



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence ..... / 2021

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

---

Présenté et soutenu par :

**Aymen KERMICHE et Omar KOUIDRI**

Le: lundi 28 juin 2021

## **La culture et les intérêts nutritionnelle et thérapeutique de la spiruline *Arthrospira platensis***

---

Jury :

Mme	Lamia BOUDJEDJOU	MAA	Université de Biskra	Président
Mme	Soulef KRIKER	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
M.	Abdelouahab DEHIMAT	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2020 – 2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant qui nous données la force, le courage, la volonté, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.

Nous voudrions témoigner de nos remerciements et nos gratitudees à nous promoteur **Mme kriker soulef** , pour la confiance qu'il nous a accordée, son assistance, sa disponibilité, sa compréhension et ses conseils qui nous ont beaucoup aidé à réaliser ce travail

Des remerciements également aux **Membres du Jury**, président et examinateur, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre modique étude et pour avoir accepté d'examiner, d'évaluer et d'enrichir par leurs propositions, cette recherche.

Nous tenons à remercier tous les **Enseignants** du Département des sciences de la nature et de la vie qui nous ont suivis durant notre formation

Sans oublier de remercie chaleureusement **Employés De Bibliothèque** tous les membres du **laboratoire** de la faculté, pour leur aide et leur soutien

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Dédicace

A Mes Parents !

Papa, Maman,

Pour tout le respect, l'amour et l'admiration que je vous porte au fond de mon cœur.

Pour tous ces jours, où avant d'être endormi, je n'avais qu'un souhait ... vous revoir.

Pour toutes les fois où vous m'avez poussé vers la réussite alors que la défaite m'attendait.

Pour toutes les duâas que vous avez prononcées ; pour toutes les fois où vous m'avez soutenu.

Pour l'éducation que vous m'avez transmise, les sacrifices que vous avez dû faire et l'amour

que vous m'avez porté depuis ma plus tendre enfance... Qu'**Allah** vous Protège et vous

Comble de Bonheur !

À mes chers frères et sœur.

À grande famille : **Kermiche**

À mes amies (de biologie) : **Rahim** , **Maissom**, **Djaafer** , **Hocine**, **Abdel Kader**, **Meftah** , **Yassine**, **Ziad**, **Ahmed**, **Hatem**, **Hamoudi**, **Ziga**, **Ilyes** , , **Hamza**, **Temam**, **Amar** , **Zaid** , **Manal**, **Rayan** , **Batoul** , , **Hana**, **Samia**, **Imen** , **Khadija**, **Safia** ,

A Mes Chers Amis : **Badri** , **Taher** , **Akram** , **Aimen** , , **Belkacem**, **Saber**,

À mon cher binôme : **Omar** de ces efforts énormes de réaliser ce travail, je le souhaite une bonne continuation et le succès dans sa vie.

À tous mes enseignants de la filière de biologie de l'université de Biskra.

À tous mes collègues de promotion **2021**.

A tous Ceux et Celles que j'estime et que je n'ai pas cité !

**Aymen**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers **Parents**

Qui ont toujours été là pour moi, m'ont donné un magnifique modèle de persévérance et qu'ils sont très fières de ce que je suis aujourd'hui.

À mes chers frères et sœur.

À grande famille : **KOUIDRI**.

À mes amies (de biologie) : **Djaafer** , **Hocine**, **Abdel Kader**, **Meftah** , **Yassine**, **Ziad**, **Ahmed**,  
**Hatem**, **Hamoudi**, **Temmam**, **Ilyes** , **Ziga**, **Hana**, **Samia**, **Safia** ,

À mes chers amis : **Lotfi**, **Aimen**, **Ramdhan**, **Belkacem**, **Saber**, **Hamido**, **Morzag**.

À mon cher binôme : **Aymen** de ces efforts énormes de réaliser ce travail, je le souhaite une bonne continuation et le succès dans sa vie.

À tous mes enseignants de la filière de biologie de l'université de Biskra.

À tous mes collègues de promotion **2021**.

À toutes les personnes m'ayant consacré un moment pour m'aider et me conseiller.

**Omar**

# Table des matières

<b>Liste des Tableaux .....</b>	<b>I</b>
<b>Liste des Figures.....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des abréviations .....</b>	<b>III</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Partie Bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Généralité sur la spiruline</b>	
<b>1.1 Historique .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Biotope .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Etude biologique .....	2
1.2.1.1 Définition .....	2
1.2.2 Taxonomie .....	2
1.2.3. Reproduction.....	3
1.2.3.1. Cycle biologique .....	3
1.2.4. Souches de <i>l'Arthrospira platensis</i> .....	4
1.2.4.1. Les différentes formes <i>d'Arthrospira platensis</i> .....	4
<b>1.3. Culture de la spiruline.....</b>	<b>5</b>
1.3.1. Condition de la culture.....	5
1.3.1.1. Température : .....	5
1.3.1.2. PH : .....	5
1.3.1.3. Lumière : .....	6
1.3.1.4. Salinité : .....	6
1.3.2. Techniques de culture .....	6
1.3.2.1. Ensemencement .....	6
1.3.2.2. Mesure de la concentration d'une culture de Spiruline .....	6

1.3.2.3. Agitation .....	7
1.3.2.4. Ombrage.....	7
1.3.2.5. Récolte .....	7
1.3.2.5. Séchage .....	7
<b>1.4. Système de culture <i>d'Arthrospira platensis</i> .....</b>	<b>8</b>
1.4.1. Systèmes artisanaux.....	8
1.4.2. Systèmes industriels.....	9
<b>1.5. Principales applications de la spiruline .....</b>	<b>10</b>
1.5.1. En alimentation humaine .....	10
1.5.2. En alimentation animale .....	11
1.5.3. En cosmétique.....	11
1.5.4. En médecine.....	11

## **Deuxième partie : Partie expérimentale**

### **Chapitre 02 : Matériel et Méthodes**

<b>2.1. Répartition géographique .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Matériel d'étude.....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Matériel biologique.....	13
<b>2.2.2. Matériel de laboratoire.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3. METHODES .....</b>	<b>15</b>
2.3.1. Conditions de culture .....	15
2.3.2. Préparation de l'inoculum .....	15
<b>2.4. Analyses biochimiques et physico-chimiques.....</b>	<b>18</b>
2.4.1 Détermination du taux d'humidité.....	18
2.4.1. Détermination du taux de cendres.....	19
2.4.2. Détermination du taux de protéines : .....	19
2.4.3. Détermination de la teneur en matière grasse.....	19

2.4.4. Détermination du taux de glucides La teneur totale .....	21
<b>2.5. Intérêt thérapeutique de la spiruline chez l'homme.....</b>	<b>21</b>
2.5.1. Effets de la spiruline sur des paramètres biochimiques chez l'homme .....	21

### **Chapitre 3 : Résultats et discussion**

3.1 Suivi de la croissance de <i>Arthrospira platensis</i> .....	<b>23</b>
3.2 Analyses biochimiques et physico-chimiques .....	<b>24</b>
<b>3.3 Effets thérapeutique de la spiruline chez l'homme.....</b>	<b>25</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>30</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumés**



## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.</b> Composition du milieu de culture de Zarrouk (1966) .....	16
<b>Tableau 2.</b> Composition du milieu de culture de Bellbacen <i>et al.</i> (2013) .....	17
<b>Tableau 3.</b> Composition du milieu de culture de Jarisoa (2005) (eau douce) .....	17
<b>Tableau 4.</b> Composition du milieu de culture de Jarisoa (2005) (eau de mer) .....	18
<b>Tableau 5.</b> Composition du milieu de culture de Hiri .....	18
<b>Tableau 6.</b> Paramètres de croissance des cultures .....	23
<b>Tableau 7.</b> Valeur nutritionnel de spiruline. ....	24
<b>Tableau 8.</b> Propriétés thérapeutique de la spiruline chez l'homme. ....	25

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Cycle biologique de la Spiruline .....	4
<b>Figure 2.</b> Morphologies typiques de Spiruline .....	5
<b>Figure 3.</b> Culture de spiruline dans une ferme locale au Burkina Faso .....	8
<b>Figure 4.</b> . Bassins couvert (A) et ouvert (B) de culture industrielle de spiruline .....	9
<b>Figure 5.</b> Filament de <i>Arthrospira platensis</i> .....	13
<b>Figure 6.</b> Appareil L'extracteur soxhlet .....	20
<b>Figure 7.</b> L'évaporateur rotatif ou rotavapeur .....	20

## Liste des abréviations

<b>C0<sub>2</sub></b>	:	dioxyde de carbone
<b>DNID</b>	:	Diabète Non Insulino-Dépendant
<b>DCO</b>	:	Demande Chimique en Oxygène
<b>DO</b>	:	Densité Optique
<b>g/L</b>	:	gramme par litre
<b>IL-4</b>	:	interleukine – 4
<b>IFN-<math>\gamma</math></b>	:	Interféron- $\gamma$
<b>IL-2</b>	:	l'interleukine-2
<b>Ig</b>	:	l'immunoglobuline
<b>LDL</b>	:	low density lipoprotein
<b>M</b>	:	Mois
<b>m<sup>2</sup></b>	:	mètre carré
<b>NK</b>	:	cellules natural killer
<b>O<sub>2</sub></b>	:	Dioxygène
<b>pH</b>	:	potentiel Hydrogène
<b>S</b>	:	Semaine

<b>TG</b>	:	Triglycerides
<b>UV</b>	:	Ultra- Violet
<b>VLDL</b>	:	very low density lipoprotein
<b>VIH</b>	:	Virus de l'Immunodéficience Humaine
<b>W</b>	:	Watt

# **Introduction**

Les cyanobactéries, anciennement appelées algues bleues, compte parmi l'une des plus anciennes formes de vie sur Terre et constitue l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse et production d'oxygène. Dans ce groupe, existe le genre *Spirulina* ou *Arthrospira*, des cyanobactéries filamenteuses dont fait partie une bactérie particulièrement intéressante dénommée *Spirulina platensis* (ou *Arthrospira platensis*) plus connue sous le nom de algues spiruline.

