et minimale de **18 °C**

-Pour le mois février la valeur maximale est de 26.66°C et minimale de **20.66 °C**

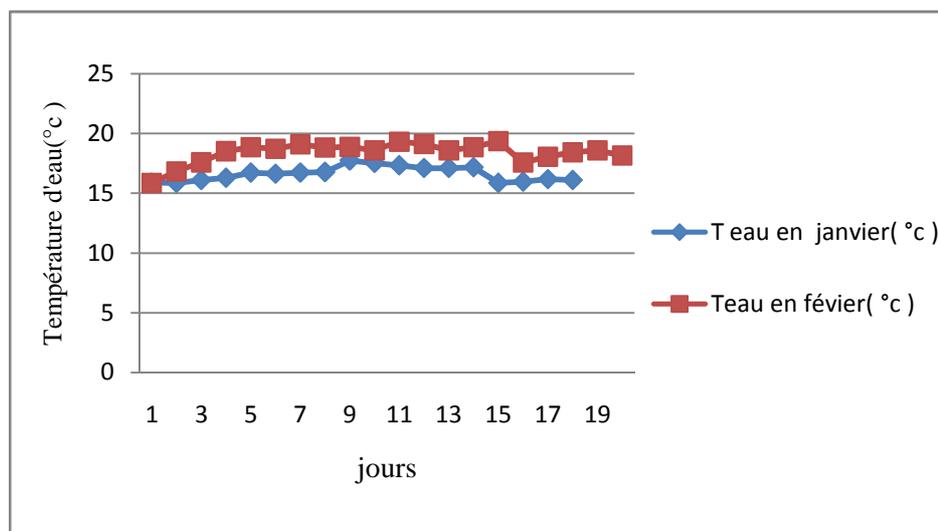


Figure N°7 : Evolution de la température d'eau durant les mois janvier et février

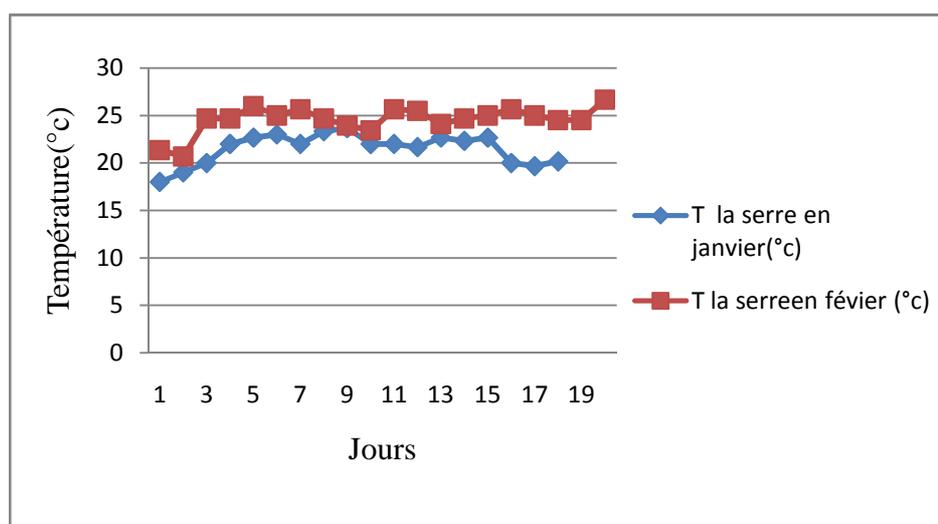


Figure N°8 : Evolution de la température de la serre durant les mois de janvier et février

III.1.4 Oxygène

Les résultats aux niveaux de bassin après ensemencement on observe évolution d'Oxygène dans deux mois janvier et février Les valeurs moyennes d'oxygène de milieu de culture étaient (fig.9).

- Pour le mois janvier la valeur maximale est de **21.83%** et minimale de **0.06%**
- Pour le mois février la valeur maximale est de **60.90%** et minimale de **24.23%**

