



**COLLOQUE INTERNATIONAL  
« SPIRULINE ET DÉVELOPPEMENT »**

INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
"SPIRULINA AND DEVELOPMENT"

28, 29 et 30 avril 2008

TOLIARA  
SUD-OUEST DE MADAGASCAR



# COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA SPIRULINE

« LA SPIRULINE ET LE DEVELOPPEMENT »  
FORMATION ET TRANSFERT DE TECHNOLOGIE,  
EN MATIERE DE CULTURE DE SPIRULINE

International Symposium on Spirulina

« SPIRULINA and DEVELOPMENT »  
TRAINING AND TRANSFER OF TECHNOLOGY,  
IN CULTURE OF SPIRULINA



28, 29 et 30 AVRIL 2008

TOLIARA - SUD-OUEST MADAGASCAR



## COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA SPIRULINE

### *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPIRULINA*

LA SPIRULINE ET LE DEVELOPPEMENT - FORMATION  
ET TRANSFERT DE TECHNOLOGIE, EN MATIERE DE CULTURE DE SPIRULINE

*SPIRULINA and DEVELOPMENT - TRAINING AND TRANSFER OF TECHNOLOGY,  
IN CULTURE OF SPIRULINA*

TOLIARA SUD-OUEST DE MADAGASCAR

28, 29 et 30 Avril 2008

---

### EDITEURS



#### **Dr Vololonalona BEMARANA**

Institut Halieutique et des Sciences Marines BP 141  
Université de Toliara 601 – Toliara, Madagascar  
[vololonalona@yahoo.fr](mailto:vololonalona@yahoo.fr)



#### **Pr Nardo VICENTE**

Professeur émérite de l'Université de Marseille III  
Institut océanographique Paul Ricard  
[vicente.nardo@aliceadsl.fr](mailto:vicente.nardo@aliceadsl.fr)



#### **Dr Alain RIVA**

Docteur en biologie appliquée  
Institut océanographique Paul Ricard  
[ariva@institut-paul-ricard.org](mailto:ariva@institut-paul-ricard.org)



UNIVERSITE DE TOLIARA  
INSTITUT HALIEUTIQUE ET DES SCIENCES MARINES  
Mahavatsy - Route du Port BP 141

---

**COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA SPIRULINE  
TOLIARA SUD-OUEST DE MADAGASCAR  
28, 29 et 30 Avril 2008**

---

**THEME : «SPIRULINE ET DEVELOPPEMENT »**

La *SPIRULINE*, une « Algue » de l'Avenir pour la **Santé de tous et pour lutter contre le déséquilibre alimentaire et la malnutrition.**

Sous-thème : **FORMATION ET TRANSFERT DE TECHNOLOGIE, EN MATIERE DE CULTURE DE SPIRULINE**

► **CONTEXTE**

Les régions sud et sud ouest de MADAGASCAR sont connues pour leur climat chaud et semi-aride, favorable à la culture de la spiruline.

Depuis 1994, des travaux de recherche sur ces cyanobactéries sont menés par l'équipe de l'IH.SM. Ils permettent actuellement sa production dans des étangs naturels et dans des bassins contrôlés.

La spiruline offre une source de complément alimentaire ou nutritionnel pour les couches défavorisées de la population de différentes régions de la Grande Ile, notamment dans les régions sud et sud ouest. Actuellement, la population malgache commence à s'intéresser à ce produit. Aussi peut-on estimer que la diffusion de cette nouvelle filière « Spiruline » pourrait contribuer au développement économique de la nation.

Ce colloque international a permis de réaliser un échange entre les différents spécialistes de la spiruline, ainsi qu'entre les producteurs nationaux et internationaux. Également, il a été un lieu de rencontre pour les scientifiques et les différents intervenants travaillant dans les domaines aussi varié que la biologie, l'écologie, la médecine, la chimie etc. ... Des spécialistes des pays du sud (Afrique, Inde, Asie du sud-est...) sont venus partager leurs expériences et savoir-faire.

## ► OBJECTIFS DU COLLOQUE

- Promouvoir la culture de la spiruline pouvant aider à l'équilibre alimentaire et nutritif à Madagascar,
- Inventorier les compétences des intervenants pour faciliter les échanges,
- Établir le relevé des formations et des techniques de culture adaptées aux différents climats de Madagascar,
- Établir le rôle multi facette de la Spiruline avec les domaines aussi variés que la science fondamentale, les impacts médicaux, le rôle psychologique de sa consommation, la fonction écologique naturelle, l'impact économique de sa valorisation,
- Partager et échanger nos expériences, notre savoir-faire et acquérir de nouvelles connaissances.

## ► THÈMES DU COLLOQUE

- Activités de production (les différentes formes de production de spiruline : artisanale, semi-industrielle, industrielle ...).
- Activités de valorisation : alimentation humaine et animale, produit pharmaceutique.
- Activités de formation : échange et transfert des technologies de la culture à la transformation.
- Activités de recherche sur la spiruline :
  - Effet du séchage et du stockage sur le contenu en vitamines.
  - Effets de la spiruline sur le développement des enfants.
  - Nouvelles avancées sur les molécules présentes dans la spiruline.
  - Possibilités d'amélioration des cultures, ...

## Organisateurs et comité scientifique

- Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Toliara à Madagascar.  
Dr Vololonavalona BEMARANA  
Dr Christian RALIJAONA  
Dr MAN WAI RABENEVANANA  
Dr MARA Edouard  
Dr Daniel RAMAMPIHERIKA
- Partenaires étrangers :  
Institut Océanographique Paul Ricard  
Pr Nardo VICENTE (France)  
Institut de Recherche pour le Développement (IRD – Marseille & Tuléar)  
Pr Loic CHARPY de l'IRD Marseille  
Jean BLANCHOT et Yves MONTEL  
Spécialistes mondiaux sur la spiruline :  
Ripley FOX & Jean Paul JOURDAN (France).



# Communications au colloque

## *Conférences inaugurales*

Man Wai RABENEVANANA Contribution de la spiruline aux problèmes de la malnutrition

Nardo VICENTE Spiruline et développement

## *Thème I : La spiruline et le développement*

Ripley FOX Un mot au sujet de l'histoire du passé et du futur de la spiruline en Afrique

## *Thème II : La spiruline et la malnutrition*

Carole PIERLOVISI Composition chimique de la spiruline

Patrick RAKOTONDRANALY Malnutrition : définition et synthèse

Jules RAKOTOARIVONY Politique nationale malgache de nutrition

Valikara SOANOMENA Spiruline et malnutrition dans le service de pédiatrie du CHRR Toliara

## *Thème III : Evaluations de l'efficacité de la spiruline*

Amha BELAY Efficacité de la spiruline sur la malnutrition et sur la santé

Séraphine Fernand FEZINY Effets bénéfiques de la spiruline : suivi des différents cas de maladie en milieu urbain pour la période 2006-2008

Alexis RABEMANANJARA Utilisation de la spiruline en service de chirurgie au CHRR de Toliara

Caroline RASOAMIARAMANANA  
Georges RAZANAKOLONA Utilisation de la spiruline en milieu chirurgical

Berthine RAZAFIARISOA Etude de l'efficacité de *Spirulina platensis* sur la malnutrition protéino-énergétique et la carence en vitamine A chez les enfants malgaches

## *Thème IV : La production de spiruline*

Déborah CHARLEMAGNE Formation sur la technique de production

MAHAMAT Sorto Production de spiruline bio (cas du Tchad)

Erik Gwladys RANDRIAMIFIDY  
SPIRMEN Morondava/CODEGAZ Production artisanale (cas de Madagascar - Morondava)

Vololona BEMIANANA  
Spirusud Antenna Production artisanale de spiruline (cas de Toliara)

Ridja RAKOTOARISOA Etudes sur la cyanobactérie *Arthrospira platensis* en méditerranée

Frédéric ZONGO Monoculture algale : cas de Spiruline

Jean Paul JOURDAN Technique de production  
Production de spiruline en Côte d'Ivoire (Vidéo)

Dominique H. RATIANARIVO Influence de la salinité du milieu sur la croissance de *Spirulina platensis* de Toliara (Madagascar) dans un système fermé.

Ripley et Denise FOX

Synthèse du colloque du TOGO + Vidéo

***Thème V : Autres utilisations et recherches en cours***

Marie José LANGLADE

Utilisations de la spiruline autres que pour la malnutrition

Jean Marie RAZAFINDRAJAONA

Influence de l'incorporation dans les provendes de la spiruline de Madagascar (*spirulina platensis var. toliara*) sur la croissance des poulets de chair

Christian RAHERINIAINA

Etude de la biodiversité fongique dans le bassin de culture de spiruline : cas de Spirusud - Antenna, Maninday Toliara

***Visite de sites de production dans la région de Tuléar***

<b>Spir-@rme\$</b> Daniel RAMAMPIHERIKA	Site naturel à Ankoronga Laboratoire de conditionnement à Ampasikibo
<b>SPIROFIA</b> Alexis RABEMANANJARA	A Betsinjaka
<b>SPIRU-LIGNE</b> Christian MANDRANO	Route de Maninday
<b>SPIRUSUD-ANTENNA</b> Vololonalona BEMIRANA	Campus universitaire – Maninday



## Sommaire du mémoire

<i>Conférences introductives</i>	3
<b>CONTRIBUTION DE LA SPIRULINE AUX PROBLEMES DE LA MALNUTRITION</b> Dr MAN WAI RABENEVANANA .....	5
<b>SPIRULINE ET DEVELOPPEMENT</b> Pr Nardo VICENTE .....	7
<i>Thème I : La spiruline et le développement</i>	17
<b>UN MOT AU SUJET DE L'HISTOIRE DU PASSE ET DU FUTUR DE LA SPIRULINE EN AFRIQUE</b> Dr Ripley FOX .....	19
<i>Thème II : La spiruline et la malnutrition</i>	23
<b>COMPOSITION CHIMIQUE DE LA SPIRULINE</b> Dr Carole PIERLOVISI .....	25
<b>MALNUTRITION : DEFINITION ET SYNTHÈSE</b> Dr Patrick RAKOTONDRANALY .....	31
<b>POLITIQUE NATIONALE MALGACHE DE NUTRITION</b> Dr Jules RAKOTOARIVONY .....	35
<b>SPIRULINE ET MALNUTRITION DANS LE SERVICE DE PEDIATRIE DU CHRR TOLIARA</b> Dr SOANOMENA VALIKARA .....	43
<i>Thème III : Evaluations de l'efficacité de la spiruline</i>	47
<b>SPIRULINA (ARTHROSPIRA) IN HUMAN NUTRITION AND HEALTH</b> Dr Amha BELAY .....	49
<b>EFFETS BENEFIQUES DE LA SPIRULINE : SUIVI DES DIFFERENTS CAS DE MALADIE EN MILIEU URBAIN POUR LA PERIODE 2006-2008</b> Dr Séraphine Fernand FEZINY .....	51
<b>UTILISATION DE LA SPIRULINE EN SERVICE DE CHIRURGIE</b> <b>Au centre Hospitalier de Référence Régional (CHRR) de Toliara, Madagascar.</b> Dr Alexis RABEMANANJARA .....	61
<b>UTILISATION DE LA SPIRULINE EN MILIEU CHIRURGICAL</b> Dr RAZANAKOLONA Georges & Dr RASOAMIARAMANANA Caroline .....	65
<b>ETUDE DE L'EFFICACITE DE SPIRULINA PLATENSIS SUR LA MALNUTRITION PROTEINO-ENERGETIQUE ET LA CARENCE EN VITAMINE A CHEZ LES ENFANTS MALGACHES</b> Dr B. RAZAFIARISOA, Dr E. RAMAROSON, Dr D. RAMAMPIHERIKA .....	73
<i>Thème IV : La production de spiruline</i>	77
<b>LES FORMATIONS SUR LA SPIRULINE AU CFPPA DE HYERES LES PALMIERS (FRANCE)</b> Déborah CHARLEMAGNE .....	79
<b>PRODUCTION DE SPIRULINE BIO (CAS DU TCHAD)</b> Dr MAHAMAT Sorto .....	85

<b>PRODUCTION ARTISANALE DE SPIRULINE</b>	
<b>Cas de SPIRUSUD – ANTENNA - « Māna maitso » - Toliara MADAGASCAR</b>	
Dr Vololonavalona BEMIARANA .....	87
<b>ÉTUDES SUR LA CYANOBACTERIE ARTHROSPIRA PLATENSIS EN MEDITERRANEE</b>	
RAKOTOARISOA .R, A. RIVA, N. VICENTE .....	97
<b>LA MONOCULTURE ALGALE, UNE ACTIVITÉ DÉLICATE - Cas de la Spiruline</b>	
Dr Frédéric ZONGO & Dr Bilassé ZONGO .....	103
<b>AMELIORATIONS TECHNIQUES DE LA PRODUCTION LOCALE DE SPIRULINE</b>	
Jean-Paul JOURDAN .....	109
<b>INFLUENCE DE LA SALINITE DU MILIEU SUR LA CROISSANCE DE SPIRULINA PLATENSIS DE TOLIARA (MADAGASCAR) DANS UN SYSTEME FERME</b>	
Dr Pierre H. RAVELONANDRO, Dr Dominique H. RATIANARIVO, Dr Claire JOANNIS-CASSAN, Arsène ISAMBERT, Marson RAHERIMANDIMBY .....	115
<b>SECOND COLLOQUE PANAFRICAIN SUR LA SPIRULINE (TOGO)</b>	
Mme Denise FOX .....	123
 <i>Thème V : Autres utilisations et recherches en cours</i>	127
<b>UTILISATIONS DE LA SPIRULINE AUTRES QUE POUR LA MALNUTRITION</b>	
Marie José LANGLADE, Romain ALLIOD, Loïc CHARPY .....	129
<b>INFLUENCE DE L'INCORPORATION DANS LES PROVENDES DE LA SPIRULINE DE MADAGASCAR (SPIRULINA PLATENSIS VAR. TOLIARA) SUR LA CROISSANCE DES POULETS DE CHAIR</b>	
Dr Jean Marie RAZAFINDRAJAONA, Pr. RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène, Dr RAKOTOZANDRINDRAINY Raphaël, Dr RAMAPIHERIKA Kotonirina Daniel Dr RANDRIA Jean N., Ing. TSIVINGAINA Antsivasoa .....	141
<b>ETUDE DE LA BIODIVERSITE FONGIQUE DANS LE BASSIN DE CULTURE DE SPIRULINE : CAS DE SPIRUSUD-ANTENNA, MANINDAY TOLIARA</b>	
Dr. RAHERINIAINA Christian Edmond .....	157
 <b>CONCLUSION DU COLLOQUE</b>	163
<b>SYNTHESE GLOBALE</b>	
Marie-José LANGLADE .....	165
<b>VISITES DE SITES DE PRODUCTION DANS LA REGION DE TULEAR</b> .....	167
 <b>MESSAGES ET AUTRES PRESENTATIONS</b>	169
<b>MESSAGE DU BURUNDI</b> .....	171
<b>EN COTE D'IVOIRE, UN EXEMPLE DE FERME DE SPIRULINE AFRICAINE UN PEU D'AVANT-GARDE...LA S.A.P. LA Mé</b> .....	173
<b>MESSAGE DE TUNISIE</b> .....	175
<b>SPIRULINA PRODUCTION THAÏLANDE – GD 1 Spirulina</b> .....	177
 <b>PARTICIPANTS</b>	179

# ***INTRODUCTION***



**Madagascar 2008**



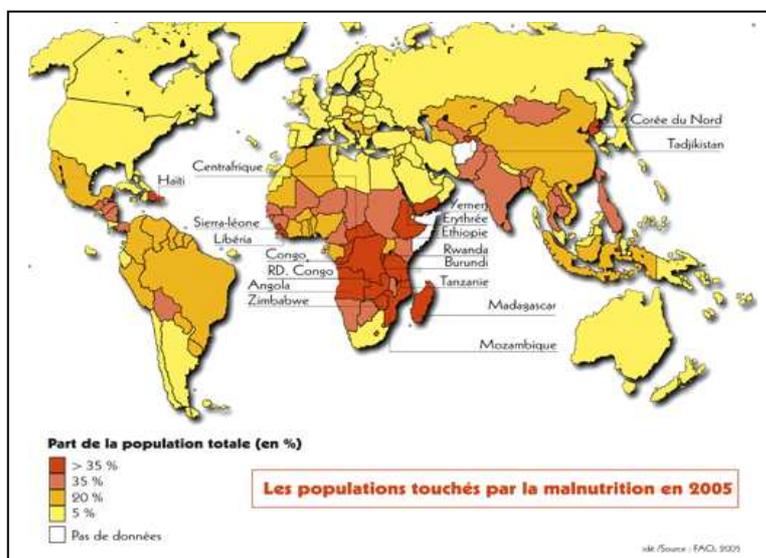
# CONTRIBUTION DE LA SPIRULINE AUX PROBLEMES DE LA MALNUTRITION

MAN WAI RABENEVANANA

IH.SM – Université de Toliara

## L'ETAT NUTRITIONNEL GLOBAL

- 900 millions de personnes souffrent de la faim dans le monde.
- 30 pays d'Afrique subsaharienne souffrent de sous-alimentation.
- 24.000 personnes meurent de faim chaque jour dans le monde, soit une toutes les quatre secondes.
- Augmentation récente des produits alimentaires (55%) va aggraver les problèmes nutritionnels.



## MALNUTRITION INFANTILE

### Facteurs

- condition climatique ;
- production alimentaire ;
- situation politico-économique ;
- niveau et qualité des services sanitaires ;
- prévalence des maladies infectieuses ;
- niveau d'éducation ;
- culture et religion / régime alimentaire ;
- existence et efficacité du programme nutritionnel.

### Mortalité et malnutrition

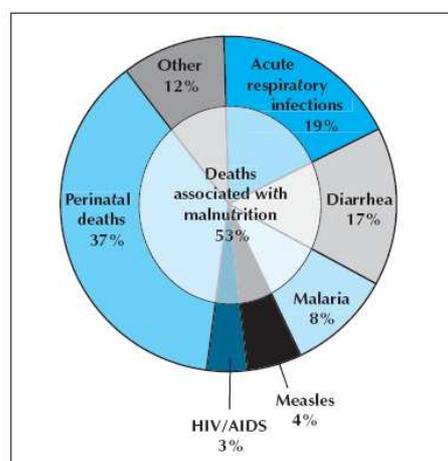
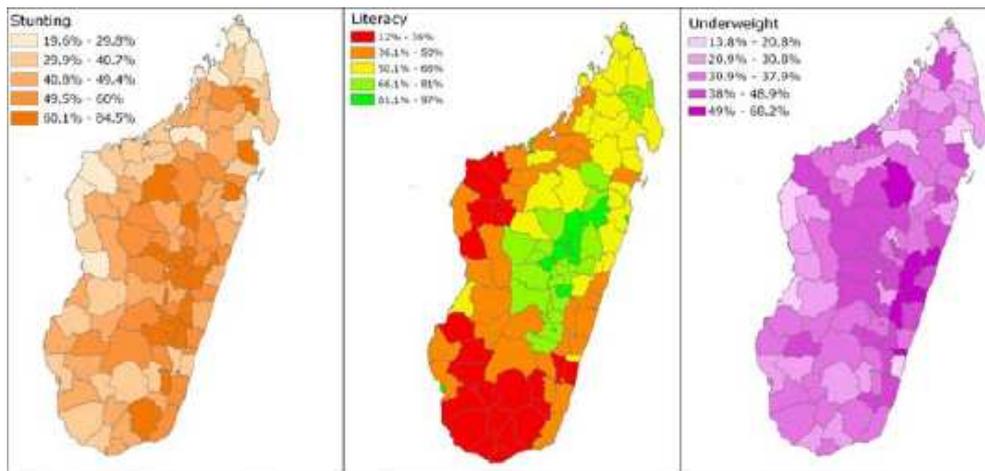
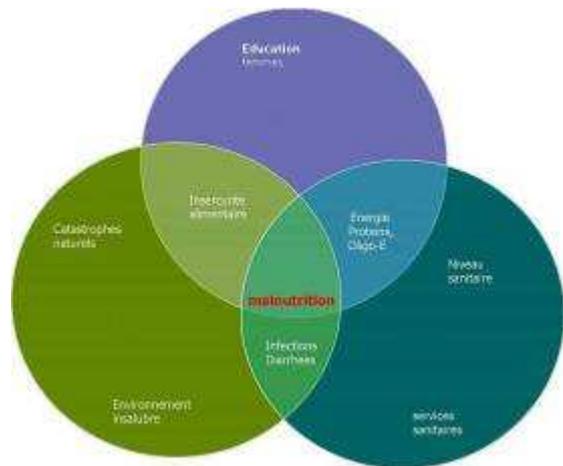


Fig. 1: Causes of death among children under 5 years of age, 2000-2003, worldwide.

## ETAT NUTRITIONNEL A MADAGASCAR

- Retard de croissance
- Déficience pondérale
- Illettrisme



## LA SPIRULINE A MADAGASCAR

- historique
- propriétés nutritives ; protéines, acides aminés, minéraux (Fer, Magnésium), vitamines (A, B12)
- producteurs
- qualité des produits
- consommateurs (riches et pauvres)



## CONCLUSION

- Promouvoir la consommation de la spiruline
- Augmenter la Capacité de production
- Améliorer la qualité et établir des normes standards
- Diversifier l'usage
- Favoriser la synergie des actions
- Pratiquer une politique volontariste



## **SPIRULINE ET DEVELOPPEMENT**

### Conférence introductive

Nardo VICENTE

Centre d'Etude des Ressources Animales Marines. Faculté des Sciences et techniques, Saint Jérôme.  
Université Paul Cézanne. 13397-Marseille cedex 20  
Institut océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez. 83140-Six Fours les Plages.

---

#### **Résumé**

La spiruline longtemps considérée comme une algue bleue (cyanophycée) est en réalité une cyanobactérie décrite pour la première fois par Wittrock et Nordsted en 1844 sous le nom de *Spirulina jenneri platensis* Nordsted.

Apparue sur Terre il y a 3,5 milliards d'années, elle produisit le premier oxygène respirable par les organismes.

Elle est consommée depuis les temps les plus reculés par diverses populations du monde (Tchad, Mexique, Inde). Selon la région, on a pu décrire de nombreuses souches (Paracas, Lonar, ...)

En France, une souche a été découverte en Camargue (Planchon, 1994) hors zone de température où cet organisme croît habituellement.

Cultivée en milieu naturel (Indo-Pacifique, Atlantique subtropical), elle ne peut l'être que sous serre en zone tempérée comme la Méditerranée.

Au cours de ces dernières années, de nombreux producteurs ont ainsi vu le jour en Méditerranée française. Il apparaît aujourd'hui important d'améliorer le rendement de ces cultures et pour cela des expériences sont réalisées en laboratoire et sous serre de type horticole.

Plusieurs souches ont été testées en utilisant l'eau d'un étang saumâtre (étang du Vaccarès) et une expérimentation en eau de mer est également en cours.

Afin d'obtenir une production de qualité, il est primordial de tenir compte des contaminations dues à d'autres microorganismes.

C'est ce type d'expériences qui est conduit actuellement à l'Institut Océanographique Paul Ricard sur l'île des Embiez en collaboration étroite avec des laboratoires universitaires et d'autres organismes de recherche.

#### **Abstract**

*Spirulina* was considered from many times as a blue alga (cyanophyceae). In reality, it is a cyanobacteria described for the first time by Wittrock and Nordsted in 1844 under the name of *Spirulina jenneri platensis* Nordsted.

Appeared on Earth 3.5 milliards years ago, it produced in early times the oxygen breathed by the organisms.

Many populations of the world (Tchad, Mexico, India) eat *Spirulina* from long time.

According to the countries, various strains are described (Paracas, Lonar, ...).

In France, a strain was discovered in Camargue (Planchon, 1994) out of zone of temperature where this organism commonly grows.

Cultivated out of natural middle in favorable sectors (Indo-Pacific, Subtropical Atlantic, ...) it only grows under greenhouse in tempered countries as the Mediterranean.

During last years, several small producers appeared in the french Mediterranean.

Today, it is important to improve the production yield and many experiments are carried out in laboratory and under greenhouse.

Many strains are tested by using water from a brackish pool (Vaccarès in Camargue) and an experiment with seawater is carried out.

In order to obtain a good production, it is a prime necessity to take into consideration contamination by other microorganisms.

These experiments are actually carried out at the Oceanographic Institute Paul Ricard on Embiez island, in narrow collaboration with university laboratories and other scientific research organisms.

### **I- Place de la Spiruline dans le Monde du vivant (rappels) :**

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 al (Stanier 1974, Stanier, Van Niel C. B. 1962) constataient que cette algue bleu-verte était dépourvue de compartiments cellulaires, et donc faisait partie des procaryotes ; ils proposaient de désigner ce microorganisme «Cyanobactérie». Cette nouvelle désignation est finalement acceptée et figure pour la première fois au «Bergey's Manual of Determinative Bacteriology en 1974» (Stanier 1974) in Durand-Chastel (1993).

On la classe donc selon Ripley Fox (Fox 1999 ) dans :

Règne Monera

Groupe ou Sous Règne Procaryotes

Embranchement des Cyanophyta

Classe des Cyanophyceae

Ordre des Nostocales (= Oscillatoriales)

Les Nostocales sont des cyanophycées filamenteuses, unisériées, ramifiées (fausses ramifications simples ou géminées) ou non ramifiées. Elles se multiplient le plus souvent par hormogonies pluricellulaires et parfois par akinètes.

Famille des Oscillatoriaceae

Les Oscillatoriaceae se caractérisent par : des trichomes cylindriques, unisériées, simples, qui sont atténués parfois à l'apex par une courbure ou par la présence d'une coiffe, mais jamais en poils articulés. Les trichomes sont nus ou pourvus d'une gaine.

Il n'y a pas de ramification et pas d'hétérocyste.

Genre Oscillatoria

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

Sous genre Spirulina

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

Sous genre Arthrospira

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

Cette micro algue change de forme en fonction des caractéristiques physiques et chimiques du milieu dans lequel on la trouve. Mais on remarque aussi que dans un même milieu on trouve des variétés des formes (Rich 1931) in (Fox 1999a). C'est peut être là l'origine de la confusion entre les termes *Spirulina* et *Arthrospira*.

La Spiruline a une longueur moyenne de 250  $\mu\text{m}$  quand elle possède 7 spires. Elle est composée de filaments mobiles (de 10 à 12  $\mu\text{m}$  de diamètre) non ramifiés et enroulés en spirales, qui ressemble à un minuscule ressort à boudin, d'où le nom de «Spiruline» (Geitler 1932). On trouve cependant des Spirulines ondulées et parfois droites (Figure 1).

