



Université de Mahajanga

**REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA**  
**Tanindrazana – Fahafahana – Fandrosoana**



Faculté des Sciences

**MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
(MENRES)**

---

**UNIVERSITE DE MAHAJANGA**

---

**FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**

---

***DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE***  
***OPTION : VALORISATION DE LA BIODIVERSITE VEGETALE***  
***(VBV)***  
**MEMOIRE DE MASTER I**



**Présenté et soutenu ce Vendredi 28 mai 2010 par :**

Monsieur **HERINIAINA** Judani

**Les membres du jury :**

Présidente : Madame le Docteur Hery Lisy Tiana **RANARIJAONA**  
Juge : Monsieur le Docteur Jean François **RAJAONARISON**  
Rapporteur : Monsieur le Professeur Rivocharinala **RASOANARIVO**

## RESUME

La Spiruline est une algue qui se développe de façon naturelle dans les lacs salés et alcalin. Ses vertus nutritionnelles en font un complément alimentaire apprécié à travers le monde. A la fois pour l'aide à la malnutrition dans les pays sous développés mais également dans les autres pays dans un but de bien-être. La spiruline contient des protéines végétales, de la betacarotène, de la vitamine, du fer, du zinc, ...La Spiruline est un réservoir de nutriments essentiels.

La Spiruline existe depuis longtemps, elle fait même partie des éléments qui ont permis à la vie de se développer sur terre. (Les derniers endroits où ont trouvait de la Spiruline était en Mexique et certaines régions du Tchad. La redécouverte de la Spiruline date des années 1950). Et actuellement la Spiruline vient d'un peu partout à travers le monde, surtout des pays en voie de développement comme Madagascar. Le présent travail permet de démontrer les intérêts et les méthodes d'étude de la Spiruline.

**Mots clés:** Spiruline, algue verte, valeurs.

## ABSTRACT

Spiruline is an algae which develops naturally on salted and alkaline lakes. Its nutritional properties make it a food supplement that is appreciated all over the world. It is also a real help to those suffering from malnutrition in underdeveloped countries, as well as in other countries just for the sake of well – being. Spiruline it contains plant proteins, betacarotene, vitamin, iron and zinc. Spiruline is a reservoir of essential nutrients.

Spiruline has been in existence for millions of centuries. It is even part of the elements that caused life to develop on earth. The places where Spiruline was last found are Mexico and some areas in Chad. Spiruline was discovered again back in the 1950's. Nowadays, it comes from almost any developing countries such as Madagascar. The present research allows us to underline the interests of, and the methodology towards studying Spiruline.

**Key words:** Spiruline, green algae, values.

## REMERCIEMENTS

Premièrement, je tiens à remercier le Bon dieu de m'avoir donné la santé, la force et surtout les initiatives afin que je puisse accomplir mes études.

Mes sincères remerciements s'adressent à tout le personnel administratif de l'Université de Mahajanga :

En premier lieu le Président de l'Université Monsieur le Pr RABESA Zafera Antoine

En deuxième lieu Le Doyen de la faculté des sciences Monsieur Le Dr MILADERA Johnson Christian.

Enfin, Monsieur le Dr RANDIANODIASANA Julien ex- Doyen qui est le Chef de Département de la Biologie Végétale.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à l'adresse des personnes suivantes :

Madame Le Dr RANARIJAONA Hery Lisy Tiana; Malgré ses lourdes responsabilités, elle a accepté de nous faire le grand honneur de présider le jury de notre soutenance.

Monsieur Le Dr RAJAONARISON Jean François qui est le chef d'option de la Valorisation de la Biodiversité Végétale (V.B.V) à l'Université de Majunga et, en dépit de ses nombreuses occupations, il a bien veillé au bon déroulement de notre travail et en acceptant avec amabilité de juger le présent travail.

Monsieur Le Pr RASOANARIVO Rivocharinala qui nous a honoré de sa confiance en acceptant de diriger le présent mémoire et malgré ses multiples responsabilités, il a fait tout son possible pour nous encadrer et nous donner continuellement d'importants conseils dans l'élaboration du présent Mémoire.

Madame Le Dr BEMIHARANA Ravelo Volonavalona, Gérante da la SPIRUSUD-ANTENNA Toliara, Qui a dirigé et encadré ce stage pratique.

Tous les enseignants de la Faculté des Sciences qui ont déployé le meilleur d'eux-mêmes pour nous faire acquérir la compétence, la performance et l'expérience professionnelles aussi bien théoriques que pratiques.

Enfin, je ne saurai oublier de remercier ma famille qui n'a pas ménagé ses efforts pour m'encourager et pour me soutenir moralement, matériellement et financièrement durant mes études.

**QUE DIEU TOUT PUISSANT VOUS BENISSE !**

<b>GLOSSAIRE</b> -----	<b>i</b>
<b>Liste des photos</b> -----	<b>ii</b>
<b>Liste des tableaux</b> -----	<b>iii</b>
<b>INTRODUCTION</b> -----	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : MATERIELS ET METHODES</b> -----	<b>2</b>
<b>DEUXIEME PARTIE : RESULTATS</b> -----	<b>3</b>
<b>Généralités</b> -----	<b>3</b>
<b>Historique</b> -----	<b>3</b>
<b>Propriétés physiques</b> -----	<b>4</b>
<b>Biologie</b> -----	<b>4</b>
<b>Ecologie</b> -----	<b>5</b>
<b>Les producteurs de la Spiruline</b> -----	<b>6</b>
<b>Constituants de la Spiruline</b> -----	<b>6</b>
<b>Valeurs directes</b> -----	<b>7</b>
<b>Culture en milieu contrôlé</b> -----	<b>11</b>
<b>Démarrage</b> -----	<b>12</b>
<b>Formule du milieu de culture</b> -----	<b>13</b>
<b>Suivi et contrôle</b> -----	<b>13</b>
<b>Récoltes</b> -----	<b>15</b>
<b>Conditionnements</b> -----	<b>19</b>
<b>TROISIEME PARTIE : -DISCUSSION</b> -----	<b>23</b>
<b>CONCLUSION</b> -----	<b>27</b>
<b>Bibliographie</b> -----	<b>iv</b>
<b>Annexe</b> -----	<b>v</b>

## GLOSSAIRE

**Photosynthèse** : processus de fabrication de matière organique à partir de l'eau et du gaz carbonique de l'atmosphère, en utilisant la lumière solaire comme source d'énergie et dégagement d'oxygène.

**Procaryote** : microorganisme généralement unicellulaire dépourvu d'organites et de noyau (différent Eucaryote) ; il regroupe les bactéries et les cyanobactéries.

**Cyanophyte** : bactérie unicellulaire formant de filament pluricellulaire, de couleur vert bleuâtre dont les représentants (Nostoc, Oscillaire, Spiruline...) et pratiquent la photosynthèse et peuvent assimiler l'Azote de l'air.

**Oscillatoriaceae** : cyanobactérie formant de filaments animés d'un mouvement pendulaire régulier.

**Saumure** : eau fortement salée dont on extrait le sel par évaporation.

**Inoculum** : souche de démarrage d'une nouvelle culture.

**Onagre** : Plante herbacé et d'origine Américaine ; aux grandes fleurs jaune au rougeâtre réunies en grappes, aux graines riches en lipides gras essentiels, carbone 18.