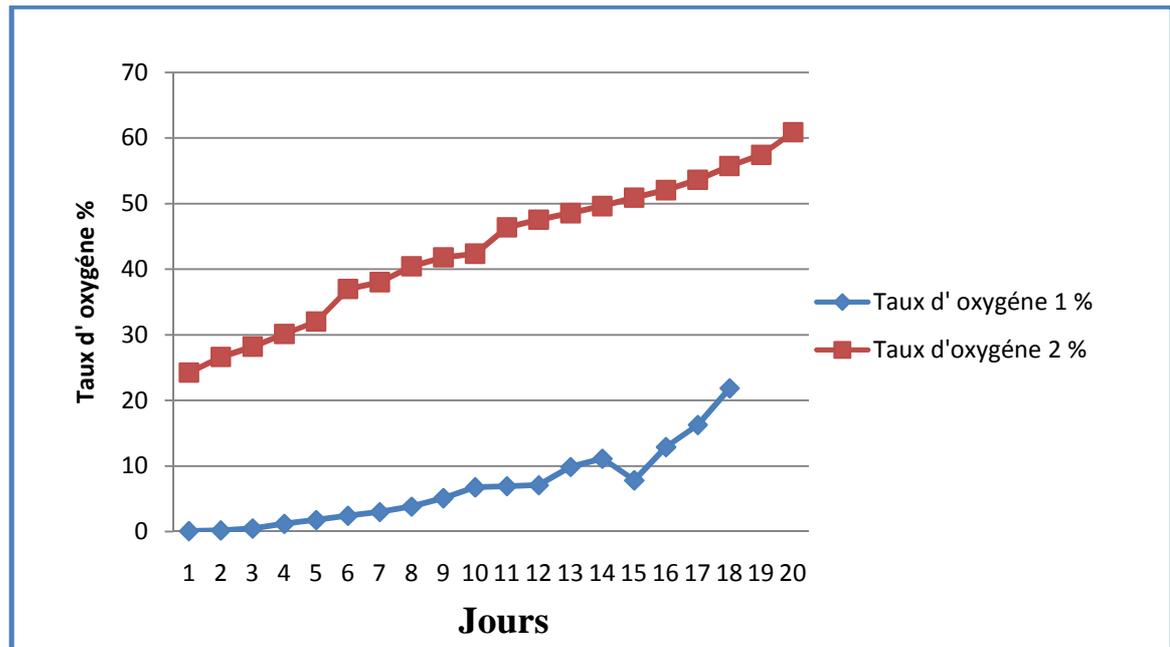


FIGURE N9 Evolution de taux d'oxygène durant les mois de janvier et février

III.1.5 Salinité

les résultats aux niveaux de bassin après ensemencement on observe évolution de la salinité dans deux mois janvier et février. Les valeurs moyennes de la salinité de milieu de culture étaient (**fig10**).

- Pour le mois janvier la valeur maximale est de **7.52 g/l** et minimale de **6.68g/l**
- Pour le mois février la valeur maximale **7.63 g/l** est de et minimale de **7.35 g/l**

A partir le primaire jour L'augmentation progressivement de la salinité dans le mois janvier est de 6.72 à 7.48g/l (**fig.10**) et le mois février est de 7.32à7.52 g/l (**fig.10**).

Après le 9 jour On observé les valeurs de salinité est constate dans le mois janvier et février

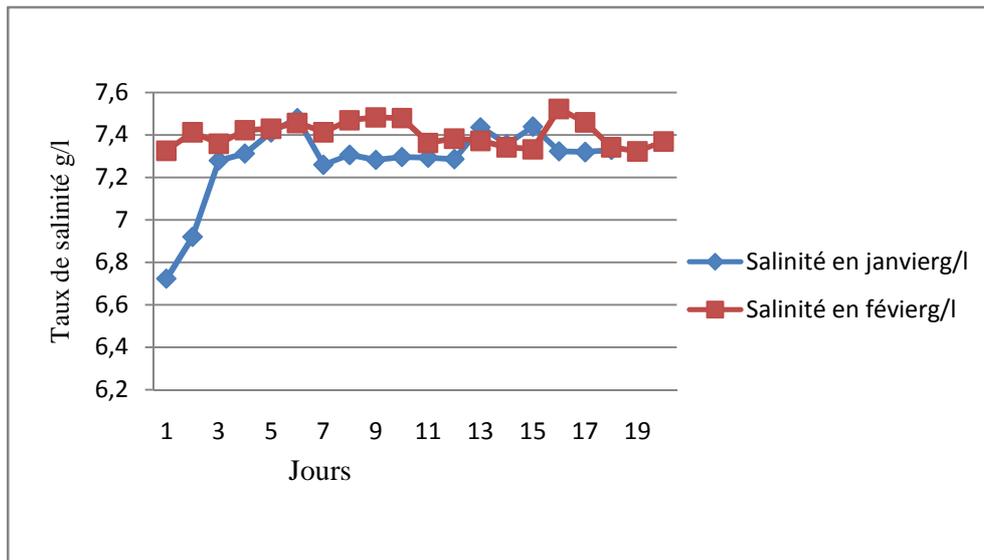


Figure N°10 : Evolution de taux de salinité durant les mois de janvier et février

III.2. Résultats Morphologiques et changement de couleur

Au laboratoire l'observation microscopique au cours de la période de l'expérience nous a permis de surveiller la morphologie et les caractérisations de la spiruline (**changement des colures, la taille et la forme**) les caractérisations ci-dessous exprime aucun changement de couleur

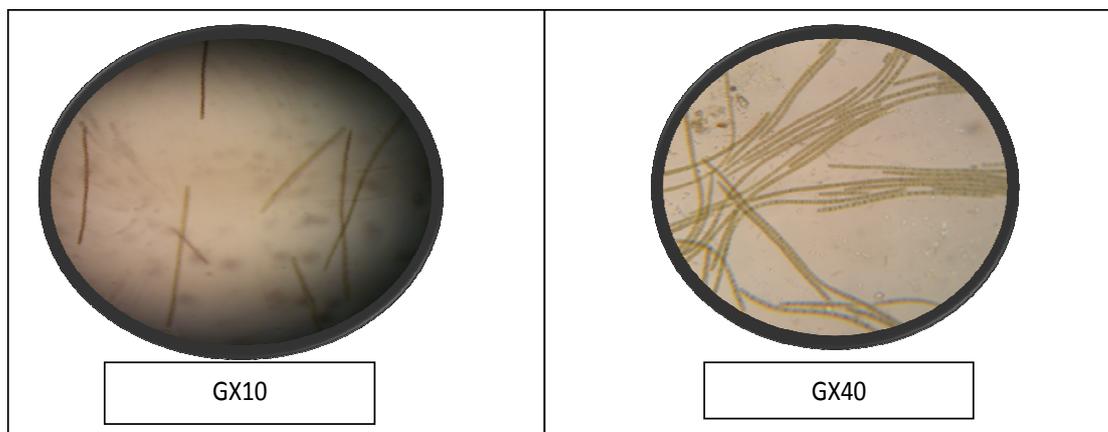


Figure N11 : Observation microscopique de la spiruline

III.3 Résultats quantitatifs

Généralement plus élevée en le soir, mais aussi pour d'autres raisons (chaleur nécessité de mettre la récolte à sécher dès que possible .