**Figure 1 Morphologies typiques de Spiruline**



Forme spiralée (type « Toliara »)



Forme spiralée (type « Lonar »)



Forme ondulée (type « Paracas »)



Forme droite (type « M2 »)

Source : Antenna Technologie modifiée

## II- Le Colloque International de Tuléar, les thèmes retenus :

### 1- Thème I : La spiruline et le développement.

La spiruline dans le monde:

- Elle se développe naturellement dans des mares d'eaux saumâtres en de nombreux pays des 5 continents.
- Elle est exploitée au plan artisanal et industriel
- La spiruline est un espoir pour le développement des pays du Sud (Ripley FOX, 1999)



**Lac à spiruline de Belalanda au nord de Tuléar.**

**C'est la seule région de la Grande Ile où l'on peut observer ce type de milieu.**

### 2- Thème II : La spiruline et la malnutrition

Dans le monde, plus de 230 millions d'enfants de moins de cinq ans sont atteints de Malnutrition.

A Madagascar, bien que les tendances récentes soient en nette amélioration, l'Unicef estime à 50% de la population le nombre d'enfants qui souffrent de problèmes de croissance liés à une malnutrition chronique. Le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans reste très élevé: 25%. (Source Unicef: statistiques 2003).

Parmi les solutions envisagées pour combattre ce fléau, les cyanobactéries et, plus particulièrement la spiruline, font aujourd'hui l'objet de recherches approfondies, auxquelles participent de nombreux organismes.

## 2.1-Composition de la spiruline par Carole Pierlovisi :

### Composition générale :

	Minimum	Maximum
<b>Humidité</b>	<b>4 %</b>	<b>7%</b>
<b>Cendres</b>	<b>6,4 %</b>	<b>9,0%</b>
<b>Proteines</b>	<b>60,0%</b>	<b>71,0%</b>
<b>Fibre brute</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,9%</b>
<b>Xanthophylles</b>	<b>1,4 g/kg</b>	<b>1,8 g/kg</b>
<b>β-carotène</b>	<b>1,5 g/kg</b>	<b>1,9 g/kg</b>
<b>Chlorophylle-a</b>	<b>6,1g/kg</b>	<b>7,6g/kg</b>
<b>Calcium</b>	<b>1045 mg/kg</b>	<b>1315 mg/kg</b>
<b>Phosphore</b>	<b>7617</b>	<b>8942</b>
<b>Fer</b>	<b>475</b>	<b>580</b>
<b>Magnésium</b>	<b>1410</b>	<b>1915</b>
<b>Manganèse</b>	<b>18</b>	<b>25</b>
<b>Zinc</b>	<b>27</b>	<b>39</b>
<b>Potassium</b>	<b>13305</b>	<b>15400</b>
<b>Hydrates de carbone totaux</b>	<b>13,0 %</b>	<b>16,5 %</b>

### Autres composants :

<b>Lipides totaux</b>	<b>6,0 %</b>	<b>7,0 %</b>
<b>Acides gras insaturés</b>		
<i>Palmitoleique (C16)</i>	<b>1490 mg/kg</b>	<b>2035 mg/kg</b>
<i>Palmitolinoléique (C16)</i>	<b>1750</b>	<b>2565</b>
<i>Heptadécanoïque (C17)</i>	<b>90</b>	<b>142</b>
<i>Oléique (C18)</i>	<b>1970</b>	<b>3009</b>
<i>Linoléique (essentiel) C18</i>	<b>10920</b>	<b>13784</b>
<i>γLinoléique (ess.) C18</i>	<b>8750</b>	<b>11970</b>
<i>αLinoléique (C16)</i>	<b>699</b>	<b>7000</b>

Vitamines (12)	Moyenne mg/kg		Moyenne mg/kg
Biotine (H)	0,4	Tocophérol	190
Cyanocobalamine (B12)	0,4	$\beta$ Carotène (pro-A)	1700
Inositol	350	Acide ascorbique (C)	90
Pyridoxine (B6)	3	Acide folique	0,5
Riboflavine (B2)	40	Acide nicotinique (PP)	118
Thiamine (B1)	55	$\delta$ -Ca-Pantothénate	11

Composition en différents acides aminés (mg kg<sup>-1</sup> de matière sèche) de la Spiruline produite en eau de mer comparée avec les valeurs minimales (Min) et maximales (Max) données par (Fox 1999) pour *Spirulina maxima*.

Acides aminés	<i>S.maxima</i>		Souche malgache
	<i>Minimum.</i>	<i>Maximum.</i>	
Isoleucine	5,81	6,15	5,45
Leucine	8,17	9,25	8,17
Lysine	4,93	5,63	3,97
Méthionine	2,65	3,05	1,60
Phénylalanine	4,62	5,56	3,97
Thréonine	5,30	5,97	4,40
Valine	7,0	8,45	5,92
Tyrosine	-	-	3,75
Alanine	8,2	8,28	7,02
Arginine	7,43	8,42	6,90
Acide aspartique	9,05	9,95	9,42
Cystine	0,93	0,94	0,75
Acide glutamique	12,59	13,82	14,5
Glycine	4,85	5,28	4,47
Histidine	1,48	1,52	1,37
Proline	4,18	4,46	3,32
Serine	5,3	5,63	4,20

## 2.2- Malnutrition: définition et synthèse (Dr Patrick RAKOTONDRANALY)

La malnutrition, état de santé qui résulte d'une mauvaise alimentation, a des causes multiples. Certains facteurs sont directement responsables de la malnutrition, d'autres, comme les maladies infectieuses, ne le sont qu'indirectement, mais l'accroissent.

### *Les différentes formes de malnutrition*

Un enfant ne recevant pas suffisamment de nutriments dans son alimentation quotidienne est exposé à différentes formes de malnutrition.

Si le déficit porte principalement sur les apports en énergie et en protéines, on parle de malnutrition protéino-énergétique (MPE) ou protéino-calorique.

Si le déficit porte surtout sur le fer, on parle d'anémie nutritionnelle.

Si le déficit porte principalement sur la vitamine A, les manifestations de la carence portent le nom de xérophtalmie.

Parfois, l'enfant peut être victime en même temps de ces trois formes.

2.3- Politique de nutrition à Madagascar (Dr Jules RAKOTOARIVONY)

2.4- Efficacité de la spiruline sur les enfants malnutris (Dr Valikara SOANOMENA)

La Spiruline constitue donc un complément alimentaire précieux pour lutter contre la malnutrition, ainsi une communication de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Toliara, a révélé des chiffres éloquentes: un bébé de 10 mois souffrant de malnutrition pesait un peu plus de cinq kilos; il a été traité avec de la spiruline en complément de la nourriture traditionnelle et deux mois plus tard il pesait près de 12 kilos.

### **3- Thème III : Evaluation de l'efficacité de la spiruline**

3.1- Efficacité de la spiruline sur la malnutrition et sur la santé (Dr Amha BELAY)

- Stimule ou augmente physiologiquement l'énergie vitale
- Fortifiant de haute valeur. La spiruline induit un regain de l'activité métabolique générale, une reglobulinisation notable chez des personnes anémiées, de par sa teneur élevée en Fer organique et en Vitamine B12.
- Bon stimulant et régulateur du système immunitaire
- Excellent pouvoir désintoxiquant et régénérant des tissus endommagés, notamment dans la protection et la réparation du foie et du pancréas.
- Excellent produit amincissant: pour les populations occidentales bien nourries!
- Complément alimentaire chez les diabétiques: sucres à assimilation lente (ramnose, cyclitol, glucosamine, glucane et glycogène)
- Stimulant physique chez les sportifs (diminution de la fatigue), stimulant intellectuel.

3.2- Suivi des différents cas de maladie: (cas d'Antananarivo) (Dr FEZINY)

- Prévention du cancer (cancer du poumon)
- Stimulation du système immunitaire
- Baisse du taux des lipides sanguins
- Lutte contre les virus (VIH), etc.

3.3- Utilisation de la spiruline en service de chirurgie au CHRR de Toliara (Dr Caroline et Dr RAZANAKOLONA)

3.4- Etude de l'efficacité de *Spirulina platensis* sur la malnutrition Protéino-Energétique et la carence en Vit.A chez les enfants malgaches. (Dr. Berthine RAZAFIARISOA, D.RAMAPIHERIKA, et E.RAMAROSON)

#### 4-Thème IV : La production de spiruline

##### 4.1-Formation sur la technique de production (Deborah CHARLEMAGNE)

Cette formation a lieu au CFPPA de Hyères (Var France): Centre de Formation professionnelle et de Promotion Agricole.

C'est une formation créée en 2004 dont l'objectif est de permettre l'apprentissage des gestes et savoir professionnels pour le transfert et la mise en œuvre d'un programme de production de Spiruline pour des besoins en compléments alimentaires.

##### 4.2- Exemples de production

- Production de spiruline bio: cas du Tchad (Mr Mahamat SORTO)



Une femme kanembou « écrémant » la spiruline de la surface  
Lac Rombou au Tchad. (photo J.Maley)

- Production artisanale (cas de Madagascar-Morondava): *SPIRMEN-Morondava/CODEGAZ*
- Production artisanale (cas de TOLIARA) : travaux de Mme RAVELO, de MRS JARISOA et RAMANPIHERIKA à l'IH.SM.
- Travaux de Madame RAVELO,
- De Mrs JARISOA et RAMA PIHERIKA à l'IHSM

#### Rappel des travaux réalisés à l'IHSM

- Thèse de Madame RAVELO (1998-2001), qui produit sur le campus universitaire.(Spirusud-Antenna)
- Thèse de Monsieur JARISOA (2001-2005, Collaboration IHSM-IRD-IOPR)

Dans un hall de faibles dimensions, la culture est réalisée dans des bacs en bois d'une profondeur ne dépassant pas 50 cm et doublés de bâches de camionnette Une agitation est assurée par un léger courant qui maintient la culture en suspension. Essais en eau de mer avec une production intéressante

**Culture de spiruline en Camargue et à l'île des Embiez (Rija RAKOTOARISOA) dans des conditions artisanales.**



Jarisoa dans le hall de l'IHSM



Rija et son bassin artisanal de culture

- Monoculture algale au Burkina Faso (cas de la spiruline): Frédéric ZONGO
- Effet de la salinité sur la croissance et la qualité protéique de la spiruline

(Mrs RAVELONANDRO et RATIANARIVO)

- Technique de production.

Production de spiruline en Côte d'Ivoire et au Burundi

Présentation par Jean Paul JOURDAN

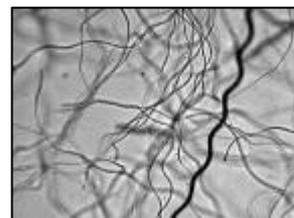
#### **5-Thème V : Autres utilisations et recherches en cours**

- Synthèse sur les autres utilisations (M.J LANGLADE)
- Utilisation de la Spiruline en alimentation animale (Dr J.M RAZAFINDRAJAONA)

La spiruline est utilisée depuis longtemps en aquaculture (conchyliculture, crevetticulture)

- Tests du milieu de culture sur le risque toxique dû aux métabolites des champignons microscopiques (Mr Christian RAHERINIRINA) (metabolites toxicity)
- D'autres organismes peuvent créer des risques de toxicité de la culture (autres cyanobactéries, microalgues, protozoaires) et font l'objet de recherches.

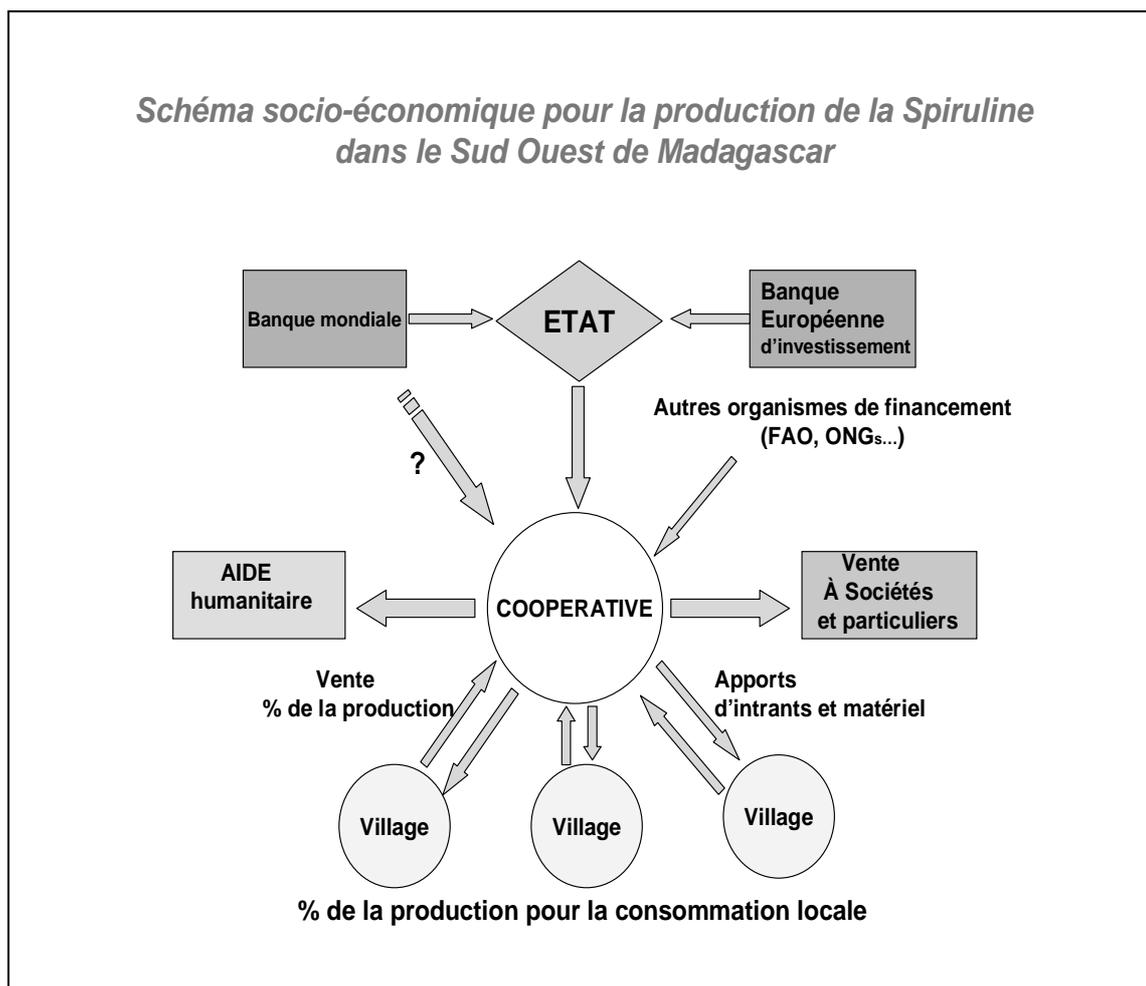
(Rija RAKOTOARISOA)



### **III- OBJECTIFS DU COLLOQUE :**

- Promouvoir la culture de la spiruline pouvant aider à l'équilibre alimentaire à Madagascar.
- Inventorier les compétences des intervenants pour faciliter les échanges.
- Relever des formations et des techniques de culture adaptées aux différents climats de Madagascar.
- Etablir le rôle multi facettes de la Spiruline dans les domaines aussi variés que la Science fondamentale, le rôle psychologique de sa consommation, sa fonction écologiques naturelle, l'impact économique de sa valorisation.

- Partager et échanger les expériences, le savoir-faire et acquérir de nouvelles connaissances.
- Envisager un modèle socio-économique pour les villages du Sud.



Description du projet de « culture villageoise » de Spiruline :

- Production annuelle par village: +/- 300kg (Hypothèse basée sur 200m<sup>2</sup> de bassins par village. Pour un bassin de 10m<sup>2</sup> on obtiendrait +/- 40g de spiruline par jour ce qui permettrait de nourrir +/- 10 enfants de 0-6 ans (4g par enfant par jour)).
- Coût investissement (bassin, matériel de contrôle de base): +/- 8000 Euros par village.
- Coût de revient objectif (intégrant contrôle expert et financement des intrants et matériels nécessaires à la culture): 10 à 15 Euros le kilo.
- Les villages toucheraient donc un revenu (à déterminer) pour la culture de spiruline avec une partie duquel ils pourraient financer les intrants et le matériel nécessaire à la production.
- Une partie de la production serait destinée à la vente via la coopérative afin de financer: les apports d'intrants, les matériaux nécessaires, le revenu des villages, et les frais de fonctionnement de la coopérative. Prix de revente estimé entre 20 et 25 Euros le kilo. L'autre partie de la spiruline serait distribuée gratuitement (30% à 50% selon les conditions).

## REFERENCES

- FOX R.D., 1999- Spiruline, technique pratique et promesse. EDISUD, 246 pp.
- GERSHWIN M.E., A. BELAY, 2007-Spirulina in human nutrition and Health, CRC Press, 312 pp.
- GRILLET G., VILLARD C., 2005 – La formation à la production artisanale de spiruline dans un Centre de Formation départemental du Ministère de l’Agriculture et de la Pêche- France.
- Colloque International : « les Cyanobactéries pour la Santé, la Science et le Développement », Ile des Embiez, 3-6 Mai 2004. *Mém.Inst.Océanogr.Paul Ricard* : 177-179.
- JOURDAN J.P. 1999-Cultiver votre spiruline: manuel de culture artisanale. *Antenna technology*. Genève : 126 pp.
- RAVELO V., 2001.- Bioécologie, valorisation du gisement naturel de Spiruline de Belalanda (Toliara, Sud-Ouest de Madagascar), et technologie de la culture. *Thèse de Doctorat de 3° cycle en Océanologie appliquée*. IHSM Toliara. Madagascar : 160 pp.
- RAVELO V., 2005. – La spiruline à Madagascar. Colloque International : « Les Cyanobactéries pour la Santé, la Science et le Développement », Ile des Embiez, 3-6 Mai 2004. *Mém.Inst.Océanogr.Paul Ricard* : 157-162.
- RICH F., 1931-Notes on *Arthrospira platensis*. *Rev. Algo*. N°6 : 11-13.
- RAKOTOARISOA R., A.RIVA, N.VICENTE, 2005 – Essais de culture de la spiruline au domaine de Méjanas (Camargue).Colloque International : « les Cyanobactéries pour la Santé, la Sciences et le Développement », Ile des Embiez, 3-6 Mai 2004. *Mém.Inst.Océanogr.Paul Ricard* :28-35.
- TSARAHEVITRA J., L.CHARPY, N.VICENTE, M.J. LANGLADE., 2005 – Adaptation des souches de Spiruline du sud de Madagascar à la culture en eau de mer. Colloque International : « Les Cyanobactéries pour la Santé, la Science et le Développement », Ile des Embiez, 3-6 Mai 2004. *Mém.Inst.Océanogr.Paul Ricard* : 25-27.

# Thème I

## La Spiruline et le développement



Madagascar 2008



## UN MOT AU SUJET DE L'HISTOIRE DU PASSE ET DU FUTUR DE LA SPIRULINE EN AFRIQUE

Ripley FOX

215 route de Jalaguière, 34190 Laroque, France

---

C'est un plaisir d'être ici ; sur cette terre où ma femme, Denise, est née et a été élevée, spécialement à Tuléar où en 1943 Denise et ses sœurs, petites filles, ont accueilli la marine britannique et ses marins brûlés par le soleil rampant dans les dunes, leur fusil au poing. Son père, un météorologiste français, avait convaincu le gouverneur de Tuléar de monter le drapeau blanc puisque tout le reste de l'île était déjà aux mains des britanniques. Cela aurait été inutile de gaspiller du sang sur la plage de Tuléar. Chez nous en France nous avons parlé de Madagascar pendant de longues années.

Finalement, en 1994, Denise réussit à m'entraîner ici à Toliara pour voir par moi-même où elle avait fait face à l'ennemi ! Ce n'était pas trop difficile de me convaincre parce que j'avais lu des rapports qui mentionnaient la présence ici de micro-algues intéressantes et Françoise Brûlé, qui avait travaillé sur la spiruline en France, nous avait parlé de Madame Nguyen Kim Ngan (appelée Kim), scientifique volontaire vietnamienne, qui nourrissait avec cette algue les Artemia qu'elle élevait aux salines d'Ifaty pour Monsieur Issoufaly Abdoulhousen. Et, en effet, en collaboration avec elle et Messieurs Daniel Ramampihirika et Eustache Miasa, nous avons trouvé de la spiruline dans les étangs de la briquetterie d'Ankoronga, près de l'aéroport de Toliara. Nous en avons aussi trouvé dans une petite lagune sur la RN9, près du camp des prisonniers et dans le Lac de Belalanda au nord-ouest de Toliara.

Je pense que de manger de cette spiruline directement à partir du filtre de nylon que nous utilisions pour la récolte à la briquetterie a convaincu les observateurs qu'elle n'était pas toxique et que c'était peut-être bon à manger.

Nous sommes reconnaissants à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Toliara et spécialement au Docteur Vololonavalona Ravelo de leur intérêt et de leur effort de plus de 10 ans pour exploiter la spiruline de Toliara pour le bénéfice du peuple malgache. Je suis très fier de me rappeler que Vola a étudié en France avec Jean-Paul Jourdan et moi-même pour obtenir son doctorat en Océanologie appliquée. Quand Denise et moi avons commencé notre travail sur la spiruline en 1968, elle était inconnue du grand public. A ma connaissance, seuls l'Institut Français du Pétrole et le Pharmacien-Général Félix Busson avaient essayé de la cultiver. Les Aztèques du Mexique et les Kanembous du Tchad mangeaient la spiruline récoltée des lacs alcalins naturels depuis longtemps.

Depuis de nombreuses années, nous avons beaucoup appris au sujet de la culture de la spiruline et nous avons assisté à l'augmentation progressive du nombre de petites fermes de spiruline en Inde, en Chine, au Brésil, au Pérou, en Amérique Centrale, au Vietnam, et en de nombreux sites en Afrique et, plus récemment, en France et à Madagascar. Désormais des fermes industrielles de plusieurs hectares produisent la spiruline en Afrique du Sud, au Chili, en Equateur, en Inde, en Thaïlande, en Chine et aux USA. Bien sûr, en vendant leur produit sous forme de comprimés, ces fermes sont en compétition avec l'agriculture conventionnelle et les industries

pharmaceutiques. Nous avons donc été obligés de nous conformer à des réglementations arbitraires et coûteuses qui veulent protéger la santé publique mais qui, en fait, empêchent le public qui en a le plus besoin - les enfants mal nourris et les personnes âgées comme moi - d'y avoir accès.

Des siècles de consommation de la spiruline par les Kanembous du Tchad et les Aztèques du Mexique ont démontré qu'elle n'est pas nocive mais bénéfique. Les analyses des eaux où la spiruline pousse naturellement montrent que du fait de la salinité et du pH élevés il y a très peu de pathogènes humains. Les fermes villageoises que certains d'entre nous représentent ici, ont le souci d'effectuer une culture propre et saine, et font beaucoup pour proposer des solutions simplifiées pour le contrôle des cultures et de nouveaux produits diversifiés pour le commerce à petite échelle et dans un but humanitaire. Beaucoup d'entre vous ici ont introduit de nombreux milieux de culture naturels et « faits-maison », bon marché. De nombreux essais ont été menés à bien pour créer et faire fonctionner des bassins de culture, dont certains simples et d'autres plus difficiles à mettre en œuvre. De nombreuses astuces ont permis de mettre au point des méthodes de récolte artisanales astucieuses, différentes sortes de séchoirs solaires, de nombreux dispositifs pour l'agitation des bassins, les pompes et différentes roues à aubes..... Ces réalisations ont été faites avec des fonds propres, la nôtre et celles de nos associations, avec très peu d'aide des gouvernements et des universités. Alors que la phase expérimentale est pour une grande part réalisée, il y a encore beaucoup de travail à faire. Nous n'avons pas encore gagné les batailles avec les instances intergouvernementales ni avec certains scientifiques « pas-très-bien-informés ». Si la spiruline était juste quelque chose à porter sur votre tête, nous pourrions supporter leur manque d'intérêt, leur complexe de supériorité, et leur refus d'examiner la littérature et de reproduire notre travail. Mais la spiruline n'est pas quelque chose à porter sur la tête ; c'est une bonne nourriture pour les enfants dénutris, les victimes du SIDA et les personnes âgées.

Beaucoup d'entre nous avons fait des tests de nutrition avec la spiruline – quelques uns avec juste quelques enfants, ou parfois avec plus de 1000. Presque toujours la santé de l'enfant s'est améliorée très rapidement et plus significativement qu'avec les traitements conventionnels. Bien sûr, c'est parce que la spiruline n'est pas juste une source de protéine, mais un mélange et une synergie de protéines, vitamines, minéraux, acides gras insaturés et anti-oxydants. Après ces essais de nutrition il est temps de faire des tests détaillés et conformes aux règles scientifiques et de publier les résultats vérifiés et signés par les médecins et par les spécialistes qui ont supervisé les tests. L'ennui est que nous sommes si occupés, si peu nombreux et si peu riches que nous ne pouvons dégager assez de temps pour mener à bien cette étude. De ce fait les décideurs ne sont jamais au courant du succès de l'utilisation de la spiruline. Nous devons avant toute chose publier nos résultats.

Tous ceux d'entre nous qui avons écrit et publié quelques livres savent combien cela prend de temps et d'argent. Aujourd'hui, cependant, il y a un nouveau moyen de diffuser nos résultats partout sur la terre à une vitesse incroyable et gratuitement. Jean Paul Jourdan a très fidèlement exposé les résultats de beaucoup d'entre nous sur ses « Petites Nouvelles » mensuelles sur internet. Nous devrions continuer à inonder Jean Paul de nos résultats – et une sorte de comité devrait les rassembler dans des catégories bien organisées et en envoyer des résumés à l'OMS, la FAO, le PAM, l'UNICEF, USAID, et Médecins Sans Frontières, Caritas, Bernard Kouchner, Al Gore, le Ministère de la Santé du gouvernement français, le Dalai Lama, Bill Gates, Bono, Ophra Winfrey et d'autres personnalités dont les opinions sont respectées. Une communication régulière avec ces

gens serait plus rapide, moins coûteuse et plus efficace que de continuer à essayer d'établir une respectabilité en soumettant seulement des articles aux journaux scientifiques dont le panel d'experts n'a aucune expérience de la production de la spiruline et son administration aux enfants.