**Bourrache** : Plante annuelle velu à grande fleurs bleus, fréquente sur le décombres employée en tisane comme diurétique (substance augmente la diurèse et qui peut éventuellement être utiliser comme hypertension artérielle contre l'œdème et l'insuffisance cardiaque) et sudorifique ; comme diurétique, contre l'hypertension artérielle et insuffisance cardiaque et comme sudorifique.

**Xanthophylles** : pigment jaune des végétaux chlorophylliens, du groupe de caroténoïde

**Phytotron** : serres reproduisant artificiellement n'importe quel climat

## LISTE DES PHOTOS

Photo I et II : Spiruline vu au Microscopique

Photos III : Bassin en milieu synthétique

Photos IV : récolte

Photos V : Presse mécanique

Photos VI : Extrudeuse

Photos VII : Séchoir

Photos VIII : mise en sachet

Photos XII : préparation de nourriture

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau 1 : constituants de la Spiruline

Tableaux 2 : couleur pour le diagnostic

Tableau 3 : Résultats du prélèvement

Tableau 4 : comparaison de la Spiruline par rapport aux autres produits

# INTRODUCTION



## INTRODUCTION

La Spiruline ou *Arthrospira plantensis* (famille de Oscillatoriaceae) est parmi les êtres vivants qui ont créé la vie sur notre planète ; Elle existe depuis trois milliard d'années ; c'est un petit organisme (0,3mm de long), qui vit en photosynthèse comme les plantes et prospère naturellement dans les lacs salés et alcalins, de région chaude du globe (entre le tropique de Cancer au nord et le tropique de Capricorne au sud). C'est dans les années 1950 que cette algue a été redécouverte. Elle existait depuis des milliers d'années mais ses vertus avaient été oubliées et son utilisation était quasi nulle. La mission scientifique européenne a décidé de l'exploiter à des fins humanitaires. (<http://composition.de-la-spiruline.com>)

La Spiruline était la nourriture traditionnelle des Aztèques du Mexique et des Kanembus du Tchad, plus riche en protéine que la viande, elle est cultivée maintenant dans les grandes fermes en : Amérique, Inde, Chine, Thaïlande... ; (FOX. 1986)

A l'heure actuelle, plusieurs associations humanitaires ont développé des installations de part le monde pour la culture de la spiruline en vue de la lutte contre la malnutrition dans les pays pauvres. Mais celles-ci restent modestes et restreintes. Le programme spiruline s'étend à une dizaine de pays sur une trentaine des sites. (JORDAN J. 1996)

A Madagascar, la connaissance des intérêts de la spiruline par la population commence à s'étendre.

Le présent travail est une compilation bibliographique de la valorisation de l'espèce *Arthrospira platensis*, et permet de connaître les méthodes d'étude adoptées pour la culture de la spiruline

Notre étude comprend trois parties. On trouve en première partie la méthode, la deuxième partie fournit les résultats de ce travail, et nous voyons en troisième partie la discussion. On termine par la conclusion.

**Première partie :**  
**MATERIELS ET METHODES**  
**D'ETUDE**

## Première partie : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

### I-1-Matériels :

Règne : Monera

Sous règne : Prokaryota

Phylum : Cyanophyta

Classe : Cyanophyceae

Famille : Oscillatoriaceae

Genre : ***Arthrospira***

Espèce : ***platensis* Lebrun**

Nom commercial : Spiruline

Nom en Malgache : Lomotra, Manamaintso. (RABEMIHARANA R ; 2000)

### I-2-Méthodes d'étude

La grande partie de ce travail a été faite par consultation sur l'internet des mots clefs du sujet, cela s'est fait au sein des différents CYBER-CAFE de la ville de Mahajanga.

Ce travail a été faite aussi par recueil des données dans des livres et des revues dans la Bibliothèque et des livres de SPIRUSUD-ANTENNA Toliara, et des cours à la Faculté des Sciences Mahajanga.

Un stage pratique au sein de SPIRUSUD-ANTENNA Toliara a été suivi dans le but d'un renforcement de capacités sur le sujet.

Une enquête a été faite au sein de l'Homéopharma Mahajanga pour savoir si cette société fabrique des produits à base de cette espèce.

Toutes ces méthodes d'étude ont été utilisées pour compiler ce travail.

# Deuxième partie :

# RESULTATS

## Deuxième partie : RESULTATS

### II-1-Généralités

#### II-1-1-Historique et origine de la Spiruline:

En 1976, SOSA TEXACOCO qui se trouve à 30km du Mexico était le seul producteur mondial en matière de Spiruline ; plus tard, d'autres compagnies se créèrent rapidement en : Thaïlande, aux Etats Uni, Inde, chine, Vietnam, Afrique. (FOX. 1986)

Pour le cas de Madagascar :

En 1986, les chercheurs de l'IH.SM (Institut Halieutique et des Sciences Marines) ont découvert l'existence de la Spiruline à l'état naturel, dans certaines marées sur salés de la région de Tuléar (RABEMIHARANA. 2000)

En 1994, les spécialistes mondiaux, FOX. était venu à Tuléar, sur la demande des chercheurs de l'IH.SM, pour confirmer cette découverte.

En 1995, l'équipe de l'IH.SM (Institut Halieutique et de Sciences Marines) accompagnée par un assistant technique français Stephan Angevin a commencé à exploiter en gisement de Spiruline, se situe à Ankoronga Tuléar, qui se trouve à 13km au sud de la ville de Tuléar

En 1999 à 2000 des études approfondies sur la Spiruline en milieu contrôlé ont été faites dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat. (RABEMIHARANA. 2000)

Pendant ces deux années d'étude, La présence de divers organismes associées avec la Spiruline et la disparition de la biodiversité de la Spiruline ont été constatées pendant la période de crue de l'année 1999.Cette situation nous a fait envisager la culture de la Spiruline dans de bassin en milieu contrôlé.

La maîtrise de la technique de culture en bassin contrôlé a été acquise sous la direction de Dr Ripley FOX, du laboratoire de la Roquette, Jean Paul JORDAN du laboratoire du Malet (France), et Francisco AYALA de solarium biotechnologie en Iquique (Chili)

Depuis 2000, les fermes de la production de la Spiruline existent à Tuléar (Madagascar). (RABEMIHARANA R., 2000).

La spiruline peut se développer soit : en milieu naturel, en milieu semi-naturel et, en milieu synthétique lorsque les conditions pour la croissance sont tous réunis. (JANA B, 1996)

### II-1-2-Propriétés physiques de la spiruline :

La spiruline, cyanobactéries consommées depuis des siècles par certaines populations, sont l'objet de recherche depuis quelques années. Autrefois classées parmi les "algues bleues vertes", elle croit à l'état naturel, dans la région tropicale et subtropicale, dans les lacs riche en sels minéraux. La Spiruline avec une taille de l'ordre de 0.1mm, elle se présente généralement comme de minuscules filaments verts enroulés en spires plus ou moins serrées et nombreuses, suivant les souches. C'est d'abord leur impressionnante teneur en protéine, ainsi que leur vitesse de croissance, dans des milieux totalement minéraux, qui ont attiré l'attention des chercheurs, comme celle des industriels. (FOX R. 1999)

La Spiruline est classée indifféremment dans le règne végétal ou animal (en fait bien antérieur à ces deux règnes). Comme les végétaux, elle contient des pigments (dont la chlorophylle et le carotène). Comme les bactéries, elles possèdent des parois dépourvues de cellulose et surtout elle est procaryote, son matériel génétique est reparti dans la cellule. La Spiruline dont le nom scientifique *Arthrospira platensis* ; désigne la Spiruline cultivée à Madagascar. (FOX R, 1996)

### II-1-3-Biologie

Sous microscope optique, les filaments de Spiruline ressemblent à des ressorts en spirale (photo I), d'où le nom Spiruline. (<http://.malnutritionzero.online.fr>



Photo I : (Source: <http://.malnutritionzero.online.fr>) Photo II : (Source : <http://credesa.online.fr>)

Photos I et II : Spiruline Sous microscope

## II- 1-4- Ecologie de la Spiruline

La Spiruline se développe dans la ceinture intertropicale du globe. En effet, elle a besoin de chaleur et de la lumière pour réaliser la photosynthèse. (JOURNAN J.P., 1996)

Elle vit dans les eaux saumâtres, milieux très spécifiques riche en sels minéraux composés principalement de bicarbonate ou carbonate de sodium.