Cette algue bleu-vert connaît par sa valeur nutritive élevée en protéines (60-70% en poids sec), vitamines (B1, B2, B12, E), minéraux, acides gras essentiels, constitué une bonne source de chlorophylle, de caroténoïdes et surtout de phycocyanine.

La Spiruline a été largement étudié et son usage maintenant est répandu dans le monde entier comme un produit alimentaire et comme un complément alimentaire (Fox, 1996; Paleaz, 2006), qui a attiré l'attention des chercheurs depuis de nombreuses années, comme indique les centaines de publications dans ses divers aspects. Leur potentiel bénéfique a été expérimentalement prouvé *in vitro* et *in vivo* pour traiter certaines pathologies et dans la prévention de l'hypercholestérolémie, certaines maladies inflammatoires, les allergies, le cancer, la toxicité induite par le médicament, les infections virales, les maladies cardiovasculaires, le diabète certains pathologie (Khan *et al.*, 2005; Karkos *et al.*, 2008; Kulshreshtha *et al.*, 2008).

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, 1999).

Cette étude a pour objectif d'étudier : La croissance et la production de la *Spiruline* à partir du démarrage de la culture et les caractéristiques (physicochimiques : pH, H, T°, C°) et les effets de la spiruline.

Notre étude est divisée en deux parties :

- La première est une étude bibliographique pour amélioration l'information et la connaissance scientifique sur la production de la Spiruline.
- Le deuxième partie basé sur l'analyse des études représentant les matériel expérimental pour la culture de la Spiruline et l'analyse nutritionnelle et les effets de la spiruline Aussi, les résultats obtenus dans différent études.

-

# **Partie Bibliographique**

# **Chapitre 1.**

## **Généralité sur la spiruline**



## 1.1 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 deux 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 , des recherches en Afrique du sud ont permis la découverte de fossiles de cyanobactéries datant de 3,5 milliards d'années (Durand, 1993).

## 1.2 Biotope

### 1.2.1 Etude biologique

#### 1.2.1.1 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, 3mm), elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12  $\mu\text{m}$  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, 2003).

### 1.2.2 Taxonomie

La Spiruline était à l'origine considérée comme une algue. Cependant, 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 Van Niel constataient que cette algue bleue verte était dépourvue de compartiments cellulaires, et donc faisait partie des procaryotes ; ils proposaient de désigner ce

microorganisme « Cyanobactérie » ; ils proposaient de désigner ce microorganisme « Cyanobactérie ».

On la classe selon Ripley Fox (1999) dans:

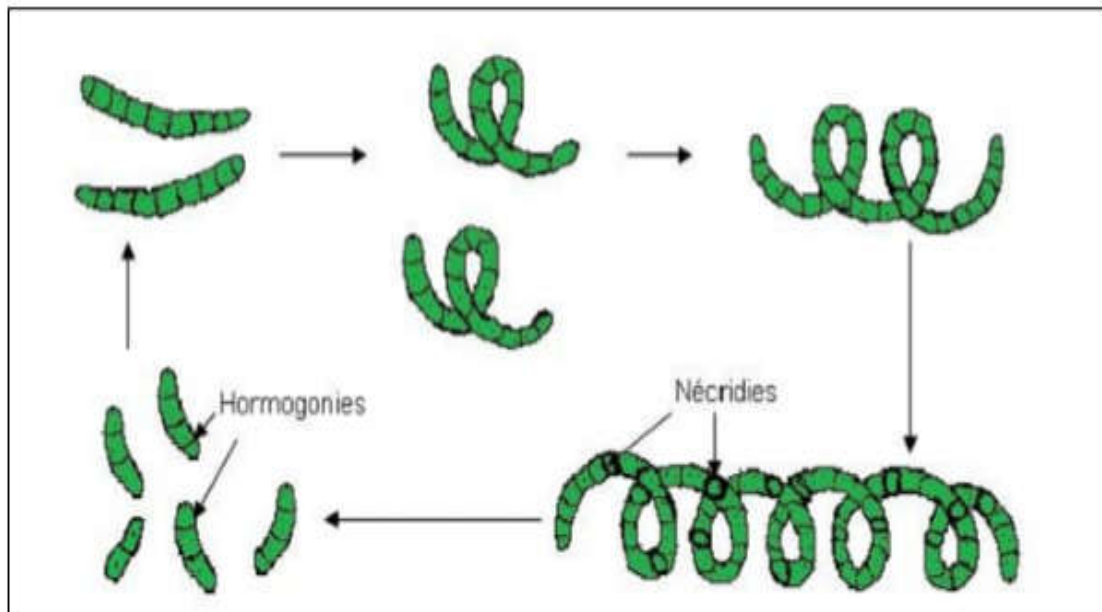
- **Règne** : Monera
- **Sous règne** : Prokaryota Phylum Cyanobacteria
- **Classe** : Cyanophyceae
- **Ordre** : Nostocales
- **Famille** : Oscillatoriceae
- **Genre** : *Arthrospira*
- **Espèce** : *Arthrospira platensis*

### 1.2.3. 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, laquelle n'existe que chez les eucaryotes (König, 2007). Sa vitesse de multiplication est particulièrement rapide dès que la température dépasse 30°C à l'ombre ; lorsque ces conditions sont réunies et que le milieu est favorable, le temps de régénération est très court 7 heures (Zarrouk, 1966 in Jourdan, 2006).

#### 1.2.3.1. Cycle biologique

Le filament de Spiruline à maturité forme des cellules spéciales appelées Nécriidies. Elles se différencient des autres cellules par leur aspect biconcave et sont assimilées à des disques de séparation. A partir de ces derniers, le trichome se fragmente pour donner de nouveaux filaments de 2 à 4 cellules appelés Hormogonies. Les Hormogonies vont croître en longueur par division binaire (chacune des cellules va donner deux cellules par scissiparité) et prendre la forme typique hélicoïdale (Balloni et *a l.*, 1980 in Charpy, 2008) (figure 1).



**Figure 1.** Cycle biologique de la Spiruline selon (Balloni *et al.*, 1980 in Charpy, 2008)

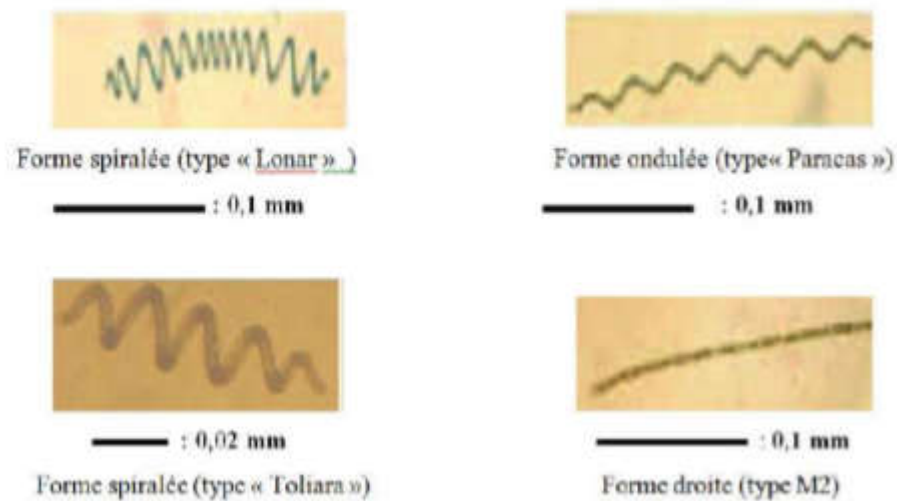
#### 1.2.4. Souches de *l'Arthrospira platensis*

C'est la plus connue et la plus utilisée lors des travaux de recherche ou lors de l'ensemencement de nouvelles cultures. Elles se composent de trichomes atteignant 350µm de long et entre 6 et 12,45µm de diamètre ; ils sont un peu rétrécis au niveau des articulations. Les tours de spire ont un diamètre de 20 à 50µm, diminuant légèrement vers les extrémités (Fox *et al.*, 1999). On trouve cependant des Spirulines ondulées et parfois droites.

##### 1.2.4.1. Les différentes formes *d'Arthrospira platensis*

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

- les souches "spirales", 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 (Jarisoa, 2005).

### 1.3. Culture de la spiruline

#### 1.3.1. Condition de la culture

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

(la température, la lumière et le pH, Salinité).

##### 1.3.1.1. Température :

La température du milieu influence directement la vitesse de croissance de la spiruline : bien qu'assez résistante au froid (jusqu'à 3°C à 5°C), la spiruline ne commence à croître d'une manière appréciable qu'à des températures supérieures à 20°C. La vitesse de croissance est maximale vers 35°C à 37°C. Au-delà de 44°C peut être létale au bout de quelques heures. (Jourdan, 2006).

##### 1.3.1.2. PH :

La culture de la Spiruline le pH sera entre 8.5 et 10.5 (Jordan, 1999), naturellement, la Spiruline a tendance à alcaliniser le milieu. En effet le CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau, une fois mobilisé par la Spiruline, libèrent des ions carbonates (CO<sup>-32</sup>) qui en s'hydrolysant vont libérer des ions OH<sup>-</sup> (Danesi et al., 2004).

### **1.3.1.3. Lumière :**

La lumière influence directement sur la croissance de la spiruline qui est assurée par la photosynthèse ainsi qu'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'atteint pas à la fond de bassin, et la mesure de la concentration est apportée par le disque Secchi
- Une agitation suffisante

### **1.3.1.4. Salinité :**

La spiruline peut être considérée comme une espèce à la fois halophile et très euryhaline, en milieu naturel les salinités tolérées vont de 8 PSU à 270 PSU (Beadle, 1943). Les limites de la salinité et d'alcalinité permises sont assez larges, 13 g/litre pour la salinité et une alcalinité de 0,1 molécule-gramme/litre ( $b = 0,1$ ) (Jourdan, 2006).

## **1.3.2. Techniques de culture**

### **1.3.2.1. 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).

### **1.3.2.2. 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 5-6 cm de profondeur; une valeur de 2-3 cm correspond à une culture prête à la production. Des valeurs inférieures à 2 cm indiquent qu'il est nécessaire de diluer la culture, ou de récolter fortement (Flaquet, 1996).