A moins que votre ferme de spiruline soit déjà d'une taille importante – plus d'un hectare – et que vous ayez des capacités importantes en commerce et en argent, il n'est pas sage de songer à exporter votre production. Les problèmes liés au transport, aux exigences sanitaires, à la douane et aux frais bancaires anéantissent tous les profits que vous espérez. Le meilleur marché que vous pouvez avoir est celui qui est proche et où les gens ont besoin de spiruline – et c'est certainement suffisant. Rappelez-vous qu'il y a près de 7 milliards de personnes dans ce monde.

Comment pouvons-nous aider l'Afrique ? Le continent où la spiruline est consommée coutumièrement en Afrique est au Tchad. Pendant de nombreuses années j'ai rêvé d'aller au Kanem, et d'aider les femmes qui la collectent dans les polders de Bol. Mon but est d'améliorer leur méthode de récolte et de séchage. Je voulais y aller dès 1971 pour leur montrer comment construire un instrument de récolte à tenir à la main et différentes espèces de séchoirs solaires que j'avais dessinés et construits. Ce qui leur aurait donné un produit amélioré plus pur et plus sain. Mais c'est difficile d'atteindre le centre de l'Afrique et le prix d'avion pour le Tchad était toujours trop élevé pour moi. Cependant le temps passe et l'Afrique n'est plus la même. Ce n'est pas possible de résister aujourd'hui à la terrible pression de l'explosion démographique – de plus en plus de bouches à nourrir et une pollution sans cesse plus importante apparaissent. En un laps de temps court celui d'une vie, la population a augmenté de plus de 300%.

A ce jour je suis pessimiste et je ne vois aucune solution pour procurer de la spiruline à divers pays africains, d'autant plus que l'eau se raréfie pour la consommation courante et pour l'agriculture. L'eau et le manque d'intérêt des décideurs sont des facteurs limitants. Mais il y a, je crois, des moyens de sortir de cette situation désespérante. Pour pallier au manque d'eau on peut cultiver de la spiruline adaptée à l'eau de mer. De telles souches doivent exister dans les lagunes côtières de la Mauritanie. Je serais désireux d'aider à développer cette idée de culture de spiruline si j'avais la garantie que ce soit un projet intergouvernemental financé par les budgets des pays sahariens et sahéliens concernés et conduit pour le bénéfice de la santé de tous ; pas pour le profit – la santé améliorée qui donne une impulsion à tout ce que nous faisons est le profit en argent – un profit plus grand que des sous dans les mains de quelques uns.

Et il y a une solution au problème de l'eau pure pour la boisson. Elle peut venir de l'air. Il y a de l'humidité dans l'air – même près du désert. Elle s'accroche aux surfaces qui, la nuit, retirent la chaleur de l'air. Il y a des siècles les Nahabetans près du désert du Néguev posaient de petites pierres sur une colline et collectaient l'eau coulant sous les pierres au pied de la colline. Sur les collines au pied des Andes au Chili surplombant le désert d'Atacama, aujourd'hui les gens dressent des barrières de moustiquaires qui absorbent l'eau des brises nocturnes que la gravité fait descendre le long des fils jusqu'à un bassin de récolte près du sol. Deux architectes israéliens de l'Université Technion ont perfectionné une unité qu'ils appellent Wat Air : 86 m<sup>2</sup> d'écran reliés entre eux en forme de pyramide inversée qui récoltent 50 litres d'eau de boisson chaque nuit dans une grande jarre placée sous le pic de la pyramide inversée.

Nous avons beaucoup fait pendant les derniers 40 ans pour comprendre la physiologie, la production, et les vertus nutritives de cette très, très compliquée petite série de cellules en spirale

appelée spiruline. De toute évidence il y a encore beaucoup à apprendre. Parmi les nombreux projets qui augmenteraient nos connaissances, il y a (1) l'agitation turbulente des bassins avec peu d'énergie, (2) le perfectionnement du mécanisme d'une roue à aubes flottante, (3) des recettes pour la présentation de la spiruline, (4) la définition et une compréhension commune des facteurs causant la « spiralisation » et l'élongation du filament de la spiruline. Nous savons que la lumière est le principal facteur mais quelle est l'influence du calcium, du soufre et des autres ions ? (5) une carte photographique de la cellule de la spiruline utilisant le microscope optique, le microscope électronique et le « tunneling diode » microscope électronique. Nous avons besoin d'une carte détaillée en ordre croissant de magnitude d'agrandissement jusqu'à ce qu'on puisse voir à l'intérieur et à travers le cœur de la bête visuellement et chimiquement. Ainsi, comme vous le voyez, de transporter la spiruline de la mare vers la bouche des enfants dénutris et décimés par les maladies n'est pas seulement un problème de botanique, mais celui de tous les autres domaines imaginables. Le temps de la convoitise des richesses naturelles d'un monde peu exploitées est révolu le temps du chasseur est celui du passé. Celui du présent et de l'avenir et celui de la culture notamment de la spiruline qui peut l'aider à satisfaire ses besoins tout en protégeant son indépendance. La culture de la spiruline nécessite des produits qui sont tous présents en Afrique.

## Thème II

# La Spiruline et la malnutrition



Madagascar 2008



## COMPOSITION CHIMIQUE DE LA SPIRULINE

Carole PIERLOVISI

Laboratoire de pharmacie - France

[pierlovisi@hotmail.com](mailto:pierlovisi@hotmail.com)

### Introduction

Vieille de plusieurs milliards d'années, la spiruline est une cyanobactérie d'eau douce qui présente une couleur caractéristique bleu-vert due à la présence d'un pigment protéique rare : la phycocyanine. Étudiée fréquemment ces dernières années par la communauté scientifique internationale, sa composition chimique lui attribue des vertus nutritionnelles et biologiques assez remarquables.

Sa composition chimique varie en fonction de la souche de spiruline, mais aussi selon les procédés de culture utilisés (moment de la récolte, mode de séchage, enrichissement des intrants...)

### Composition en Protéines et Acides Aminés

La spiruline est caractérisée par un très fort taux de protéines pouvant atteindre jusqu'à 70 % du poids sec de l'algue. C'est l'aliment le plus riche en protéines connu à ce jour puisqu'elle en contient deux fois plus que le soja et trois plus que la viande ou le poisson. Ces teneurs varient cependant en fonction du moment de la récolte et de la technique de séchage utilisée : elles seront maximales quand la spiruline sera récoltée en début de photopériode et quand le séchage se fera par pulvérisation. Les apports journaliers recommandés en protéines sont d'environ 2 g/j/kg de poids chez le nourrisson et diminuent avec l'âge pour atteindre 1 g/j/kg de poids chez l'adulte. Ramené à la ration quotidienne de spiruline ingérée qui dépasse rarement 10 grammes, la spiruline présente un grand intérêt comme complément alimentaire riche en protéines chez les jeunes enfants dont le poids est de 15 à 20 kg.

Sur le plan qualitatif, elle offre un éventail complet d'acides aminés dont 47 % sont des acides aminés essentiels, c'est-à-dire qui ne peuvent être synthétisés par l'organisme et doivent obligatoirement être amenés par l'alimentation. A ce titre, la spiruline peut se voir attribuer le statut d'aliment protéique complet. Cependant, comme dans la plupart des végétaux, certains aminoacides ne sont présents qu'en faible quantité : c'est le cas des acides aminés soufrés (Méthionine et Cystéine) et de la Lysine. Il est alors intéressant d'envisager l'utilisation de la spiruline dans le cadre d'une complémentation protéique pour améliorer sa valeur biologique en l'associant par exemple à des céréales (mil, riz, millet...) et des oléagineux (poids, sésame...), respectivement riches en acides aminés soufrés et en Lysine.

Les protéines de la spiruline ont une très haute digestibilité de l'ordre de 75 à 83 %, qui s'explique par le fait que l'algue est entourée d'une enveloppe fragile de muréine qui rend le contenu cellulaire beaucoup plus accessible aux enzymes de la digestion par rapport aux parois pecto-cellulosiques classiques. Ces protéines seront donc facilement assimilables, même chez des personnes souffrant de pathologies intestinales freinant l'assimilation des nutriments.

La spiruline conserve la plupart de ses vertus nutritives car sa consommation ne requiert ni cuisson, ni traitement préalable.

## **Teneur en Acides Nucléiques**

Le produit final de dégradation biochimique des bases puriques adénine et guanine est l'acide urique qui peut s'accumuler dans le sang et être à l'origine de certaines pathologies (calculs rénaux, crise de goutte...). Il est alors intéressant de connaître la teneur en acides nucléiques d'un aliment pour évaluer tout risque d'hyper-uricémie due à sa consommation. Dans le cas de la spiruline, les acides nucléiques totaux représentent 4,2 à 6 % du poids sec de l'algue, et ce faible taux exclut tout risque d'excès d'acide urique chez les consommateurs réguliers de spiruline à la dose journalière recommandée à titre de complément alimentaire.

## **Composition en Lipides et en Acides Gras**

La spiruline est un aliment à faible apport calorique. Les lipides totaux varient entre 5,6 et 7 % du poids sec de l'algue. La fraction saponifiable (83 %) est constituée majoritairement de diglycérides (mono et digalactosyl diglycérides), ainsi que de phosphatidyl glycérides. On souligne aussi la présence de sulfoquinovosyl diglycérides récemment étudiés *in vitro* pour leur effet protecteur vis-à-vis de certaines infections virales.

Le profil d'acides gras de la spiruline varie en fonction de la souche étudiée. En règle générale, après hydrolyse, la spiruline renferme principalement des acides gras poly insaturés essentiels à 18 atomes de carbones, notamment de la série oméga-6 ( $\omega 6$ ). C'est en effet une des meilleures sources d'acide gamma-linolénique (18:3 $\omega 6$ ) après le lait humain et certaines huiles végétales onéreuses. Cette richesse lui donne un intérêt biologique particulier puisque que cet acide gras est un précurseur des prostaglandines, molécules ayant une activité anti-inflammatoire et immunostimulante au sein de l'organisme.

D'autres acides gras essentiels comme l'acide linoléique (18:2 $\omega 6$ ) sont retrouvés dans la spiruline ainsi qu'un fort pourcentage d'acide palmitique (acide gras saturé) permettant de préférer certaines souches à d'autres.

La fraction insaponifiable de la spiruline (17%) renferme des stérols en faible quantité (cholestérol en majeure partie, clionastérol, stigmastérol, campestérol), des terpènes ( $\alpha$  et  $\beta$ -amyrine pour l'essentiel) et des hydrocarbures saturés à longue chaîne ou paraffines (principalement du *n*-décaheptane, composant potentiellement toxique et devant faire l'objet d'essais toxicologiques).

## **Composition en Glucides**

Les glucides représentent 15 à 25 % du poids sec de l'algue. Les sucres simples et les polyols ne sont présents qu'en très faible quantité. Les glucides assimilables sont représentés par du rhamnosanne et du glucosanne aminés, respectivement environ 2 % et 10 %. On note aussi la présence de glycogène (0,5 %).

La paroi de la spiruline est une paroi type bactérie Gram-négative constituée de glucosamine et d'acide muramique associés à des peptides et ne renfermant que très peu de cellulose. Elle ne peut être digérée mais sa fragilité rend le contenu cellulaire plus accessible aux enzymes de la digestion par rapport aux parois pectocellulosiques classiques. Parmi les cyclitols, on remarque une forte quantité de méso-inositol phosphate : la spiruline est en effet une excellente source de phosphore organique et d'inositol (plusieurs fois supérieur à la teneur en inositol de la viande de bœuf et des végétaux qui en sont les plus riches).

Parmi les glucides de la spiruline, plusieurs polysaccharides ont été étudiés *in vitro* pour leurs activités biologiques. Ainsi, le Calcium-*spirulan* ou le Sodium-*spirulan* (polysaccharides sulfatés chélatés à un atome de calcium ou de sodium) ont fait l'objet d'études scientifiques *in vitro* pour leur propriétés anticoagulantes, antivirales et immunostimulantes, et l'immulina, polysaccharide de très haut poids moléculaire (environ 1 million de daltons) semble lui aussi stimuler l'immunité.

### **Composition en Vitamines**

La spiruline est très riche en vitamines du groupe B, notamment en vitamine B12 puisqu'elle en contient 4 fois plus que le foie de veau. Même si la biodisponibilité de cette vitamine B12 n'est pas clairement établie (seulement 17 % serait absorbée et donc active chez l'Homme), la spiruline demeure une source exceptionnellement élevée pour un végétal.

D'autre part, elle se distingue par sa richesse en  $\beta$ -carotène (jusqu'à 80 % des caroténoïdes totaux) convertible chez l'Homme en vitamine A. L'absence de vitamine A libre permet d'éviter tout risque d'hypervitaminose A puisque l'accumulation de  $\beta$ -carotène, à l'inverse de celle de rétinol, n'est pas toxique.

La vitamine E est retrouvée à des taux comparables aux germes de blé.

Vitamines A et E, connues pour leurs propriétés antioxydantes, ont un intérêt biologique chez l'Homme et assurent aussi une bonne conservation d'autres constituants de la spiruline (acides gras...). Ces molécules sont cependant fragiles et leur bonne conservation dépendra de certains procédés de fabrication : ainsi, un séchage à basse température, tout comme une granulométrie grossière limitent la dégradation de ces molécules.

### **Composition en Sels Minéraux et Oligo-éléments**

La richesse de la spiruline en fer (10 grammes de spiruline correspondent à environ 80 % des AJR), dont la biodisponibilité est deux à trois fois supérieure à celle de la viande, se révèle très intéressante pour améliorer les anémies ferriprives liées aux malnutritions protéino-énergétiques. Calcium et phosphore sont présents à des taux comparables à ceux retrouvés dans le lait et dans des proportions qui excluent tout risque de décalcification par apport excessif de phosphore. La spiruline est aussi une bonne source de magnésium biodisponible chez l'Homme. Le potassium est richement représenté dans la spiruline, atout intéressant dans les pays industrialisés où le rapport sodium/potassium est souvent trop élevé. Enfin, Il est possible d'enrichir des souches de spiruline en certains oligoéléments (Zinc, Sélénium...) en modifiant leur milieu de culture.

### **Composition en Pigments**

La spiruline renferme de la chlorophylle a, typique chez les végétaux, des caroténoïdes et des phycobiliprotéines. Ces pigments présentent un intérêt dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique.

Les phycobiliprotéines représentent 30 % du poids sec de l'algue. Ce sont des pigments protéiques constitués d'un chromophore et d'une apoprotéine liés par une liaison covalente de type thioéther. La structure du chromophore (groupement tétrapyrrolique de type -biline), proche de celles des acides biliaires de l'organisme, est à l'origine de la bonne assimilation intestinale des phycobiliprotéines. Parmi elles, on trouve : la phycocyanine (protéine majeure de la spiruline,

représentant 15 à 20 % du poids sec de l'algue) et l'allophycocyanine, pigments de couleur bleue, rares dans la nature ; la phycoérythrine et l'allophycoérythrine, pigments rouges. Les phycobiliprotéines s'associent au niveau de la membrane externe des thylacoïdes pour former une structure macromoléculaire : le phycobilisome qui capte la lumière et la véhicule vers les photosystèmes.

La phycocyanine est responsable de la couleur caractéristique bleue de l'algue. Plusieurs études menées *in vitro* lui attribuent des propriétés antioxydantes dont découlerait un grand nombre d'activités biologiques (anti-inflammatoire, anti-cancéreuse, antivirale, immunostimulante, inducteur de l'hématopoïèse...).

## **Conclusion**

Ainsi la spiruline est un aliment à hautes qualités nutritives grâce à la diversité et la richesse de ses constituants. Elle semble présenter plusieurs activités biologiques, mais ces données doivent être considérées avec certaines réserves puisqu'il s'agit souvent d'études réalisées sur des molécules isolées extraites de souches de spiruline et que la plupart ne sont que des tests *in vitro*.

## **Références bibliographiques**

Falquet J., Hurni J.-P., 2006 - Spiruline aspects nutritionnels. Antenna Technologies, Genève

Gershwin M.E., Belay A., 2007 - Spirulina in human nutrition and health. CRC Press.

Clément G., 1975 - Production et constituants caractéristiques des algues *Spirulina maxima* et *platensis*. Ann. Nutr. Aliment. 29(6), pages 477-487.

Sautier C., Trémolières J., 1975 - Valeurs alimentaires des algues spirulines chez l'Homme. Ann. Nutr. Aliment. 29(6), pages 517-533.

Quillet M., 1975 - Recherche sur les substances glucidiques élaborées par les spirulines. Ann. Nutr. Aliment. 29(6), pages 553-561.

Pascaud M., 1993 - The essential polyunsaturated fatty acids of *Spirulina* and our immune response. Bull. Inst. Océano. Monaco, numéro spécial 12, pages 49-57.

---

## **CHEMICAL COMPOSITION OF SPIRULINA**

Several billion years old, spirulina is a fresh water cyanobacteria which presents a blue-green characteristic color due to the presence of phycocyanin. Its chemical composition varies according to the stump of spirulina, but also according to the processes of culture used (period of the harvest, drying mode, enrichment of intrans...).

*Spirulina* is characterized by a very strong rate of proteins which can achieve up to 70 % of the dry weight of the algae. It is the richest food in proteins known to this day (twice as much as soy, three times as meat or fish). From a qualitative point of view, it offers a complete range of amino acids among which 47 % are essential, what confers it the status of complete protein food. As in most vegetables, sulphurated aminoacids (Methionine and Cysteine) are present only in small quantity, hence the interest to associate it with cereal

such as millet to improve its biological value. The proteins of spirulina are easily assimilable even by the person suffering from intestinal pathologies (digestibility between 75 in 83 % which is explained by a very weak concentration in cellulose). The weak rate off nucleic acids excludes risks of excess of uric acid for the regular consumers of spirulina in the daily dose recommended as food complement.

Total lipids vary between 5,6 and 7 % of the dry weight of the algae. The saponifiable lipid fraction (83 %) is mainly constituted by diglycerides (mono and digalactosyl diglycerides), as well as phosphatidyl glycerides. We also note the presence of sulfoquinovosyl diglycerides recently studied for their effect against certain viral infections. After hydrolysis, spirulina contains mainly essential polyunsaturated fatty acids in 18 atoms of carbons, notably the omega-6 series ( $\omega 6$ ). It is one of the best sources of gamma-linoléic acid (18:3  $\omega 6$ ) after human milk and certain vegetable oils. Other essential fatty acids as linoleic acid (18:2  $\omega 6$ ) are found in spirulina as well as a strong percentage of palmitic acid (saturated fatty acid) allowing to prefer certain stumps to others. The unsaponifiable lipid fraction of spirulina (17%) is constituted by sterols in small quantity (cholesterol largely, clionasterol, stigmasterol, campesterol), terpenes ( $\alpha$  and  $\beta$ -amyrine) and paraffins (mainly of the *n*-decaheptane being the object of toxicologic assays).

Carbohydrates represent 15 to 25 % of the dry weight of the algae. Simple sugars and polyols are present only in very small quantity. Comparable carbohydrates are represented by the amino rhamnosane and by the amino glucosane. The cell-wall of spirulina is a wall off the Gram-positive bacteria type constituted by glucosamine and muramic acid, and containing only very little cellulose (0,5 % of the fresh weight of the algae). It cannot be digested but its fragility makes the cellular contents more accessible of the enzymes of digestion compared to pectocellulosic walls. Among carbohydrates of spirulina, sulfated polysaccharides like *Ca-spirulan* and *Na-spirulan* made the object of *in vitro* scientific studies for their anticoagulative and antiviral properties.

Spirulina is very rich in vitamins of the group B, notably in vitamin B12 which reaches an exceptionally high rate for a vegetable, even if its bioavailability is not clearly established. It contains only some traces off vitamin C. On the other hand, spirulina is characterized by its abundance of  $\beta$ -carotene (up to 80 % of the total carotenoids) convertible by humans into vitamin A. The absence of free vitamin A allows to avoid any risk of hypervitaminose A because the accumulation of  $\beta$ -carotene, unlike that of retinol, is not toxic. Vitamin E, known for its antioxidizing properties, is found at rates comparable to the germs of wheat.

The high concentration of iron in spirulina (approximately 80 % off the DRI), the bioavailability of which is two-three times superior to that of meat, proves very interesting to improve the ferriprive anaemia linked to the proteino-energy malnutritions. It is also a good source of calcium and phosphor, of magnesium and potassium. It is possible to enrich stumps of spirulina in certain elements (Zinc, Selenium...) by modifying their growth medium.

Spirulina contains some chlorophyll a, typical to vegetables, carotenoids and phycobiliproteins (phycocyanin especially, and phycoerythrin). These pigments present an interest in the food and pharmaceutical industry. The phycocyanin is a blue pigment responsible for the characteristic color of the algae and several studies led *in vitro* suggest antioxidizing properties.

Spirulina thus presents good nourishing qualities thanks to the variety and the concentration of its constituents. It seems to present several biological activities, but these data must be considered with certain reserves because it is often based on studies carried out on isolated molecules extracted from stumps of Spirulina and because most are only *in vitro* tests.



## MALNUTRITION : DEFINITION ET SYNTHESE

Patrick RAKOTONDRANALY

ONN Mahajanga

### INTRODUCTION

Chaque année, la malnutrition contribue au décès d'environ 5,6 millions d'enfants de moins de cinq ans. Un enfant de moins de cinq ans sur quatre – soit 146 millions d'enfants dans le monde en développement – présente une insuffisance pondérale au regard de son âge, ce qui augmente son risque de décès prématuré.

Lorsque la nutrition ne répond pas aux attentes, il en résulte un grand préjudice pour les individus et l'ensemble de la société. Lorsque les femmes enceintes ne reçoivent pas une alimentation adéquate, elles mettent au monde des enfants présentant une insuffisance pondérale, ce qui compromet leurs chances de survie. Lorsque les filles sont sous-alimentées, c'est leur future capacité de donner naissance à des enfants sains qui est menacée. La dénutrition et les carences en micronutriments peuvent causer des retards de développement chez les jeunes pendant toute l'enfance et l'adolescence, les rendant moins productifs une fois devenus adultes.

### LA MALNUTRITION : Définition et synthèse

Dans le cadre du colloque international sur la spiruline, la place de malnutrition prend une place prépondérante du fait de l'ampleur des impacts négatifs pour le développement socio-économique d'un pays et le fondement sur la survie en particulier des populations vulnérables. On ne peut imaginer objectif plus important : un monde dans lequel les enfants vivraient à l'abri de la pauvreté et de la faim.

Par définition, la malnutrition est un état physiologique pouvant devenir pathologique dû à une carence ou à une consommation excessive d'un ou plusieurs éléments nutritifs. Peut être définie comme « un état dans lequel la fonction physique de l'individu est altérée au point qu'il ne peut plus assurer la bonne exécution des fonctions corporelles comme la croissance, la grossesse, la lactation, le travail physique, la résistance aux maladies et la guérison après celles-ci ».

La malnutrition n'est pas synonyme de manque de nourriture. C'est le résultat d'un régime alimentaire déséquilibré, ou d'une infection, ou d'une combinaison des deux.

D'autre part comme il s'agit d'un problème de santé publique majeure surtout dans les pays pauvres, la malnutrition par carence va retenir notre attention car des millions de personnes sont victimes de la dénutrition dans le monde d'après le rapport de l'UNICEF en Avril 2006 (**Chine, 7 millions -Inde, 57 millions-Bangladesh, 8 millions - Pakistan, 8 millions-Nigéria, 6 millions-Sur les 146 millions d'enfants de moins de cinq ans qui présentent une insuffisance pondérale dans le monde en développement, 106 millions – 73 % -- vivent dans 10 pays seulement.**

L'alimentation insuffisante des nourrissons et des jeunes enfants, en particulier l'absence d'allaitement au sein dans les meilleures conditions et d'alimentation complémentaire adaptée, ainsi que des maladies telles que la diarrhée, la pneumonie, le paludisme et le VIH/SIDA, souvent aggravées par des helminthes, sont des causes majeures de dénutrition.

## DEUX TYPES DE MALNUTRITION :

### 1- Malnutrition Protéino-Energétique (MPE)

Est le résultat d'une carence en un seul ou tous les nutriments (Glucides, Protéines, Lipides)

Deux (2) typologies de malnutrition peut-être observées :

○ Marasme : sévère perte de poids ou dénutrition (kq : émaciation, peau pendante et plissée, côtes saillantes)

○ Kwashiorkor : oedèmes nutritionnelles (kq : oedèmes du dos des pieds, visage bouffi, changement de texture des cheveux, dépigmentation de peau, apathies, irritabilités voir déprimés)

### 2- Maladies de carence en micronutriments (MCM)

Est le résultat d'une carence en un micronutriment spécifique (fer : *anémie*, vitA : *xérophthalmie*, iode : *goitre*, vit.C : *scorbut*)

## CLASSIFICATION :

Mesure les résultats obtenus au plan mondial dans le domaine de la nutrition, en prenant comme indicateur principal le pourcentage d'enfants de moins de cinq ans présentant une insuffisance pondérale. La communauté internationale a promis de réduire de moitié, entre 1990 et 2015, la proportion d'enfants présentant une insuffisance pondérale, mais nous ne sommes toujours pas près d'atteindre cet objectif.

INDICATEUR	BIEN NOURRI	MALNUTRITION LEGERE	MALNUTRITION MODEREE	MALNUTRITION GRAVE
Œdème	Non	Non	Non	Oui
Poids/taille Dénutrition ou Malnutrition aigüe	90 à 120%	80 à 89%	70 à 79%	< 70%
Taille/Âge Retard irréversible de croissance ou Malnutrition chronique	95 à 110%	90 à 94%	85 à 89%	< 85%
Poids/Âge MA+MC ou Insuffisance pondérale			60 à 80%	< 60%
Circonférence à mi-bras	> 13,5cm	12,5 à 13,5cm	12 à 12,5	<11
Indice de masse corporelle IMC	poids (kg)/Taille(m) <sup>2</sup>	Maigreur légère 17 < 18,5	Maigreur modérée 16 < 17	Maigreur sévère < 16

## CRENI ET CRENA :

1 CRENI : « Centre de Récupération Nutritionnelle Intensive »

Prise en charge des enfants **malnutris sévères** :

- au niveau SSD si CRENI régulier
- au niveau des CSB pour les urgences

Enfants nécessitant une surveillance médicale et alimentaire stricte

Reçoivent des soins et Alimentations adaptés : Aliments thérapeutiques (lait F100, BBFive...)