Le Ph du milieu est alcalin, ce qui facilite la fixation du gaz carbonique de l'atmosphère qui sera utilisé lors de la photosynthèse sur les saumures. (BELDA S. 2003)

Les carbonates et les bicarbonates fournissent également au milieu, le gaz carbonique nécessaire pour la photosynthèse.

La croissance optimale de la Spiruline dans le milieu de culture (photos III) est obtenue avec :

- ✚ une température comprise entre 25 et 40°C
- ✚ un éclairage solaire général
- ✚ une agitation du milieu
- ✚ un Ph basique comprise entre 8 et 11
- ✚ des éléments nutritifs essentiels comme les macroéléments et les oligoéléments
- ✚ une source de gaz carbonique

(JOURNAN J.P., 1996)



Photos III : Bassin en milieu synthétique (Source : FOENARD Daniel)

## II-1- 5- Les producteurs de la Spiruline

La Spiruline est commercialisée depuis le début des années 1990 dans plusieurs pays européens, notamment l'Allemagne, le Royaume Uni ou l'Italie. Elle est maintenant disponible en France depuis janvier 2000 et, actuellement elle existe ici à Madagascar. (YASSER M., 2007) (<http://www.blogg.org/blog-18714.hotmail>).

Il existe des centres de production un peu partout dans le monde comme : en Afrique, Asie, Amérique du sud, Amérique du nord, et en Europe

A partir de l'an 2000 la ferme de la Spiruline existe à Madagascar dans les deux différents sites :

Site en milieu naturel: Spir@rmes et, Spirname à Tuléar

Site en milieu synthétique comme : Spirusud-antenna(Tuléar), Spirmen(Morondava) et, Spirolymp(Mahajanga) en phase de construction.

Actuellement, la production annuelle mondiale est de l'ordre de 3000 tonnes qui ne présente que la moitié des besoins (RABEMIHARANA. 2000)

## II-1-6- Les constituants de la Spiruline

La composition de la Spiruline varie selon la saison, selon le milieu de culture, et selon les conditions de récolte. Le tableau suivant montre la composition en pourcentage.

**Tableaux 1 : constituants de la Spiruline (FOX. 1999)**

	Compositions	Pourcentage
Les éléments majeurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Protéines</li> <li>✓ Glucides</li> <li>✓ Lipides</li> </ul>	60% à 70% 13% à 16% 5% à 7%
Composition des cendres	Compositions <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calcium</li> <li>✓ Phosphore</li> <li>✓ Fer</li> <li>✓ Sodium</li> <li>✓ Chlore</li> <li>✓ Magnésium</li> <li>✓ Zinc</li> <li>✓ Potassium</li> <li>✓ Autres</li> </ul>	Poids en mg /kg <hr/> 1180 8082 550 345 4200 1665 33 14352 46500



Vitamines (mg/kg)	<p>Compositions</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cyanocobalamine (B12)</li> <li>✓ Inositol</li> <li>✓ Acide nicotinique (PP)</li> <li>✓ Pyridoxine (B6)</li> <li>✓ Riboflavine (B2)</li> <li>✓ Thiamine (B1)</li> <li>✓ Beta-carotène</li> </ul>	<p>Poids en mg /kg</p> <hr/> <p>0,4 0,5 350 118 03 40 190</p>
Pigments naturels	<p>Compositions</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Phycocyanine (bleu)</li> <li>✓ Chlorophylle (vert)</li> <li>✓ Caroténoïde (orange)</li> <li>✓ Beta-Carotène (jaune- orangé)</li> </ul>	<p>Poids en mg/10g</p> <hr/> <p>1500 à 2000 115 37 14</p>

### II-1-7- VALEURS DIRECTES DE LA SPIRULINE

La Spiruline est avec une valeur pratique directe d'un être vivant à cause de leur usage et leur fonction ; en général elle est un aliment complet pour les être vivant. (RANARIJAONA., 2006)

#### II-1-7-1- Dans l'alimentation Humaine

La Spiruline est une algue pour l'être humain. De nombreuses études ont été publiées depuis et de nombreuses applications possibles de la spiruline ont été démontrées notamment dans le domaine médical. (VILADO. 2008).

La Spiruline est un complément alimentaire sans additif, sans conservateur, ni colorant ; la Spiruline convient à tous les âges, du nourrisson au sportif, de l'adolescent à la personne âgée, de l'enfant à la femme enceinte.

Pour les adultes comme pour les enfants, il suffit de quelque gramme de Spiruline par jour. (VILADO. 2008).

## II-1-7-2- Dans l'alimentation animale

### II-1-7-2-1 Utilisation en aquaculture

La Spiruline séchée et broyée est employée dans la nutrition des mollusques tels que larve de moule : *Mytilus provincialis* au stade D, des animaux broyeur comme les Gastéropodes, Crustacés, et des alevins des poissons. On a observé une accélération de la croissance des animaux soumis à tel régime. (<http://www.valorimer.com/leblog/trackback/11>)

### II-1-7-2-2 Dans l'alimentation de porc

L'incorporation de la Spiruline dans les aliments porcins peut constituer un apport protéique complémentaire intéressant des protéines traditionnelles.

Pour les femelles qui ont été nourries en permanence avec un régime contenant 5% de Spiruline montre que le gain des poids pour les truies recevant de Spiruline est plus faible que celui des truies témoin. Mais les nombres de porcelets et le poids de la portée produite ont été plus élevés pour les truies ayant reçu de la Spiruline. (<http://www.valorimer.com/leblog/trackback/11>)

### II-1-7-2-3 Dans l'alimentation de volaille

La Spiruline constitue une source de protéine intéressante pour les oiseaux en croissance. Toutefois elles entraînent un retard de croissance significative lorsque l'apport alimentaire est supérieur à 6% c'est-à-dire dans le 20% à 30% de la totalité de la protéine de régime. Ce retard est dû, d'une part, à une sous consommation.

Ainsi, l'apport en Spiruline dans l'alimentation des volailles ne doit pas excéder 5%. En effet ces apports suffisent pour fournir des Xanthophylles en forte quantité surtout nécessaire dans la coloration de l'œuf. ([http://www.antenna.ch/documents/notice\\_spirpacf-pdf](http://www.antenna.ch/documents/notice_spirpacf-pdf))

### II-1-7-3- Santé

Pour améliorer l'alimentation et la santé ; on peut consommer la Spiruline dans le but :

- **Pour l'être humain bien portant :**

- Améliorer le rendement physique, intellectuel ou sexuel.
- De renforcer l'organisme pour lutte contre l'agression en amplifiant le système de défense immunitaire.