### 1.3.2.3. Agitation

Elle est nécessaire pour assurer une bonne culture, au moins (2-4) fois par jour, qui augmente avec l'intensité de la lumière, cela permet d'assurer :

- L'homogénéisation de la culture
- Répartition de l'éclairage
- Évité la formation des boues minéraux et aussi l'agglomération des filaments de la Spiruline.

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).

### 1.3.2.4. 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).

### 1.3.2.5. 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 croît 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).

### 1.3.2.5. Séchage

On peut sécher à l'ombre simplement dans un courant d'air à température ambiante, sous moustiquaire (il suffit que l'air soit à température nettement supérieure à son point de rosée). On peut sécher facilement la spiruline dans une armoire métallique munie d'un déshumidificateur et d'un ventilateur recyclant l'air à travers les plateaux de séchage. Le déshumidificateur doit être capable d'abaisser l'humidité relative de l'air à 30 %. Le séchage au plein soleil en plein air est le plus rapide et le moins coûteux, mais il a des inconvénients : le produit est exposé aux poussières et aux animaux, et il risque de bleuir en surface par

destruction de la chlorophylle par les ultra-violets (Jourdan, 2006). Le temps de séchage varie selon :

- l'épaisseur de la biomasse fraîche sur chaque plateau,
- le nombre de plateaux superposés,
- le % de sec dans la biomasse,
- la souche (les spiralées sèchent un peu plus vite),
- la température et l'humidité de l'air,
- le débit d'air.

#### 1.4. Système de culture *d'Arthrospira platensis*

##### 1.4.1. Systèmes artisanaux

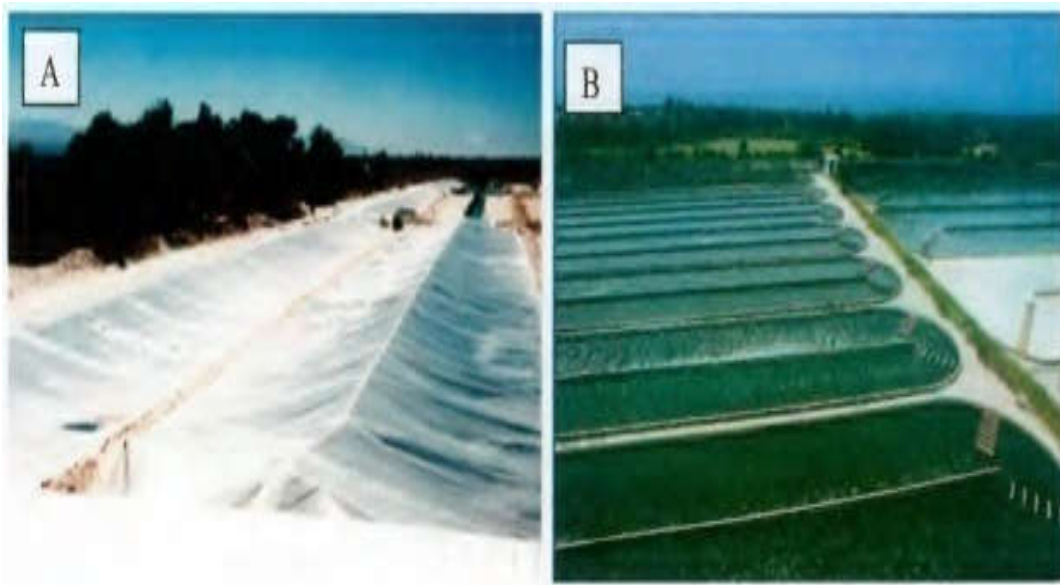
Les systèmes de production artisanale nécessitent un faible apport en énergie (Charpy et al., 2004) , Elles ont pour objectif de produire à moindre coût *Arthrospira platensis*. Les bassins sont remplis d'eau à un niveau atteignant 15 à 20 cm. La surface minimale recommandée pour un bassin est de 60 m<sup>2</sup>. Leur capacité de production est de 6 à 14 grammes *d'Arthrospira platensis* sèche par m<sup>2</sup> et par jour (Jourdan, 2006).



**Figure 3.** Culture de spiruline dans une ferme locale au Burkina Faso (Branger et al.2003).

### 1.4.2. Systèmes industriels

Ils nécessitent plus d'investissement et produisent de très bonne qualité *d'Arthrospira platensis*, Les bassins ont une surface de 1000 à 5000 m<sup>2</sup> et une profondeur usuelle comprise entre 15 et 25 cm (Fox, 1999). La plupart des structures de productions industrielles utilisent des systèmes informatisés contrôlant automatiquement la production (Jourdan, 2006). Une exploitation industrielle d'une surface totale de plusieurs hectares, peut produire entre 50 et 500 tonnes d'*Arthrospira platensis* sèche par an (Ayala et al., 2006). La figure 4 présente des bassins pour la culture industrielle de la spiruline.



**Figure 4.** . Bassins couverts (A) et ouvert (B) de culture industrielle de spiruline (Ayala, 2004 et Li, 2004)

Côté des bassins qui constituent des systèmes de production ouvert, on a des photos bioréacteurs qui sont des systèmes de production clos et très chers. Une photo bioréacteur est constituée d'un système de tubes en plastique transparent posé sur un plan incliné, long d'une dizaine de mètres et 2 m de haut. Les photos bioréacteurs sont surtout utilisées pour la production de biomasse très pure, pour en extraire des molécules de haute valeur. Ils sont employés dans les pays tempérés ou froids, où cette cyanobactérie ne peut pas croître naturellement (Fox, 1999).



## 1.5. Principales applications de la spiruline

### 1.5.1. En alimentation humaine

Grace à son excellent profil nutritionnel, la spiruline peut générer plusieurs performances :

- En enravant la malnutrition, elle est utilisée par des humanitaires et des médecins sous forme de poudre afin de la mélanger à des céréales ou à de l'eau, pour sauver des enfants atteints de malnutrition sévère. Elle se révèle plus efficace que les médicaments pour pallier toutes les carences et traiter les effets des maladies qui découlent de la famine comme le marasme ou la kwashiorkor (Fox, 1999).
- Pour les sportifs, sa consommation facilite l'effort et permet une meilleure récupération ;
- Considérer comme une excellente source de vitamines B9 et B12 ainsi que de fer, la spiruline est bien adaptée aux femmes enceintes car elle leur permet d'accéder à tous les nutriments essentiels. Grâce à la phycocyanine qui augmente l'oxygénation des muscles et limite les crampes utérines, ces femmes peuvent mieux se préparer à l'accouchement et mieux récupérer par la suite après avoir pallié la fatigue causée par l'allaitement (Evoli , 2014).
- Par sa composition, la spiruline convient très bien aux enfants et adolescents ainsi qu'au bébé en âge de consommer des protéines. Son apport en éléments essentiels de qualité, ainsi que sa haute assimilabilité, sont idéaux pour les organismes en développement. Trois à cinq grammes par jour suffisent pour éviter les carences et éliminer les toxines liées à la restauration rapide adorée des ados. Elle apporte également un plus sur la qualité de la peau (Vidalo, 2015).
- Sous la loupe de la diététique, la spiruline est utilisée comme complément protéique bénéfique pour la santé. Agissant comme un produit coupe faim, elle réduit l'appétit et optimise l'apport énergétique (Tremblin et Moreau, 2017).
- En agroalimentaire, elle est utilisée comme colorant naturel (la phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue) dans les chewing-gums, sorbets, sucreries, produits laitiers, boissons non alcoolisées, Elle apparaît également dans une gamme de produits algaux mélangée à du sel, des tagliatelles etc. En Suisse et au Japon, il existe depuis longtemps du pain à la Spiruline (Boudaoud, 2016).

### **1.5.2. En alimentation animale**

Comme pour l'homme, la spiruline renforce aussi les défenses naturelles de l'animal. Elle joue un grand rôle dans le maintien de son système immunitaire, lui permet de lutter contre certaines maladies et agit contre son vieillissement et sa fatigue.

Les chiens, les chats, les poissons et les chevaux sont les animaux pour lesquels la spiruline est couramment utilisée. Chez les chevaux, sa consommation est très courante pendant la phase de croissance, de compétition ou de convalescence.

Notons aussi que les bons éleveurs de poules n'hésitent pas à ajouter de la spiruline à leur alimentation. C'est une pratique de connaisseur qui participe à la ponte d'œuf d'une qualité nettement supérieure (Casal, 2019).

### **1.5.3. En cosmétique**

Certains laboratoires de soins cosmétiques ont introduit la spiruline dans des crèmes, des shampoings ou des sérums qu'ils commercialisent du fait du nombre non négligeable d'actifs naturels retrouvés dans cette cyanobactérie (acides aminés, oligoéléments, anti oxydants, minéraux, vitamines, acides nucléiques (composants de l'ADN), protéines, acides gras essentiels...) (Banks, 2007). Grâce à ses propriétés anti-oxydantes qui empêchent la formation de radicaux libres, la spiruline améliore la souplesse et l'élasticité de la peau et donc retarde son vieillissement et apporte brillance et résistance aux ongles et aux cheveux par les nutriments et les oligoéléments qu'elle concentre (Banks, 2007). Considéré comme un aliment « beauté » d'exception, la spiruline est utilisée aujourd'hui dans les soins anti-âges à connotation marine, dans la préparation de produits de soins en spa et thalasso (masques visage, enveloppements corporels), comme soins réparateurs et fortifiants des cheveux et des ongles, en cataplasme et enveloppement marins, comme soin revitalisant pour le corps ou masque minéralisant du visage (Casal, 2019).

### **1.5.4. En médecine**

De la composition exceptionnelle de la spiruline, découlent de multiples applications thérapeutiques dont les plus importantes sont :

- Le renforcement des défenses immunitaires (une opportunité pour lutter contre les maladies opportunistes).
- Le traitement de certaines affections dermatologiques.