Durée de séjour : 6 à 12 semaines

## 2 CRENA : « Centre de Récupération Nutritionnelle Ambulatoire »

Prise en charge des enfants **malnutris modérés** en externe :

Surveillance du gain de poids hebdomadaire ou tous les quinze (15) jours avec dotation de ration alimentaire correspondante.

Durée de suivi : 4 à 8 semaines

## **SYSTEME d'ALERTE NUTRITIONNELLE :**

### **Condition de priorisation des interventions**

Taux de malnutrition nationale = 42%

SMART (après enquête)

Crise nutritionnelle = Taux de malnutrition > 12% avec un (1) décès pour 10 000 enfants et par jour

Les vertus de la spiruline comme médicament (nutrithérapie) nous donnent des opportunités que nous pouvons saisir pour combattre ce fléau et rompre ce cycle de malnutrition touchant particulièrement les femmes et les enfants moins de 5ans. Il est donc indispensable d'améliorer la nutrition en particulier de la petite enfance pour atteindre les ODM en 2015. Réduire de deux tiers le taux de mortalité des enfants de moins de cinq ans – ne sauraient être atteints sans que l'on améliore la nutrition des jeunes enfants et de leur mère.



# POLITIQUE NATIONALE MALGACHE DE NUTRITION

Jules RAKOTOARIVONY

Médecin inspecteur au DRSPFPS Région Sud-Ouest  
Office National de Nutrition (ONN)

Lot III M 39 Anosy, Avenue Dr Joseph Ravoahangy Andrianavalona 101 Antananarivo.

Tél: +(261) 20 22 241 09 - 22 569 48

[nutricom@moov.mg](mailto:nutricom@moov.mg)

---

## 1- Contexte

Madagascar est une île de 592 000 Km<sup>2</sup> avec une population de 17 millions d'habitants. La malnutrition chronique qui touche un enfant sur deux entrave le développement humain et pose un sérieux handicap au développement socio-économique du pays.

Madagascar se trouve parmi les pays les plus pauvres avec un PIB par habitant d'environ EU\$ 294 en 2003 et un Indice de Développement Humain (IDH) de 0,484 (soit au 149<sup>ème</sup> rang sur 173 pays). Le contexte de développement de Madagascar est fortement déterminé par la lutte contre la pauvreté de façon globale, 74% de la population vit en dessous du seuil de pauvreté. La malnutrition est à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté, la lutte contre la malnutrition s'insère aussi dans le cadre global de la lutte contre la pauvreté.

Les réformes économiques adoptées durant les dernières décennies n'ont pas permis jusqu'ici d'améliorer les conditions économiques et sociales de la population. Elles ont conduit à une aggravation de la pauvreté qui touche près de trois quarts de la population - dont une grande partie se trouve en milieu rural - et à la dégradation des infrastructures sociales de base (santé, éducation, eau et assainissement) et des prestations de service.

Ce contexte, fortement compliqué par la périodicité des catastrophes naturelles (cyclones, sécheresse, invasions acridiennes, autres épidémies) a donc entraîné la dégradation de la situation nutritionnelle notamment des groupes vulnérables (enfants de moins de 5 ans, et femmes enceintes et allaitantes) et des groupes marginalisés.

A l'instar d'autres pays pauvres, la malnutrition constitue une des causes de la forte mortalité infanto-juvénile et maternelle à Madagascar – la malnutrition est associée à plus de 50% de la morbidité et de la mortalité des enfants âgés de moins de 5 ans. La malnutrition contribue à la complication de certaines maladies infectieuses, notamment les diarrhées, la rougeole, le paludisme, l'helminthiase et même le SIDA. Elle occasionne aussi des dépenses de soins supplémentaires et cela à tous les niveaux : des ménages, à l'Etat en passant par les communautés. Une malnutrition précoce influe négativement sur la compétence cognitive et la capacité d'apprentissage à des stades ultérieurs des enfants. Elle compromet le développement intellectuel et abaisse les résultats scolaires, réduisant ainsi les bénéfices des investissements lourds dans les secteurs de l'éducation. La malnutrition constitue également un facteur important de morbidité au niveau de la population active et de ce fait entraîne une baisse de rendement et de productivité au travail. Le coût économique de la malnutrition est énorme on considère qu'il peut enlever 2 à 3 points de la croissance économique.

La malnutrition a des conséquences graves, qui peuvent être irréversibles, sur le développement physique et intellectuel des enfants, le pays a le devoir de protéger la prochaine génération de la malnutrition et des séquelles désastreuses.

La Constitution Malagasy ainsi que les diverses convention internationales ratifiées par Madagascar garantissent le droit des enfants à une nutrition adéquate afin d'assurer leur survie et leur permettre de réaliser leur potentialité en matière de développement physique et intellectuel. La lutte contre la malnutrition est donc un défi majeur que le pays doit relever durant la prochaine décennie.

Divers engagements ont été pris par le Gouvernement en vue de lutter contre la malnutrition :

- La ratification de la Convention Relative aux Droit de l'Enfant en 1990 ;
- La déclaration du Premier Ministre au Sommet Mondial de l'Alimentation à Rome en novembre 1996.
- L'élaboration du Plan Nation d'Action pour la Nutrition élaboré en 1997 suite à la Conférence Internationale sur la Nutrition (1992) et qui a servi de base de référence pour le gouvernement et partenaires techniques et financiers dans les interventions en matière de nutrition ;
- L'adoption de la Stratégie Nationale de Sécurité Alimentaire, comme politique gouvernementale de Sécurité Alimentaire et de Nutrition, en 1997 suivi du Programme Spécial de Sécurité Alimentaire (PSSA) et du Plan d'Action pour le Développement Rural (PADR) ; et
- Le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (DSRP).

De nombreuses interventions soutenues ou non par les bailleurs de fonds ont été engagées par le Gouvernement et d'autres opérateurs pour s'attaquer unilatéralement et intrasectoriellement à la malnutrition sans aucune structure de coordination pour une meilleure synergie et cohérence des actions et sans autre cadre de référence réglementaire. Bien que Madagascar se soit engagé dans la mise en œuvre des plans d'action de la Conférence Internationale sur la Nutrition (1992) et du Sommet Mondial de l'Alimentation (1996), la concrétisation des résolutions n'a pas été effective. De plus, le secteur nutrition ne figure pas parmi les domaines prioritaires dans les stratégies de développement ou de réduction de la pauvreté du pays. La problématique nutritionnelle n'est trop souvent perçue que comme étant uniquement du ressort du secteur santé, et la coordination de toutes les interventions, le système d'évaluation, d'analyse et de surveillance de la situation nutritionnelle ont fait défaut.

Face à cette prise de conscience et ces différentes lacunes d'information et de coordination, un document de Politique Nationale s'avère opportun et primordial pour Madagascar.

## **2- Situation de la malnutrition a Madagascar**

A Madagascar, la malnutrition demeure un problème majeur à la fois de santé publique et socio-économique qui touche une grande partie de la population, particulièrement les enfants, les femmes enceintes et allaitantes. Elle concerne notamment la malnutrition protéino-énergétique et les carences dans les principaux micronutriments, à savoir la vitamine A, le fer et l'iode. Ces deux formes de malnutrition peuvent se manifester en même temps chez la même personne.

La malnutrition est souvent mal perçue : on la considère comme un problème de santé sinon d'insécurité alimentaire. En fait, elle est la manifestation d'un ensemble de déterminants

multisectoriels et pluridisciplinaires intervenant à différents niveaux de la société – même si dans ses formes les plus graves, elle pose un sérieux problème de santé et des risques de mortalité accrus. Le statut nutritionnel d'un enfant est le résultat des facteurs immédiats que sont un régime alimentaire approprié et une bonne santé, qui dépendent des facteurs sous-jacents liés les uns aux autres- que sont les soins destinés aux femmes et aux enfants au sein de la famille, la sécurité alimentaire et économique au niveau des ménages et l'accès aux services de santé, à l'eau potable et à un environnement salubre. Ces facteurs sous-jacents reposent à leur tour sur des facteurs profonds que sont la disponibilité et le contrôle des ressources potentielles humaines, économiques et organisationnelles ; et les structures politiques, culturelles, sociales et économiques. Enfin le niveau d'alphabétisation et d'instruction de la population permet à celle-ci une utilisation efficace d'information et de ressources à sa disposition pour améliorer son statut nutritionnel. Ces facteurs sont résumés dans le cadre conceptuel de la malnutrition.

### 2.1. La malnutrition protéino-énergétique

Entre les années 1990 et 2000, la prévalence de la malnutrition chronique des jeunes enfants ne s'est pas pratiquement améliorée et reste stationnaire à un niveau très élevé avoisinant les 48%. Quand à la malnutrition aiguë (l'émaciation), sa prévalence a presque triplé entre 1992 et 2003-2004 de 5% à 14%. Même s'il y a eu une légère régression des taux de mortalité, ils restent très élevés- la mortalité infanto-juvénile à 94 pour 1 000, la mortalité infantile à 58 pour 1 000 et la mortalité maternelle à 469 décès pour 100 000 naissances vivantes.

D'une manière générale, la malnutrition infantile survient très tôt et touche parfois les enfants avant leur naissance. Environ 5% des enfants ont un poids insuffisant à la naissance (inférieur à 2,5kg) et de ce fait sont susceptibles de mourir durant le premier mois de vie avec une probabilité 2 fois supérieure à celle des enfants de poids normal. Cinquante quatre pour cent des décès d'enfants de moins de 5 ans sont attribuables à la malnutrition. La phase critique de la chute de croissance des enfants se situe entre 6 et 23 mois, c'est-à-dire au moment du sevrage – le taux de la malnutrition étant de 18% à moins de 6 mois, 57% à 12-23 mois et 50% à 24-35 mois. De même 19% des femmes en âge de procréer souffrent d'une malnutrition chronique avec un Indice de Masse Corporelle (IMC) inférieur à 18,5 kg/m<sup>2</sup>.

La malnutrition n'épargne aucune province de l'île et touche aussi bien le milieu urbain que rural, ce dernier étant le plus touché. Selon le MICS 2000, la malnutrition chronique varie selon la région (41% à Mahajanga contre 54% à Fianarantsoa) et selon le milieu (urbain 45% et rural 50%). Toutes les couches sociales sont touchées par la malnutrition 27% au niveau de couche pauvre, 28% des couches moyennes et 23% chez les couches aisées.

### 2.2. Les carences en micronutriments

Les carences en micronutriments sont également préoccupantes :

- Il est établi qu'une carence en iode peut entraîner un retard du développement mental chez l'enfant et une apparition du goitre chez les adultes. Avant la mise en œuvre du Programme de Lutte contre les Troubles dus à la Carence en Iode (TDCI) en 1992, les TDCI mettaient à risque 75% des Malagasy. A l'heure actuelle, ce problème a été ramené sous contrôle car la prévalence du goitre, signe clinique de la carence en iode, a accusé une spectaculaire réduction en passant de 42,(% en 1990 à 5% (2001) du fait de la consommation de sel iodé

dans 80% des ménages. De plus, le taux d'excrétion d'iode urinaire était de 156,8µg/l en 1998 ce qui indique un apport adéquat en iode

- Une carence en vitamine A peut entraîner la cécité et est associée à une hausse de mortalité infanto-juvénile. La carence en vitamine A constitue un problème de santé publique à Madagascar selon les critères établis par l'OMS. Selon une enquête nationale en 2000 : chez les enfants de 6-59 mois, le taux d'héméralopie est de 2%, et le taux de rétinolémie inférieur à 0,70 mole/l est de 42% ; et chez les femmes de 15 – 49 ans, le taux d'héméralopie est de 12%, et le taux de rétinolémie inférieur à 1,05 mole/l est de 29%.
- Les anémies nutritionnelles diminuent la performance cognitive des enfants, augmentent le risque de petit poids à la naissance et réduisent la productivité des adultes. Elles affectent plus de deux tiers des enfants âgés de 6 à 59 mois ainsi que les enfants d'âge scolaire 6-14 ans. De même, 46% des femmes en âge de procréer et 50% des femmes enceintes souffrent d'anémie par carence en fer.

### 2.3. Les causes de la malnutrition

Les causes de la malnutrition sont multiples et multisectorielles, les unes agissant directement, les autres indirectement. Les causes sous-jacentes de la malnutrition sont (i) les soins inadéquats et les habitudes alimentaires inappropriées, (ii) l'accès inadéquat au service de santé et environnement insalubre, et (iii) l'insécurité alimentaire au niveau des ménages.

- **Soins inadéquats et habitudes alimentaires inappropriées.** Bien que Madagascar soit une île disposant de potentialités agro-pastorales et halieutiques importantes, la ration alimentaire reste déséquilibrée, monotone et peu diversifiée – trop riche en glucides, déficitaire en protéines et pauvre en lipides, avec carence en vitamines et minéraux. Les pratiques de l'alimentation de nourrissons et des jeunes enfants ne sont pas conformes ni à la politique nationale ni aux recommandations de l'OMS. Même si la grande majorité des mères allaitent leurs enfants (évaluée à plus de 95%), sa pratique sous optimale en hypothèque les bénéfices. Les aliments de complément au lait maternel sont non seulement introduits trop tôt mais plus de deux tiers des enfants de moins de 3 ans reçoivent une alimentation de complément insuffisante en qualité et en quantité. La mauvaise pratique de l'allaitement maternel et l'inadéquation de l'alimentation de complément expliquent l'augmentation progressive des niveaux de malnutrition chez les enfants de moins de 2 ans. De plus, les tabous et interdits, touchent particulièrement les groupes nutritionnellement vulnérables (enfants, femmes enceintes et femmes allaitantes), ce qui aggrave les carences alimentaires.
- **Accès inadéquat aux services de santé et environnement insalubre.** La prévalence des maladies habituellement liées à la malnutrition reste encore élevée : maladie diarrhéique (10%), fièvre (paludisme) (20%), IRA (90%) et rougeole (3,4%). La couverture vaccinale n'est que de 47% pour les enfants complètement vaccinés. Le taux d'utilisation de la planification familiale n'atteint que 27% sur l'ensemble du pays. Par ailleurs, la prévalence du SIDA est passée de 0,02 en 1989 à 1,1% en 2003. L'accès à l'eau potable reste encore le privilège d'une minorité de la population 35% des Malagasy y ont accès avec des disparités importantes -23% des ruraux contre 71% des habitants des centres urbains.

- **Insécurité alimentaire des ménages.** L'insécurité alimentaire des ménages est largement rependue. La proportion de ménages victime de l'insécurité alimentaire a augmenté de 59% en 1993 à 65% en 2001 (60% en milieu urbain et 67% en milieu rural). Pour l'ensemble de Madagascar, 75% des dépenses totales des ménages sont consacrées à l'alimentation. La faiblesse du revenu contribue fortement à l'insécurité alimentaire.

L'indice de production vivrière par habitant, n'a cessé de se détériorer depuis les années 60. Il a fortement baissé ces dernières années et est passé de 100 en 1979-81 (FAO) à 63% en 1995. La disponibilité de viande et produit de pêche par habitant reste faible (4,4 et 7kg par an par habitant respectivement). Face à l'accroissement de la population avec un taux de 2,8%, cette faible performance du secteur agricole associée à une diminution des importations de céréales, a eu pour conséquence la diminution de la disponibilité alimentaire par habitant. Les rendements agricoles restent faibles malgré les actions entreprises en matière d'encadrement et de vulgarisation. Le bas niveau de la production agricole- qui est à 90% une agriculture de subsistance- provient : des méthodes culturales inappropriées, des exploitations de petites tailles, des problèmes d'accès à la terre, du faible niveau d'épargne et du non accès au crédit, de la détérioration des infrastructures rurales. Une forte proportion de la production est donc destinée à l'autoconsommation.

Les causes profondes de la malnutrition révèlent de la structure et l'organisation politique, culturelle, sociale et économique du pays. L'évolution de l'économie malgache est sans doute le facteur le plus déterminant de la dégradation des indicateurs notamment de l'état nutritionnel des enfants et des femmes. Les choix de développement peu judicieux, la mauvaise répartition des productions nationales ont abouti à un effondrement des finances publiques et ont contribué à l'endettement du pays. Les résultats pour la population et les groupes vulnérables s'expriment en termes de diminution de pouvoir d'achat, de non accessibilité aux services sociaux, d'insécurité alimentaire, de délinquance juvénile. Face aux stratégies de survie immédiates, de nombreuses familles éclatent : exode rural des hommes laissant les femmes à la tête des ménages.

Cette situation est attribuée à :

- Appauvrissement généralisé et continu du pays : Face à un taux de croissance démographique galopante de 2,8%, l'évolution du taux de croissance économique ne suit pas/ 3,1% par an entre 1960 – 1972 ; 0,1% par an entre 1973 et 1984 ; 2,5% par an d 1985 à 1990 et 0,1% sur la période 1991 -1996. avec une nette amélioration de 4,3% pour les années 1997 – 2000, la crise de 2002 a aggravé la situation en faisant chuter le PIB à -12%, et a accru le taux de pauvreté de 71% en 2001 à 74% en 2002. Le PIB/tête qui était de \$430 en 1960 est descendu à \$240 en 1999.
- La féminisation de la pauvreté due à la disparité de développement économique, sociale et politique au détriment de la femme : les femmes ont en effet des difficultés d'accès aux crédits dues à l'insuffisance de garantie liée à la faiblesse de leur base financière et de leur niveau d'éducation – 29% des femmes contre 25% d'hommes sont analphabètes et seulement 79% sont actives. Près de 22% des ménages sont dirigés par des femmes. Par ailleurs, la dévalorisation du statut de la femme due aux us et coutumes liés aux problèmes culturels, la faible éducation de la femme, la faible prise en compte de l'équité entre l'homme et la femme, la faible participation aux décisions politiques, économiques et

sociales, la méconnaissance des droits et la discrimination constitue un facteur de blocage de la femme dans son épanouissement.

- La situation géographique et la caractéristique physique de Madagascar qui est régulièrement confrontée à des situations d'urgence. Ces situations d'urgence résultent de cataclysmes naturels à impact violent (cyclones, inondations) ou à évolution lente (sécheresse dans le sud), entraînent des privations et menacent les acquis sociaux perturbant les services en faveur des femmes et des enfants.
- Problèmes fonciers et de parcellisation entravent l'accroissement de la production alimentaire au niveau national et au niveau des petits producteurs.
- Les effets des catastrophes naturelles sont aggravés par la dégradation de l'environnement par l'homme : déforestation, feux de brousse, érosion des sols etc.
- Problème de l'insécurité en milieu rural entrave la production alimentaire et le bon fonctionnement des services sociaux.
- L'enclavement est un facteur aggravant de la malnutrition et le problème de non accessibilité est exacerbé pendant la saison de pluie.
- Le poids de la tradition et valeur culturelle (tabou) est un important facteur de blocage.
- L'insuffisance des services d'encadrement technique au niveau des communes – problème du niveau culturel et des formations des agents en fonction et du manque de moyen de vulgarisation.
- Le problème de la malnutrition n'est pas vu comme prioritaire par beaucoup d'autorités tous les niveaux.

#### 2.4. La qualité et innocuité des aliments

Les problèmes liés à la qualité et à l'innocuité des aliments ne sont pas moins préoccupants. Ils retiennent de nos jours de plus en plus l'attention aussi bien des opérateurs que des consommateurs et de la communauté scientifique en raison de leurs importantes implications sanitaires et socio-économiques.....

#### 2.5. Les problèmes émergents

Deux problèmes émergents risquent de compliquer davantage la problématique de la malnutrition durant les prochaines décennies : ce sont les maladies non transmissibles (MNT) et transmissibles tel le VIH/SIDA.

....

### **3- La politique nationale de nutrition**

Pour combattre la malnutrition et compte tenu des objectifs de Développement du Millénaire auxquels souscrit le Gouvernement Malagasy et afin d'assurer un développement rapide et durable, Madagascar, dans le cadre du DSRP, s'est fixé comme objectifs de :

- Réduire de moitié le taux de pauvreté d'ici 10 ans
- Réduire de moitié le taux de malnutrition,

.....

### 3.1- Les Indicateurs de la malnutrition

Trois indicateurs sont couramment utilisés comme mesures de la malnutrition dépendant de l'objectif de l'évaluation. Ces indicateurs sont :

- Le retard de croissance qui est une mesure de la taille de l'enfant par rapport à son âge. C'est un indicateur de la malnutrition chronique...
- L'insuffisance pondérale qui est une mesure du poids de l'enfant par rapport à son âge. C'est un indicateur de la malnutrition générale....
- L'émaciation qui est une mesure du poids de l'enfant par rapport à sa taille. C'est un indicateur de la malnutrition aiguë ....

### 3.2- But de la politique

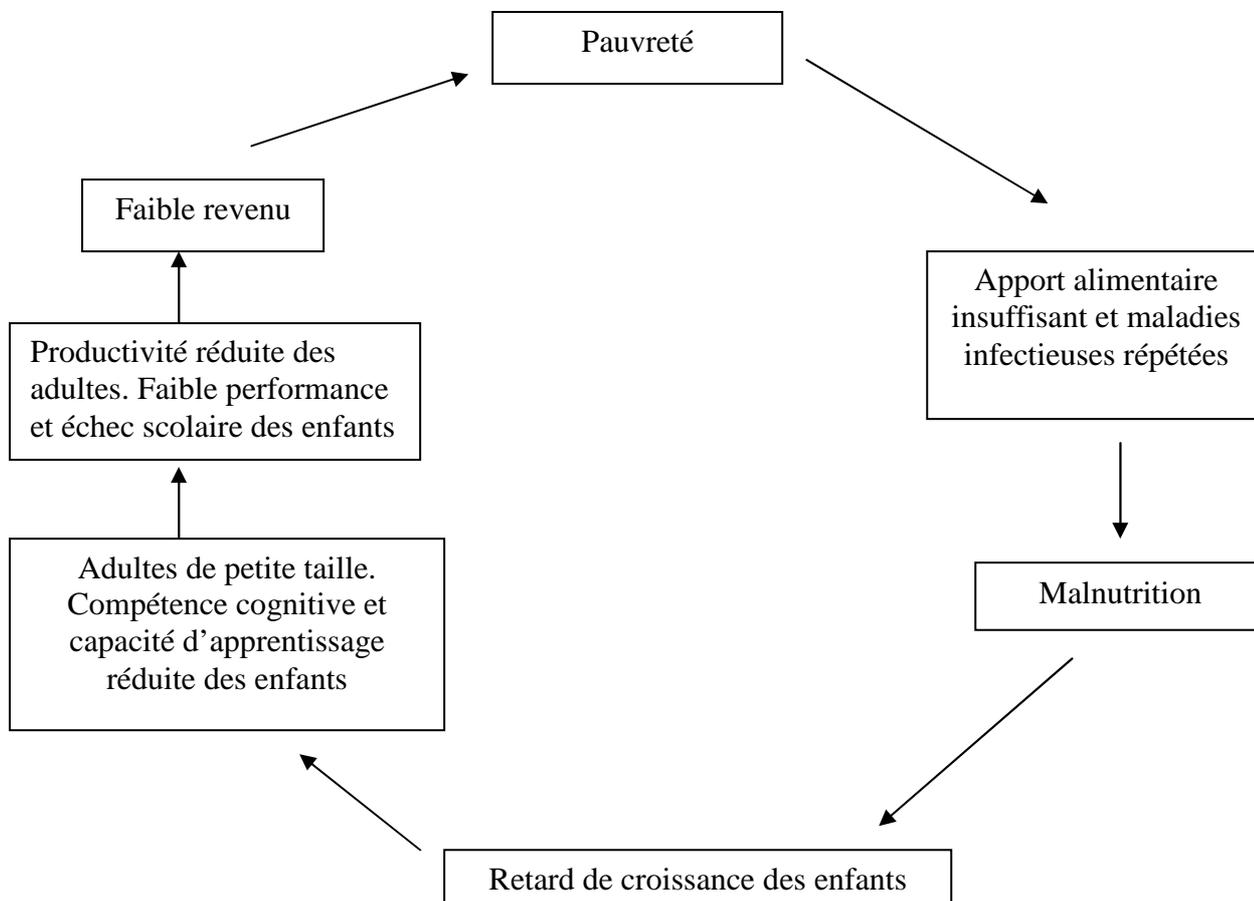
Assurer le droit de la population Malagasy tout entière à une nutrition adéquate en vue d'améliorer la survie des enfants et de leur permettre un développement maximal de leurs potentialités physiques et intellectuelles ainsi que de promouvoir la santé et le bien-être des mères et des adultes.