- ✚ Des retarder le vieillissement non seulement de la peau et des phanères, mais aussi l'organisme en générale (une forte régression de tache brume, dite aussi de vieillesse chez les personnes du troisième âge).

▪ **Chez l'être humain malade :**

Selon la forme et la gravité du trouble ou de l'affection en cause, la Spiruline peut être prise seul ou associé à d'autre thérapeutique pour :

- ✚ Convalescence en générale ;
- ✚ Asthénie ou état de fatigue physique, psychique, ou intellectuel ;
- ✚ Asthénie en cour de la maladie quelque soit leur nature ;
- ✚ Surmenage de toute nature ;
- ✚ Neurasthénie ;
- ✚ Propriété antigrippale dans le cadre préventif : une cure de Spiruline avant et pendant le période d'épidémie, permet le plus souvent d'éviter une infection ;

▪ **Application dans le but d'une meilleure santé :**

La richesse exceptionnelle et la variété des éléments nutritifs présents dans la Spiruline font d'elle un complément alimentaire, un équilibre et un fortifiant de grande valeur. C'est ainsi qu'à travers sa composition globale, ses différenciations peuvent se résumer ainsi ;

- ✚ Apporte à l'organisme des éléments indispensables susceptible de manquer dans les aliments modernes ;
- ✚ Régularisé ou aide certaines fonctions organiques dérégées ou devenues insuffisantes ;
- ✚ Favorise ou rétablie harmonieusement certain métabolisme momentanément défaillant ;
- ✚ La Spiruline est un stimulant, tonifiant, et euphorisant par l'augmentation de la respiration cellulaire, donc génératrice de bien être ; elle induit un regain de l'activité métabolique générale.
- ✚ Stimule ou augmente physiologiquement l'énergie vital en général ;
- ✚ Excellent protecteur et régénérateur des muqueuse et de tégument en générale ;

- ✚ Régénérateur de l'organisme en général, puissant outil contre le vieillissement prématuré ;

## II-2- CULTURE DE LA SPIRULINE EN MILIEU CONTROLE

### II-2-1- En milieu synthétique (bassin artificiel) :

#### II-2-1-1- Conditions

Les cultures en milieu synthétique sont possibles lorsque tous les éléments nécessaires à la croissance de la Spiruline sont fournis aux bassins de culture comme :

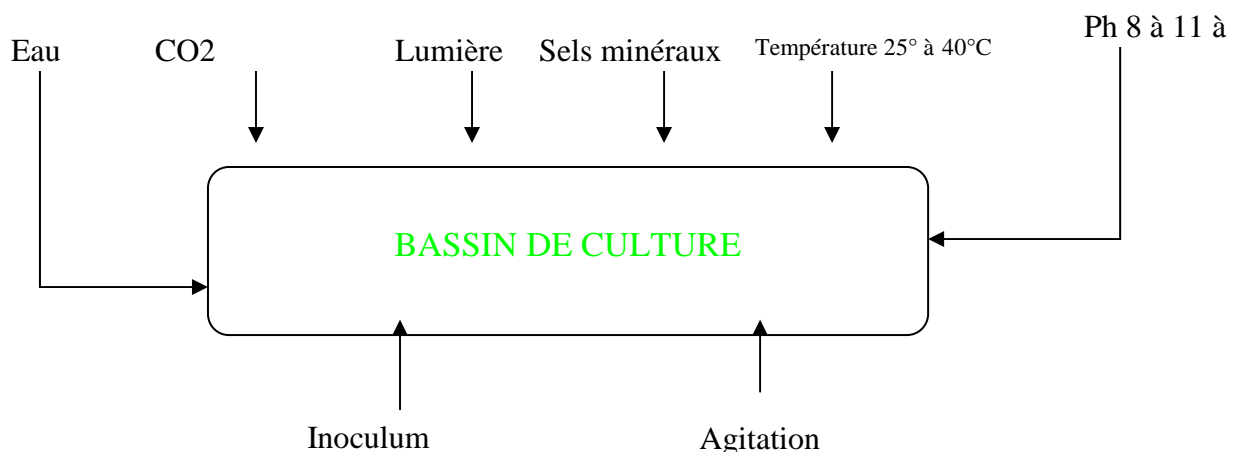
- Bassin artificiel
- Eau et, Sels minéraux
- Une source de gaz carbonique qui est nécessaire pour la photosynthèse.

Le CO<sub>2</sub> nécessaire doit se trouver dans le milieu sous forme d'ions carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

- Une source d'azote
- Inoculum de Spiruline (souche)
- Lumière
- Un agitateur ou une roue à aube pour que l'utilisation de la lumière et les sels minéraux par les algues soit optimale
- température comprise entre 25 à 40°C et, un Ph basique variant de 8,5 à 11

La culture de la Spiruline en milieu contrôlé est résumée sous forme de diagramme suivant :

#### Le diagramme des flux pour la culture de la Spiruline selon Fox 1999



### II-2-1-2- Le Bassin :

Dans la culture en milieu contrôlé, le fond du bassin en aimant doit être construit en béton armé de 10cm d'épaisseur minimum, de très bonne qualité sur terrain bien compacté. Les bords doivent être bien armés. Eviter les angles vifs mais de forme arrondie.

Pour faciliter la vidange, le fond doit être en pente très léger, avec un endroit plus creux d'accès facile. Les bords du bassin doivent être au dessus du niveau sur terrain, pour réduire l'entrée des poussières et des animaux, et en moyenne 40cm au dessus du fond ; les bassins de grande longueur supérieure à 50 m peuvent être construits avec chicane médiane.

#### Les éléments nécessaires à la croissance de la Spiruline fourni au bassin de culture.

- ✚ Le bassin artificiel en dur ou plastique
- ✚ Source de gaz carbonique et, d'azote
- ✚ Température 25 à 40° C et, PH basique varie entre 8 à 11
- ✚ Roue à aube (pour le grand bassin)
- ✚ Couverture : permettant de le protéger contre les excès de pluie, le soleil ou le froid, et contre les chutes des feuilles.

La durée de vie de la culture en bassin artificiel est de 4 à 6 mois selon la qualité de la production et du milieu de culture. (JOURDAN., 1996)

### II-2-2- Démarrage

L'eau utilisée pour le démarrage du milieu de culture doit être de préférence potable

L'eau de pluie, la source de forage est en général convenable.

En réalité il est nécessaire d'obtenir des cultures mono algales à la spiruline à partir d'échantillon récolté dans la nature comme lacs, rivières, marais.

Voici une méthode de culture qui donne des bons résultats surtout la culture en milieu synthétique. Alors pour ensemer un bassin il va falloir faire petit à petit, donc la première mini culture se fera dans un bocal de deux litres pour commencer puis dans un seau ou petit bassin de 10 litres, après, dans une bassine de 50 litres et enfin dans un bassin de 1m<sup>2</sup> et pour assurer la production, on utilise le grand bassin et ainsi de suite.