On a réalisé 03 récoltes, une récolte par semaine durant la période d'expérimentation, (5/3/2015).

On obtient une récolte Moyenne ou une productivité exprimée en poids sec de spiruline par litre et par Jour, qui était (tab 06, Fig.12)

TABLEAU N°06 : Productivité en poids sec de spiruline par litre et par jour

Semaine	poids spiruline g/l/j
7	51,9
14	44,54
21	28,09

On observe l'alternance de l'augmentation et la diminution de la productivité.

La productivité exprimée en biomasse de spiruline par litre.

La production maximale est observée en 2^{ème} semaine avec 44.54g/l/j

et minimale 3^{ème} semaine avec 28.09g/l/j (tabl 06.)

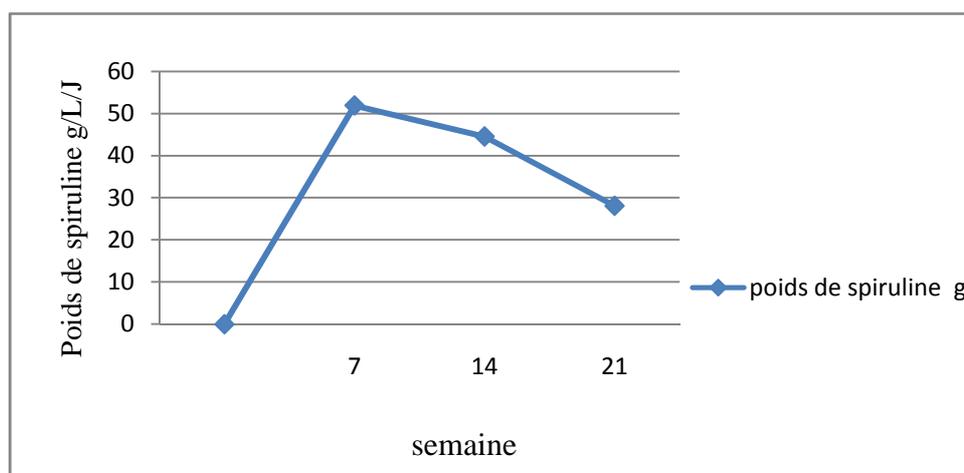


Figure N°12 : Evolution de la production de la spiruline a fonction de la récolte

III.4. Résultats Qualitatifs

Les biomasses de Spiruline analysées ont été récoltées le 05 mars 2015, une Température moyenne dans milieu avec 25°C avec un pH et une salinité mentionnée Dans le tableau ci-dessous:

Tableau. N°7: Les paramètres physico-chimiques durant la récolte de biomasses analysées

la date	pH	CE ds/m	T eau °C	T serre °C	taux d'oxygène(%)	salinité (g/l)
05/03/2015	9,95	12,97	16	25	52,03	7,54

Le principe de cette méthode, tirée de la méthode de Kjeldahl ; est basé sur une minéralisation de l'échantillon suivi d'une distillation et d'un titrage de l'ammoniac. La teneur en protéines se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un facteur de conversion.

Son exceptionnelle richesse en protéines, (60 à 70% de son poids sec) soit le double des teneurs connues chez les meilleures sources de protéines végétales. Les protéines de par leur teneur en acides aminés essentiels et leur bonne digestibilité sont d'excellente qualité.

La teneur en protéine est trouver de 43.5 %, cette valeur apparait inférieur au résultat de (JOURDAN,1999) , cité bibliographie ,où la valeur est entre 60 et 70% de son poids sec . Ce différent expliqué par l'influence de la différence dans les méthodes de culture, récolte, et conservation des échantillons (FALQUET,2006) trouver

III.5. Discussions les Résultats

Bien que la spiruline est un organisme vivant en milieu alcalin. Les valeurs de pH plus élevés obtenus dans l'expérience étaient de **10.47** pour mois février cette valeur de pH est avérés nocive pour la culture car il est supérieure de **10.30 (Richmond et al. 1980)**.

La détermination du pH peut être utilisée comme un indicateur de l'activité de

Photosynthèse.

On observe augmentation du pH progressivement durant le mois janvier et février (**fig.5**) mais après le 17^{ème} jour la valeur de pH diminue (**fig.5**). PH augmenté à la valeur (10.30) lorsque le milieu contient bicarbonate est la source d'alcalinité, il est donc augmentation du pH le fait que la spiruline prospère en milieu très alcalin présente deux avantages majeurs :

- meilleure absorption du gaz carbonique de l'air.
- protection contre les contaminations.

Le pH qui diminue peut être corrélée à la consommation de source de carbone c'est la nourriture principale de la spiruline. Et une inhibition de la photosynthèse (dépigmentation) ; cette inhibition induit à l'arrêt de croissance de spiruline dans milieu l'abaissement du pH s'explique par l'absence des nitrates ou des phosphates dans le milieu, le manque de ces éléments induit à la formation des grumeaux jaunes qui explique l'inhibition de la photosynthèse des substances vertes.

La spiruline est un micro-organisme thermophile à une température de croissance optimale de 35 à 37 °C **D'après Richmond (1986)**, la température est facteur influence sur la croissance de la spiruline.

la température initial dans la serre diminue dans le premier jour est d'environ 18°C (**fig. 7**) dans le mois janvier mais après le 19^{ème} jour on observé l'augmentation la température 30°C(**fig.7**) dans le mois février donc elle était basse par rapport à l'optimum de 35°C pour la bonne croissance de la Spiruline, mais largement supérieure à la limite inférieure de tolérance (20°C) de cet organisme (**Jordan, 1999**).