- Objectifs généraux

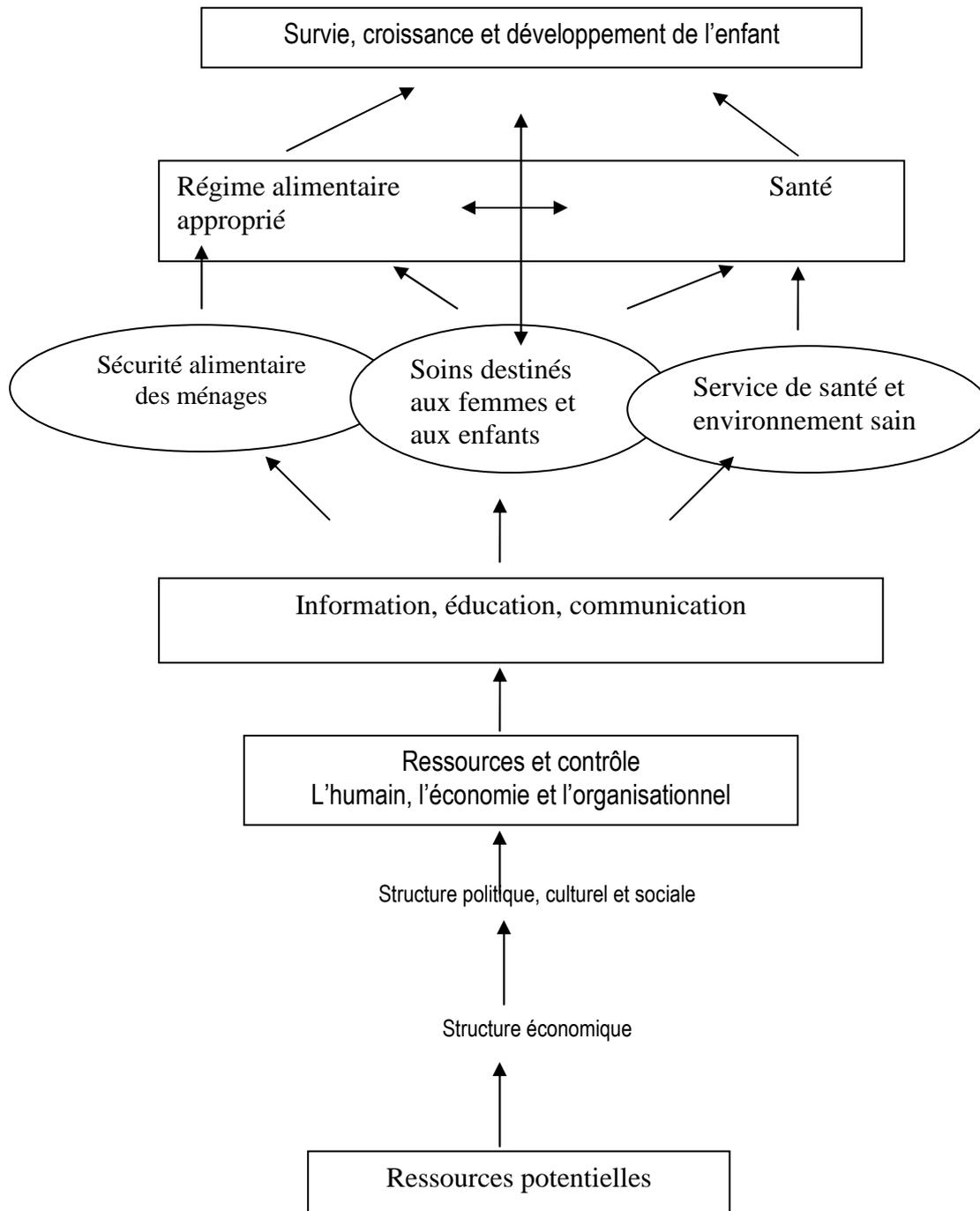
D'ici l'an 2015 de :

- (i) Réduire de moitié la prévalence de la malnutrition chronique chez les enfants de moins de 5 ans ; et
- (ii) Contribuer à la réduction de la mortalité des enfants de moins de 5 ans
- (iii)

### LE CYCLE DE LA MALNUTRITION ET DE LA PAUVRETE



## CADRE CONCEPTUEL DE LA MALNUTRITION



Extrait du document : « Réduire de moitié la malnutrition d'ici 2015 »  
Politique Nationale de Nutrition et Plan national d'action pour la Nutrition  
Décret 2004 – 496 du 20 avril 2004 – 2<sup>ème</sup> édition

# SPIRULINE ET MALNUTRITION DANS LE SERVICE DE PEDIATRIE DU CHRR TOLIARA

SOANOMENA VALIKARA

Pédiatre au Centre Hospitalier de Référence Régionale (CHRR) de Toliara - Madagascar

## INTRODUCTION

La malnutrition figure parmi les 5 premières causes de mortalité et morbidité dans le Service de Pédiatrie du CHRR de Toliara. Les autres pathologies en Pédiatrie ont comme toile de fond cette affection. La Spiruline produite dans la région même nous a permis de voir son effet sur la malnutrition au niveau hospitalier d'où le but de notre étude.

## METHODES

Notre cadre d'étude est le Service de Pédiatrie du Centre Hospitalier de Référence Régionale d'Atsimo-Andrefana Toliara. C'est une étude à la fois rétrospective (2003 – 2007) et prospective (janvier – février 2008). Le traitement des données est réalisé grâce aux logiciels WORD et EXCEL.

Tous les entrants malnutris ont été inclus pendant l'étude prospective. Les enfants étaient divisés en deux groupes : 1<sup>er</sup> groupe témoin sous protocole nationale et 2<sup>ème</sup> groupe a qui on a ajouté de la Spiruline.

## RESULTATS

### *1. Pour l'étude rétrospective*

Ils sont cochés sur les différents tableaux ci dessous :

Tableau 1 : Répartition selon les années

Année	2003	2004	2005	2006	2007
Hospitalisés	1100	1079	1370	1200	1199
Malnutris	233	208	220	292	356
Pourcentage	21,18	19,27	16,09	<b>24,33</b>	<b>29,69</b>

Tableau 2 : Répartition selon âge

	< 06 mois	<b>06 – 11 mois</b>	<b>12 – 59 mois</b>	Sup.5 ans
2003	10	<b>103</b>	<b>115</b>	05
2004	09	<b>87</b>	<b>111</b>	01
2005	04	<b>85</b>	<b>131</b>	00
2006	18	<b>126</b>	<b>136</b>	12
2007	27	<b>149</b>	<b>163</b>	17

**Tableau 3 : Répartition selon type de malnutrition**

Type	Nombre
Kwashiorkor pur	65
Marasme pur	424
<b>MPE</b>	<b>820</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.309</b>

La malnutrition ne sévit pas seule mais va avec d'autres pathologies dont les plus fréquemment rencontrées ont été la diarrhée (cause et conséquence), l'anémie et la tuberculose sous toutes ses formes (pulmonaire, ganglionnaire, méningée).

**Tableau 4 : Répartition selon l'évolution**

	guéris	décédés	abandon	transférés
2003	<b>140</b>	76	15	02
2004	<b>148</b>	49	09	02
2005	<b>180</b>	32	08	00
2006	<b>230</b>	48	14	00
2007	<b>264</b>	62	30	00
<b>TOTAL</b>	<b>962</b>	<b>267</b>	<b>75</b>	<b>04</b>

## **2. Spiruline et malnutrition**

La période s'étend du 14 Janvier au 16 février 2008

Tous les entrants étaient pris et repartis en deux groupes :

Groupe 1 = tous les numéros pairs du registre à mettre sous Spiruline et F100

Groupe 2 = tous les numéros impairs témoins mis uniquement sous F100

La dose quotidienne de Spiruline a été de 02 g par /jour pendant 3 – 4 semaines

Le suivi clinique se fait tous les jours pendant l'hospitalisation et une fois par semaine en externe.

**Tableau 5 : Répartition selon l'âge et le sexe**

Sexe Age	Masculin	Féminin
< 06 mois	02	01
06 – 11 mois	09	09
<b>12 mois – 05 ans</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Plus de 05 ans	00	04
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>31</b>

**Tableau 6** : répartition selon type

	Témoin	Sous Spiruline
Kwashiorkor pur	05	04
Marasme pur	05	10
<b>M.P.E.</b>	<b>18</b>	<b>14</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>28</b>

**Tableau 7** : Répartition selon évolution

	guéris	Décédés	Abandon
Témoin	19	04	05
Pourcentage	<b>67,86</b>	14,29	<b>17,85</b>
Sous spiruline	24	04	00
Pourcentage	<b>85,71</b>	14,29	<b>00</b>

**Tableau 8** : Gain de poids

Témoin	Sous spiruline
<b>7,64 g / kg / j</b>	<b>9,38 g / kg / j</b>

## COMMENTAIRES

La malnutrition constitue encore un problème majeur en milieu africain. Plusieurs facteurs sont en cause à savoir la méconnaissance des besoins qualitatifs et quantitatifs, ainsi que la méthode de diversification alimentaire (1)

Le besoin en protéine doit être égal à 02g/kg/j d'après AUBRY (1)

L'âge fréquent d'apparition se situe entre 06 mois et 05 ans avec un pic à 12mois (4) ;

Pour le marasme, la fréquence se rencontre à moins de 1an et entre 18 – 24 mois pour le KWK (1). Dans notre étude, l'âge de la malnutrition se situe entre 12 mois et 5 ans avec une légère prédominance féminine.

Le KWK et Marasme sont souvent associés ; or la carence en protéine est dévastatrice (2)

Le but de la PEC est d'apporter de la protéine, de l'énergie et des éléments minéraux qui sont tous présents dans la Spiruline (2,3)

La dose administrée dépend des cas : 10g (2) ; 3,5-7g (3) ; 02g / j pour nous. Il n'y a pas eu de problèmes d'acceptabilité ni d'intolérance, ni d'allergie (2)

Les pathologies associées ont été traitées selon le cas qui se présente :

- la diarrhée avec déshydratation est une urgence ; il y a alors cercle vicieux (4)

Le SRO est la base de la réhydratation (3) et nous avons employé le RESOMAL car plus riche en K<sup>+</sup> moins riche en Na<sup>+</sup> (1)

- l'anémie a été rapidement corrigée d'autant plus que la Spiruline contient 45 fois plus de fer que l'épinard (2)

- Toutes les formes de Tuberculose ont été traitées par le RHZE (Rifampicine, Isoniazide, Ethambutol, Pyrazinamide) selon le protocole national.

L'évolution a été favorable :

- 85,71% de guérison ; 88,14% à Dakar en 1999 (2)

- 14,29% de décès (06,78 à Dakar

- pas d'abandon pour les enfants sous spiruline

La disparition des œdèmes se fait en 07 – 10 j (3) et même en 3j pour un de nos malades.

Le gain de poids a été satisfaisant (2, 4) : 09,38g/kg/j contre 07,64 pour les témoins.

Le séjour moyen à l'hôpital fut de 16 jours et ceci surtout du fait du traitement anti-tuberculeux.

## **CONCLUSION**

La malnutrition reste un problème à résoudre par tous les moyens. D'après cette étude, la Spiruline est un avenir promettant dans la PEC de cette affection car tous les éléments à apporter pour pallier aux carences lors de la malnutrition sont présents dans la Spiruline (2, 3).

L'étude même de courte durée nous a permis de constater l'effet bénéfique de cette « algue bleue ».

Notre projet est de continuer les recherches en prenant en considération outre les paramètres cliniques, les éléments para cliniques ainsi que la dose de Spiruline administrée.

## **BIBLIOGRAPHIE**

(1) Aubry Pierre, 2005 - Malnutrition protéino énergétique et avitaminoses. Médecine Tropicale.

(2) Michka - La Spiruline pour l'homme et la planète.

(3) Fox R.D., 1999 - Spiruline, technique pratique et promesse. Edisud, Aix-en-Provence, 246 pp.

(4) Bucaille P., 1990 - Intérêt et efficacité de l'algue Spiruline dans l'alimentation des enfants présentant une malnutrition protéino énergétique en milieu tropical (à propos de 28 observations). Thèse Toulouse III.

## Thème III

# Evaluation de l'efficacité de la Spiruline



Madagascar 2008



## ***SPIRULINA (ARTHROSPIRA) IN HUMAN NUTRITION AND HEALTH***

Amha BELAY

Earthrise Nutritionals - 113 East Hooper Rd. Calipatria, CA 92233. USA

[abelay@earthrise.com](mailto:abelay@earthrise.com)

---

### **Abstract**

*Spirulina (Arthrospira)* is a filamentous and helical cyanobacterium (blue-green alga) that has a long history of use as food. At least two independent civilizations separated by over 10,000 miles have used it or are using it as food. *Spirulina* has been used as food by the Aztecs in Mexico for years and is currently the main source of protein by the Kanembu of the Republic of Chad. Furthermore, *Spirulina* has been commercialized for over 30 years and used as food, dietary supplement and as specialty feed for animals. The annual world production of *Spirulina* is currently estimated at 3,000 metric tons. The safety of *Spirulina* has been shown in several toxicological studies some of which have been sponsored by the United Nations. Recently two *Spirulina* production companies in the USA have determined their *Spirulina* as Generally Recognized as Safe (GRAS) by scientific procedures and FDA review. *Spirulina* is the only microalgal product that has been determined GRAS, and indeed there are only very few dietary supplements of any kind that have this status.

There are hundreds of studies showing the nutritional and health benefits of *Spirulina*. These studies have been the subject of reviews (Belay, 2002) and a recent book (Gershwin and Belay, 2007). It is beyond the scope of this presentation to provide a detailed account of these studies. Rather, this paper will summarize the important findings in the context of the potential application of *Spirulina* to combat some of the important nutritional and health problems of our African continent. There are two aspects to the benefits of *Spirulina*: a nutritional aspect that provides health benefits by supplying some essential nutrients, and a therapeutic aspect which provides health benefits beyond basic nutrition.

### **Nutritional Aspects**

(1) Protein: *Spirulina* provides very high amounts of easily digestible protein with a good amino acid profile. Protein malnutrition is an important problem in developing countries. It may be argued that *Spirulina* is an expensive source of protein but its advantage has to be evaluated in the context of its other nutritional and health benefits.

(2) Beta-carotene: *Spirulina* provides a high source of beta-carotene (pro-vitamin A) that is 3 times more bio-available than beta-carotene from carrots and 4 times more bio-available than that from spinach, and a lot more bioavailable than from conventional mineral iron supplements. Vitamin A deficiency is a world public health problem contributing to the increase in childhood morbidity and mortality in developing countries and severe deficiency of vitamin A may lead to xerophthalmia and blindness. In addition *Spirulina* provides a host of other carotenoids including zeaxanthin that is important in preventing age-related macular degeneration, a leading cause of blindness in old people.

(3) Iron: Depending on how it is grown *Spirulina* can contain up to 50% of the US daily value for iron. The iron in *Spirulina* is more bio-available than that from the normal mineral iron supplements, wheat or beef and is comparable to that of whole eggs. Iron deficiency is one of the

most important nutritional problems in the world especially for women and children. It can be caused not only by foods deficient in iron but also by poor availability of dietary iron. Spirulina offers a high content of bio-available iron.

(4) GLA: Spirulina contains about 1% GLA which is about 25% of the total essential fatty acids. GLA is important in the production of prostaglandins, important compounds that control many functions. The only other known sources of GLA are mother's milk, and oil extracts of evening primrose and black currant.

(5) Vitamin B-12: Spirulina contains high levels of Vitamin B-12 as measured by the standard microbiological method. There has been some controversy recently suggesting that the microbiological method measures analogues or compound similar to B-12 and not true B-12. Nevertheless many vegetarians still use it as a source of vitamin B-12.

### **Therapeutic Aspects**

(a) **Phycocyanin**: a blue pigment from Spirulina comprising about 15% of the total biomass. This cold water-soluble pigment has been found to have several health benefits that will be discussed in this paper. It is important in immune enhancement, protection from oxidative stress and associated chronic health conditions like heart disease and cancer. It should be stressed that this pigment is readily available when whole Spirulina is taken in water.

(b) **Polysaccharides**: These are hot-water soluble components of Spirulina which contain most of the cell wall material and are implicated in immune enhancement antiviral (including the HIV virus) and anticancer properties.

These and the other nutritional components of Spirulina work in synergy to elicit the various effects of Spirulina that have been well documented in *in vitro*, animal and human clinical studies. The effects include immunomodulation, antioxidant and anti-inflammatory effects, anti-aging and brain protection effects, antiviral, anticancer and cardiovascular effects.

### **References:**

Belay, A. 2002. The potential application of *Spirulina (Arthrospira)* as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *J. Am. Nutraceut. Assoc.* 5(2): 27-48.

Gershwin, E. & A. Belay (Eds) 2008. **Spirulina in Human Nutrition and Health**. CRC Press. Taylor and Francis Boca Raton, 312pp.

# EFFETS BENEFIQUES DE LA SPIRULINE : SUIVI DES DIFFERENTS CAS DE MALADIE EN MILIEU URBAIN POUR LA PERIODE 2006-2008

Séraphine Fernand FEZINY

Dispensaire ECAR Antanimena (Antananarivo), Madagascar

## INTRODUCTION

La Spiruline est une algue bleu-vert, depuis des années, considérée comme un complément alimentaire sain et efficace par un nombre grandissant de personnes, convaincus par les résultats et la suite d'une cure.

C'est la même chose pour la population d'Antananarivo vis-à-vis de la spiruline : convaincus par les résultats des cures entrepris systématiquement à tous les patients au dispensaire ECAR Antanimena, 30 individus par jour en moyenne viennent actuellement au dispensaire ECAR Antanimena pour se consulter et s'enquérir de la spiruline.

Impressionnée par les bienfaits de cette nourriture à ces patients et vu que très peu de travaux ont été effectués à ce propos à Madagascar, il m'a semblé intéressant de rapporter cette étude.

Cette étude se divisera en trois parties :

- D'abord la revue de la littérature : la composition de la spiruline et rôle de ces composants.
- Ensuite les résultats de notre étude.
- Enfin, commentaires, discussions et suggestions.

## I – COMPOSITION DE LA SPIRULINE

La spiruline contient pratiquement tous les composants d'un aliment complet idéal : protéine de haute valeur biologique en proportion considérable, vitamines, sels minéraux, oligo-éléments, acides gras essentiels, pigments, glucides, fibres

### Composition de la spiruline, analyse moyenne standard pour 10g

COMPOSITIONS	TENEUR EN mg/10g	BESOIN QUOTIDIEN en mg (adulte 20 – 24 ans)
<b>Protéines végétales</b>	<b>6 g (47% acides aminés essentiels)</b>	<b>60 g</b>
<b>Vitamines</b>		
Béta-carotène	<b>28 mg</b>	1 mg
<b>B1 (thiamine)</b>	0,34 – 0,5	1,5
B2 (Riboflavine)	0,3 – 0,46	1,8
B3 (Niacine:PP)	1,3	18
B5 (acide pantothémique)	0,2	5
B6 (pyridoxine)	0,6	2,2
B7 (choline)		400 – 550
B8 (biotine)	0,0005	0,03 – 0,10
B9 (acide folique)	0,005	0,3

B12 (cyanocobalamine)	<b>0,015 – 0,02</b>	0,003
C (acide ascorbique)	trace	80
D (calciférol)	-	0,01
E (tocophérols)	1	12
F (acides gras essentiels)	100 (10 – 20% du total de ses acides gras) = 1 – 2% du poids sec	-
<b>Minéraux</b>		
K	-	0,045
Calcium	100	900
Phosphore	80	800
Magnésium	40	420
Fer	5,8	10
Zinc	0,3	15
Cuivre	0,12	2,5
Manganèse	0,5	4
Chrome	0,03	0,125
Potassium	140	-
Bore	-	-
Sélénium	-	0,070
Sodium	-	-
<b>Glucide</b>	1 900	250 000 – 275 000
<b>Lipide</b>	600	67 000 – 78 000
<b>Fibres</b>	700	-
<b>Pigments</b>	-	-
Chlorophylles	60	-
Carotène	-	-
Phycocyanine	-	-

## II - ROLE DES COMPOSANTS DE LA SPIRULINE

COMPOSITIONS	ROLE	CARENCE
<b>Protéines végétales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Croissance et entretien des cellules.</li> <li>- Responsable de la contraction musculaire.</li> <li>- Rôle enzymatique pour diverses réactions dans l'organisme.</li> <li>- Rôle hormonal ex : insuline.</li> <li>- Rôle immunitaire : immunoglobuline et anticorps.</li> <li>- Bon état des os, de la peau, tendons, cartilages, épiderme, ongles, cheveux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte de poids.</li> <li>- Tube digestif : anorexie, dysphagie, diarrhée, constipation.</li> <li>- Dysfonctionnement : asthénie, diminution de capacités à l'effort.</li> <li>- Notion de maladie chronique</li> </ul>

<b>Vitamines A</b> Beta-carotène	<ul style="list-style-type: none"> <li>- santé des yeux</li> <li>- stimulation du système immunitaire</li> <li>- anti-oxydants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sécheresses et démangeaison des yeux</li> <li>- diminution de vision nocturne</li> </ul>
B1 (thiamine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vitamine de l'effort</li> <li>- permet la transformation en énergie des aliments</li> <li>- indispensable au fonctionnement des muscles notamment cardiaque</li> <li>- transmission de l'influx nerveux</li> <li>- équilibre psychique</li> <li>- croissance de l'enfant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- irritabilité</li> <li>- trouble de la mémoire</li> <li>- confusion verbale</li> <li>- fourmillement, engourdissement</li> <li>- faiblesse musculaire</li> </ul>
B2 (Riboflavine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transformation en énergie, lipide, protide, glucide</li> <li>- bon état de la peau et des muscles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trouble oculaire</li> <li>- perte des cheveux</li> <li>- amaigrissement, glossite</li> </ul>
B3 (Niacine:PP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaboration de plusieurs hormones</li> <li>- bon état de la peau et du tube digestif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- Trouble digestif : nausée, vomissement</li> <li>- Anorexie</li> </ul>
B5 (acide pantothémique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transformation en énergie, lipide, glucide</li> <li>- renouvellement de la peau, muqueuse et cheveux</li> <li>- bon fonctionnement des muscles, nerfs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- Trouble digestif : nausée, vomissement</li> <li>- Anorexie</li> </ul>
B6 (pyridoxine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- régulation des fluctuations hormonales féminines</li> <li>- bon fonctionnement du système nerveux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- règles douloureuses</li> <li>- troubles psychiques</li> </ul>
B7 (choline)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- constituant des tissus nerveux et cérébral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rare</li> </ul>
B8 (biotine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bon état de la peau et des cheveux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rare</li> </ul>
B9 (acide folique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- protection du système nerveux</li> <li>- formation de globule rouge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- anorexie</li> <li>- anémie</li> </ul>
B12 (cyanocobalamine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de globule rouge</li> <li>- entretien des tissus nerveux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anémie</li> </ul>
C (acide ascorbique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stimule le système immunitaire, anti-oxydant</li> <li>- favorise l'assimilation de fer et du calcium</li> <li>- contraction musculaire et contrôle de l'ossification action sur la cicatrisation</li> </ul>	
D (calciférol)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bon fonctionnement du cœur et de la coagulation sanguine</li> <li>- bon état des os et des dents</li> <li>- régulation du taux de calcium et de phosphore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carence en calcium</li> <li>- décalcification</li> </ul>
E (tocophérols)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anti-oxydant puissant</li> <li>- Action protectrice contre les effets nocifs de la pollution atmosphérique et du tabagisme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- trouble neuromusculaire</li> <li>- anémie</li> </ul>

F ( acides gras essentiels)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- processus hormones et enzymatiques</li> <li>- bon état des membranes cellulaires</li> <li>- régulation du système nerveux</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- effets du cœur, foie, reins</li> <li>- perte des cheveux</li> </ul>
K	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anti-hémorragique</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hémorragie</li> </ul>
<b>Minéraux</b> Calcium + Magnésium + phosphore	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Santé des muscles : construction et entretien</li> <li>- transmission de l'influx nerveux</li> <li>- fonctionnement normal de muscles</li> </ul>	
Phosphore	<ul style="list-style-type: none"> <li>- production d'énergie au niveau cellulaire</li> <li>- favorise l'action de certaines vit B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sensibilité accrue aux infections et une anémie</li> </ul>
Magnésium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transformation en énergie des aliments</li> <li>- constitution de nouvelle cellule</li> <li>- relâchement des muscles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue, crampes</li> <li>- manque d'appétit</li> <li>- insomnies, allergie</li> <li>- hypertension artérielle, une apathie</li> </ul>
calcium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coagulation sanguine</li> <li>- essentiels aux productions métaboliques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- douleur et crampe musculaire</li> <li>- ostéoporose</li> <li>- caries dentaires</li> <li>- hypertension artérielle</li> <li>- trouble de comportement</li> <li>- ralentissement de la croissance</li> </ul>
Fer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaboration de globule rouge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anémie se manifestant par : <ul style="list-style-type: none"> <li>. fatigue</li> <li>manque de résistance aux maladies</li> <li>. dyspnée d'effort</li> <li>. ulcération de la langue, altération des ongles</li> <li>. ralentissement de la croissance</li> <li>. problème d'apprentissage (difficulté à se concentrer)</li> </ul> </li> </ul>
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bon fonctionnement du système immunitaire</li> <li>- anti-oxydant</li> <li>- formation des hormones et des enzymes</li> <li>- croissance et division cellulaire</li> <li>- Bonne santé de la peau et des phanères</li> <li>- cicatrisation des tissus</li> <li>- développement sexuel</li> <li>- vie sexuelle normale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- affaiblissement du système immunitaire</li> <li>- infections, insomnies, allergies</li> <li>- ralentissement de la cicatrisation</li> <li>- chute des cheveux</li> <li>- tâche blanche sur les ongles</li> <li>- éruption cutanée</li> <li>- mauvais vision nocturne</li> <li>- impuissance, stérilité, retard de maturité sexuelle</li> <li>- cycle menstruel irrégulier</li> </ul>
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entre dans la composition de nombreux enzymes et de mélanine</li> <li>- synthèse de cartilage et de collagène</li> <li>- anti-oxydant</li> </ul>	
sodium	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Croissance et travail musculaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- crampes</li> <li>- sécheresse de la bouche</li> <li>- nausée</li> <li>- vomissement</li> <li>- baisse de la tension artérielle</li> </ul>
Potassium		<ul style="list-style-type: none"> <li>- fatigue</li> <li>- trouble musculaire</li> <li>- ralentissement des réflexes</li> <li>- arythmies cardiaques</li> <li>- problèmes respiratoires</li> </ul>

Bore	- réduction de perte urinaire de calcium et de magnésium	- rupture de l'équilibre entre le calcium, magnésium et le phosphore - fragilisation des os - hyper tension artérielle
Sélénium	- anti-oxydants - stimulation de l'immunité avec la vitamine E - protection contre maladie cardio-vasculaire	- fatigue - hypersensibilité aux infections - vieillissement précoce - stérilité - augmentation des risques cardio-vasculaire
phycocyanine	- stimulation de la production de sang (Globule rouge et globule blanc)	

## 1 - EPIDEMIOLOGIE

1.1 – Nombre de nouveau cas pour traitement avec la spiruline:

Début 2006 : 3 /jour (en moyenne)

Début 2007 : 10 /jour(en moyenne)

Début 2008 : 30 : jour (en moyenne)

1.2 - Nombre total de nouveau cas de mars 2006 de mars 2008 : 4370

1.3 - Domicile des patients :

	Ville d'Antananarivo et périphérie de la région Analamanga	Autres régions de la province d'Antananarivo notamment Antsirabe	Province de : Tamatave, Fianarantsoa, Majunga, Diego
nombre	3933	280	157
pourcentage	90 %	6 %	4%

1.4 - Age des patients

Age		Pourcentage	
Enfant	6mois – 1 an	1%	25%
	1 – 5 ans	17%	
	5 – 10 ans	4%	
	10 – 15 ans	3%	
Adolescent	16 – 18 ans	5%	
Adulte	18 – 50 ans	60%	
	50 - 60 ans	10%	

1.5 – Sexe

Age	Sexe
Enfant	Pas de prédominance
Adolescent	Pas de prédominance
Adulte 18 – 50 ans	Prédominance féminine 70%
Adulte plus de 50 ans	Prédominance masculine 60%

## 2 - MOTIF DE CONSULTATION

### 2.1 – Chez les enfants

Motif de consultation	taux
1 – Anorexie (Manque d'appétit)	70%
2 – retard de la croissance	65%
3 – Infection pulmonaire à répétition et/ou rebelle aux antibiotiques	58%
4 – Rhinite allergique et ou toux allergique nécessitant des anti-allergiques à long terme	52%
5 – Problème d'apprentissage	40%
6 – Etat asthmatique	5%
Autre : Infirmité Motrice d'origine Cérébrale (IMOC), retard psychomoteur, fracture, ...	