**La formule du milieu de culture :**

+	Bicarbonate de sodium (NaHCO <sub>3</sub> )	: 8g /l
+	Chlorure de sodium (Na Cl)	: 5g/ l
+	Nitrate de potassium (K <sub>2</sub> NO <sub>4</sub> )	: 2g/ l
+	Sulfate de potassium (K <sub>2</sub> NO <sub>4</sub> )	: 1g/ l
+	Sulfate de magnésium (Mg SO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O)	: 0,2g/l
+	Phosphate monoammonique (NH <sub>4</sub> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	: 0,1/ l
+	Urée (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	: 0,02g/l
+	Solution de fer à 10g de fer / l	: 0,1 ml/l
+	Acide phosphorique (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	:0,01ml/ l

(FOX R., 1999)

**II-2-3- Suivi et contrôle**

Après le démarrage lorsque la culture pousse, on passe au suivi et contrôle du milieu de culture, chaque jour en respectant les conditions nécessaire et spécifique pour la spiruline comme la couleur, PH, température, salinité, oxygène dessous, etc.

▪ **Couleur**

La couleur de la spiruline dans le bassin artificiel dépend souvent de la condition climatique et l'état de santé de spiruline. Le tableau suivant montre le couleur qui peut servir à un diagnostic préliminaire.

Tableaux 2 : couleur pour le diagnostique. (FOX R., 1999)

Bleu vert foncé	Verte	Jaunâtre	Jaunâtre +écumé	Jaunâtre + grisâtre	Incolore
La culture est ombragée	Forte lumière, culture encore ombragée	Porte lumière photolyse	Lyse exopoly-saccharides	Contamination bactérienne	culture précipité ou dévorées par des prédateurs

▪ **pH**

Le pH de l'eau dans le bassin de culture de Spiruline est toujours alcalin, et comprise entre 8 et 11 (basique); pour une nouvelle culture son PH doit être d'au moins 08; la culture est démarre mal lorsque le pH de la souche est au-delà 8 à 11. Le prélèvement de la salinité est effectué à l'aide d'un appareil papier pH.

▪ **Température**

La température du milieu de culture influence directement la vitesse de croissance de la spiruline. La température optimale est entre 20°C à 40°C, au-delà de cette température on risque rapidement une destruction de la culture. Le prélèvement de la température est affecté à l'aide d'un thermomètre.

▪ **Salinité**

La spiruline pousse bien dans le milieu de culture lorsque la salinité est de 30g par litre. Le prélèvement de la salinité est affecté à l'aide d'un appareil : Réfractomètre.

▪ **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un appareil appelé Oxymètre, les taux d'O<sub>2</sub> dissout diminue pendant la nuit car la spiruline absorbe l'oxygène et dégage le CO<sub>2</sub> et inversement pour le jour.

**Un exemple du prélèvement lors de suivi et contrôle sur l'un de ces bassins**

**Tableau 3** : Résultats du prélèvement le (25 Février 2009 : Bassin Betsaida Spirusud Antenna)

Matériel /Prélèvement	7h	11h	14h 30'
✓ Couleur	Verte	Vert	Vert
✓ PH	>9,5	>9,5	>9,5
✓ Température	29,1°C	33,7°C	36,1°C
✓ Salinité (%)	16%	12%	14%
✓ Oxygène dissous (mg/l)	0,6mg/l	2,89mg/l	2,70mg/l
✓ Turbidité	4cm	4,5cm	4,5cm

(HERINIAINA J., 2009)



D'après le tableau n : 03, un prélèvement lors de suivi et contrôle sur l'un de ces bassins Dit : Betsaida (nom du bassin dans le site SPIRUSUD-ANTENNA).

- on remarque que la couleur, et le pH restent stable, par contre la turbidité et température diminue le soir.
- L'oxygène dissout est faible le matin et augmente le jour, car pendant la nuit la spiruline absorbe l'oxygène et dégage le CO<sub>2</sub>.
- La salinité est forte le matin, car pendant la nuit il y a perte d'eau sous forme d'évaporation ou chaleur soufflé par le vent. Donc chaque matin ont été obligées de récupérer l'eau perdu ; c'est pour cela que la salinité diminue le matin. (HERINIAINA J., 2009)

#### II-2- 4 - Récoltes

Il est conseillé d'effectuer la récolte le matin pour des raisons de température et de plus faible ensoleillement. Pour filtrer la spiruline, il faut prélever une partie de la culture et la filtrer : pour cela, on utilise un tamis (maille 300 µm) qui enlèvera les grosses particules et les insectes et une toile synthétique (maille 25 à 50 µm). On passe d'abord la culture sur le tamis afin de séparer les grosses impuretés et les insectes sans éliminer trop de spiruline puis on filtre le reste dans la toile. Il faut créer un montage sur lequel on puisse fixer la toile qui doit rester tendue, tendre la toile sur un tamis convient parfaitement ou sur un tube.

(<http://perso.orange.fr/petites-nouvelles/manuel/RECOLTE.htm>)

- La Spiruline passe à la récolte lorsque la turbidité est entre 2,5 à 3 cm.
- Si nous avons réalisé correctement notre installation de culture, et fournis tous les éléments nécessaires, maintenu les paramètres chimiques à leur optimum, nous devrions profiter d'une bonne récolte.
- Les fermes commerciales de spiruline produisent 5 à 10g /m<sup>2</sup> (poids sec).
- Dans la meilleure condition la spiruline peut doubler sa biomasse en 7h.
- Le poids de biomasse récolté est variable parce qu'elle dépend évidemment de la lumière température, agitation etc....

- Il y a beaucoup de système pour la récolte mais les plus pratiques est la méthode par pompage et/ou ramassage, et la récolte se fait de préférence le matin.
- La récolte passe par différentes étapes.

1-La récolte se fait par filtration du milieu de culture concentré, à l'aide de deux filtres à différents maillages :

- Dans le premier temps, pour éliminer les impuretés, un filtre de 100 à 200µm de maillage est utilisé ; ensuite, le second filtre de 30µm pour arrêter la Spiruline.

Le dispositif de récolte est supporté par un cadre en bois muni d'une moustiquaire. La récolte peut se faire à l'aide d'une pompe électrique, soit à l'aide d'une bassine en traversant le milieu concentré à travers les trois filtres. La Spiruline se dépose sur la toile de récolte et de colmatée à l'aide d'une raclette en plastic. L'arrêt de la filtration ou de la récolte et en fonction de la concentration du milieu de culture. En effet, le Secchi doit être vérifié de temps à autre et ne doit pas dépasser 5cm.

2-La spiruline récoltée est composée avec de l'eau. Il faut presser la spiruline, cela s'effectue en mettant la spiruline dans une toile identique à celle utilisée pour le filtrage doublée d'une toile en coton solide. On place le tout entre deux nattes ou deux planches et on met sous un système de presse quelconque permettant toutefois d'exercer une pression uniforme sur la spiruline.