Les régions sahariennes à forte température avec un ensoleillement généreux et un faible pluviomètre ce bénéficient de conditions climatiques favorables pour la production de spiruline.

L'oxygène peut être considéré comme un poison pour la spiruline quand il est en forte sursaturation pendant la photosynthèse active, ce n'est pas le cas en l'absence de lumière puisque la spiruline a alors besoin d'oxygène pour respirer, comme les autres microorganismes aérobies présents. La teneur en oxygène du milieu de culture en équilibre avec l'air atmosphérique.

L'oxygène initial est de 0.06% qui augmentation vers de 21.83% (**fig.8**) dans mois janvier mais dans le mois février on observe taux d'oxygène qui augmentation vers de 60.9% (**fig.8**) à partir le 20 jour.

La période de photosynthèse active la teneur en oxygène du milieu de culture peut largement dépasser la saturation et monter à plus de 60%. Mais la respiration de la spiruline consomme 1,2 g d'oxygène par g de spiruline "brûlée" soit facilement 3 g d'oxygène/m²/nuit, et de l'oxygène est aussi consommé par les autres microorganismes, surtout si le milieu contient du sucre et d'autres produits Biodégradables; de la sorte le taux d'oxygène dans le milieu chute rapidement après L'arrêt de la photosynthèse, surtout si la concentration en spiruline est élevée.

La salinité des milieux de culture favorise la croissance de la spiruline.

La salinité complémentaire est apportée par les différents engrais et du sel pour utiliser n'en contenant pas pour éviter un excès de boues de sel minéraux insoluble

La lumière, qui constitue la source d'énergie primaire des microalgues en conditions photo autotrophes, est bien évidemment un facteur déterminant de la productivité du système.

pour la morphologie de spiruline La dominance de la forme droite para port a les formes de fragmentées et spiralées, Une culture contenant beaucoup de Spiruline cassée en petits fragments peut être due à un excès de lumière ou à une agitation trop brutale, ou encore à un manque de Potassium (**Jarisoia, 2005**)

Conclusion générale

Nos travaux ont été organisés suivant une démarche scientifique sur les données bibliographiques et l'expérimentation sur terrain et au laboratoire. Les étapes sont résumées comme suite :

- Le choix de station ITAS pour la mise en place le bassin de culture
- Préparations de milieu de culture à base sur les éléments chimiques suivantes $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, FeSO_4 , K_2SO_4 , NaHCO_3 , Natron
- Etude de la conduite de la culture et la production de la spiruline
- Etude de qualité nutritionnelle

L'étude que nous avons réalisée sur la conduite de la culture de la spiruline puis la production de la spiruline (*Arthrospira .Sp*) s'intégrera dans le cadre de nos travaux de recherche ayant pour objet de maîtriser les effets des paramètres physico-chimiques (pH, salinité, température, taux d'oxygène) pour développer une culture de spiruline.

Le paramètre fondamental qui contribue à constituer le climat est la température, les résultats de nos travaux nous permettent de dire ce qui suit :

Le climat froid (température basse) dans la période d'hiver provoque longtemps le retard de la croissance de la spiruline.

Le handicap d'un climat trop froid peut être compensé artificiellement, comme pour tous les végétaux. La construction de bassins sous serre peut être d'autant plus intéressante que cet abri constitue non seulement une protection contre le froid, l'évaporation, les insectes et les poussières mais aussi contre les pluies diluviennes, comme les orages, qui peuvent faire déborder les bassins et donc provoquer une perte, ou au moins une dilution du milieu de culture.

Pour la conduite de bassins de culture il faut respecter quelques règles pas toujours évidentes:

ni en un lieu inondable, ni près d'une route ou d'une industrie (pollution). A l'abri des curieux, souvent ignorants et pas toujours bien intentionnés.

Conclusion générale

Un terrain plat facilitera le travail, de même que la proximité de l'eau, etc. Il vaut la peine de réfléchir avant de décider.

Un bassin sous abri suffisamment étanche présente l'avantage de pouvoir être alimenté en gaz carbonique provenant de la combustion de gaz ou d'une fermentation (compost) grâce à son atmosphère contrôlable.

Une serre nombrable et arable est idéale en tous climats car elle permet un contrôle maximum tant de la température, de la lumière, de la pluie et de l'évaporation que des insectes et autres animaux, poussières, feuilles mortes ; elle est la protection la plus efficace pour réduire le plus possible la consommation d'eau en climat aride.

À marche sans renouvellement du milieu de culture pendant plusieurs années doit être possible si les oligo-éléments sont régulièrement apportés, et si la productivité n'est pas excessive par rapport à la profondeur de culture (la profondeur exprimée en cm doit être au moins le quadruple de la productivité moyenne exprimée en g/l/j) et de préférence si l'agitation est maintenue la nuit pour améliorer l'oxygénation. Dans la pratique cependant un certain taux de renouvellement du milieu aide à maintenir négligeable la concentration en contaminant éventuels (chimiques ou biologiques) et à assurer l'alimentation en Oligo éléments (par les traces contenues dans l'eau d'appoint ou les sels).

Le pH doit être d'au moins 9 : s'il est trop bas la culture risque de mal démarrer, avec formation de Grumeaux ou précipitation de la spiruline au fond. Le natron ou le mélange carbonate + bicarbonate, ou l'eau de cendre carbonatée sont donc bien adaptés à ce cas.