- Elle constitue également un partenaire efficace pour calmer les douleurs rhumatismales et l'arthrose, la lutte contre l'ostéoporose, l'excès de cholestérol, l'hypertension, et les allergies. Elle protège le cœur et augmenterait la régénération des cellules cérébrales (Dupont et *al.*, 2014).

Toutes ces applications thérapeutiques de la spiruline ont permis aujourd'hui sa vente et sa consommation comme complément alimentaire.

# **Partie Expérimentale**

# **Chapitre 2.**

## **Matériels et Méthodes**

## 2.1. Répartition géographique de spiruline

Elle croit naturellement dans les lacs alcalins contenant du carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ou du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ), d'autres minéraux et une source d'azote fixée. On trouve de tels lacs sur tous les continents, très souvent près des volcans et anciens cratères, ainsi que dans les déserts, là où se ramasse l'eau minérale des montagnes. Elle est capable de se développer dans des milieux extrêmes, où l'eau peut occasionnellement atteindre des salinités avoisinant les 80 %. La spiruline croit naturellement des latitudes comprises entre 35°N et 35°S.

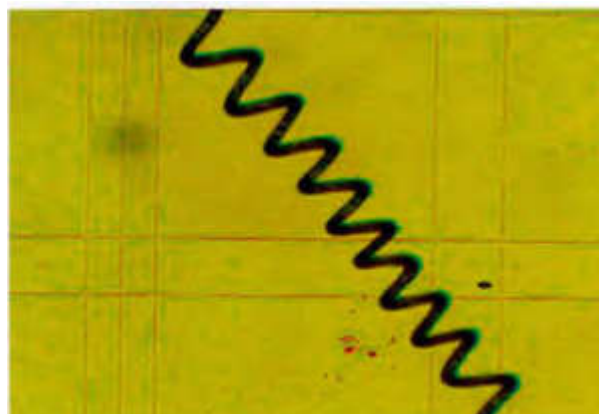
- zone qui comporte en Afrique : Tchad, Kenya, Tanzanie (lac Natron), Djibouti, Éthiopie, Congo, Zambie, Algérie, Soudan, et la Tunisie
- en Europe : France (essentiellement dans le Sud l'Ouest), Espagne
- en Asie : Inde, Thaïlande, Myanmar, Sri Lanka, Pakistan, Chine
- en Amérique : Pérou, Mexique, Uruguay, Équateur, Californie, Haïti, République Dominicaine).

Les paramètres biologiques sont souvent difficiles à contrôler : le climat et l'approvisionnement en nutriments peuvent modifier la composition des algues et un milieu spécifique de croissance est souvent la seule façon sûre de réguler la production (Isabelle et *al.*, 2002).

## 2.2. Matériel d'étude

### 2.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est l'algue bleu-verte, *Arthrospira platensis* (Figure 5)



**Figure 5.** Filament d'*Arthrospira platensis* (Kanon, 2015).

### 2.2.2. Matériel de laboratoire

Pour la culture d'*Arthrospira platensis*, différents matériels ont été utilisés.

- Le matériel utilisé par Zarrouk (1966) pour l'étude d'*Arthrospira platensis* est composé de:
  - flacons de capacité 1 L pour la culture de la spiruline.
  - un autoclave pour stériliser l'eau distillée.
  - boîte de Roux de 1 L pour la culture de l'innoculum.
  - tubes fluorescentes de 40 W pour éclairer le milieu.
  - une pompe d'aquarium pour homogénéiser la culture.
  - un thermorégulateur pour la mesure de la température.
  - un spectrophotomètre.
  - Pour ce qui est du matériel utilisé par Bellhacen et al. (2013), il se compose de :
    - erlenmeyers de 1 L pour la réalisation de la culture d'*Arthrospira platensis* .
    - un spectrophotomètre (pour la mesure de la densité optique (DO)).
    - un pH-mètre pour la mesure du pH.
- En ce qui concerne les cultures effectuées par Jarisoa (2005), elles se réalisent à partir de :
  - deux bassins de 2 et 10 m .
  - un pH-mètre portable muni d'une électrode combinée pour la mesure du pH et de la température de l'eau.
  - un bulleur pour l'agitation du milieu de culture.
  - un spectrophotomètre équipé d'une cuve à faces parallèles de 25 cl.
- Pour ce qui est du matériel utilisé par Doumandji et al. (2011), il se compose de:
  - pompe à air pour l'agitation du milieu de culture.
  - papier filtre.
  - spatule stérile.
  - boîte de Pétri stérile.
  - un spectrophotomètre.
  - l'eau distillée.
  - La lumière est de 1512 luxmètres.
  - 19 erlenmeyers stériles de (250 ml et 50 ml et 100 ml).
  - autoclave l'ensemble.

- 20g d'agar-agar.
- un pH-mètre .

## **2.3. METHODES**

### **2.3.1. Conditions de culture**

Les cultures *d'Arthrospira platensis* ont été soumises à différentes conditions.

Pour ce qui est de la méthodologie de Zarrouk (1966), les milieux de culture sont réalisés dans des boîtes de Roux de 1 L au laboratoire. Ces boîtes sont maintenues dans des conditions similaires d'éclairage, de température et de débit d'air. L'éclairage permanent est assuré par des tubes de 40 W et la température est maintenue à 33°C. L'agitation des cultures s'est effectuée par bullage d'air généré par une pompe d'aquarium.

Concernant la méthode de Bellahcen et *al.* (2013), les cultures *d'Arthrospira platensis* sont réalisées au laboratoire dans des erlenmeyers de 1 L, maintenues dans des conditions d'éclairage, de température et de débit d'air identiques. L'éclairage permanent est assuré par une lumière blanche de 4 tubes fluorescents et d'une intensité lumineuse de 6000 lux. La température est maintenue à une valeur optimale de 32°C à l'aide de thermostats réglables. L'agitation des cultures est assurée par barbotage d'air à l'aide de pompes à air et par agitateurs magnétiques.

En ce qui concerne la méthode de Jarisoa (2005), les cultures sont réalisées dans des bassins. Celles-ci sont maintenues dans des conditions d'éclairage, de température et de débit d'air identiques. L'éclairage est fourni dans les bassins par la lumière naturelle. La température moyenne est de 28°C. L'agitation des milieux de culture est assurée par une pompe à aquarium immergée dans les bassins

Pour ce qui est de la méthodologie de Doumandji et *al.* (2011), La culture de la spiruline débute par l'ensemencement qui est réalisé par dilution d'un inoculum 100 % spiralé de grande taille, d'un vert tirant vers le bleu-vert en respectant les mêmes conditions physiques (une température d'incubation à 30°C., une intensité lumineuse égale à 1512 lux et une agitation mécanique à l'aide d'une pompe à air.

### **2.3.2. Préparation de l'inoculum**

La préparation de l'inoculum pour la culture *d'Arthrospira platensis* s'est faite comme suite :



Selon Zarrouk (1966), l'inoculum est préparé à partir des souches *d'Arthrospira platensis*. Cette préparation commence environ 15 jours avant l'ensemencement afin d'atteindre la phase de croissance de l'algue. Les intrants préalablement pesés, sont renversés selon l'ordre du tableau I, dans deux bocaux (1 et 2). Puis 500 ml d'eau distillée prélevées à l'aide d'une éprouvette graduée sont ajoutées dans chaque bocal pour constituer les solutions 1 et 2. Ensuite le contenu des deux bocaux bien homogénéisé, est renversé dans une bouteille plastique. Pour l'ensemencement de l'inoculum, 10 % du volume de mélange soit 100 ml est retranché et un volume équivalent de solution concentré *d'Arthrospira platensis* est ajouté. Toute la solution est agitée par huilage d'air généré par une pompe d'aquarium.

**Tableau 1.** Composition du milieu de culture de Zarrouk (1966).

Solution préparées	Nutriments	Quantité des nutriments	Méthode de préparation
<b>S1</b>	(NaHco <sub>3</sub> )	10.5g	<b>Dissoudre les trois éléments nutritifs dans 500ml d'eau distillée</b>
	(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	7.6g	
	(K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> )	0.5g	
<b>S2</b>	(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1g	<b>Dissoudre tous les nutriments dans 500 ml d'eau distillée</b>
	(NaNO <sub>3</sub> )	2.5g	
	(Na CL)	1g	
	(FeSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)	0.01g	
	(CaCL <sub>2</sub> )	0.03g	
	(MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O)	0.08g	
	(EDTA)	0.08g	
<b>S</b>	Mélange des solutions S1 et S2		

Bicarbonate de sodium(NaHco<sub>3</sub>), Carbonate de sodium(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>),Phosphate dipotassique (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), Phosphate dipotassique (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, Nitrate de sodium(NaNO<sub>3</sub>) Chlorure de sodium (Na CL), Sulfate de fer cristallisé (FeSO<sub>4</sub>-7H<sub>2</sub>O), Chlorure de calcium (CaCL<sub>2</sub>), Sulfate de magnésium cristallisé (MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O), Acide Ethylene-Diamino-Tétracétiaue (EDTA).

Concernant Bellahcen et *al.* (2013), l'inoculum est préparé à l'aide d'un. Culot de spirulines récoltées par filtration à partir d'une culture jeune cultivée sur le milieu de Zarrouk. Pour l'ensemencement de l'inoculum, le milieu expérimental ainsi que le milieu synthétique

témoin (milieu Zarrouk) sont ajustés à pH = 9 par addition de Na OH et complétée par six éléments minéraux (tableau 2) :

**Tableau 2.** Composition du milieu de culture de Bellbacen *et al.* (2013).

Nutriments	Quantité de nutriments
NaHCO <sub>3</sub>	16,8 g/L
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,4 g/L
NaNO <sub>3</sub>	2,5 g/L
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,08 g/L
Na CL	0,7 g/L
FeSO <sub>4</sub>	0,006 g/L

Pour ce qui est de Jarisoa, (2005), l'inoculum est préparé à partir de souches de spiruline préalablement cultivée dans deux milieux. Le premier milieu est de l'eau douce enrichie en éléments nutritifs selon la formule de Jourdan (1999) modifiée par Jarisoa, (2005) (Tableau 3).