### 2.2 – chez les adultes de 18 – 50 ans

Motifs de consultation par ordre de fréquence
1 – Asthénie (fatigue)
2 – Palpitation (augmentation du rythme cardiaque)
3 – Epigastralgie, insomnie
4 – Nervosité
5 – Cure d'amaigrissement
6 – pour gagner du poids
7 – Déficit intellectuel
8 – Désintoxication et arrêt total de tabac et/ou d'alcool et traitement ses répercussions cardiaques, pulmonaire, ...
9 – Diabète
10 – Hyper tension artérielle (HTA)
11 – Fièvre à répétition
12 – Stérilité
13 – Cancer du sein
14 – Règles douloureuses
15 – Nodule du sein
16 – kyste de l'ovaire
17 – insuffisance cardiaque
18 – dermatoses rebelle aux traitements classiques
19 - Anémie
20 – insomnie
21 – nervosité
22 – chute des cheveux
23 – Maux de tête
24 – Vertige
25 – Sensibilité aux infections
26 – Autres

## 2.3 – chez les adultes de plus de 50 ans

Motif de consultation par ordre de fréquence
Asthénie
Déficit intellectuel
Impuissance
Vertige
Insomnie

## 3 - TRAITEMENT ENTREPRIS

Les patients sont tous considérés comme carencés dont on ne connaît pas exactement la cause.

Donc soit le patient reçoit de la spiruline seule soit, il reçoit un traitement associé. Par exemple : association avec de régime alimentaire, des antibiotiques ou standard de spiruline. La dose est prescrite en fonction de la sévérité des symptômes présentés par des patients et selon son âge.

Voici quelques exemples de schéma thérapeutique :

Motif de consultation	Age	Dose de la spiruline	Traitement associé
Retard du développement psychomoteur Exemple : marche à 4 pattes à l'âge de 1 an ½	Enfant de 1 an et ½	- ½ cuillère à café × 3/jours 1 mois puis - ½ cuillère à café × 1/jours pendant 5 mois	Sans
Anorexie et ralentissement de la croissance	Enfant de 5 ans	- ½ cuillère à café × 2/jours pendant 1 mois puis - ½ cuillère à café/ jusqu'à l'obtention du poids idéal	
Infection pulmonaire à répétition (tous les mois) entraînant une prise prolongée d'antibiotique	10 ans	-½ cuillère à café × 3/jours 1 mois puis - ½ cuillère à café × 2/jours. - ½ cuillère à café/jour 3mois	Antiallergique + antihistaminique à la demande Le matin avant l'école et le soir avant le couché
Déficit intellectuel	18 ans	- ½ cuillère à café × 2/jours pendant 1 semaine ???? - 1cuillère à café tous les matins pendant 3 mois - 1cuillère à café tous les matins jusqu'à la fin de l'année scolaire	
Stérilité d'une femme : stérile par insuffisance lutéinique	24 ans	- 1 cuillère à café× 2/jours jusqu'à la grossesse	- Miel 1cuillère à café/matin - manger ¼ de noix de coco tous les 2 ou 3 jours - manger 3 portions d'huître tous les jours
Désintoxication et arrêt du tabac 1 paquet / jour	50 ans	- 1 cuillère à café× 3/jours 1 mois - puis 1½ cuillère à café × 2/jours	- boire beaucoup (1L ½ jour) - faire du sport

## 3 - RESULTATS THERAPEUTIQUES DE LA SPIRULINE

- 50% des patients ont achevé leur traitement.
- 30% des patients ont fait leur traitement à moitié.
- 20% des patients ont fait leur traitement seulement pendant moins d'une semaine.

Les résultats décrits ci-dessous sont des résultats obtenus par ceux qui ont achevé leur traitement.

Symptôme	Résultats thérapeutiques de la spiruline
ANOREXIE	Disparition de l'anorexie dès la fin de la première semaine de la cure. Gourmandise à partir d'un mois
Retard de la croissance	Gain de poids de 1 à 5 Kg, observé à partir de 1 mois selon l'âge et gain de longueur observé à partir de 3 mois
Infection pulmonaire à répétition	Les épisodes deviennent de plus en plus espacés pour disparaître totalement à 1 an
Rhinite allergique et/ou toux allergique nécessitant des anti-allergiques à long terme	Les épisodes deviennent de plus en plus espacés et de moins en moins intense pour disparaître totalement à 2 ans
Etat asthmatique	Les épisodes deviennent de plus en plus espacés et de moins en moins intense pour disparaître totalement à 2 ans
Problème d'apprentissage	Amélioration spectaculaire du rendement scolaire observé à la fin de l'année scolaire
Mauvais état général par stress dont : asthénie, nervosité, insomnie, palpitation, maux de tête	Atténuation ressentie par le malade à partir du 3ème jour Disparition des symptômes à partir de 1 mois
Infections chroniques : infection urinaire, dermatose	Guérison plus rapide et définitive
Affection chronique : Hyper Tension Artérielle (HTA), diabète, goutte, rhumatisme, arthrose, cardiopathie	HTA : amélioration de la tension artérielle de 1 à 2 cm de Hg Diabète : amélioration de l'état métabolique du glucose général ??
	Disparition spectaculaire des douleurs menstruelles à partir du 1er mois Disparition des kystes ovariens à partir du 3 <sup>ème</sup> mois selon la dimension
Séquelles des accidents vasculaires cérébrales (AVC)	Reprise plus vite des fonctions motrices et des fonctions supérieures
Stérilité (même avec trompes bouchées) traitement du couple	Grossesse à partir du 1 <sup>er</sup> mois de Spiruline selon l'âge et la cause de la stérilité
Vertige	Nette amélioration à partir de 1 mois
Désintoxication et arrêt de tabac et alcool	Dégoût du tabac et de l'alcool à partir du 1 <sup>er</sup> mois

#### 4 - COMMENTAIRE ET DISCUSSION

##### 4.1- Sur l'épidémiologie

Au début de l'année 2006, la spiruline a été ignorée par la population d'Antananarivo. Actuellement 30 personnes par jour en moyenne viennent au dispensaire ECAR Antanimena pour se traiter avec la spiruline. Ceci est due probablement à la satisfaction des individus traités qui ont transmis le message. Un bon nombre d'individus intéressés par la spiruline se déplace de très loin (Antsirabe, Fianarantsoa, Tamatave, Diego, Majunga) pour se consulter au dispensaire et recevoir un traitement adéquat avec la spiruline adapté à son état. Ce sont surtout les enfants de 1 à 5 ans et les femmes en procréations qui ont le plus besoin de cet aliment.

##### 4.2- Sur les motifs de consultations

En général les motifs de consultation sont des symptômes qui ne répondent pas ou cèdent mal aux traitements conventionnels (retard du développement psychomoteur des enfants, migraine,...), des maladies répétitives ou chronique qui condamnent le malade à prendre

indéfiniment des médicaments (arthrose, HTA, diabète, infection pulmonaire répétitif des enfants, malaises des personnes âgées, ...)

Les symptômes sont surtout dus:

- A la mal nutrition : Infection pulmonaire répétitive des enfants, anorexie, retard de croissance, stérilité.
- A la pollution : les différentes formes d'allergie
- Aux stress : asthénie, nervosité, palpitation, HTA réactionnelle, ...
- Aux tabacs et alcool.

#### 4.3- Sur les traitements entrepris

Dans la majorité des cas, le traitement des malades consiste en la spiruline seule. La dose varie selon le besoin de l'individu estimé par le médecin consultant. Cette dose varie de ½ cuillerée à café (2,5 g) à 3 cuillerées à café (15 g/jour) mais quelque fois la prescription de régime alimentaire ou de médicament sont nécessaires

La posologie de la spiruline est donc fonction de la nature et de la sévérité du symptôme présenté et de l'âge. Ceci suppose que, la distribution de la spiruline nécessite toujours la présence d'un médecin qualifié.

#### 4.4 – Sur les résultats

50% des patients seulement ont achevé leur traitement, ceci est dû probablement à u problème financier.

Des résultats spectaculaires ont été obtenus : des maladies chroniques et symptômes répétitifs sont soulagés voir guéris par la spiruline seule et cela pour une dose moyenne de 2,5 à 15 g/ jour seulement. Cela sous-entend que ces maladies sont causées par une malnutrition.

## 5- CONCLUSION

La spiruline est un salut pour beaucoup de gens souffrant de la malnutrition et des ces effets. Et la meilleure solution pour apporter ce salut est la prescription de la spiruline à tous les patients. En d'autre terme, les personnes les mieux placées pour la vulgarisation et la promotion de la spiruline sont les médecins. Car dans les pays en voie de développement les prescriptions médicales sont considérées comme des ordres divins



## **UTILISATION DE LA SPIRULINE EN SERVICE DE CHIRURGIE Au centre Hospitalier de Référence Régional (CHRR) de Toliara, Madagascar.**

Alexis RABEMANANJARA

Médecin Pédiatre en retraite. Producteur de spiruline à Toliara

---

### **Introduction**

Écrire (ou parler) sur la spiruline en Avril 2008 à Toliara, devant un auditoire d'experts nationaux et internationaux en spiruline est une outrecuidance.

En effet, que pourrions nous apporter de nouveau que vous ne sachiez déjà ?

Une nouvelle formule de fertilisation du milieu de culture, ou une variation dans la construction des bassins ?

C'est donc avec modestie que nous attirons votre attention pour écouter (ou lire) pendant quelques minutes ce que nous avons à dire, nous trois nommés ci-dessous :

- 1.- Dr RAZANAKOLONA Georges, chirurgien en chef du CHRR de Toliara
- 2.- Dr RASOAMIARAMANANA Caroline, médecin anesthésiste réanimateur du CHRR
- 3.- Dr RABEMANANJARA Alexis, médecin pédiatre retraité, producteur de spiruline.

En effet, après mon introduction, les médecins hospitaliers vont exposer les premiers résultats de l'utilisation de la spiruline dans le service de chirurgie du CHRR de Toliara.

### **Qu'est ce que la spiruline à Toliara en 2008 ?**

Vis-à-vis du public consommateur, la spiruline est bien connue à Toliara, et même dans tout Madagascar, grâce aux efforts variés de promotion tel que : les émissions de radio et télévision, les distributions dans les écoles primaires, aux jeunes sportifs à l'occasion des Jeux des Iles de l'Océan Indien en 2007, les distributions dans les centres de récupération nutritionnelle. Les fermes de spiruline rivalisent d'ingéniosité pour mieux faire connaître leurs produits, ce qui est tout à fait légitime. Mais un fait demeure : à ce jour, il n'a pas été possible de créer une association regroupant au moins les 5 producteurs de spiruline de Toliara. En conséquence, il n'y a pas de prix « syndical » de vente de la spiruline.

Des doutes, sinon des craintes persistent. Et pire, les blocages administratifs perdurent. En effet, le Centre Hospitalier de Référence Régional de Toliara est l'exception qui confirme la règle : à ce jour, aucune autre formation sanitaire publique ne dispose de spiruline en stock dans sa pharmacie. Certes, la spiruline n'est pas un médicament. Le sel, ou le sucre, ou l'alcool non plus ne sont pas des médicaments. Toutes les fermes de spiruline ont fait analyser leurs productions pour obtenir le certificat de consommabilité. Nos spirulines sont toutes certifiées aptes à la consommation humaine, donc pourraient remplacer toutes les spécialités pharmaceutiques importées riches en protéines, polyvitamines, distribuées aux enfants hospitalisés en pédiatrie pour la malnutrition, aux femmes enceintes, et à tous ceux et celles qui sont séropositifs au VIH. Hélas ! Ce n'est pas encore d'actualité.

La tenue de ce colloque international sur la spiruline à Toliara est peut être l'événement historique qui va changer radicalement l'avenir de la spiruline à Toliara, et à Madagascar ! Nous profitons de l'occasion pour remercier tous les organisateurs, ainsi que les hautes personnalités présentes à ce colloque international, dont les travaux ne passeront pas inaperçus, nous l'espérons.

## **Pourquoi et comment la spiruline est entrée en chirurgie au CHRR de Toliara ?**

Dès notre retour de formation en culture de spiruline « humanitaire » au CFPPA de Hyères, nous avons construit notre ferme de spiruline artisanale nous même, sans appui technique ou financier. C'était en Avril 2005. Les travaux ayant duré plus que prévu, la première récolte ne put se faire que le 13 Décembre 2005.

Interrompue en Janvier 2006 par les cyclones, la production reprit assez vite, et dès le mois d'avril 2006, nous avons distribué de la spiruline fraîche sous forme de pâté, ou confiture, ou sirop, dans les écoles primaires publiques de Toliara, aux médecins et paramédicaux du CHRR de Toliara. La première analyse microbiologique fut demandée à l'Institut Pasteur d'Antananarivo au mois de Mai 2006: les résultats d'analyse ont permis de certifier que notre spiruline en poudre était apte à la consommation humaine. Nous pouvions donc la proposer au CHRR de Toliara, aux dispensaires publics, dispensaires et cliniques privés, aux pharmacies de la ville, à des ONG, aux clubs sportifs. En réponse à nos efforts de promotion, le médecin chef du CHRR de Toliara nous a ouvert les portes.

Nous profitons de l'occasion de ce colloque pour remercier publiquement de leur confiance et collaboration les Docteurs : Raymond Daniel, médecin chef du CHRR de Toliara, Razanakolona Georges, chirurgien en chef, et Rasoamiaramanana Caroline, anesthésiste réanimateur du CHRR. Nous saluons leur courage et leur goût de la recherche qui ont été plus forts que les procédures tatillonnes de l'administration. C'est grâce à eux que nous pouvons faire une communication originale dans ce colloque international aujourd'hui.

Certes, nous n'avons pas découvert une propriété thérapeutique inédite de la spiruline. Mais les Docteurs Razanakolona et Rasoamiaramanana auront le mérite d'avoir prouvé que la spiruline utilisée chez des malades très graves se révèle d'abord non toxique, selon l'adage bien connu d'Hippocrate : « primum non nocere », mais en plus, elle permet d'améliorer les résultats des opérations chirurgicales, malgré la malnutrition et le mauvais état général des malades, les techniques opératoires et les autres paramètres hospitaliers étant identiques par ailleurs. A savoir : même bloc opératoire, même salle de soins post-opératoires, même équipe chirurgicale, y compris les paramédicaux. Aurions-nous vaincu par l'action et non les discours les réticences des autorités locales, nationales et internationales ? L'avenir tranchera.

## **Ce qu'en pensent les médecins, les pharmaciens, les malades, le public ?**

Il serait instructif de faire un sondage d'opinions pour connaître les avis des divers utilisateurs de la spiruline à Toliara. Malheureusement, cette manière d'étudier la société n'est pas usuelle chez nous ; la personne interviewée modulera ses réponses en fonction de l'enquêteur. Elle ne réagira pas de la même manière devant un(e) étudiant(e), ou une « haute » personnalité médicale ou universitaire. En outre, dans le climat politique actuel, un excès de prudence paralyse les langues. Nous avons fait appel à des témoins dans une émission radio locale. La diffusion de l'enregistrement de ces témoignages aurait encore amplifié le phénomène.

Mais en vain. On peut néanmoins affirmer que :

1.- Toliara productrice de spiruline, en cachette dans les premières années, est maintenant une ville ouverte et fière de sa spiruline.

2.- L'utilisation de la spiruline se vulgarise, tout en restant dans le canal de distribution sécurisé : vente directe du producteur au consommateur, ou vente par le canal des pharmacies. En effet, il y a eu un seul cas de falsification grossière de spiruline sur un étal de marchand ambulant, mais le consommateur intoxiqué par cet « Ersatz » a été soigné d'urgence au CHRR et a été sauvé.

3.- Tous les producteurs de spiruline de Toliara ont remarqué que les populations modestes qui ont le plus besoin de spiruline souvent ne peuvent pas l'acheter.

4.- Certaines personnes ne supportent pas l'odeur, ou la couleur ou le goût de la spiruline.

5.- Il n'y a pas de tabou qui empêche de consommer de la spiruline à Toliara.

### **Que reste-t-il à faire au sujet de la spiruline à Toliara, et à Madagascar ?**

Une conclusion d'autosatisfaction semble couler de source, à la lecture de notre communication.

En fait, non. Nous devons continuer nos efforts pour convaincre les autorités sanitaires à utiliser la spiruline couramment dans la lutte contre la malnutrition aigüe en pédiatrie, ainsi que dans la prise en charge des séropositifs au VIH. Nous ne serons pas satisfaits tant que la spiruline ne sera pas inscrite sur la liste des produits que la Centrale d'achat Salama propose à tous les CSB I, CSB II et tous les hôpitaux du territoire national.

D'autre part, nous sommes convaincus que nous ne sommes pas trop nombreux dans ce pays pour qu'il ne puisse nous nourrir. L'époque bénie de la civilisation de la chasse et de la cueillette étant révolue sur notre planète TERRE, ici, comme ailleurs, il est temps de se mettre au travail, dans tous les domaines. Nous sommes un pays dit en voie de développement, avec une spécificité pour Madagascar, par son étendue, son climat, la richesse de son sol et de son sous sol. Madagascar a une vocation agricole évidente, qui demande du travail, du savoir faire, et du financement pour prospérer, l'objectif à atteindre étant connu de tous : l'autosuffisance alimentaire.

Mais il ne doit pas y avoir de confusion des rôles : le travail aux producteurs privés locaux, la recherche et l'enseignement du savoir faire à l'université, et le financement ou la recherche de financement à l'Etat, à ses démembrements ou à ses substituts. Un exemple français : après notre formation en culture de spiruline humanitaire, un de nos collègues, Français, a démarré sa ferme de spiruline avec une subvention départementale de Jeune Agriculteur. Certaines fermes de spiruline à Madagascar ont bénéficié de subventions d'ONG s internationales.

### **Conclusion**

Si la culture de la spiruline est considérée comme un objectif d'intérêt national, puisque les besoins en spiruline du pays se chiffrent par centaines de tonnes par an, la culture et la distribution de la spiruline devraient être favorisées par des mesures incitatives, comme :

Subventions de création des fermes de spiruline, subventions d'extension des fermes existantes, détaxation des travaux de construction, des achats d'énergie, des imports d'intrants, d'emballages et autres équipements pour les fermes de spiruline artisanales ou industrielles.

Si les subventions ne suffisent pas, que des prêts bancaires soient octroyés à des conditions de faveur : emprunt garanti par un fonds public, taux d'intérêt ne dépassant pas 6%, remboursement en 15 ans, pas de remboursement pendant les 2 premières années de fonctionnement.

En échange de tous ces avantages, le producteur de spiruline devrait s'engager à livrer en tant que spiruline « humanitaire » 30% de sa production annuelle aux victimes des dégâts cycloniques, aux formations sanitaires et écoles primaires publiques de sa région d'implantation au prix fixe de 0,10 Euro/dose quotidienne de 3g de spiruline, jusqu'au remboursement total de son prêt.

Telles sont nos suggestions, pour développer la culture et la consommation de la spiruline à Madagascar ; avec ses gisements naturels de spiruline, Madagascar dispose de la meilleure arme au monde pour éradiquer la malnutrition et améliorer même la santé des malades hospitalisés en réanimation chirurgicale.

## UTILISATION DE LA SPIRULINE EN MILIEU CHIRURGICAL

RAZANAKOLONA Georges & RASOAMIARAMANANA Caroline

Service de Chirurgie du CHRR Toliara - Centre Hospitalier de Référence Régional (CHRR)  
Sud Ouest MADAGASCAR

---

### Résumé

Découverte à Toliara en 1994, mise en culture en 2002, les tests cliniques en milieu hospitalier commencent en 2006 au service de chirurgie du CHRR de Toliara. Il s'agit d'une étude rétrospective s'étalant de juin 2007 au mois de mars 2008, et qui a pour but de mettre en évidence les effets de la spiruline sur la cicatrisation des plaies. Sont inclus dans cette étude les pathologies chirurgicales digestives admises en réanimation nécessitant un acte chirurgical ou non. La méthode consiste en un apport de spiruline par voie orale : 5 à 10g par jour en pré-opératoire et/ou en post-opératoire. Pour cela on a pu recruter 39 malades dont 27 opérés et 12 non opérés. Les paramètres à évaluer sont : l'évolution de la plaie opératoire et la pathologie en cours pour les opérés, l'évolution de la pathologie pour les non opérés. Pour cela : nous avons 96% de bons résultats pour les malades opérés et 83% de bon pour les malades non opérés. En effet, vu la faiblesse du pouvoir d'achat de l'ensemble de notre population, et le prix relativement bas de la spiruline par rapport aux solutés protéiniques injectables ou buvables, le choix s'est imposé d'autant plus facilement que la spiruline est non seulement riche en protéines, mais également en vitamines, sels minéraux et autres éléments nutritifs.

Les résultats sont très encourageants, ceux qui nous incitent à suivre toujours cette méthode.

Mots clés : Spiruline – Chirurgie – Pathologie digestive – Cicatrisation.

### Introduction

La Spiruline est découverte pour la première fois à Madagascar à Toliara en 1994 par l'équipe du Docteur Nguyen Kim Ngam. Sa mise en culture débute en 2002 dans notre région du Sud-Ouest. Son introduction en milieu hospitalier commerce en 2006 au CHRR de Toliara.

Par la suite, la constatation de son effet très bénéfique sur la cicatrisation des plaies, son utilisation commence à prendre une place non négligeable en milieu chirurgical.

En effet, vu le faible pouvoir d'achat de la plupart de nos malades et le prix relativement très élevé des solutés protéiniques injectables ou buvables, il nous paraît logique d'essayer de les remplacer par la spiruline qui est très riche en protéine, vitamines et sels minéraux, et qui a été certifié propre à la consommation humaine.

Cette étude intitulée « Utilisation de la spiruline en milieu chirurgical au Centre Hospitalier de Référence Régional (CHRR) Atsimo Andrefana – Toliara Madagasikara » a pour but de mettre en évidence les effets de la spiruline sur la cicatrisation des plaies chirurgicales.

Avant d'entamer notre étude proprement dite, il nous semble nécessaire de faire un bref rappel sur :

- La réaction inflammatoire
- La cicatrisation

## Quelques rappels

### **1- La réaction inflammatoire**

#### **1.1. Définition et Généralité**

La réaction inflammatoire est la réaction de l'organisme à une agression d'origine exogène ou endogène.

C'est un processus dynamique, constitué par un ensemble de réactions vasculaires, cellulaires et humorales, déclenchée par toute lésion tissulaire qu'elle qu'en soit la cause.

Elle permet l'élimination de l'agent agresseur et les débris cellulaires, et par la suite la réparation des tissus lésés qui correspond le plus souvent au processus de cicatrisation.

#### **1.2. Description**

Elle comprend quatre phases intriquées dans le temps :

##### **1.2.1. La phase vasculo-exsudative**

Elle comprend une congestion active des vaisseaux, un œdème (ou exsudat inflammatoire) et la migration des leucocytes à partir des veinules post-capillaires jusqu'au lieu de l'inflammation (diapédèse leucocytaire).

##### **1.2.2. La phase de constitution de granulome inflammatoire**

##### **1.2.3. La phase de détersion**

Elle consiste en l'élimination des tissus nécrotiques, des germes, des corps étrangers éventuels et du liquide d'œdème.

##### **1.2.4. La phase de cicatrisation**

Qui comporte la formation d'un bourgeon charnu qui évoluera vers une fibrose cicatricielle (ou cicatrice).

### **2 - la cicatrisation**

#### **2.1. Généralité**

La cicatrisation est un processus de réparation tissulaire. Elle peut être parfaite lorsque l'architecture normale des tissus lésés est restituée et on parle de cicatrisation de première intention ; et imparfaite lorsque les tissus lésés sont remplacés par une cicatrice fibreuse inesthétique : c'est la cicatrisation de seconde intention.

#### **2.2. Etapes morphologiques de la cicatrisation**

##### **2.2.1. Première étape**

C'est la formation de bourgeon charnu qui est un tissu transitoire se mettant en place après la détersion et dont le but est le comblement d'une perte de substance tissulaire par un tissu fibreux.

Le bourgeon charnu est constitué de :

- fibroblastes qui secrètent les fibres collagènes
- myofibroblastes : cellules contractiles contenant des filaments d'actines
- vaisseaux capillaires néo-formés

### **2.2.2. Deuxième étape**

Progressivement, le bourgeon charnu s'appauvrit en cellule inflammatoire et s'enrichit en collagène et en vaisseaux. Les vaisseaux capillaires néo-formés indifférenciés deviennent progressivement un réseau proche de la normale, hiérarchisé en artérioles capillaires et en veinules post-capillaires.

### **2.2.3. Troisième étape**

Due à la propriété contractile des myofibroblastes, la perte de substance se rétracte. Au terme de ce processus, un tissu fibreux dense s'est constitué et peut se remodeler. Le remodelage d'une cicatrice consiste en une modification de l'orientation des fibres collagènes qui tendent à se disposer selon les lignes de plus faible tension comme dans un tissu conjonctif normal.

## **2.3. Facteurs influençant la cicatrisation**

- L'âge : la cicatrisation est plus rapide chez le sujet jeune.
- L'étendu de la perte de substance : la cicatrisation est d'autant plus rapide si la perte de substance est moins importante.
- La vascularisation : la cicatrisation est plus lente si la vascularisation locale est mauvaise.
- Etat nutritionnel : les déficits protidiques ou immunitaires sont des causes de mauvaise cicatrisation.

## **Notre étude**

### **1- Période**

Cette étude a été réalisée dans le service de Chirurgie du Centre Hospitalier de Référence Régional Atsimo Andrefana, du mois de juin 2007 au mois de mars 2008.

### **2- Matériel et méthode**

#### **Les sujets :**

Il s'agit d'un recrutement de malade entrant en service de Réanimation, présentant une pathologie chirurgicale digestive à opérer ou non.

#### **Critères d'inclusion :**

Sont inclus dans cette étude les malades présentant une pathologie péritonéale, oesophago-gastrique et intestinale, ou une péritonite.

#### **Critères d'exclusion :**

Toutes autres pathologies chirurgicales non digestive telle que : polytraumatisme, chirurgie ostéo-articulaire, pathologie thoracique ou vasculaire, rénale.

#### **Méthode de traitement :**

Apport de Spiruline par voie orale, à raison de 5 à 10g / jour en période pré-opératoire et dès reprise du transit intestinal en période post-opératoire.