3-Pour éliminer totalement l'eau, on passe par l'essorage ou presse mécanique pendant 40mn environ, (il faut emballer d'abord dans le tamis à 30 micromètres et le tissu écru avant la presse)

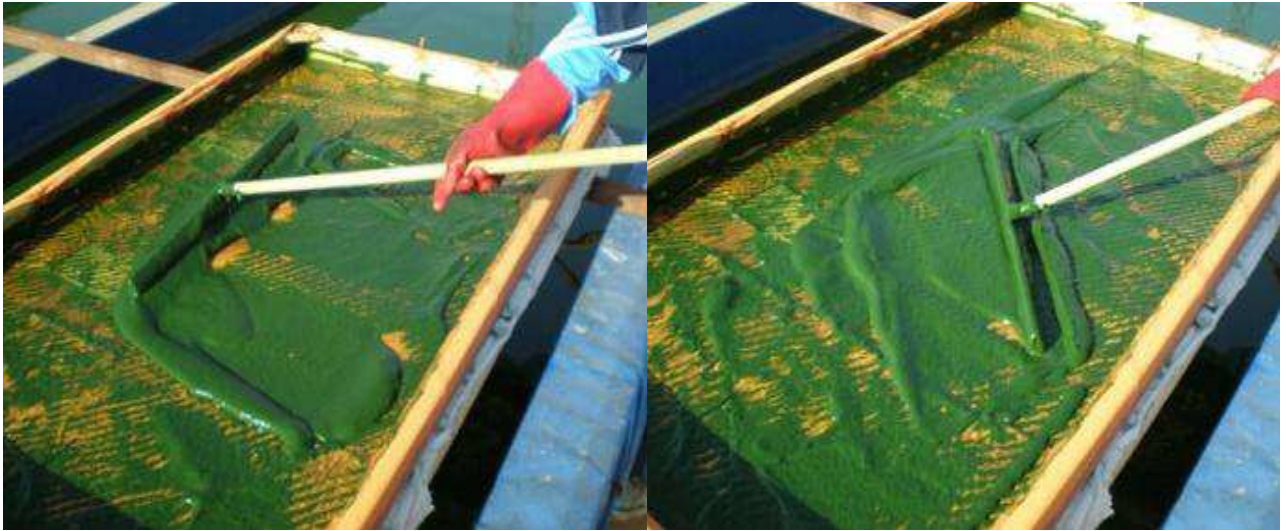
L'eau est totalement éliminée; on pèse la spiruline puis on introduit dans l'extrudeuse qui transforme le produit sous forme de spaghetti pour faciliter le séchage, enfin on étale la spiruline sur la claie.

4-On va mettre dans le séchoir jusqu'à ce que la spiruline devienne sèche.

5- Lorsque la spiruline (spaghetti) séchée, on l'enlève sur le tamis, et on Broye par le mixeur jusqu'à ce que le produit (spaghetti) soit transformé en poudre granulé. (HERINIAINA J, 2009) ; Après chaque récolte on dissout les engrais dans des seaux d'eau puis, verser dans le bassin d'un total 1kg (compte à sec):

- ✚ Urée 350g/kg
- ✚ Phosphate monoammonique 50g/kg
- ✚ Sulfate dipotassique 30g/kg
- ✚ Sulfate de magnésium 30g/kg
- ✚ Chaux 10g/kg
- ✚ Fer 50ml/kg

(HERINIAINA J., 2009)



Photos IV : récolte (Source : doc FOENARD Daniel)

#### II-2 -4-1- Résumé des opérations d'une journée de récolte :

- ✚ Mesure de la concentration du bassin, de son pH et de sa profondeur
- ✚ Filtration d'environ 200 - 300 litres
- ✚ Elimination d'une partie du liquide filtré (= purge, si pH > 10.5)
- ✚ Pressage de la spiruline, pesée puis extrusion de la pâte sur les plateaux du séchoir, début du séchage
- ✚ Préparation et addition du milieu neuf (quantité équivalente à la purge)
- ✚ Pesée (proportionnelle à la récolte) et addition des sels compensatoires et de l'eau nécessaire au maintien du niveau.
- ✚ Nettoyage du matériel
- ✚ Contrôle de la température en début d'après-midi (aération ou ombrage si besoin)
- ✚ Fin du séchage: récupération et broyage grossier des " spaghettis ", pesée et conditionnement

#### II-2-4-2-Les matériels des traitements

**Presse mécanique** : (essorage) pour éliminer finalement d'eau et autres éléments à part la spiruline.



Photos V : **Presse mécanique** ; (Photos : Heriniaina, 2009)

**Extrudeuse** : C'est un matériel qui transforme la spiruline frais en spaghetti pour faciliter le séchage de ces produits.



Photos VI: Extrudeuse ;( Photos: HERINIAINA. 2009)

**Séchoir** : appareil pour sécher la spiruline.



Photos VII :

Séchoir (photos Heriniaina, 2009)

**Balance** : appareil de mesure du poids de spiruline

**Mixeur** : appareil pour broyer la spiruline en poudre granulée avant la mise en sachet pour la conservation.

## **II-2 – 5- Emballage, stockage, et conditionnements**

Une fois la spiruline séchée et pulvérisée en poudre granulée, le conditionnement du produit a eu lieu. La spiruline séchée peut conserver ses qualités pendant des années mais à condition d'être à l'abri de l'oxygène, de la lumière, de la chaleur et de l'humidité. Pour conserver la production, on le met dans des emballages en plastique.

Le séchage est une bonne méthode de conservation de la Spiruline à long terme. Pour faciliter le séchage, la pâte de la Spiruline doit être extrudée sous forme de filament de petit diamètre (genre Spaghettis). Les Spaghettis sont déposés sur un plateau ou sur une claie garnie de moustiquaire nylon tendu, en une seule couche de préférence. Une fois garnie, les claies sont disposées dans le séchoir qui assure le séchage à l'abri de la lumière directe. Les Spaghettis sont secs lorsqu'ils se brisent facilement et peuvent se réduire en poudre. Ils se détachent alors facilement des claies.

Une fois les Spaghettis sèches sont réunis dans une toile propre et grossièrement brisé à la main, à travers la toile. Les granules obtenues doivent être broyées à l'aide d'un mixeur pour obtenir la poudre granulée et conservée dans des récipients opaque, ensuite placer à l'abri de la lumière et de l'humidité.(<http://www.spirulinefrance.free.fr>)

Par souci d'hygiène, ne jamais toucher la Spiruline (surtout fraîche) avec la main ; porter des gants, utiliser des ustensiles de cuisine propre.

Une fois séchée, la Spiruline ne doit jamais être réhydratée sauf pour la consommation immédiate.

### II-2-5-1 Matériels pour l'emballage et, stockage

- Sachet noir et blanc : sachet noir et pour bien conserver la spiruline surtout pour la conserver contre le rayon solaire direct, puis le sachet blanc ou transparent pour l'étiquette.
- Carton : matériel pour stocker les produits finis à vendre
- Balance : pour peser la spiruline avant d'introduire dans le sachet.
- Soudeuse électrique : appareil en électrique pour cacheter le sachet chargé de ces produits.
- Ciseaux, cuillère, plateau : matériel nécessaire pour la réalisation des emballages.
- Etiquette : petit papier dans le sachet du produit fini qu'on va mentionner le lot du produit et l'adresse du fournisseur, nom de la société la date de péremption.



Photos VIII : mise en sachet (Source : <http://spiruline.free.fr>)

### II-2-6- Matériels pour la préparation de nourriture :

Il y a deux différents mode de nourriture, le premier en alternance d'une journée pour le développement de spiruline et la deuxième nourriture est donnée après chaque récolte seulement et la quantité varie selon le rendement (poids) produit ou récolté.