**Tableau 3.** Composition du milieu de culture de Jarisoa, (2005) (eau douce).

Nutriments	Quantité de nutriments
Bicarbonate de soude	8 g/L
Sel de mer	4.5 g/L
Urée	0.02 g/L
Phosphate disodique	0.1 g/L
Phosphate monoammonique	0.1 g/L
Sulfate de potassium	1 g/L
Sulfate de fer	0,0005 g/L
Sulfate de magnésium	0,2 g/L

Le second milieu est de l'eau de mer traitée et enrichie pour éviter un choc osmotique (tableau 4).

**Tableau 4.** Composition du milieu de culture de Jarisoa, (2005) (eau de mer).

Nutriments	Quantité de nutriments
Azote	0.02g/L
Phosphore(Phosphate mono ammonique)	0.5g/L
Fer (sulfate de fer)	0.009g/L

Concernant Doumandji et *al.* (2011), La culture de la spiruline débute par l'ensemencement qui est réalisé par dilution d'un inoculum 100 % spirulé de grande taille, d'un vert tirant vers le bleu-vert en respectant les mêmes conditions physiques. Pour la préparation d'une culture de spiruline sur milieu solide, celle-ci doit être jeune âgée au maximum de 6 jours (le milieu solide est préparé en ajoutant 20 g d'agar-agar pour 1L de milieu Hiri liquide (Tableau 5), coulé dans des boîtes après refroidissement), La solution mère (inoculum) est préparée à partir de cette dernière dans 100 ml de milieu.

**Tableau 6.** Composition du milieu de culture de Hiri (pour 1Ld'eau distillée).

Composés	Quantité (g/L)
Bicarbonate de soude( $\text{NaHCO}_3$ )	16
Chlorure de sodium ( $\text{Na Cl}$ )	1
Phosphate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )	0,1
Sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ )	0,1
Sulfate de potassium( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	0,5
Chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ )	0,1
Urée azotée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0.1
Sulfate de fer ( $\text{FeSO}_4$ )	0,01

## 2.4. Analyses biochimiques et physico-chimiques

### 2.4.1 Détermination du taux d'humidité

La teneur en eau a été déterminée en utilisant 2 g d'échantillon de poudre d'algues qui sont séchés à 105 °C dans une étuve et ce, jusqu'à obtention d'un poids constant. La différence entre les deux pesées avant et après séchage permet de calculer la teneur en eau.

### 2.4.1. Détermination du taux de cendres

Les cendres totales ont été déterminées en incinérant 5 g d'échantillon à 550 °C pendant 3 heures en utilisant un four à moufle, Cette méthode consiste à mesurer le poids des échantillons avant et après l'incinération.

Le taux des cendres est donné par la formule ci-après

$$\text{Taux des cendres} = \frac{\text{poids des cendres}}{\text{Poids de la substance initiale}} \times 100$$

### 2.4.2. Détermination du taux de protéines :

La concentration totale en protéines a été déterminée à l'aide de la méthode Kjeldahl (1883) selon la norme française NFV 03 050:1970 (Anonyme, 1970). Le principe consiste en la transformation de l'azote organique contenu dans l'échantillon en azote minéral ainsi que le titrage de l'ammoniaque par un dosage acido-basique.

Par convention, la teneur en protéines de l'échantillon est alors obtenue en multipliant la teneur en azote total par un facteur de conversion empirique. Ce coefficient prend en compte la masse molaire moyenne des acides aminés composant les protéines à quantifier. Il est fixé à 6,25 dans notre cas.

La teneur en protéines est exprimée en pourcentage et est égale à :

$$P (\%) = 6.25 * \frac{14.007 * N(v1 - v0)}{m.MS \%}$$

14,007 g/mol est la masse molaire de l'azote

N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique (0,1 N)

V0 : est le volume utilisé de la solution d'acide chlorhydrique sur un échantillon blanc

V1 : est le volume utilisé de la solution d'acide chlorhydrique (en ml)

M. : est la masse de l'échantillon (1 g)

MS : est la teneur en matière sèche (%) de l'échantillon

### 2.4.3. Détermination de la teneur en matière grasse

Les lipides ont été extraits selon la méthode modifiée de Xu et al. (1998), en utilisant un mélange de solvant de chloroforme méthanol, Après avoir réchauffé l'échantillon dans un appareil Soxhlet, le solvant est ensuite évaporé sous pression à l'aide d'un évaporateur à vide

rotatif, Après 5 heures d'extraction, la procédure est répétée trois fois jusqu'à ce que la totalité des lipides soit extraite. Ensuite les résidus ont été séchés et pondérés.

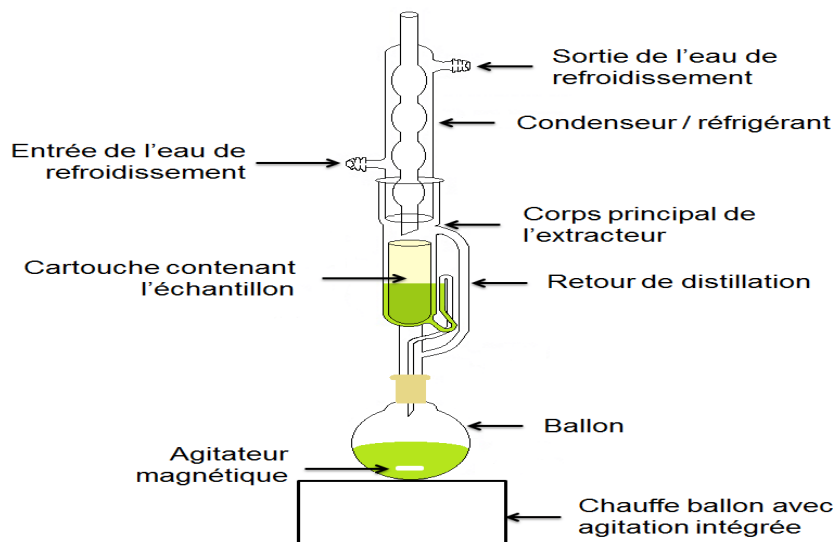
$$Lt (\%) = (M1 - M0)100 / P$$

Lt (%) : est la teneur en lipides totaux

M0 : masse en gramme du ballon vide.

P : la prise d'essai avant dessiccation

M1 : masse en gramme du ballon avec l'échantillon après évaporation



**Figure 6.** Appareil L'extracteur Soxhlet.



**Figure 7.** L'évaporateur rotatif ou rotavapeur

#### **2.4.4. Détermination du taux de glucides**

En glucides a été déterminée selon la méthodologie décrite par Dubois et *al.* (1956), Le principe consiste à réaliser une hydrolyse acide avec de l'acide sulfurique concentré puis à provoquer une réaction colorimétrique en utilisant le phénol. En présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides, la densité optique est déterminée entre 450 à 550 nm. La teneur en sucres est mesurée en utilisant une courbe d'étalonnage établie avec le glucose comme standard.

### **2.5. Intérêt thérapeutique de la spiruline chez l'homme**

#### **2.5.1. Effets de la spiruline sur des paramètres biochimiques chez l'homme**

Nous avons fait une comparaison entre les articles sur l'effet de la spiruline sur le corps humain selon.

(Durée et la dose de spiruline et longueur de l'échantillon) et la mise en évidence des effets sur la santé humaine.

# **Chapitre 3.**

## **Résultats et discussion**

### Chapitre 3 : Résultats et discussion

#### 3.1 Suivi de la croissance de *Arthrospira platensis*

Le suivi de la croissance d'*Arthrospira platensis* selon Zarrouk (1966), Bellhacen *et al.* (2013) et Jarisoa (2005) et Doumandji *et al.* (2011) s'est fait par des mesures du pH et de la densité optique.

**Tableau 7.** Paramètres de croissance des cultures

<b>Paramètres de croissance</b> <b>Auteur</b>	<b>PH</b>	<b>Biomasse</b>
Zarrouk (1966)	8,3 à 11	1,2 g/L
Bellhacen <i>et al.</i> (2013)	9 à 10,25	0,8g/L
Jarisoa (2005)	10,01 (eau de mer) et 10,20 ( eau douce)	1,4 g/L (eau de mer) et 1,3 g/L ( eau douce)
Doumandji <i>et al.</i> (2011)	10.6	0.4g /L

Dans l'ensemble, les valeurs de la biomasse d'*Arthrospira platensis* oscillent entre 0,4 et 1,4 g/L. La valeur élevée (1,4 g/L) est obtenue par Jarisoa (2005) , dans l'eau de mer tandis que la valeur faible (0.4g/L) est notée par Doumandji *et al.* (2011), Pour ce qui est du pH, les valeurs sont comprises entre 8,3 et 11. Le maximum et le minimum sont enregistrés par Zarrouk (1966).

La méthode de culture de Jarisoa montre une excellente croissance de la cyanobactérie atteignant près de 1,4 g/L par rapport les autres méthodologies des cultures à cause de présence des conditions optimale Cette différence est étroitement liée aux différences de pH, de température et d'éclairage dans les conditions de culture (Kumar *et al.*, 2011), et nous avons remarqué 1,2 g/L chez méthode de Zarrouk (1996) ,et 0,8 g/L méthode de Bellahcen *et al.* (2013) , enfin méthode de Doumandji *et al.* (2011).



### 3.2 Analyses biochimiques et physico-chimiques

Après avoir comparé les articles, nous avons remarqué que tous les chercheurs ont effectué le même protocole décrit ci-dessus, avec les résultats des mesures comme suit :

**Tableau 8.** Composition physico-chimique de spiruline.

Paramètres	Référence	Les valeurs (%)
<b>Humidité</b>	Baye et <i>al.</i> (2011)	7.08
	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)	5.42
	Chentir et <i>al.</i> (2016)	-
<b>Protéines</b>	Baye et <i>al.</i> (2011)	59.99
	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)	60.32
	Chentir et <i>al.</i> (2016)	58.15
<b>Cendres</b>	Baye et <i>al.</i> (2011)	8.33
	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)	6.88
	Chentir et <i>al.</i> (2016)	-
<b>Lipide</b>	Baye et <i>al.</i> (2011)	6.86
	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)	7.28
	Chentir et <i>al.</i> (2016)	8.2
<b>Sucre</b>	Baye et <i>al.</i> (2011)	-
	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)	17.63
	Chentir et <i>al.</i> (2016)	7.2

Les résultats de ces analyses ont montré que l'humidité qui caractérise la teneur en eau dans la spiruline varie de 5,42 à 7,08 %, la teneur en humidité est inférieure à 10%, condition recommandée pour le stockage à long terme des poudres de cette micro algue (Becker, 1995)

La teneur en protéine est remarquablement élevée et varie de 58.15% à 59.99% par rapport au poids. La spiruline nutritionnellement appréciable dont la teneur en protéine oscille entre 50% et 70% de son poids sec (Aviano *et al.*, 2000 ; Falquet et Hurni, 2006).