### Paramètre à évaluer :

Pour les malades opérés : l'évolution de la plaie opératoire.

Pour les malades non opérés : l'évolution de la pathologie.

### 3- Résultats

Au total, on a pu recruter 39 malades répartis de la manière suivante :

- 27 malades opérés dont 19 en urgence et 8 planifiés
- 12 malades non opérés

	MALADES OPERES		MALADES NON OPERES
	EN URGENCE	PLANIFIES	
	19	8	12
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>		<b>12</b>

Pour les malades opérés en urgence, on dénombre :

- 9 cas de malades ayant subi une suture du tube digestif dont :
  - ◆ 4 blessures intestinales par balle
  - ◆ 1 résection intestinale pour hernie étranglée
  - ◆ 1 perforation d'ulcère gastro-duodénale
  - ◆ 3 perforations appendiculaires
- 10 autres cas sans suture du tube digestif :
  - ◆ 4 occlusions intestinales
  - ◆ 6 péritonites

Pour les interventions planifiées, on dénombre :

- 3 réintégrations d'anus iliaque
- 5 résections coliques

Pour les 12 malades non opérés, nous avons :

- 11 hémorragies digestives dont 10 sont porteuses de splénomégalie
- 1 tumeur de l'œsophage

### Selon l'âge :

Âges extrêmes allant de 17 ans à 74 ans avec une moyenne d'âge de 35 ans.

Tranche d'âge (ans)	OPERE	NON OPERE	TOTAL
10 à 20	2	2	4
20 à 30	14	4	18
30 à 40	3	3	6
40 à 50	2	1	3
50 à 60	2	0	2
60 à 70	2	2	4
70 à 80	2	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>12</b>	<b>39</b>

**Selon le sexe :**

On dénombre 18 femmes contre 21 hommes, de sexe ratio ~ 1.

**Selon la Protidémie :**

Nous partageons les malades en 3 lots :

- 1- Protidémie > 75g / L
- 2- Protidémie entre 70 et 75g / L
- 3- Protidémie < 70g / L

Protidémie	> 75 g / L	70 < P < 75g / L	< 70g / L	TOTAL
Opéré	2	25	0	27
Non opéré	0	6	6	12
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>39</b>
En %	5%	80%	15%	100%

**Selon l'évolution :**

Pour les malades opérés, nous classifions l'évolution en 3 groupes :

Bon résultat (B.R.) :

- Reprise du transit intestinal
- Bonne cicatrisation de la plaie opératoire

Assez bon résultat (A.B.R.) :

- Reprise normale du transit intestinal
- Présence d'infection pariétale et retard de cicatrisation

Mauvais résultat (M.R.) :

- Pas de reprise du transit : lâchage de suture intestinale
- Infection de la plaie avec grand retard de cicatrisation

Intervention	EN URGENCE	PLANIFIE	TOTAL	%
BR	18	8	26	96 %
ABR	1	0	1	4 %
MR	0	0	0	0 %
TOTAL	19	8	27	100 %

Pour les malades non opérés, nous classifions l'évolution en 3 groupes :

Bon résultat (B.R.) :

- Disparition de symptômes (Anémies,...)
- Rehaussement de l'état général

Assez bon résultat (A.B.R.) :

- Persistance de symptôme
- Rehaussement de l'état général

Mauvais résultat (M.R.) :

- Persistance de symptôme
- Baisse de l'état général

Malade	NON OPERE	
Résultat		%
BR	10	83 %
ABR	2	17 %
MR	0	0 %
TOTAL	12	100 %

#### 4- Commentaire et discussion

D'après nos résultats, seulement 5% de nos malades ont une protidémie normale. 80% ont une hypoprotidémie modérée entre 70 à 75g / L et 15% ont une hypoprotidémie avancée < 70g/ L D'après nos observations, ces 15% de malades qui présentent une hypoprotidémie avancée appartiennent tous au groupe des non opérés hospitalisés pour une hémorragie digestive par rupture

de varice œsophagienne secondaire à une hypertension portale dont l'étiologie est la bilharziose hépatique entraînant par la suite une splénomégalie.

Outre l'anémie due à l'hypersplénisme et la dénutrition secondaire à la diminution de la fonction hépato-cellulaire due à la fibrose hépatique (cirrhose), l'hémorragie digestive accentue cet état d'hypoprotidémie par perte sanguine accrue. Or ces malades doivent être mis à jeun pendant la phase de saignement, et leur alimentation se fait par voie parentérale. Par ailleurs, les solutés protéiniques en perfusion restent trop chère par rapport à leur pouvoir d'achat, il nous paraît très logique de faire prendre de la Spiruline dès que l'alimentation par voie orale est possible, à raison de 5g / jour mélangé à un pot d'yaourt dans les cas modérés et 5g x 2 / jour dans les cas sévères.

Pour cela, nous avons 83% de bon résultat avec disparition de l'anémie qui est le symptôme majeur.

Pour les 17% d'assez bon résultat, ces malades ne présentent pas une hémorragie digestive secondaire à une hypertension portale mais un problème œsophagien : une brûlure de l'œsophage par ingestion d'acide (suicide) un début de cancer de l'œsophage.

Tous ces malades doivent être opérés dans un second temps : pour traiter l'hypertension portale, en ce qui concerne les hémorragies digestives, et envoyés dans un milieu spécialisé pour les problèmes œsophagiens.

En ce qui concerne les malades opérés :

Nous avons de bons résultats dans 96% des cas avec reprise normale du transit intestinal vers le 3ème jour et une bonne cicatrisation des plaies opératoires. Il n'y avait pas de mauvais résultat. Une malade a présenté un abcès pariétal, il s'agit d'une péritonite par perforation utérine du post-avortum. Tout était rentré dans l'ordre vers le 15ème jour post-opératoire.

Pour les malades opérés en urgence, on donne la Spiruline dès le commencement de l'alimentation orale à raison de 5g / jour jusqu'à la cicatrisation vers le 10ème – 12ème jour. Certes, il y a une absence d'apport protidique pendant 3 jours environ, avec un besoin accru en protéine dû au démarrage du phénomène de cicatrisation, et que l'apport par voie parentérale nous semble presque impossible, le recours à la Spiruline dès la reprise du transit nous semble satisfaisant pour combler ce déficit.

En ce qui concerne les malades qui subissent une intervention réglée, l'utilisation de la Spiruline se fait en pré et post-opératoire.

- En pré opératoire : on le donne à raison de 5g / jour vers le 7ème jour pré-opératoire, en même temps qu'on prépare le malade. Surtout pour les interventions coliques où la préparation reste capitale, où le malade doit prendre du régime sans résidu, et il peut toujours prendre de la Spiruline.

- En post-opératoire, la prise de la Spiruline commence dès la reprise du transit intestinal, jusqu'à la cicatrisation de la plaie opératoire.

En matière de chirurgie du tube digestif, le problème se pose toujours pendant la période où le tractus digestif doit être mis au repos, en d'autre terme le malade doit être à jeun et tous les apports nutritionnels ou thérapeutiques doivent se faire par voie parentérale.

Or, c'est la période où l'apport protidique ne doit jamais être négligé, mais les moyens financiers nous manquent.

Malgré cela, l'utilisation de la spiruline dès la reprise du transit intestinale nous paraît suffisante pour combler ce déficit d'apport.

Les résultats nous semblent très satisfaisants, ce qui nous incite à toujours continuer cette méthode.

## **Conclusion**

Malgré notre faible recul, nous pouvons déjà dire que la Spiruline doit être largement utilisée en milieu chirurgical.

Vu la faiblesse du pouvoir d'achat de l'ensemble de notre population, la Spiruline reste toujours un adjuvant thérapeutique de choix pour faire réussir notre acte chirurgical surtout en matière de chirurgie digestive.

# ETUDE DE L'EFFICACITE DE *SPIRULINA PLATENSIS* SUR LA MALNUTRITION PROTEINO-ENERGETIQUE ET LA CARENCE EN VITAMINE A CHEZ LES ENFANTS MALGACHES

B. RAZAFIARISOA <sup>1</sup>, E. RAMAROSON <sup>1</sup>, D. RAMAMPIHERIKA <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centre National de Recherche sur l'Environnement,  
BP 1739, 39 Rue Rasamimanana, Fiadanana, Antananarivo 101, Madagascar

<sup>2</sup> Institut Halieutique et des Sciences Marines, BP 141, Mahavatsy, route du Port, Toliary, Madagascar

## Contexte:

La carence en vitamine A constitue un problème de santé publique sévère à Madagascar. En effet, selon les résultats de l'enquête nationale effectuée en 2000, 42% des enfants de 6 à 59 mois ont un taux de rétinol sérique inférieur à 0,70  $\mu\text{mole/l}$  (norme OMS). De plus, les indicateurs écologiques de la CVA confirment la gravité de la situation : le profil alimentaire est celle d'une population prédisposée à une CVA (rizi-dépendant, faible consommation en protéines et lipides et avec comme source de vitamine A les aliments d'origine végétale). De même, 45% des enfants de moins de 5 ans souffrent de retard de croissance, 14% d'émaciation et 40% d'insuffisance pondérale (EDS 2004).

Les stratégies qui ont été développées sont la supplémentation en vitamine A, la fortification alimentaire et la diversification alimentaire.

**Objectif :** Conformément à ces stratégies, une étude sur l'efficacité de la Spiruline dans l'amélioration du statut en vitamine A ainsi que de l'état nutritionnel a été menée.

## Hypothèse :

L'hypothèse était : « *Est-ce que la Spiruline, aliment à haute valeur nutritive peut-elle être utilisée comme alternative dans la lutte contre la carence en vitamine A et la Malnutrition Protéino-Energétique chez les enfants malagasy?* »

## Méthodes :

Une étude randomisée sur 90 enfants dans 3 sites du district d'Arivonimamo a été fait pendant 21 jours en 2003 avec la méthode dose-réponse.

Le choix des enfants est basé sur les résultats antérieurs de l'Enquête nationale sur la vitamine A, 2000). Les critères de sélection des enfants sont:

- enfants des 2 sexes car les filles autant que les garçons sont vulnérables aux TCVA,
- âgés de 2 ans à 5 ans la prévalence de la CVA commence à être élevée à partir de 2 ans,
- vivant dans un même milieu (milieu rural) de façon à avoir une certaine uniformité dans l'habitude alimentaire. En effet, la population n'a accès au marché qu'une fois par semaine,
- malnutris, c'est-à-dire présentant une insuffisance pondérale (Poids/Âge <-2 ET). Ces enfants sont prédisposés à la CVA.

3 groupes de 30 enfants sont ainsi constitués :

- le 1<sup>er</sup> groupe : supplémentation en vitamine A 200 000 UI ;

- le 2<sup>ème</sup> groupe : avec ajout journalier de 40g de « pumpy sauce » en complément dans l'alimentation habituelle de l'enfant ;
- 3<sup>ème</sup> groupe : avec ajout journalier de 5g de spiruline dans le plat de l'enfant.

Le pumpy sauce est un aliment thérapeutique basé sur la composition du Nutriset, utilisé dans la récupération nutritionnelle de la malnutrition modérée à domicile. Il est composé de matière grasse végétale, de pâte d'arachide, de farine de soja, de sucre, de malto-dextrine et est fortifié en complexe minéral et vitaminique.

Un questionnaire a été élaboré pour collecter les informations générales relatives à l'enfant (âge, sexe, vaccination, infections dans les 15 jours précédant l'enquête) ainsi que la consommation alimentaire. L'enfant est mesuré et pesé toutes les semaines. Les sérums des enfants ont été collectés le premier et le dernier jour de l'étude. La composition de la spiruline en protéines, lipides, glucides, vitamine A et E ( $\beta$ -carotène et tocophérols) et les minéraux ont été déterminés. Le rétinol, le  $\beta$ -carotène et tocophérol sérique ont été évalués par HPLC.

Les indices anthropométriques ont été calculés à partir de l'Anthro 2005 de l'OMS et les analyses des données par Excell et SPSS 13.0.

L'accord sur l'éthique de l'étude a été obtenu auprès du MINSAN, partenaire dans le cadre de l'étude et un accord écrit pour leur libre participation a été faite auprès de parents des enfants.

## RESULTATS

La spiruline est un aliment à haute valeur nutritive. La teneur en protéines de la spiruline peut être comparée à celle de la chivaquine (57%), aliment d'origine animal et de haute valeur nutritionnelle et son  $\beta$ -carotène est d'au moins 12 fois plus à celui des carottes.

Les Score de Variété Alimentaire (SVA) et les Scores de Diversité Alimentaire (SDA) ont montré une alimentation alimentaire peu variée et peu diversifiée avec une faible consommation de protéines animales, de gras et d'aliment sources de vitamine A.

Les protéines jouent un rôle important dans la mobilisation de la vitamine A, leur absorption, leur stockage et leur transport. L'état protéino-énergétique est ainsi important à connaître.

Selon le critère de choix fixé au départ, les taux d'insuffisance pondérale étaient de 100%. Seul pour le groupe ayant consommé la spiruline, l'insuffisance pondérale s'est améliorée significativement par rapport au premier jour ( $p=0,03$ ). De même, on note une disparition de la maigreur dès le 14<sup>ème</sup> jour uniquement chez les enfants ayant consommé de la spiruline ( $p=0,03$ ). Chez le groupe supplémenté en pumpy sauce, l'insuffisance pondérale a diminué de 32 à 4% entre le premier et le 21<sup>ème</sup> jour ( $p=0,02$ ). Pour le groupe 1, il n'y avait pas eu de changement.

En ce qui concerne les taux moyens de rétinolémie, au J1 les taux moyens étaient très faibles, respectivement dans chaque site, (1)  $0,44 \pm 0,05 \mu\text{mol/l}$ , (2)  $0,44 \pm 0,06 \mu\text{mol/l}$ , (3)  $0,42 \pm 0,57 \mu\text{mol/l}$ . Au jour J21, les taux moyen de rétinol sériques ont augmenté significativement respectivement de: (1)  $0,49 \pm 0,06$ , (2);  $0,46 \pm 0,07$  ; (3)  $0,51 \pm 0,05$ , soit de 10, 9 et 14%. Les taux sériques en  $\beta$ -carotène des enfants n'a pas changé ni entre les sites, ni pendant la durée de l'étude tandis que seule pour le groupe 3, le taux sérique de vitamine E varie inversement dans le temps.

Enfin, il existe une forte similitude quant à l'impact sur le taux sérique et l'état nutritionnel des enfants entre pour les 2 groupes supplémenté en aliment fortifié ( $p=0,03$ ).

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS:

Nos résultats confirment que:

- ✓ Les protéines jouent un rôle important dans la mobilisation de la vitamine A. L'amélioration du statut en vitamine A va de pair avec celle de la MPE
- ✓ La potentialité des caroténoïdes à améliorer le statut en vitamine A autant que la vitamine A préformée.
- ✓ L'efficacité d'un apport quotidien adéquat par rapport à la supplémentation à forte dose

La spiruline, qui est un aliment à haute valeur nutritive:

- ✓ corrige à la fois la MPE (émaciation, insuffisance pondérale) et améliore le statut en vitamine A
- ✓ peut être utilisée dans les situations d'urgence nutritionnelle (cyclone, sécheresse ou Centre de récupération nutritionnelle) ou au niveau communautaire.

*La capacité de la Spiruline à améliorer le statut en vitamine A et la MPE chez les enfants a été démontrée dans notre étude, justifiant sa valorisation et sa production à Madagascar.*

## Abstract

### EFFICIENCY OF *Spirulina platensis* ON PROTEIN ENERGY MALNUTRITION (PEM) AND VITAMIN A DEFICIENCY (VAD) AMONG MALAGASY CHILDREN.

#### Background:

In the Madagascar country, VAD is a serious public health problem among children aged from 6 to 59 months: 42% of them had a low serum retinol level ( $< 0,70 \mu\text{mole/l}$ ) by 2003. Vitamin A supplementation, food fortification and dietary modification were the 3 strategies developed to control VAD in the Madagascar.

#### Aim:

Efectiveness of *Spirulina platensis* in vitamin A and malnutrition status improvement among malagasy children.

#### Methods:

A random study was conducted with 90 eligible children, both male and female, underweighted, aged from 24 through 59 months, without infections and having identical eating habit during 21 days by 2003 in the Arivonimamo district. 3 groups of 30 children were set up:

1<sup>st</sup> group: Supplemented with 200 000 UI of vitamin A;

2<sup>nd</sup> group: With daily fortified food in vitamin A (pumpy sauce) added in their diet; 3 group: consumed daily *Spirulina platensis* added in the diet. A questionnaire form was developed to collect general information from children and dietary history. Anthropometry index (Weight and Height) were measured every week. Blood samples were collected at the first day and 21 days after. *Spirulina platensis* contents in proteins, lipids, carbohydrate, vitamins A and E and minerals were assessed and serum retinol,  $\beta$ -caroten and tocopherol were measured.

**Results:**

The diet was poor and monotonous with a low consumption of fat, protein and vitamin A rich food. On the first day, all children had “low” serum retinol levels. It was raised respectively 10%, 9% and 14%, 21 days later. There was no change in serum  $\beta$ -caroten during the study and only for the 2 group, serum tocopherol had inversely varied. There is no change either in underweight or in wasting for children supplemented with vitamin A. In opposite, underweight prevalence had improved within 10.5 percent points ( $p=0,03$ ) and wasting had disappeared since the day 14 for the group with spiruline in their diet ( $p=0,03$ ). Only wasting had decreased from 32 to 4% during the study for the “pumply sauce” group ( $p=0,02$ ).

**Conclusions:**

Food potential nutritional vitamin A value can be proved by its capacity to improve vitamin A status. *Spirulina platensis* is efficient to improve vitamin A status as large dose vitamin A supplementation or fortified food in vitamin A. Its carotenoids are well used as vitamin A preformed. Moreover, *Spirulina platensis* reduces PEM. It can safely be used to control both PEM and VAD.

# Thème IV

## Production de la Spiruline



Madagascar 2008



## LES FORMATIONS SUR LA SPIRULINE AU CFPPA DE HYERES LES PALMIERS (FRANCE)

Déborah CHARLEMAGNE

Présentation du CFPPA et du MAP (Ministère de l'Agriculture, de la Pêche)

### *Le CFPPA*

Le Centre de Formation Professionnelle et de Promotion Agricoles de Hyères les Palmiers est un établissement public d'enseignement agricole du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche dont l'objectif est de répondre à tous les besoins de formation pour les adultes en recherche de qualification, dans ses domaines de compétences : horticulture, maraîchage bio, apiculture, viticulture, jardins et espaces verts, naturopathie, valorisation des produits méditerranéens et la spiruline.



Depuis quelques années, il a développé des "services" lui permettant :

- D'orienter et d'accueillir dans les meilleures conditions des élèves, des étudiants, des apprentis ou des adultes.
- De diversifier ses modalités de formation.
- De proposer des modalités d'évaluation et de certification innovantes.
- D'accompagner ses diplômé(e)s dans leur recherche d'emploi.
- D'aider les salariés ou les demandeurs d'emploi à construire et valider un projet de formation ou de validation des acquis de l'expérience, répondant à un projet d'accès à l'emploi et au besoin de développement de compétences.
- De répondre aux besoins de formation d'un territoire, d'un secteur professionnel ou d'une entreprise.

### *Le MAP*

Le ministère de l'agriculture et de la pêche est chargé de mettre en œuvre la politique du gouvernement dans les domaines de **l'agriculture**, des **affaires rurales**, de la **pêche maritime** et des **cultures marines**, de la **forêt** et du **bois**. Ces missions s'exercent dans le cadre de la **politique**

**agricole commune (pac)** et de la **politique commune des pêches (pcp)**. Il prépare et met en œuvre la politique de l'**alimentation** en liaison avec les ministères chargés de la consommation et de la santé.

Ses actions sont dirigées vers :

- La gestion durable de l'agriculture, de la pêche et le développement rural
- La valorisation des produits, l'orientation et la régulation des marchés
- La forêt
- La sécurité et la qualité sanitaire de l'alimentation

et

- La formation, la recherche et le développement agricole

### **Historique des formations spiruline au sein du CFPPA**

**Fin 2001**, Monsieur Claude Villard présente au CFPPA de Hyères une étude menée au lycée agricole de Mayotte sur le Biogaz. Et nous fit découvrir en même temps une micro algue, la spiruline aussi nourrissante que surprenante. Il propose au centre de lancer une expérimentation sous serre dans l'enceinte de l'établissement pour nous démontrer l'intérêt de cet organisme hors du commun.

**Début 2002**, une convention est signée entre TECHNAP et le CFPPA. L'objectif premier étant la mise en place d'une expérimentation qui est de produire de la spiruline sous serre en zone littorale en climat tempéré.

**Juin 2002**, Colloque à Mialet sur la production de spiruline artisanale.

Constat du CFPPA : cette activité paraît comme très empirique ce qui implique un besoin d'organisation notamment au niveau de la formation. De ce fait, nous avons proposé à l'ensemble de la profession d'écrire un référentiel métier qui formalisera leurs besoins en terme de formation et accrédi tera leurs actions.

**Mai 2003**, naissance du Certificat Professionnel, spécialité d'initiative locale "Production artisanale de spiruline à vocation humanitaire" écrit et validé par un établissement du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, après un consensus des représentants professionnels.

**Début 2004**, création d'une nouvelle filière internationale qui a pour but de former en plusieurs langues des stagiaires provenant du monde entier.

**Novembre 2005**, première promotion "spiruline à vocation humanitaire".

**Mars 2006**, participation au colloque spiruline du Niger, notamment par une formation dispensée sur place par le CFPPA.

### **Les objectifs des formations**

L'objectif de la formation doit permettre l'apprentissage des gestes et savoir-faire professionnels pour le transfert et la mise en œuvre d'un programme de production de Spiruline pour des apports en complément alimentaire.

Cette formation forme des agents de terrain pour l'installation et le fonctionnement de l'outil de production adapté aux capacités de mise en œuvre des pays demandeurs.

L'accent est mis sur l'objectif humanitaire de la production de spiruline comme complément alimentaire pour des besoins identifiés en malnutrition et/ou pour des catastrophes humanitaires ponctuelles.

Les pays dans lesquels peut être mise en place cette production et donc la formation attachée, sont entre autre les signataires de marchés communs (ex : COMESA, ASARECA) ou individuels. L'échelle de réalisation est centrée sur la demande d'une ville, d'un village ou d'une organisation locale. Cette dimension est accentuée par des agents formés dans ces pays et participants au développement local.

Les deux volets de la formation sont :

- I) la formation technique,
- II) la formation au développement local.

Les praticiens formés sont capables d'installer un module de production et d'en assurer le fonctionnement.

Les stagiaires sont susceptibles de diriger les ouvriers et d'assurer le lien avec les populations locales.

### **Les types de formations au sein du CFPPA**

- Une formation courte (durée une semaine) qui est une formation d'information et de sensibilisation à la culture de la spiruline.

- Une formation longue (400h +160h de stage) destinée aux futurs porteurs de projets spiruline, constituée de modules découpés en thèmes spécifiques :

MODULE 1 : Maîtrise technique de culture artisanale de la SPIRULINE

MODULE 2 : Evaluation de l'exploitation

MODULE 3 : Gestion et commercialisation

MODULE 4 : Production d'un rapport de Stage

### ***Formations courtes : origine, profil des candidats, projets, bilan,***

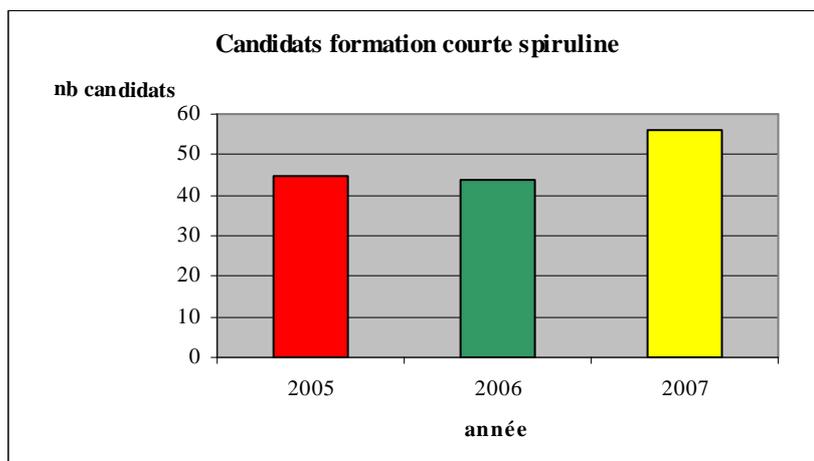
Les formations courtes d'initiation à la culture de la spiruline drainent une population très hétéroclite.

Les candidats qui au départ provenaient essentiellement de la partie Sud de la France, arrivent désormais de régions plus lointaines telles que la Bretagne ou la Picardie ainsi que de l'étranger : Cameroun, Tchad, Mali, Maroc, Bénin, Mexique....

Les niveaux d'études sont variés, allant du niveau BEPC au niveau ingénieur ou médecin.

Les candidats qui viennent à titre informatif, pour lancer une culture familiale, développer une culture commerciale en France ou à l'étranger, ou monter une culture dans un Pays en voie de Développement.

A la suite de ces formations, des projets ont vu le jour : Burundi, Guadeloupe, Sénégal, Mauritanie, Maroc, Mali, Tchad, Cameroun, Bénin et en Côte d'Ivoire (en cours).



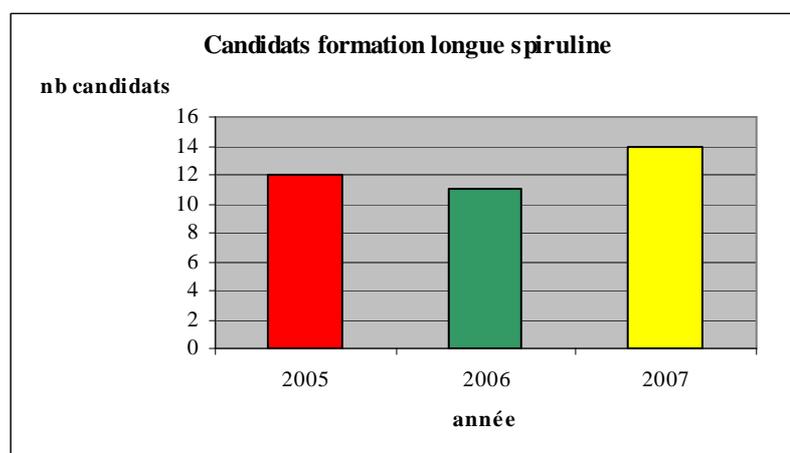
La demande a connu une recrudescence notable en 2007 (fig. ci dessus) et l'année 2008 semble partie dans la même lignée.