Pour implanter une culture de spiruline dans un site qui en est dépourvu, ou pour redémarrer avec une nouvelle souche, il n'est généralement pas possible de disposer d'une grande quantité de culture pour ensemer. Fréquemment on ne dispose que d'un flacon avec capacité 6litre dans bassin 1000litre avec volume rempli à moitié seulement (pour maintenir assez d'oxygène). La conclusion que nous pouvons tirer de notre expérience sur la culture de la spiruline :

1) Une culture peut mourir suite à une dilution, un éclairage ou un chauffage trop fort ou un excès d'urée.

2) L'augmentation de niveau d'un bassin doit se faire par ajout de milieu de culture. L'ajout directement dans le bassin des sels non dissouts peut être très dangereux pour la culture.

3) Si on prépare d'avance une réserve de milieu de culture de dilution, la garder peu de temps et fermée et à l'obscurité pour qu'elle ne risque pas de se contaminer par des algues étrangères.

4) La vitesse de croissance dépend de plusieurs facteurs dont le pH. Elle est maximum à pH inférieur à 10, donc on a intérêt à utiliser du bicarbonate pour démarrer rapidement une nouvelle culture.

5) En l'absence de récoltes, avec suffisamment de nutriments, la concentration en spiruline croît jusqu'à l'équilibre entre photosynthèse et respiration, correspondant à environ 124.53 g de spiruline/L/j de bassin. Il n'est pas bon pour la culture de rester longtemps sans être récoltée, à très haute concentration : cela peut même être une cause de mortalité pour elle

La spiruline ne remplace pas les aliments caloriques tels que le manioc, le riz, le blé, la pomme de terre ou le maïs, mais c'est un ingrédient idéal de la sauce protéinée qui obtient le résultat dans notre expérience sur de taux de protéinée environ 43,5% donc notre culture moyennement riche en protéine.

A la lumière des résultats obtenus, on peut dire que cet essai nous a permis de faire ressortir ce qui suit :

- La présence de lumière, une bonne agitation et un pH stable alcalin favorisent la croissance et pigmentation.
- Pour une bonne vitesse de croissance de la spiruline il faut garder une T°C de milieu de culture supérieure à 22°C et inférieure à 37°C
- la couverture de bassin de culture par une bâche en plastique permet de maintenir la température et favorise la croissance de la spiruline
- En fin, à la présence de tous les conditions favorable pour la croissance de spiruline, le lancement de l'algoculture est facile à réaliser, sa technique et sa mise en place dans le sud d'Algérie, particulièrement dans la région d'Ouargla.

Liste bibliographique

-BAGNOULS,F.,et Henri GASSEN,(1957) : les climat biologiques et leur classification Annales de géographie , 66° année .N°-335 ;193-220

-BALLONI W., Tomasselli S., Giovannetti and Margheri M. C. (1980) Biologia fondamentale del genera *Spirulina*, p. 49-85 in Materassi R. (ed) Prospective della coltura di *Spirulina* in Italia. Consilio Nazionale delle Ricerche, Rome.

-BOUDOUDA,DJ.AI Hamada,SI;(2009) contribution de la culture de la spiruline (Arthrospira .Sp)par l'utilisation d'un milieu à base de bicarbonate de soude eau de robinet,p48

-BRUNO DE REVIERS, 2003-Biologie et phycologie des algue ; tome I,2^{eme} édition ,belin 255P.

-CIFERRI.O., 1983. Spirulina, the edible microorganism. *Microbiol. Rev.* 47(4), 551-578.

-CRUCHOT H., 2008. La Spiruline, Bilan et Perspective. Thèse docteur en pharmacie. Université de France-Comite.

-DJAGHOUBI,A .(2013) Impact de la salinité des eaux de la région de Ouargla sur le comportement de Spiruline "*Arthrospiraplatensis*"p 38

-DURAND-CHASTEL H. ,(1993) La Spiruline, algue de vie. *Bull. Inst. Océanog.* Monaco, n° special 12 : 7-11

-FALQUET.,2006- Spiruline aspects nutritionnels Genève 41P

-FALQUET J, VON DER WEID D. (2004) Spiruline et malnutrition Arch Pediatr. 11(5):465

-FALQUET.,2000- un module d'apprentissage pour la production de spiruline,
document Antenna technologie,P15

-FALQUET,1996- spirulina :Aspects nutritionnels,document Antenna technologie
Genève

-FARRAR, (1996)-Techcuitlat, A Glimpse of AZTEC food Technology

-FAURIE c.,FERRA ch.,MEDORI p.,DEVAUXJ., (1998)- Ecologie- Approche
Scientifique et pratique . Ed.J-B. Bailliere.Paris

-FOX R, PAGNON Y, WEBER B. (2004) Spiruline et malnutrition Arch Pediatr.
11(5):465-6

-FOX R. (2004 B) Nouvelles utilisations de la spiruline Compte-rendu du Colloque
international : CSSD « Les Cyanobactéries pour la Santé, la Science et
le Développement » Les Embiez, 2004

-FOX ,1999- spiruline, Technologie pratique et promesse – France, 240p

-FOX R.D., 1999.*Spiruline Technique, pratique et promesse.* EDISUD, Aix-en-
Provence. p 246.