La teneur en lipide totaux des échantillons de spiruline est presque la même pour toutes les souches (environ 7%).

la teneur en sucre varie de 7.20 à 17.63%, Cette différence est étroitement liée aux différences de pH, de température et d'éclairage dans les conditions de culture (Kumar *et al.*, 2011).

Le contenu total en cendres de la spiruline étudiée se situe entre 6.88et 8.33%, le contenu en cendres est compris entre les teneurs 7 et 10 %, (valeurs recommandées par Jourdan, 2011). Ces résultats sont similaires à ceux reportés par Tokus et Ünal (2003).

### 3.3 Effets thérapeutique de la spiruline chez l'homme

Après avoir comparé les articles, nous montrons les résultats de l'utilisation de la spiruline et son effet sur l'homme (tableau 8).

**Tableau 9.** Propriétés thérapeutique de la spiruline chez l'homme.

Auteur	Sujets	N	Dose	Durée	Résultats
Mani <i>et al.</i> (2000)	Diabétiques de type 2	15	2 g/j	2 M	Réduction de : triglycérides, cholestérol total, LDL et VLDL, la glycémie, protéines sériques Hb glyquée.
Parikh <i>et al.</i> (2001)	Diabétiques de type 2	25	2 g/j	2 M	Réduction : cholestérol total, LDL, triglycérides, glycémie Augmentation : HDL. Diminution significative des ratios cholestérol total / HDL et LDL / HDL Baisse significative de l'apolipoprotéine B Augmentation significative du niveau de l'apolipoprotéine A1
Darcas <i>et al.</i> (2004)	Volontaires sains âgés	12	7,5 g/j	24 S	Diminution de triglycérides, cholestérol total, LDL

Lee et <i>al.</i> (2008)	Diabétiques de type 2	37	8 g/j	12 S	Réduction de : LDL, triglycérides Diminution de la pression artérielle et d'IL-6
Kamal et <i>al.</i> (2008)	Diabétiques de type 2	60	1 ou 2 g/j	2 M	Diminution significative de : cholestérol sérique total, triglycérides, LDL, VLDL dans les groupes de traitement de spiruline. Diminution significative de la glycémie
Anitha et <i>al.</i> 2010	Bénévoles masculins DNID agés de 45 à 60 ans	160	1g /j	12 S	Réduction significative de l'hémoglobine glycosylée et les niveaux du profil lipidique du diabétique. Augmentation du HDL
Nayaka (1988)	Volontaires	80			Réduction des cholestérols, TG et Cholestérol LDL et de glycémie
	Hépto Protectrices	30	4,2 g /jr	4 S	Réduction des cholestérols, TG et C-LDL et de Glycémie
Becker (1986)	Sujets obèses		8,4 g /jr	4S	Effet hypocholestérolémiant; perte de poids
Mao et <i>al.</i> (2005) Teas et <i>al.</i> (2004) Ishii et <i>al.</i> (1999)	Immuno Modulatrices			12 S	Mesure des cytokines $\gamma$ (IFN- $\gamma$ ) et l'interleukine-2)  - Réduction significative de l'IL-4 (important dans la régulation de l'immunoglobuline (Ig) E-médiation allergie) Production d'IgA (rôle central dans l'immunité mucoale)
Ishii et <i>al.</i> (1999)					Production d'IgA (rôle central dans l'immunité mucoale)
Hirahashi et <i>al.</i> (2002)					Augmentation de la production d'IFN- $\gamma$ et NK

Mao et <i>al.</i> (2005)	Anti-allergiques				Amélioration des rhinites allergiques, d'écoulement nasal et éternuements du groupe spiruline (P<0 ,001)
Karkos et <i>al.</i> (2011)	Anti cancéreuses	77		12 M	- Régression tumorale après une application topique ou apport entéral d'extrait de spiruline  - Régression complète de la leucoplasie (45% des patients de la cohorte)
Misbahuddin et <i>al.</i> (2006)	Antitoxiques	41	250mg× 2/j	16 S	- Comparaison des changements dans la peau (scores cliniques) et le contenu d'arsenic dans l'urine et les cheveux  - Traitement de l'intoxication chronique à l'arsenic avec mélanose et de la kératose.
Deng et <i>al.</i> (2010)	Hématologiques			12 S	Augmentation : des valeurs de l'hémoglobine, du volume globulaire moyen, de la concentration moyenne d'hémoglobine corpusculaire et des globules blancs
Park et <i>al.</i> (2008)	volontaires sains (Homme)	30	4,2 g/j	4 ou 8 S	Réduction du cholestérol sérique total et de LDL et des triglycérides Augmentation significative de HDL-cholestérol
Ramamoorthy et <i>al.</i> (1996)	Patients atteints de cardiopathie ischémique	30	2 à 4 g/j	3 M	Réduction significative de : cholestérol total, LDL, VLDL et de triglycérides Augmentation significative de HDL Réduction significative du poids corporel.
Samuels et <i>al.</i> 2002	Patients atteints de syndrome néphrotique	23	1 g/j	2M	Diminution significative : Cholestérol sérique total, cholestérol LDL, triglycérides Diminution significative de ratios LDL / HDL et cholestérol total / HDL

Park et Kim. (2003)	Volontaires sains	12	7,5 g/j	24 S	Diminution de : triglycérides, cholestérol total, LDL
Kim et <i>al.</i> (2005)	Femmes âgées atteintes d' hyperchole- stérolémie	51	7,5 mg/j	8 S	Réduction du cholestérol total, Diminution de la production des apolipoprotéine B, IL-6 par les lymphocytes du sang périphérique
Park et <i>al.</i> (2008)	Volontaires sains	78	8 g/j	16 S	Réduction significative de cholestérol total, Pas de variations significatives des fractions LDL, HDL, de triglycérides (TG)
Torres Duran et <i>al.</i> (2007)	Sujets de 18 à 65 ans	36	4,5 g/j	6 S	Augmentation non significative des ASAT et du glucose Diminution significative TC et de HDL-C, LDL- C, TG. Réduction de la tension artérielle systolique et diastolique

La spiruline a prouvé son intérêt thérapeutique (effets nutritionnels, hypoglycémiant, hypolipidémiant, immunostimulant, antitoxique médicamenteux, anti-inflammatoire de la spiruline) chez l'homme. Elle pourrait être conseillée dans le cas de certaines pathologies telles que celles diabétiques, immunodépressives (comme le SIDA), hématologiques, inflammatoires cardiovasculaires, métaboliques. Ceci dans un cadre de surveillance biologique régulière.

La spiruline a des propriétés nutritionnelles, anti lipémiantes, et immunostimulantes. Elle pourrait être utilisée pour lutter contre la malnutrition surtout chez les personnes vivant avec le VIH. Les études sur les propriétés anti lipémiantes de la spiruline (Park et *al.*, 2008; Ramamoorthy et *al.*, 1996; Samuel et *al.*, 2002; Torres Duran et *al.*, 2007) ont utilisé 1 à 8 g par jour de spiruline pendant deux semaines à 3 mois. Les études sur la récupération nutritionnelle des enfants (Branger et *al.*, 2003; Simporé et *al.*, 2006; Sall et *al.*, 2009) ont utilisé 5 à 10 g de spiruline pendant 1 à 2 mois. Celle chez les personnes infectées par le VIH avec la spiruline, ont utilisé 5 à 19 g de spiruline pendant 2 à 6 mois.

L'effet anti-diabète de la spiruline n'a été observé que chez les sujets de diabète de type 2 (insulinodépendant) et non chez les diabétiques de type 1. Il devrait être confirmé chez des sujets non diabétiques sur une longue période.

La spiruline intervient au niveau du système immunitaire. Elle active les macrophages et les cellules NK. Elle induit la production d'anticorps, et active également les cellules T et B (Mathew *et al.*, 1995). Elle a des effets immunomodulateurs en augmentant la production des cytokines (interleukine-4 (IL-4), l'interféron- $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ), l'interleukine-2 (IL-2) et de Natural killer (NK). Elle a des effets anti-inflammatoires, antianémiques (augmentation de l'hémoglobine), anticancéreux, hépato-protecteur.

La spiruline contribue à augmenter le taux de cholestérol HDL et à diminuer les autres paramètres lipidiques (cholestérol total, cholestérol LDL, cholestérol VLDL, triglycérides) chez l'homme. Elle a diminué aussi le taux du glucose sanguin (la réduction de l'Hémoglobine glyquée (HbA1c) chez l'homme. Ces modifications des paramètres lipidiques ont été observées avec des doses de spiruline allant de 1 g/j à 8 g/j pendant 6 semaines à 2 mois. En outre, une diminution des fréquences cardiaques et de production des apolipoprotéines.

# **Conclusion**

Dans cette étude synthétique des 26 résultats des publications scientifiques basées essentiellement sur différents types du milieu de culture de spiruline et leur effet biologique sur l'organisme humaine.

La spiruline est algue bleu-vert, elle est cyanobactérie filamenteuse précisée comestible, utilisée en cure en tant que complément alimentaire est faite à partir de, précisément, deux espèces: *Arthrospira platensis* et *Arthrospira maxima*.

D'après la réalisation de différentes cultures et des analyses physico-chimiques sur la spiruline on obtient que La spiruline permet de bénéficier d'un apport complet en vitamines, minéraux, oligo-éléments, enzymes, acides gras essentiels, protéines (70% à 60 %) essentielles c'est à dire les acides aminés.