- Récipient tube avec graduation, seringue : pour faciliter de servir la quantité de nourriture liquide (en ml)
- Cuvette seau : pour servir à la distribution de la nourriture dans les bassins (Photos IX)



Photos IX: préparation de nourriture (Source : <http://solidarite.stjoavignon.com>)

## II-2-7Autres matériels :

- Un mini pompe électrique, type aquarium, 220V, 5-7 W (agitation et récolte)
- 1'000 litres de milieu de culture (eau, engrais et sels minéraux)
- Quelques instruments de mesure simples: du papier-pH, un thermomètre
- Un équipement de récolte
- Une extrudeuse et un séchoir à plateaux amovibles
- Un petit compresseur d'air, type aquarium
- Laboratoire : le laboratoire est nécessaire dans un site de production au minimum de 25m<sup>2</sup>.
- Microscope et loupe : c'est un appareil pour identifier la santé de la spiruline.
- Programmeur : Permettre de programmer la marche des roues à aube en raison de 15 mn/heure, pour le cas de la ferme.
- Récipient : pour conserver la petite souche dans le laboratoire.
- Souche : pour démarrer et redémarrer la culture.
- Balai : le bassin et autour de bassin normalement toujours propre alors il faut besoin de balai pour le ménage est surtout quand le matériels d'agitation est en panne on agiter en bassin par le balayage propre mais n'ont pas le balayage de ménage.
- Tissus écru : matériel pour emballer les spirulines avant le presse mécanique.
- Matériel électrique : la culture en milieu contrôlé et besoin courant électrique
- papier pH.
- Thermomètre
- Réfractomètre
- Oxymètre



# **Troisième partie :**

# **DISCUSSION**

## V-DISCUSSION et INTERPRETATION

### Production de spiruline

1. Dans la plupart des cas, l'usage de simple papier pH est tout à fait suffisant, voire même superflu dans les cas suivants :

- Utilisation d'un milieu de culture très riche en bicarbonate ; Culture très ombrée de manière à réduire la productivité autour de 5 g/j.m<sup>2</sup>
- Mode de culture avec purges régulières

Le ph-mètre reste très utile dans les cas suivants :

- Utilisation d'un milieu de culture très pauvre en bicarbonate
- Apport de carbone sous forme de sucre
- Culture intensive à très haute productivité

### 2. Quelle est le niveau idéal à maintenir dans le bassin de culture ?

Tout d'abord intervient la planéité du fond du bassin. Si elle est bonne, le niveau peut descendre fort bas, par exemple à 5 cm.

Un faible niveau donne une amplitude de température de bassin plus grande. Mais la différence de productivité reste faible. La concentration en spiruline dans le milieu de culture, à respiration égale, est inversement proportionnelle au niveau : ceci permet de travailler à plus forte concentration quand le niveau est faible, ce qui facilite la récolte.

Dans la pratique, on maintient un niveau moyen de l'ordre de 20 cm qui donne une inertie thermique et une inertie de pH confortables. Un niveau de 10 cm est généralement préférable mais la culture est plus sensible et demande plus de surveillance.

Si le bassin n'est pas ombrable, un niveau élevé permet d'éviter les surchauffes.

### 3. Est-il possible de produire de la spiruline en pays froids ?

On peut produire de la spiruline n'importe où, n'importe quand, à condition que la culture soit maintenue dans des conditions de température et d'éclairement correctes, ce qui est facile en laboratoire ou en phytotron (serres reproduisant artificiellement n'importe quel climat), mais pratiquement hors de portée d'un petit producteur, à moins qu'il se contente d'un aquarium donnant quelques grammes par jour, à l'intérieur d'une pièce chauffée.

Si le climat est défavorable comme en Normandie l'hiver, on se ruinerait en chauffage et éclairage en voulant produire commercialement de la spiruline. De mai à octobre la production est possible sous serre, sans chauffage d'appoint :

On peut obtenir les mêmes hautes productivités qu'en Afrique en cas de forçage par apport de carbone artificiel (CO<sub>2</sub>, sucre ou bicarbonate), mais uniquement quand il y a du soleil, c'est-à-dire environ la moitié du temps. Dans ce cas une région peu ensoleillée est défavorisée. Mais si l'on se contente de l'apport du CO<sub>2</sub> naturel, la différence entre régions tempérées et tropicales tend à s'annuler car c'est l'absorption du CO<sub>2</sub> atmosphérique qui est le facteur limitant la productivité, or cette absorption se poursuit en l'absence de soleil.

Contraintes pour réussir la culture de spiruline :

- **Le milieu de culture :**

Le milieu de culture est une solution de sels minéraux dans de l'eau. Il doit apporter à la spiruline tous les éléments chimiques qui lui sont nécessaires. Le pH du milieu de culture doit être compris entre 8.0 et 11. L'eau utilisée doit être potable, si possible peu calcaire. Une eau légèrement salée est utilisable.

- **La température :**

La température du liquide de culture influence directement la vitesse de croissance de la spiruline: bien qu'assez résistante au froid, la spiruline ne commence à croître d'une manière appréciable qu'au dessus de 20°C. La vitesse de croissance est maximale vers 35-37°C.

Au delà de cette température, on risque rapidement une destruction de la culture. Des brusques variations de température sont aussi néfastes.

- **La lumière :**

Une très forte lumière (plein soleil) peut être dangereuse dans les cas suivants:

- sur une culture froide (moins de 14-15°C)
- sur une culture très chaude, car échauffement supplémentaire
- sur une culture très diluée
- sur une culture en difficulté (suite à un accident)

- **L'agitation :**

Il est impératif d'agiter, au moins occasionnellement (2-4 fois par jour), une culture de spiruline. On favorise ainsi une dispersion homogène de la spiruline dans son milieu de culture, et son exposition à la lumière. Une agitation trop violente endommage la spiruline et provoque l'apparition de mousse. Certaines pompes centrifuges, ainsi que les chutes d'eau avec éclaboussures, sont spécialement néfastes. On peut assurer l'agitation continue de la culture par une petite pompe électrique. Pour de petits volumes de culture (moins de 100 litres), une agitation continue par injection d'air peut être réalisée au moyen d'un petit compresseur pour aquarium.

#### 4-COMPARAISON DU RENDEMENT EN PRODUIT ET EN PROTEINE A L'HECTARE DE DIFFERENTES ALIMENTS

Tableaux 2 : Comparaison du rendement de produit par rapport au Spiruline

ALIMENTS	RENDEMENTS EN PRODUITS (T/ha/an)	PROTEINE (%)	RENDEMENTS EN PROTEINE (T/ha/an)
Maïs	2,22	9	0,2
Riz	2,50	8	0,2
Manioc	10(Tubercules)	5	0,5
Bœuf	0,80	20	0,16
Soja	4	34	0,16
<b>Spiruline</b>	<b>14,70</b>	<b>60</b>	<b>9</b>

([http://www.antenna.ch/documents/notice\\_spirpacf-pdf](http://www.antenna.ch/documents/notice_spirpacf-pdf))

D'après le tableau, on remarque que la spiruline a un rendement et un pourcentage en protéine élevés par rapport aux autres produits.

# CONCLUSION

## CONCLUSION

La Spiruline est l'un des aliments complets, naturels les plus riches en protéines, vitamines, et fer... ; elle est avec plus de 115 micronutriments, elle est un aliment le plus complet de notre planète terre, avec 60% de son poids, elle présente un taux protéique le plus élevé du genre végétale (le viande du bœuf 22%, soja 40%, et œuf 45%), et elle est un aliment avec des effets thérapeutiques.

Actuellement, les 4 sur 5 continents dans le monde ont été trouvés de ferme de la Spiruline à cause de la valeur très intéressante, en plus elle pousse bien dans les conditions entre 20°C à 40°C, dans la sécheresse, et surtout entre la latitude 35°Nord (tropique de cancer) et 35° Sud (tropique de capricorne).