-FOX R.D. (1996) "Spirulina, production & potential", Edisud, Aix-en-Provence

-FOX R.D. (1986) "Algoculture: la spirulina, un espoir pour le monde de la faim",
Edisud, Aix-en-Provence

-GEITLER L. (1932) Cyanophyceae. In : Rabenhorst's Kryptogamenflora von
Deutschland,
Osterreich und der Schweiz. Kolkwits R.(Eds.) Leipzig Germany : Akademische
Verlagsgesellschaft. 14

-HALILAT. MT ; 1993 : Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zone Saharienne (région de Ouargla) Mémoire de Magister L.N.E.S-Batna -130p

-IDDER.T.IDDER.A .ETMENSOUS.M., 2011.Colloque International Usage Ecologiques, Economiques et sociaux de l'eau agricole en Méditerranée quels en jeux pour quels services ? les conséquences écologiques d'une gestion non résonnée des eau agricoles dans les oasis du Sahara algérien cas de l'Oasis de Ouargla Univ de provenance Marseille.

-ISO, 1997.,Aliments des animaux.Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes- Méthode kjeldahl. ISO 5983 , 9 pp.

-JARISOA T., 2005. Adaptation de spiruline du sud de Madagascar à la culture en eau de mer, Mise au point de structures de production à l'échelle villageoise. Thèse doctorat en Es Sciences en Océanologie Appliquée. Université de Toliara.

-JORDAN J P,2006. Cultivez votre spiruline : manuel de culture artisanal .Publication Antenna Technologies

-JORDAN ,1999- sugar as a source of carbon for spirulina (Arthrospira platensis) culture, international biotechnology,Inde, PPP58,96,97

-JOURDAN J.P. (1996) "Sugar as a source of carbon for spirulina (Arthrospira platensis) culture", International symposium on Cyanobacterial biotechnology", Bharathidasan University, Tiruchirapalli, Inde.

-JORDAN,1999- cultivez votre spiruline: Manuel de culture artisanale,Genève,PP85,63

-JOURDAN J.P. (1993) "Solarium spirulina farm in the Atacama desert (North Chile)", Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, N° spécial 12.

-JOURDAN J.P. (1993) "Survival type production of spirulina", 6th International conference on applied algology, Ceske Budejovice.

-MANEN J.-F. ET FALQUET J. "The *cpcB*--*cpcA* locus as a tool for the genetic characterization of the genus *Arthrospira* (Cyanobacteria): evidence for horizontal transfer " in *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* (2002), 52, 861-867

-NIBOUA Y (2010) Etude comparative de la salinité dans trois situations agricoles différentes.

-RAMADE F., (2003) – Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690 p.

-RAVELO V., (2001) Bioécologie, valorisation du gisement naturel de spiruline de Belalanda (Toliara, Sud-Ouest de Madagascar) et technologie de la culture. Thèse de Doctorat de 3e cycle en Océanologie Appliquée, Institut Halieutiques et des Sciences Richmond A, Vonshak A, Arad SM. 1980. Environmental limitations in outdoor production of algal biomass. In: Shelef G, Soeder CJ. eds. *Algae Biomass*, Amsterdam, Elsevier/North Holland Biomedical Press: pp. 65-72.

-RICHMOND A., (1988). *Spirulina*. In : Borowitzka M. A., Borowitzka L. J. (Eds), *Microalgal Biotech.* Cambridge University Press, Cambridge, pp 85-121. Marines Université de Toliara, Toliara Madagascar. 160 p.

-RICHMOND A., 1986. Microalgae of economic potentials. In Richmond, A. (ed.) *Handbook of algal mass culture*, CRC Press, Florida. pp. 199-243.

- ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975 : Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne). Edition département géographique. Paris. Sorbonne. 390 p.

- SALL, M, DANKOKO,B,BADAINÉ,M,EHUA E, KUAKUWI , N. (1999)**, la spiruline: une source alimentaire à promouvoir , Médecine d'Afrique noire ,Vol 46 ,N°3
- SEGGAI A, 2008.**Comptabilité des eaux des nappes de la région de Ouargla pour la culture de la Spiruline *Arthrospira platensis* (souche de Tamanrasset). Thèse de Magistère. Université de Ouargla.
- STANIER R. Y. (1974)** Division I, The Cyanobacteria. In: Bergey's manual of determinative bacteriology. Buchanan R. E and Gibbon N. E. p 22
- Statistique CUBIA(2000).** Projet de développement de la production de spirulines. Tractebel,Consult en Association avec le centre Universitaire de Biotechnologie Algale (CUBIA)
- TREDICI M. R., Papuzzo T., Tomaselli L. (1986)** Outdoor mass culture of *Spirulina maxima* in sea-water App. Microbiol. and Biotechnol, pp 47-50
- TOMASELLI ,L. (1997)** Morphology, Ultrastructure and Taxonomy of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* and *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. In *Spirulina platensis* (*Arthrospira*) Physiology, Cell-biology and biotechnology edited by Avigad Vonshak: 1-15
- UNICEF,(1996)-** Spiruline contre la mal nutrition Ann, Rep. PP. 49-51
- ZARROUK C., 1966.** Contribution à l'étude d'une cyanophycée influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et Gardner) Geitler. Thèse doctorat. Université de Paris.