Aussi montrent qu'elle a des intérêts thérapeutiques, hypoglycémiant, hypolipidémies, immunostimulants, antitoxiques médicamenteux et d'intérêt anti-inflammatoires chez l'homme. Elle pourrait être conseillée dans le cas de certaines pathologies telles que celles diabétiques, immunodépressives (comme le VIH), hématologiques, inflammatoires cardiovasculaires, métaboliques. Ceci dans un cadre de surveillance biologique régulière



# **Références**

## **Bibliographique**

## Références Bibliographiques

1. Anitha L, Chandralehha K. 2010. Effect of Supplementation of Spirulina on Blood glucose, Glycosylated Hemoglobin and Lipid Profile of Male Non-Insulin Dependent Diabetics. *Asian J. Exp. Biol. Sci.*, 1(1):36-46.
2. Anonyme, (1970). Agricultural Food Products - General directions for the determination of nitrogen with mineralization by the Kjeldahl method. NF V03-050:1970 .
3. Avino P, Carconi PL, Lepore L, Moauro. 2000. Nutritionnelle et les propriétés écologiques des produits d'algues utilisés pour une alimentation saine. *INAA et ICP-AES.*, 244(1): 247-252.
4. Ayala A., Manetti G., Burgos R. & Ayala F., 2006. Industrial and semi industrial production of Spirulina third world potential (modular systems). *Science and Development*, 77 (81): 537-542.
5. Balloni W, Tomaselli L, Giovannetti L, Margheri MC (1980): *Biologia fondamentale del genere Spirulina*. In: Materassi R (ed) *Prospettive della Coltura Massiva di Spirulina in Italia*. CNR Rome, pp 49–85.
6. BANKS J., 2007 : Etude de la Spiruline au Palacret, Etudier la Faisabilité de la Mise en Place d'une Filière Spiruline sur le site du Palacret, dans les Côtes d'Armor, Manuel, p 10, 11.
7. Beadle L. C. (1943). An ecological survey of some inland saline waters of Algeria. p. 44.
8. Becker E. 1986. Clinical and biochemical evaluations of Spirulina with regard to its application in the treatment of obesity. *Inst. Chem. Pfan. Nutrition Reports International*, 33(4): 565.
9. Bellahcen O., Bouchabchoub A., Massoui M. & El Yachioui M., 2013. Culture et production de Spirulina platensis dans les eaux usées domestiques. *Larhyss Journal*, 14: 107-122.
10. Bensehaila, S., Doumandji, A., Boutekrabt, L., Manafikhi, H., Peluso, I., Bensehaila, K., ... & Bensehaila, A. (2015). The nutritional quality of Spirulina platensis of Tamenrasset, Algeria. *African Journal of Biotechnology*, 14(19), 1649-1654.

11. BOUDAOU S., 2016 : l'Incorporation de la Spiruline sur les Qualités Nutritionnelles, Organoleptiques et Technologiques du Couscous Artisanal, Mémoire de Master en Agronomie, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, p 35.
12. Branger B, Cadudal J, Delobel M, Ouoba H, Yameogo P, Ouedraogo D, 2003. Spirulina as a food supplement in case of infant malnutrition in Burkina-Faso. Arch Pediatr, 10(5):424-431.
13. CASAL A., 2019 : l'Aliment Idéal et le plus Complet de Demain, Site web, | [www.spirulinefrance.fr](http://www.spirulinefrance.fr).
14. Charpy L, (2008) : Colloque International « la Spiruline et le développement », formation et transfert de thechnologie, en matière de culture de Spiruline: 28 - 29 et 30 avril 2008.Toliara Sud- Ouest Madagascar: 8, 9, 89, 91, 131-134.
15. Charpy L., Langlade M. J., Vicente N. & Riva A., 2004. Les cyanobactéries pour la santé, la science et le développement. Colloque international, Ile des Embiez Var, France, 201 p.
16. Danesi, E.D.G, Rangel-Yagui C.O, Carvalho J.C.M. And Sato S, (2004) : Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by Spirulina platensis. -Biomass and Bioenergy: 329-335 dans les mares natronées du Kanem (Tchad). Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol 2, 119-125.
17. Darcas C. 2004. Spiruline and malnutrition. Arch Pédiatrie Organe Off Société Fr Pédiatrie, 11(5): 466-467.
18. Deng R, Chow T. 2010. Hypolipidemic, antioxidant, and anti-inflammatory activities of microalgae Spirulina. Cardiovasc Ther., 28(4): e33-45.
19. Doumandji Amel., Boutekrabt Lynda., Saidi Nabil Amar., Doumandji Soumeya, Hamerouch Djazia et Haouari Samiha, 2011. Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal. Revue « Nature & Technologie ».n° 06/Janvier 2012. Pages 40 à 50.
20. DUBOIS, Arthur B., BOTELHO, Stella Y., BEDELL, George N., *et al.* A rapid plethysmographic method for measuring thoracic gas volume: a comparison with a nitrogen washout method for measuring functional residual capacity in normal subjects. *The Journal of clinical investigation*, 1956, vol. 35, no 3, p. 322-326.

21. DURAND-CHASTEL H. ,(1993) La Spiruline, algue de vie. Bull. Inst. Océanog. Monaco, n° special 12 : 7-11.
22. Falquet J, Hurni JP. 2006. Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technologies; 41.
23. Falquet,1996 spirulina : Aspects nutritionnels, document Antenna technologie Genève.
24. Fox ,1999- spiruline, Technologie pratique et promesse – France, 240p.
25. Fox R.D, (1996): Spirulina, production & potential . Aix en Provence : Edisud. Pelaez,
26. F., 2006. The historical delivery of antibiotics from microbial natural products. Can history repeat?, Biochem. Pharmacol: 977-981.
27. FOX R.D., 1999.Spiruline Technique, pratique et promesse. EDISUD, Aix-enProvence. p 24.
28. Hirahashi M, Matsumoto K, Hazeki Y, Saeki M, Seya T. 2002. Activation of the human innate immune system bySpirulina: augmentation of interferon production and NK cytotoxicity by oral administration of hot water extract of Spirulina platensis. International Immunopharmacology, 2(4): 423–434.
29. Isabelle TABUTIN., Pierre-Yves GOUESIN et Pierre MOLLO, 2002. La spiruline contre la malnutrition ». (Maduraï - Inde) Avril 2002. Page ; 11 ; 14 ; 12 ; 13 ; 19 ; 20
30. Ishii KTK, Okuwaki Y, Hayashi O. 1999. Influence of dietary Spirulina platensis on IgA level in human saliva. Journal of Kagawa Nutrition University, 30: 27–33.
31. Jarisoa T., 2005. Adaptation de la spiruline du sud de Madagascar à la culture en eau de mer. Mise au point de structures de production à l'échelle villageoise, 188 p.
32. Jordan jp., 2006. Cultivez votre spiruline : manuel de culture artisanal Publication Antenna Technologies.
33. Jordan, 1999 sugar as a source of carbon for spirulina (Arthrospira platensis) culture, international biotechnology, Inde, PPP58, 96,97.
34. Jordan, 1999 sugar as a source of carbon for spirulina (Arthrospira platensis) culture, international biotechnology, Inde, PPP58, 96,97.
35. JORDAN,1999- cultivez votre spiruline: Manuel de culture artisanale,Genève,PP85,63.
36. Jourdan, (2006): Manuel de culture artisanale de spiruline. Edition 2006, Révision mars 2013.

37. Kamalpreet K, Rajbir S, Kiran G. 2008. Effect of supplementation of Spirulina on blood glucose and lipid profile of the noninsulin dependent diabetic male subjects. *J. Dairying, Foods Home Sci.*, 27: 3–4.
38. Kanon R., 2015. Etude comparative de deux types d'eau pour la culture de *Arthrospira platensis*. Mémoire master 2, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 54 p.
39. Karkos P, Leong S, Karkos C, Sivaji N, Assimakopoulos D. 2011. Spirulina in clinical practice: evidence-based human applications. *Evid-Based Complement Altern Med ECAM.*, 2011: 53103-53107.
40. 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.
41. Khan Z, Bhadouria P and Bisen PS, (2005): Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. *Curr Pharm Biotechnol.* V 6:373R379.
42. Kim M, Kim WY. 2005. The change of lipid metabolism and immune function caused by antioxidant material in the hypercholesterolemic elderly women in Korea. *Korean J. Nutr.*, 38: 67–75.
43. Kö.nig, (2007): Les algues : première lignée végétale. Disponible sur : <http://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-algues-vegetauxaquatiques-523/> publié en 2005 modifié en 2015.
44. Kulshreshtha A, Zacharia AJ, Jarouliya U, Bhadauriya P, Prasad GB and Bisen PS, (2008):Spirulina in health care management. *Curr Pharm Biotechnol*: 400R405.
45. Kumar M., Kulshreshtha J., Singh G.P., (2011). Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium *Spirulina platensis* at different light intensities and temperature. *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 42, p.1128-1135.
46. Lee EH, Park J, Choi Y, Huh K, Kim W. 2008. A randomized study to establish the effects of Spirulina in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutr Res Pract.*, 2(4): 295-300.
47. Mani U, Desai S, Iyer U. 2000. Studies on the long-term effect of Spirulina supplementation on serum lipid profile and glycated proteins in NIDDM patients. *J. Nutraceut.*, 2(3): 25- 32.
48. Mao TK, Van de Water J, Gershwin ME. 2005. Effects of a Spirulina-based dietary supplement on cytokine production from allergic rhinitis patients. *J Med Food.*, 8(1): 27-30.