La Spiruline est avec multiple rôles suivants leur besoin; application spécifique gériatrie au Japon, régime minceur en Allemagne, aliment de survie aux Etats Unies, complément alimentaire pour les sportifs ; application globale contre dénutrition, problème nerveux, cholestérol vieillissement précoce, charge physique...

Ainsi, on encourage la population Malgache de valoriser d'une nouvelle source de protéine végétale de la Spiruline et de produire pour contribuer au développement de Madagascar.

Enfin, la Spiruline est à la fois un nutriment énergétique, constructeur, protecteur. Il faut incorporer la Spiruline dans l'alimentation quotidienne désigne à tous les âges du nourrisson au sportif, des adolescents à la personne âgée, de l'enfant à la femme enceinte, pourrait constituer une solution pour réduire ce carence alimentaire.

Vues les différentes valeurs de la Spiruline, celle-ci est recommandée aux personnes à tout âge.

Cependant, la consultation du médecin est toujours utile.

# Bibliographie



## BIBLIOGRAPHIE

- 1-**BELDA S.** La Spiruline saveurs et vertus : Edition Grancher, Paris. Ed.rev-et augm 2003. Pages 116.
- 2-**FOENARD D.** Document de la Spiruline se decouvre.JPG
- 3-**FOX R.** 1986. Agroculteur : La Spiruline, La Spiruline, un espoir pour le monde de la faim. Edisud, Aix-en-Provence
- 4-**FOX R.** 1999. La Spiruline, Technique pratique et promesse. Edisud, Aix-en-Provence
- 5-**HERINIAINA J.** 2009. Rapport de stage sur l'étude de culture de la Spiruline en milieu contrôlé ; à l'Université de Tuléar ; 16 pages
- 6-**JANA B. et al.** 1996. Les algues thérapeutiques naturelles
- 7-**JOURNAN J.P.** 1996. Culture votre Spiruline-Manuel de culture artisanal de la Spiruline ; Publication Antenna Technologie.
- 8-**MAKSIM L. Et RAMAMPIHERIKA D.** La mer : une Richesse à préserver : VINTSY n : 46 ; pages 21. Toliara, 2006.
- 9-**RABEMIARANA R.V.** 2000. Document de Culture de la Spiruline en milieu Synthétique; Spirusud-Antenna Tuléar ; 40 Pages
- 10-**RANARIJAONA H.L.** 2006. Cours sur la Valorisation de la Biodiversité Végétale en master-I Université de Majunga.
- 11-**VILADO J.L.** 2008 .La Spiruline - L'algue bleu de santé et de prévention par à l'édition du dauphin.
- 12-**YASSER M.** Dr en médecine- Biologiste. ALGOCULTURE AU SERVICE DU CANCER. — CFPPA d'Hyères. TOULON, (France), 2007.

## SITES WEB

- 13- <http://solidarite.stjoavignon.com>
- 14- <http://composit.de-la-spiruline.com>

- 15- <http://perso.orange.fr/petites-nouvelles/manuel/RECOLTE.htm>)
- 16- <http://spiruline.free.fr>
- 17- <http://credesa.online.fr>
- 18- <http://malnutritionzero.online.fr>
- 19- <http://www.valorimer.com/leblog/trackback/11>;
- 20- <http://www.enfants-air.com>
- 21- <http://www.blogg.org/blog-18714.hotmail>
- 22- [http://www.antenna.ch/documents/notice\\_spirpacf-pdf](http://www.antenna.ch/documents/notice_spirpacf-pdf)

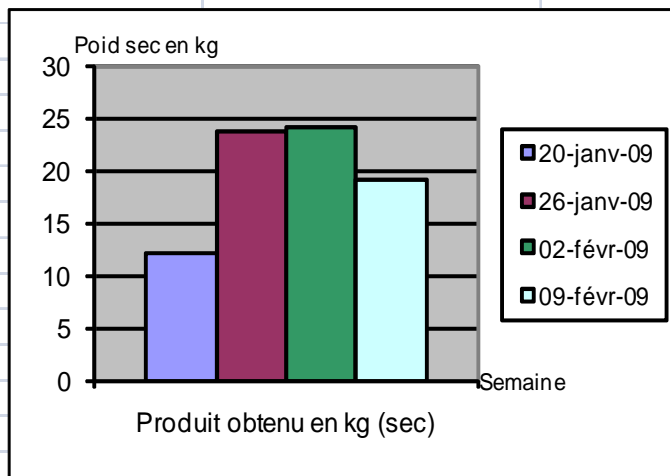
# ANNEXE

**ANNEXE :**

**Les résultats de ces produits récoltés par semaines durant le stage.**

Semaine	Produit obtenu en kg (sec)
20-janv-09	12,165
26-janv-09	23,853
02-févr-09	24,185
09-févr-09	19,214
Total dans 4 semaines	<b>79,417</b>

Diagramme en rectangle montrant les taux des produits obtenue par semaine durant 4 semaines de notre stage.



Pour les jours fériés, comme dimanche et fête, il n'y a pas de récolte mais la nourriture alternée d'une journée existe toujours.

**II-2-9 Les résultats du prélèvement le 02 Février 2009 dans le Bassin Betsaida, Spirusud-Antenna.**

Prélèvement	7h	11h	11h 30'
Température	29,1°C	33°C	36,1°C
PH	>9,5	>9,5	>9,5

La 1<sup>ère</sup> semaine de notre stage c'est-à-dire la semaine du 20 janvier 2009, les produits obtenus sont de 12,165kg, faible par rapport à trois dernière semaine parce que le ciel était ombrage à cause de passage du cyclone Eric. Donc les conditions climatique ne sont pas favorable d'où le produit obtenu baisse.

Dans la deuxième semaine le produit obtenu est de 23,855kg donc les produits augmente par rapport à la 1<sup>ère</sup> semaine car le climat est rétabli au normal.

Dans la troisième semaine le 02/02/09 le produit récolté toujours augmente jusqu'à 24,183 car le climat est bien favorable pour la culture de la spiruline, et avec une température optimale pour la croissance. D'après les prélèvements effectués, la température est optimale, plus l'agitation est bien faite, d'où les produits obtenus augmente.

Dans la dernière semaine de notre stage, c'est-à-dire la semaine de 09/02/09, le produit récolté est diminué jusqu'au 19,214. On remarque que la température est toujours optimal mais l'agitation faible car les roues à aube est en panne plus l'eau dégage sous forme de vapeur ce ne sont pas récupérés à cause de la faiblesse de la pression du JIRAMA entraîne le robinet ne marche pas le jour, donc le produit est faible.

On remarque que la culture de production spiruline ne dépend seulement de la température.

La productivité en m<sup>2</sup> par jour durant 23 jours de ces résultats obtenue sont sur 79,317kg de produit au total d'après le calcul de productivité on donne 7,183g/m<sup>2</sup>/jour.

$$\text{AN : productivité par jour} = \frac{79,412 \times 1\,000}{23 \times 480} = 7,183\text{g/m}^2/\text{j}$$

Donc la productivité obtenu dans le bassin du site SPIRUSUD ANTENNA est 7,183kg/m<sup>2</sup>/jour mais le taux de produit de spiruline obtenu par jour est entre 5 à 10g/m<sup>2</sup>/j, et en période chaude de chiffre est élevé, alors d'après la productivité moyenne par jour on peut dire que le site SPIRUSUD ANTENNA est un site de la production se trouve dans les meilleures conditions.