Annexe

L'annexe N°01



La culture de la spiruline dans le bassin

L'annexe N°02



La récolte et le séchage de la spiruline

L'annexe N°03

la date	mois de janvier					
	pH	CE m/s	T la serre(c°)	T de l'eau (c°)	taux de salinité (g/l)	taux d'O ₂ %
6/01/2015	8,5	11,97	15	15,74	6,89	0
7/01/2015	8,51	11,97	16	15,7	6,89	0,1
8/01 /2015	8,73	12,51	18	15,8	7,2	0,3
11/01/2015	8,87	12,64	18	15,93	7,22	1,1
12/01/2015	8,8	12,7	20	15,99	7,37	1,4
13/01/2015	8,83	12,71	21	16,2	7,43	1,9
14/01/2015	9,19	12,58	16	16,17	7,26	0,4
15/01/2015	9,2	12,59	19	16,18	7,3	2,3
18/01/2015	9,63	12,63	22	17,96	7,28	4,2
19/01/2015	8,8	12,63	20	17,2	7,29	6,3
20/01/2015	9,17	12,62	19	17,34	7,29	6,32
21/01/2015	9,17	12,61	20	17,3	7,3	6,3
22/01/2015	9,17	12,63	22	17,36	7,55	10,3
25/01/2015	9,05	12,71	19	17,56	7,34	11,4
26/01/2015	8,77	12,67	20	15,5	7,44	7,4
27/01/2015	9,02	12,67	16	15,68	7,32	12,6
28/01/2015	9,66	12,7	16	15,64	7,33	16,3
29/01/2015	9,73	12,73	15	15,87	7,35	21,5

Tableau N°09: les paramètres physicochimiques dans le mois janvier et dans la période le matin

la date	mois de février					
	PH	CE ds/m	T la serre(c°)	T de l'eau(C°)	taux de salinité (g/l)	taux d'O ₂ %
1/02/2015	9,88	12,64	17	15,6	7,33	24,2
2/02/2015	9,85	12,68	19	16,2	7,42	26,4
3/02/2015	9,9	12,67	23	17	7,38	28,6
4/02/2015	10,12	12,63	25	18	7,48	30,4
5/02/2015	10,12	12,67	26	18,4	7,44	32,3
8/02/2015	10,23	12,63	24	18,2	7,48	37,2
9/02/2015	10,27	12,64	25	18,7	7,42	39
10/02/2015	10,41	12,67	22	18,3	7,48	40,3
11/02/2015	10,48	12,64	20	18,1	7,5	41,7
12/02/2015	10,44	12,67	20	18,3	7,48	42,3
15/02/2015	10,23	12,68	26	19,3	7,38	46,1
16/02/2015	10,12	12,7	25	19	7,4	47
17/02/2015	9,97	12,68	22	18,7	7,38	48,4
18/02/2015	9,89	12,63	24	18,4	7,36	49,3
19/02/2015	9,82	12,58	24	19,4	7,34	50,4
22/02/2015	10,45	12,69	25	17,52	7,52	52
23/02/2015	10,42	12,63	23	17,6	7,48	53,4
24/02/2015	10,43	12,63	22	17,8	7,35	55,4
25/02/2015	10,43	12,62	22	17,7	7,32	57
26/02/2015	8,9	12,72	25	18,03	7,38	60,01

Tableau N°10: les paramètres physicochimiques dans le mois février et dans la période le matin

la date	mois de janvier					
	pH	CE ds/m	T la serre (c°)	T de l'eau (c°)	Taux de salinité (g/l)	taux d'O ₂ %
6/01/2015	8,5	11,97	19	15,94	6,89	0,1
7/01/2015	8,5	11,97	19	15,9	6,89	0,1
8/01/2015	8,59	12,59	20	15,92	7,27	0,4
11/01/2015	8,78	12,68	25	16,31	7,3	1,2
12/01/2015	8,83	12,69	25	16,49	7,38	1,9
13/01/2015	8,9	12,7	25	16,53	7,5	2
14/01/2015	9	12,47	25	16,82	7,26	4,2
15/01/2015	9,23	12,65	26	16,93	7,34	4,4
18/01/2015	9,65	12,66	25	17,99	7,3	4,8
19/01/2015	9,01	12,61	24	17,85	7,31	7,9
20/01/2015	9,19	12,64	22	17,35	7,3	7,9
21/01/2015	9,19	12,7	23	17,33	7,29	7,6
22/01/2015	9,23	12,74	25	17,34	7,43	10,8
25/01/2015	9,23	12,71	25	17,35	7,38	11,6
26/01/2015	9	12,88	23	16,11	7,44	8
27/01/2015	9,04	12,68	24	16,68	7,34	13,7
28/01/2015	9,31	12,7	23	16,7	7,33	17,4
29/01/2015	9,66	12,73	23,5	16,22	7,33	22,7

Tableau N°11: les paramètres physicochimiques dans le mois janvier et dans la période le midi

la date	mois de février					
	PH	CE ds/m	T la serre(c°)	T de l'eau(C°)	taux de salinité (g/l)	taux deO ₂ %
1/02/2015	9,7	12,68	24	16,02	7,33	24,8
2/02/2015	9,79	12,64	22	17,4	7,42	27
3/02/2015	10,12	12,67	25	18,3	7,35	28,7
4/02/2015	10,3	12,63	26	19	7,39	31
5/02/2015 /02/2015	10,28	12,67	27	19,3	7,41	32,8
8/02/2015	10,22	12,62	26	19,3	7,46	37
9/02/2015	10,25	12,64	27	19,65	7,41	36,4
10/02/2015	10,4	12,67	26	19,2	7,46	41
11/02/2015	10,46	12,64	26	19,4	7,48	42
12/02/2015	10,43	12,67	25	19,1	7,48	42,5
15/02/2015	10,21	12,67	28	19,5	7,36	47
16/02/2015	10,09	12,68	26,5	19,4	7,4	48,1
17/02/2015	9,98	12,68	24	18,9	7,38	49
18/02/2015	9,8	12,63	27	19,2	7,35	50,2
19/02/2015	9,81	12,57	26	19,7	7,33	51,4
22/02/2015	10,3	12,67	27	18	7,53	54,2
23/02/2015	10,38	12,63	26	18,2	7,46	54,3
24/02/2015	10,39	12,64	26,5	19	7,34	56
25/02/2015	10,22	12,63	26	19,4	7,32	58
26/02/2015	9,1	12,68	30	18,37	7,36	61,5