49. BAYE M', Bocar Kalidou, LO, Baidy, et BASSENE, Emmanuel. Etude quantitative de quelques pigments de la Spiruline cultivée en Mauritanie en vue d'une valorisation nutritionnelle. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2011, vol. 5, no 5, p. 2035-2038.
50. Misbahuddin M, Islam AZMM, Khandker S, Ifthaker-Al-Mahmud, Islam N, Anjumanara. 2006. Efficacy of Spirulina extract plus zinc in patients of chronic arsenic poisoning: a randomized placebocontrolled study. *Clin Toxicol (Phila.)*, 44(2): 135-141.
51. Nayaka.1988. Cholesterol lowering effect of Spirulina. *Nutr. Rep. Int.*, 37: 1329-1337.
52. Parikh P, Mani U, Iyer U. 2001. Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. *J Med Food*, 4(4): 193-199.
53. Park HJ, Lee YJ, Ryu HK, Kim MH, Chung HW, Kim WY. 2008. A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of Spirulina in elderly Koreans. *Ann. Nutr. Metab.*, 52(4): 322-328.
54. Park JY, Kim WY. 2003. The effect of Spirulina on lipid metabolism, antioxidant capacity and immune function in Korean elderly. *Korean J Nutr.*, 36: 287-297.
55. Ramamoorthy, A., & Premakumari, S. (1996). Effect of supplementation of Spirulina on hypercholesterolemic patients. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE-*, 33, 124-127.
56. Sall M, Dankoko B, Badiane M. 2009. Results of a nutritional rehabilitation with Spirulina in Dakar. *Médecine d'Afrique Noire*, 46(3): 143-146.
57. Samuels R, Mani UV, Iyer UM, Nayak US. 2002. Hypocholesterolemic effect of Spirulina in patients with hyperlipidemic nephrotic syndrome. *J. Med. Food*. 5(2): 91-96.
58. Simpore J, Kabore F, Zongo F, Dansou D, Bere A, Pignatelli S. 2006. Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spirulina and Misola. *Nutr J*. 5:3.
59. STANIER R. Y. (1974) Division I, The Cyanobacteria. In: *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Bouchanan R. E and Gibbon N. E. p 22.
60. Teas J, Hebert JR, Fitton JH, Zimba PV. 2004. Algae a poor man's HAART? *Med. Hypotheses*, 62(4): 507-510.

61. Tokus, Oglu Ö., Ünal M.K., (2003). Biomass nutrient profiles of three microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, and *Isochrysis galbana*. *Journal of food science*, vol. 68, n° 4, p.1144-1148.
62. Torres-Duran PV, Ferreira-Hermosillo A, Juarez-Oropeza MA. 2007. Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina maxima* in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids Health Dis.*, 6: 33.
63. TREMBLIN G., MOREAU B., 2017 : La Spiruline sera-t-elle l'Aliment Miracle du XXIème siècle ? Article, Le Mans Université.
64. VIDALO J. L., 2015 : Spiruline, l'algue bleue de santé et de prévention, Livre, Chapitre 3 / Cancer et Spiruline, p 101, Chapitre 16 / Universelle spiruline. A chacun son profil p. 240.
65. Xu X., Beardall J., Hallam D.N., (1998). Modification of fatty acid composition in halophilic antractic microalgae. *Phytochemistry*, vol.49, p. 1249-1252.
66. Zarrouk C, (1966): Contribution à d'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la connaissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*. Thèse de doctorat Paris.

# **Annexes**



## Annexes

**Annexe 1.** Tableau présentant les articles scientifiques servant de support à la réalisation de la partie expérimentale de la présente étude

N°	Titre	Auteurs (Année)
1	Etude Quantitative De Quelques Pigments De La Spiruline Cultivée En Mauritanie En Vue d'une Valorisation Nutritionnelle.	Baye et <i>al.</i> (2011)
2	The nutritional quality of <i>spirulina platensis</i> of tamenrasset, algeria.	Bensehaila et <i>al.</i> (2015)
3	Évaluation De La Croissance d'une Souche De Spiruline Autochtone Isolée Du Sahara Algerien (Arthrospira Sp.) Et Étude De l'effet De l'intensité De La Lumière Sur Le Taux De Phycocyanine.	Chentir et <i>al.</i> (2016)
4	A Randomizeddouble-Blind, Placebo-Controlled Study To Establish The Effects Of Spirulina In Elderly Koreans.	Park et <i>al.</i> (2008)
5	Effect of supplementation of spirulina on hypercholesterolemic patients.	Ramamoorthy et <i>al.</i> (1996)
6	Hypocholesterolemic effect of spirulina in patients with hyperlipidemic nephrotic syndrome.	Samuels et <i>al.</i> (2002)
7	Antihyperlipemic and antihypertensive effects of spirulina maxima in an open sample of mexican population.	Torres et <i>al.</i> (2007)

<b>8</b>	The effect of spirulina on lipid metabolism, antioxidant capacity and immune function in korean elderly.	Park et Kim (2003)
<b>9</b>	The change of lipid metabolism and immune function caused by antioxidant material in the hypercholesterolemin elderly women in korea.	Kim et al. (2005)
<b>10</b>	Studies on the long-term effect of spirulina supplementation on serum lipid profile and glycated proteins in niddm patients.	Mani et al. (2000)
<b>11</b>	Role of spirulina in the control of glycemia and lipidemia in type 2 diabetes mellitus.	Parikh et al. (2001)
<b>12</b>	Spiruline and malnutrition. Arch pédiatrie organe off société fr pédiatrie.	Darcas et al. (2004)
<b>13</b>	A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients.	Lee et al. (2008)
<b>14</b>	Effect of supplementation of spirulina on blood glucose and lipid profile of the noninsulin dependent diabetic male subjects.	Kamal et al. (2008)
<b>15</b>	Effect of supplementation of spirulina on blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipid profile of male non-insulin dependent diabetics.	Anitha et al. (2010)
<b>16</b>	Cholesterol lowering effect of spirulina.	Nayaka (1988)
<b>17</b>	Clinical and biochemical evaluations of spirulina with regard to its application in the treatment of obesity.	Becker (1986)
<b>18</b>	Effects of a spirulina-based dietary supplement on cytokine production from allergic rhinitis patients.	Mao et al. (2005)
<b>19</b>	Algae a poor man's haart.	Teas et al. (2004)

<b>20</b>	Influence of dietary spirulina.. Platensis on iga level in human saliva	Ishii <i>et al.</i> (1999)
<b>21</b>	Activation of the human innate immune system by spirulina: augmentation of interferon production and nk cytotoxicity by oral administration of hot water extract of spirulina platensis.	Hirahashi <i>et al.</i> (2002)
<b>22</b>	Spirulina in clinical practice: evidence-based human applications.	Karkos <i>et al.</i> (2011)
<b>23</b>	Efficacy of spirulina extract plus zinc in patients of chronic arsenic poisoning: a randomized placebocontrolled study.	Misbahuddin <i>et al.</i> (2006)
<b>24</b>	Hypolipidemic, antioxidant, and anti-inflammatory activities of microalgae spirulina.	Deng <i>et al.</i> (2010)
<b>25</b>	Culture et production de Spirulina platensis dans les eaux usées domestiques	Bellhacen <i>et al.</i> (2013)
<b>26</b>	Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal	Doumandji <i>et al.</i> (2011)

# Résumé

## الملخص

تسمى سبيرولينا، بالاسم العلمي «*platensis Arthrospira*» هو نوع من الطحالب الزرقاء التي خلقها الله سبحانه وتعالى وأودعها الأرض منذ قديم الزمان، في بحثنا حاولنا دراسة كيفية زراعة سبيرولينا في عدة أوساط ومراقبة نموه مع مراعاة الشروط الفيزيائية و الكيميائية التي تؤثر بشكل مباشر على نموها ، بعد المقارنات وجدنا أن أفضل وسط للنمو هو وسط jarisoa الذي حقق نمو بقيمة 1.4 غ/ل في مياه البحر كما أظهرت النتائج أن هذا النوع من الطحالب أحد أكثر المواد المغذية على هذا الكوكب نظرا للقيمة الغذائية التي يتمتع بها خاصة البروتين بنسبة 70 %، ناهيك عن الخصائص العلاجية الكثيرة التي يمكن أن يقدمها وقد أولى له المجتمع العلمي في هذه السنوات الأخيرة الاهتمام الواضح الذي يظهر من خلال العدد الكبير من المنشورات العلمية التي تتمحور حول هذا الموضوع كل عام.

**الكلمات المفتاحية:** *platensis Arthrospira* ، سبيرولينا، الطحالب الزرقاء ، الشروط الفيزيائية والكيميائية ، البروتين ،وسط النمو

## Résumé

La spiruline est appelée avec le nom scientifique : "*platensis Arthrospira*" est un type d'algue bleue que dieu tout-puissant a créé et déposé sur la terre depuis l'antiquité , dans nos recherches, nous avons essayé d'étudier comment faire pousser la spiruline dans plusieurs milieux et suivre sa croissance, en tenant compte des conditions physiques et chimiques qui affectent directement sa croissance ,après comparaisons, nous avons constaté que le meilleur milieu de croissance est le milieu jarisoa, qui a atteint une valeur de croissance de 1,4 g/ la Dans l'eau de mer, les résultats ont également montré que ce type d'algue est l'un des Matériaux les plus nutritifs de la planète en raison de sa valeur nutritionnelle, en particulier la protéine de 70%,sans parler des nombreuses propriétés curatives qu'il peut offrir, et la Communauté scientifique lui a donné ces dernières années l'intérêt évident qui apparaît à Travers le grand nombre de publications scientifiques centrées sur ce sujet chaque année.

**Mots clés :** *Arthrospira platensis*, spiruline, algues bleues, conditions physiques et chimiques , protéines, milieu de croissance.

## Abstract

Spirulina is called with the scientific name: "*platensis Arthrospira*" is a type of blue algae that almighty god has created and deposited on the earth since ancient times, in our research we have tried to study how to grow spirulina in several media and follow its growth, taking into account the physical and chemical conditions that directly affect its growth, after comparisons we found that the best growth medium is jarisoa medium, which reached a growth value of 1 , 4 g / l in sea water, the results also showed that this type of seaweed is one of the most nutritious materials on the planet due to its nutritional value, especially the protein of 70%, not to mention the many curative properties it can offer, and the scientific community has given it in recent years the obvious interest that appears through the large number of scientific publications focused on this subject every year.

**Keywords:** *Arthrospira platensis*, spirulina, blue algae, physical and chemical conditions, protein, growth medium