Tableau N°12: les paramètres physicochimiques dans le mois février et dans la période le midi

la date	mois de janvier					
	pH	CE ds/m	T serre(c°)	T de l'eau (c°)	Taux de salinité (g/l)	taux d'O ₂ %
6/01/2015	8,5	8,5	20	15,98	6,39	0,1
7/01/2015	8,5	8,5	22	16	6,98	0,3
8/01/2015	9	9	22	16,61	7,37	0,7
11/01/2015	9,01	9,01	23	16,65	7,42	1,2
12/01/2015	9,02	9,02	23	17,72	7,49	2
13/01/2015	9,5	9,5	23	17,18	7,51	3,3
14/01/2015	9,5	9,5	25	17,22	7,26	4,3
15/01/2015	9,5	9,5	25	17,24	7,28	4,7
18/01/2015	9,52	9,52	24	17,3	7,27	6,3
19/01/2015	8,83	8,83	22	17,57	7,29	6
20/01/2015	9,19	9,19	25	17,32	7,29	6,5
21/01/2015	9,46	9,46	22	16,72	7,27	7,3
22/01/2015	8,78	8,78	21	16,64	7,33	8,4
25/01/2015	9,19	9,19	23	16,61	7,35	10,3
26/01/2015	9,03	9,03	25	16	7,44	8
27/01/2015	9,01	12,65	20	15,56	7,31	12,3
28/01/2015	9,28	12,64	20	16,2	7,3	15
29/01/2015	9,52	12,67	22	16,23	7,31	21,3

Tableau N°13: les paramètres physicochimiques dans le mois janvier et dans la période après midi

Résumé

Conduite de la culture et production de la spiruline sous abri en palmerai

Spiruline est situé sur la face de la terre depuis les temps anciens pousse naturellement dans les lacs salés et basale.

Dans le cadre de notre travail, nous avons étudié la production de spiruline sous les palmiers protégée investi dans l'exploitation des sciences de la nature et de la vie avec le suivi de l'évolution de la croissance au cours de l'hiver et au printemps, où nous prenons en compte les facteurs climatiques et physico-chimiques qui affectent directement leur croissance.

Malgré les différents facteurs climatiques particulièrement la température en hiver et au printemps, nous prenant évolution naturelle et la croissance de cette algue. Là où nous étions en mesure d'obtenir une biomasse de 125 g et la valeur nutritionnelle est estimé à 43,5% de la concentration en protéines.

Enfin, nous concluons que la spiruline a la capacité de croître malgré les différents facteurs climatiques si nous leur fournissons le centre agricole appropriée et que la base de carbonate de sodium et l'eau de puits et d'autres éléments chimiques qui leur fournissent les conditions de sa croissance.

Mots clés : spiruline, production, milieu de culture, éléments chimiques, biomasses.

Summary

Spirulina is located on the face of the earth since ancient times grows naturally in salt lakes and basement.

As part of our work, we studied the production of Spirulina protected under the palms invested in the Life Science and nature with monitoring the evolution of growth during the winter and spring where we take into account the climatic and physicochemical factors that directly affect their growth.

Despite the different climatic conditions particularly temperature in winter and spring, but that there was a natural evolution and growth of this alga. Where we were able to achieve a biomass of 125 g and nutritional value is estimated at 43.5% of the protein concentration.

In the latter we conclude that spirulina has the ability to grow despite the various climatic factors if we provide the appropriate agricultural center and the base of sodium carbonate and water and other chemicals that provide conditions growth.

Keys words: spirulina, production, middle of culture, chemical inputs.

ملخص

متابعة تطور نمو السبيرولينا مع انتاجها تحت محمية النخيل

السبيرولينا هو طحلب اخضر موجود على وجه الأرض منذ القدم ينمو بصفة طبيعية في البحيرات المالحة والقاعدية

في اطار عملنا قمنا بدراسة إنتاج السبيرولينا تحت محمية النخيل في مستثمرة كلية العلوم الطبيعية و الحياة مع تتبع تطور نموها خلال فصل الشتاء والربيع حيث أخذنا بعين الاعتبار العوامل المناخية و الفيزيوكيميائية التي تؤثر بصورة مباشرة على نموها .

على الرغم من اختلاف العوامل المناخية خاصة درجة الحرارة في فصلي الشتاء والربيع إلا انه كان هناك تطور و نمو طبيعي لهذا الطحلب حيث تمكنا من الحصول على كتلة إحيائية قدرها 125 غ وعلى قيمة غذائية تقدر ب 43.5% من تركيز البروتين.

وفي الأخير نستنتج إن للسبيرولين قدرة على النمو رغم اختلاف العوامل المناخية إذا وفرنا لها الوسط الزراعي المناسب والذي أساسه بكتريونات الصوديوم وماء البئر وعناصر كيميائية أخرى توفر لها شروط نموها.

الكلمات الدالة: السبيرولينا،العوامل المناخية والفيزيوكيميائية،الكتلة الإحيائية،بيكاربونات الصوديوم .