#### ***Formations longues : origine, profil des candidats, projets bilan,***

Il y a eu depuis 2005, date de la première session longue, deux autres formations spiruline à vocation humanitaire dont la dernière en cours.

Les candidats sont essentiellement d'origine Européenne ou Africaine : France, Belgique, Suisse et Burundi, Togo, Madagascar, Bénin, Sénégal, Mali, Algérie, Tunisie. Ils ont soit des projets spiruline humanitaire qui prennent plus ou moins de temps à se construire, soit la vocation pour travailler dans des structures qui ont besoin de personnes capables de s'occuper d'un projet spiruline.

Les projets concernent : le Bénin, le Sénégal, la Polynésie, le Mali, Madagascar, l'Angola, l'Ethiopie, le Cambodge et à venir de la prochaine session, le Brésil, le Maroc, la Guyane Française, Madagascar, le Burundi, le Togo et le Guatemala.



La demande et le taux de participation à la formation longue spiruline à vocation humanitaire augmente comme le montre la figure ci-dessus et correspond donc bien à une demande réelle.

La prochaine session est prévue pour fin 2008.

## **Bilan des projets spiruline suite aux formations ?**

### ***La filière en France***

Développement d'une filière spiruline sur la région Provence Alpes Côte d'Azur et constitution d'un groupement de producteurs. Notre région compte actuellement une quinzaine de producteurs de spiruline. La spiruline est soit un complément d'activité, soit une activité à 100%.

La participation des producteurs à des projets d'aide au développement en se rendant sur place pour aider au montage de culture ou par le biais d'actions telles que des dons de spiruline, de matériel ou d'aides à la réalisation de projets annexes, à la spiruline.

Etude du MAP : Le Ministère de l'Agriculture a lancé une expertise sur la spiruline dans Inscription de la formation spiruline au Plan Régional de Formation.

Le département du Var a inscrit la spiruline dans ses filières économiques territoriales.

### ***Les projets à l'étranger***

Participation à des projets : Maurice, Ethiopie, Niger, Sénégal.

### **Quelles perspectives ?**

Au niveau national : - développer la filière par la formation de professionnels qualifiés  
- communiquer et sensibiliser les publics sur cette filière

Au niveau international : - former les acteurs locaux à la mise en place de fermes spiruline  
- aider au montage des dossiers  
- suivi technique sur les réalisations  
- Centre de formation "in situ"

Ce projet de centre de formation est en partenariat avec la FFCU, les Clubs Rotary et le CEFP de Bakel et l'UPHORBAK. Un lancement d'une culture expérimentale a débuté depuis 2 ans et fin 2008 est prévue la première formation spiruline en Afrique de l'Ouest, pour les africains, par les africains.



## DIAGNOSTIC DE LA QUALITE HYGIENIQUE DE « Dihé » ET DE SES FACTEURS : Analyse des risques de mauvaise qualité et mesures à prendre pour diminuer ces risques

MAHAMAT Sorto <sup>1</sup>, NAMBA Fabienne <sup>1</sup>, ABAKAR ADOUM Kora <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Tchadien de Rech. Agro. pour le Développement (ITRAD) BP 5400, N'djamena - Tchad

<sup>2</sup> Ministère de l'Education Nationale

### Résumé

Le dihé ou la spiruline récoltée et séchée traditionnellement au Tchad est un produit largement consommé par les populations de la région du Kanem et celle du Lac Tchad. Ce produit est récolté et séché dans des conditions locales contraignantes. Cette étude nous montre à travers un diagnostic la qualité de dihé consommé et commercialisé localement.

Les résultats montrent que le dihé présente des impuretés diverses. Les plus importantes sont les débris de végétaux et d'animaux, des coquilles, des vers vivants, du sable. La quantité de sable est importante elle est comprise entre 21- 40%. Les risques de contamination identifiés après diagnostic de la qualité sont nombreux, ils sont d'origine microbiologique, physique et chimique. Les actions préventives à mener sont entre autres de trois types. Pour purifier il faut utiliser des tamis ou des toiles fines en polyamide ou en polyester. Pour le séchage il est nécessaire d'utiliser des séchoirs solaires, des moustiquaires ou des grilles en plastique, inox ou nylon. Enfin la formation des femmes doit être entreprise à différents niveaux, notamment pour les techniques de récolte et de séchage et pour la préparation des produits finis dans de bonnes conditions d'hygiène et de fabrication. Dans un premier temps le contrôle visuel des matières premières et des produits finis doit être faite. Par la suite il sera nécessaire de faire l'analyse microbiologique des produits et des analyses microbiologiques de surface des matériels ainsi que le contrôle du taux d'humidité du produit fini.

La gestion de la qualité du dihé reste fondamentale. A ce titre, la filière dihé devrait être abordée avec beaucoup de sérieux. Depuis la production jusqu'à la consommation, tous les facteurs intrinsèques et extrinsèques qui influencent la qualité du produit doivent être contrôlés et si nécessaire améliorés.

Mots clés : Spiruline, Dihé, qualité hygiénique, Tchad





## **PRODUCTION ARTISANALE DE SPIRULINE** **Cas de SPIRUSUD – ANTENNA - « Màmà maitso » - Toliara MADAGASCAR**

**Vololona BEMARANA**

Institut Halieutique et des Sciences Marines BP 141  
Université de Toliara 601 – Toliara, Madagascar  
[vololona@yahoo.fr](mailto:vololona@yahoo.fr)

---

### **I- HISTORIQUE**

Année 1986, Dr MIKOLACHEK, de l'Université de Montpellier II, en mission à l'ex-Station Marine (actuellement l'IH.SM), a informé l'équipe de recherche de l'institut de la valeur nutritionnelle de la spiruline et de la présence des mares à spiruline au nord de la ville de Toliara sur la route d'Ifaty. A la suite de quoi les chercheurs de l'IH.SM ont recherché et découvert l'existence de la Spiruline à l'état naturel, dans des mares sursalées de la région de Toliara. En 1994, une autre mission en provenance du Vietnam a découvert la Spiruline, dans une lagune située à Belitsake, à 15km au nord de la ville de Toliara, sur la route d'Ifaty. Cette lagune porte du reste son nom : lagune KIM.

En 1994, le couple FOX en visite à Toliara a confirmé cette découverte.

En 1995, l'équipe de l'IH.SM, assistée par un assistant technique français (Stéphan ANGEVIN) a commencé à exploiter un gisement de spiruline, situé à Ankoronga, qui se trouve à 13 km au sud de la ville de Toliara. En outre, une étude de prospection de sites naturels de spiruline a été effectuée sur l'axe ouest-sud ouest et extrême sud de Madagascar. Les résultats de cette prospection ont révélé l'existence des gisements naturels de spiruline sur un diamètre d'environ 50 km autour de la ville de Toliara.

En 1999 – 2000, des études approfondies sur la spiruline en milieu naturel ont été faites dans le cadre de la préparation d'un mémoire de DEA et d'une thèse de doctorat. Au cours de ces deux années d'études, la présence de divers organismes associés avec la spiruline et la disparition de la biomasse de spiruline ont été constatés pendant la période de crue de l'année 1999. Cette situation nous a incités à développer la culture de la spiruline dans des bassins contrôlés.

La maîtrise des techniques de culture, en bassins contrôlés, a été acquise sous la direction de spécialistes mondiaux en la matière : Ripley FOX, du Laboratoire de la Roquette ; Jean Paul JOURDAN du laboratoire de Mialet / France et Francisco AYALA de Solarium Biotechnology en Iquique / Chili.

La construction de la ferme SPIRUSUD-ANTENNA à Maninday a été financée par les ONG Suisses, ANTENNA TECHNOLOGIES et La Fondation pour l'alphabétisation dans le sud de Madagascar (Mr BRENTINI) et la participation de la responsable de la ferme.

La première construction de quatre bassins de 10m<sup>2</sup> a eu lieu en 2002, chaque année l'extension s'est poursuivie et actuellement nous avons une surface de production de 550m<sup>2</sup> répartie sur 11 bassins (voir Plan).

### **Les institutions impliquées :**

Les institutions impliquées dans le projet sont :

- l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IH.SM – TOLIARA)

- le Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE – Antananarivo),
- le Ministère de la Santé : Agence de Contrôle de la Sécurité et de la Qualité des Denrées Alimentaires (ACSQDA – Antananarivo)
- les Centres de Récupération Nutritionnelle : Beleboka – Toliara ; Fort-Dauphin, Ihosy, Farafangana, Mampikony)

### Contexte

La région de Toliara est connue pour son climat semi-aride qui ne permet pas de produire en quantité suffisante les produits alimentaires nécessaires à la population autochtone. Une grande partie des nourritures de base est importée des autres régions de la Grande Ile et/ou de l'étranger. Par ailleurs, l'existence d'une période de sécheresse, dans le Sud, entraîne une insuffisance de ressources alimentaires, d'où la persistance de la famine dans cette région, malgré les efforts apportés par les organismes de développement.

Face à une telle situation, l'incorporation de la Spiruline dans l'alimentation quotidienne des couches sociales défavorisées pourrait constituer une solution, pour réduire ces carences alimentaires.



*Avant (8 mois)*



*Après cinq mois (13 mois)*

Photos 1- 2 : AVILAHY

### Objectifs

Les objectifs de la ferme visent différents points :

- Valorisation d'une nouvelle source de protéine végétale
- Lutte contre la malnutrition surtout malnutrition infantile
- Création d'emploi pour les jeunes
- Vulgarisation de la culture de spiruline

## II- PRODUCTION

### Procédés de production

#### 1) Description des procédés de production :

Milieu de culture : la préparation du milieu de culture est à base de la formule classique de Jean Paul JOURDAN.

Récolte : elle se fait par filtration du milieu de culture concentré (secchi < 3 cm). Elle est effectuée à l'aide de deux filtres à différents maillages. Dans un premier temps, pour éliminer les impuretés (insectes, grumeaux), un filet de 200µm de maillage est utilisé. Vient ensuite le second filet de 30µm pour récolter la spiruline. Ce dispositif de récolte est supporté par un cadre en bois muni d'un tamis moustiquaire.

Essorage et Presse : l'essorage consiste à enlever une partie de l'eau de la spiruline récoltée. La pâte plus ou moins molle est transférée dans une toile de 50µm de maillage. Le manipulateur vêtu de gants stériles presse à travers la toile la pâte pour enlever l'eau.

La pâte est ensuite transférée encore une fois dans une toile de même caractéristique qui sera elle-même enveloppée par un tissu écru. Le paquet ainsi formé est mis sous presse. Le temps de pressage est compris entre 15 et 20 mn. La biomasse pressée est ensuite pesée à l'aide d'une balance électronique pour évaluer par la suite le taux de dessiccation du produit.

Extrusion : La biomasse obtenue est alors chargée dans une extrudeuse. Cet instrument permet de transformer la pâte sous forme de nouilles pour faciliter le séchage.

Séchage : La ferme dispose de séchoirs solaires ayant une capacité de 5 claies qui peuvent supporter 750g de biomasse fraîche chacune. La durée de séchage dépend de l'épaisseur de la couche de la pâte et du climat : entre 8h et 14h.

Conditionnement : Une fois séchée, la spiruline est broyée à l'aide d'un mixer de type Moulinex pour obtenir des poudres granulées. Ces dernières sont ensuite pesées pour permettre d'enregistrer la biomasse séchée.

Le conditionnement se fait par emballage du produit dans des sachets noirs ou opaques et ensuite stockés à l'abri de la lumière et de l'humidité.

Période de production annuelle : presque toute l'année, sauf pendant la période d'entretien des bassins et des cultures (environ 2 mois dans l'année).



Photos 3 – 4 : Les bassins de culture

2) Quantité produite :

La figure suivante présente la variation de production mensuelle depuis juillet 2003 jusqu'au mois de décembre 2007.

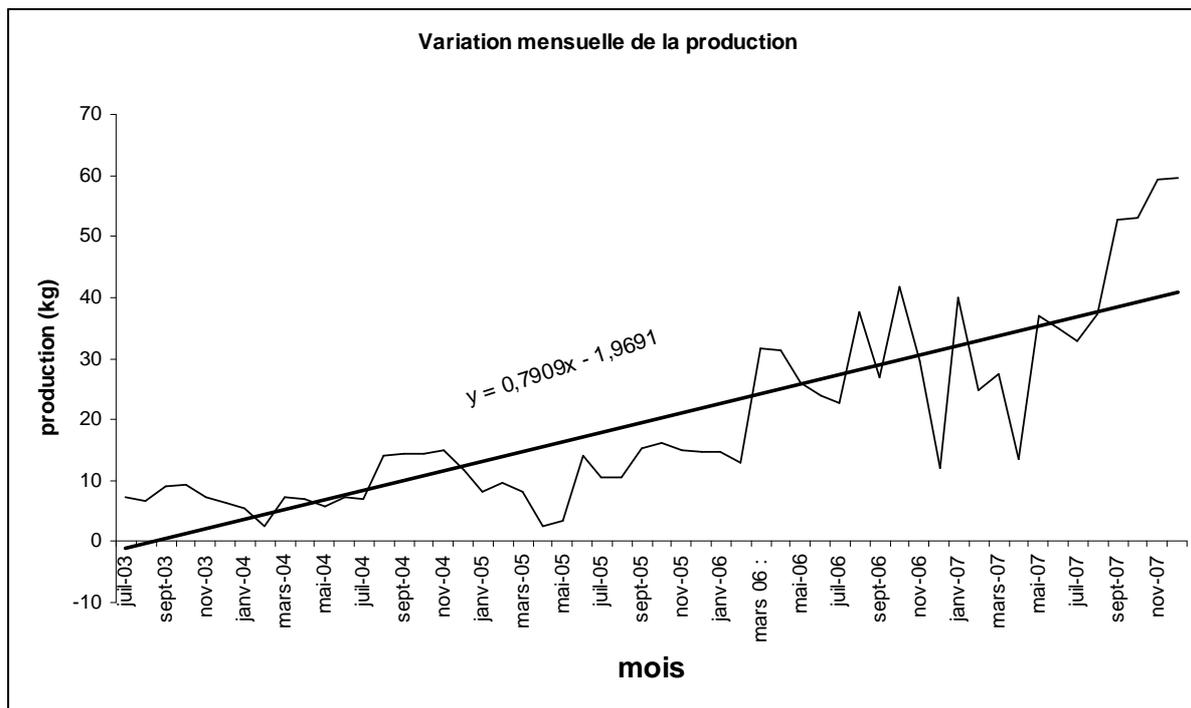


Figure 1 : variation de la production mensuelle de spiruline (juillet 2003 – Décembre 2007)

Production annuelle (kg)

La figure suivante présente la variation de la production annuelle depuis l'année 2003 à 2007.

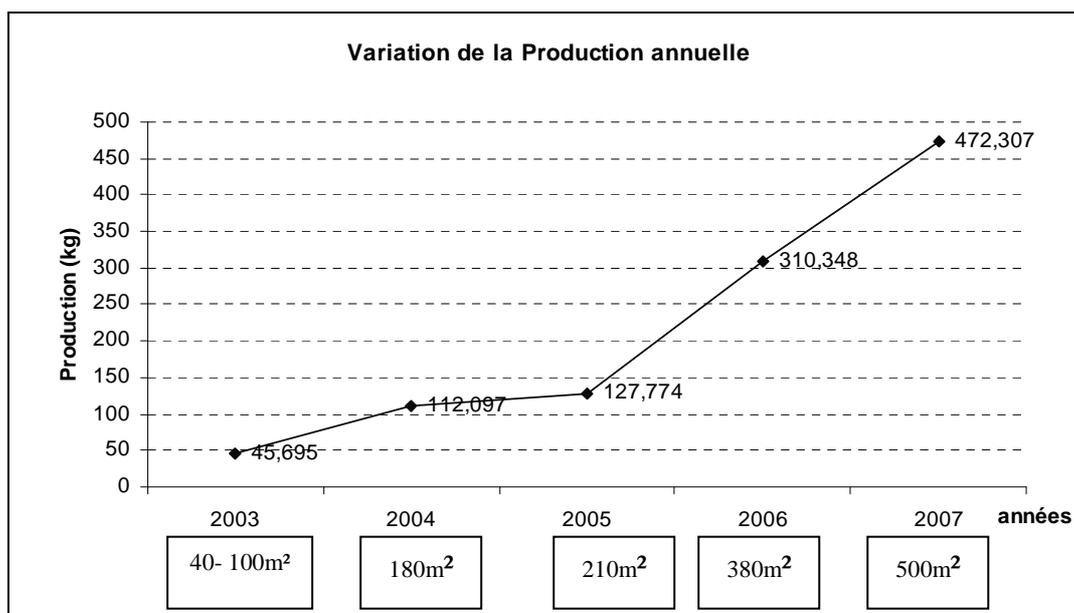


Figure 2 : variation annuelle de la production de spiruline (juillet 2003- 2007)

La quantité de spiruline produite varie selon les saisons, la taille des bassins et l'amélioration de la pratique.

Cette quantité varie de 90 kilos par an pour une surface moyenne de 60m<sup>2</sup> à 472 kilos par an pour 500 m<sup>2</sup>, c'est-à-dire, avec une productivité moyenne annuelle de 4g/m<sup>2</sup>/j.

### **III- CONTROLE DE QUALITE**

La qualité du produit a été assurée grâce à des contrôles du milieu de culture et au respect des règles d'hygiène durant les différentes manipulations (récolte, post-récolte et conditionnement).

Des analyses physiques, chimiques et microbiologiques sont aussi effectuées régulièrement à chaque saison.

- i) contrôle du milieu de culture

Les paramètres à contrôler sont la couleur, l'odeur et la concentration du milieu ainsi que les valeurs de la T°C, de la Salinité et du pH.

- ii) analyses physiques et chimiques

Les analyses sont effectuées auprès du laboratoire de chimie du Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE).

- iii) analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques de la production sont effectuées par le laboratoire du Ministère de la Santé à Tananarive à l'Agence de Contrôle de la Sécurité et de la Qualité des Denrées Alimentaires (ACSQDA).

D'après les résultats d'analyses, tous les échantillons envoyés et analysés sont sains et satisfont aux exigences de la consommation humaine.

Le pH du milieu de culture de la spiruline avant la récolte dans nos bassins est très basique >10. Ce qui assure la qualité de nos produits car la présence des organismes pathogènes est impossible quant la valeur du ph est > 9,5.

### **IV- RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT**

Vu la taille de notre exploitation, les eaux usées et les boues chargées d'azote qui ne sont pas directement utilisées pour le jardinage servent à fertiliser les plantes de notre domaine universitaire de Maninday, ce qui permet une croissance améliorée.

### **V- DISTRIBUTION**

#### **1) Forme de distribution**

Les pâtes fraîches et la spiruline sont distribuées sous forme de poudre granulée et brindille par commande et nous les conditionnons en fonction de la demande des clients.

D'une manière générale, la présentation de notre produit est sous forme de poudre granulée et conditionnée dans des sachets plastiques de couleur noire.

## 2) Cibles de la distribution humanitaire

La distribution humanitaire est effectuée en grande partie auprès des centres de récupération nutritionnelle. Depuis 2003, six différents centres ont bénéficiés de notre production sous forme de poudre granulée.

Les personnes concernées sont essentiellement des enfants de 0 à 10 ans (Tableau 1).

## 3) Fréquence de distribution

Pour les enfants hospitalisés, la distribution se fait une fois par jour et selon les cas suivants :

### i) CRN Beleboka - Toliara

\* enfants < 2 ans : la dose est de 2g/j, mélangé avec du lait ou de bouillie de céréale. Le traitement dure environ deux mois.

\* enfants de 5 à 10 ans : la dose est de 3g/j mélangé avec de la bouillie de céréale ou du riz. Ces enfants restent au centre pendant une année.

\* adultes : la dose est de 5g/j, mélangé avec du repas refroidi. Ce sont des mères d'enfants traités au centre

### ii) Autres centres

Le nombre d'enfants bénéficiaires de la spiruline est très variable entre 20 et 50. Le nombre moyen mensuel est de 30 enfants. Les adultes sont moins nombreux, environ une dizaine par mois. Il arrive aussi que les Sœurs responsables qui partent en brousse fassent des distributions quand elles le jugent nécessaire. Le nombre dépend alors de la situation locale des villages et l'état de santé des enfants.

4) Prix de vente (euro) : La spiruline distribuée auprès de ces centres est donnée gratuitement depuis 2003 jusqu'à ce jour, sauf pour le cas du centre de Mampikony, la vente du kilo s'élève à 30 Euros et celui d'Ambovombe à 26 euros le kilo.

## 5) Nombre de personnes bénéficiaires

Le nombre de personnes bénéficiaires est représenté dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Nombre de personnes bénéficiaires de la Spiruline « Mâna maitso »

C.R.N ?	< 2 ans	5 – 15 ans	adultes	TOTAL
Beleboka- TLR depuis 2002	580	300	160	1040
Ihosy depuis 2003	480	480	120	1080
Fort-Dauphin depuis 2004 - 2006 (≈ 170/an)	510			510
Farafangana depuis 2005 (données en octobre 2007)	600		480	1080
Mampikony depuis mai 2006 (données en Septembre 2007)	120	240		360
TOTAL = 3.870	1.780	1.530	760	<b>4.070</b>

Depuis 2002, plus de 4 070 personnes ont bénéficié de la spiruline de la ferme, ces résultats sont incomplets car les données récentes ne sont pas encore comptabilisées.

6) Répartition de la distribution

Dans le cadre de la distribution humanitaire, notre produit est distribué dans les zones où sévissent la malnutrition et la sous alimentation. Six centres différents ont été choisis dont cinq centres sont situés dans le sud de Madagascar (cf. carte)

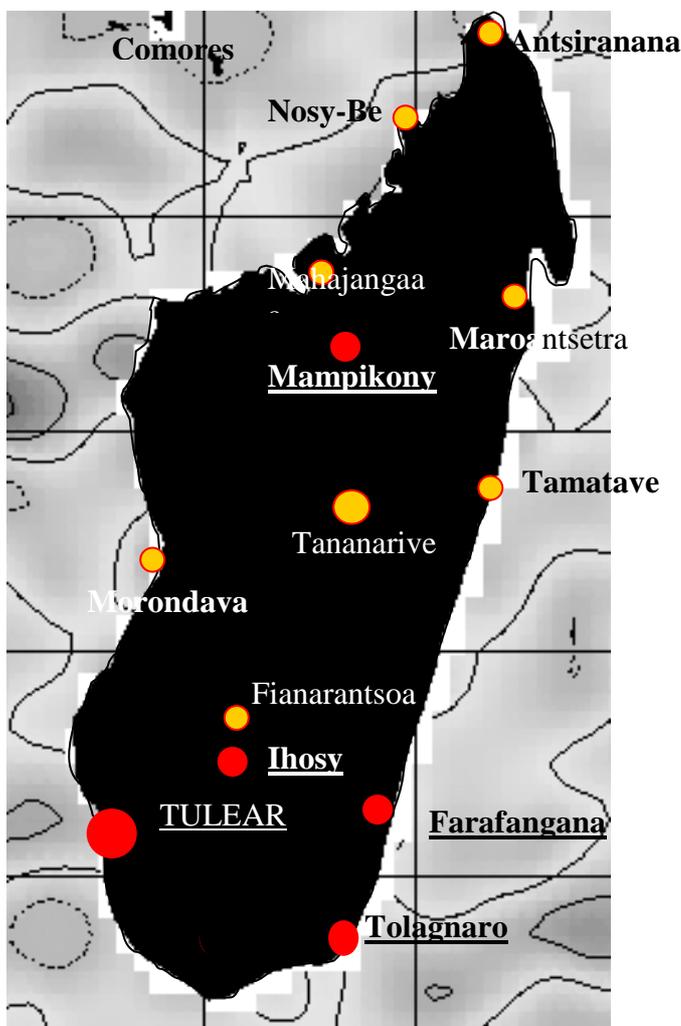


Figure 3 : Sites de distribution humanitaire de la spiruline produit par SPIRUSUD-ANTENNA

● Centres de récupération nutritionnelle

7) % de la production totale

Depuis 2003, nous avons produit **1070kg**, dont **460kg** pour la **distribution humanitaire, soit 43% de la production totale** et **610kg** pour le marché local.

8) Commercialisation

Avant mai 2007, nous avons eu des difficultés pour vendre car la population ne connaissait pas notre produit. Depuis la célébration de la Journée Nationale de Nutrition du 23 juin 2007, à laquelle nous avons participé, le public a commencé à se familiariser avec notre produit et les gens commencent à l'apprécier. Actuellement, notre production n'arrive plus à satisfaire la demande.

La vente de notre production dans les autres provinces se fait par les commandes des pharmaciens et des médecins responsables des points de vente.

Avec les recettes de la vente, nous sommes autonomes et nous améliorons notre technique de production et assurons l'entretien, l'aménagement et la rénovation des bassins.

## **V- PROGRAMME NUTRITIONNEL**

### **Descriptif**

La vocation de notre projet est de participer au développement de la région sud de Madagascar par le biais de la lutte contre la malnutrition. Le développement durable nécessite une population en bonne santé, et donc bien nourrie.

L'utilisation de la spiruline peut améliorer la qualité nutritionnelle des aliments utilisés dans la ration quotidienne des enfants malnutris.

Pour les enfants traités dans les centres de récupération nutritionnelle, la spiruline est mélangée à la farine de céréale (maïs, sorgho), à la bouillie de riz mélangé avec du lait.

Elle est aussi utilisée pour améliorer la santé des personnes malades, des femmes enceintes, des sportifs, des étudiants, des personnes âgées.....

Elle est aussi utilisée comme aliment fortifiant pour les êtres humains bien portant. La spiruline est alors consommée dans divers aliments : boissons (jus de fruit, thé tiède...), crudités (Laitue, carottes, concombre, tomate...), fruits (banane, papaye, mangue, ananas...) et dans de yaourt.

Pour assurer l'approvisionnement des autres régions défavorisées, l'extension de sites de production est nécessaire.

Les aliments de base de la population du sud de Madagascar sont composés essentiellement de tubercules de manioc, de patate douce et maïs. Pour améliorer la qualité nutritionnelle de ces populations, un projet de préparation de farine de ces tubercules additionnée de spiruline est en cours.

Nous incitons la population malgache à utiliser la spiruline car les résultats observés sont encourageants

### **Résultats**

La distribution de la spiruline auprès des centres de récupération favorise la qualité nutritionnelle des enfants qui y sont traités.

Les résultats observés auprès des centres et des gens consommant de la spiruline sont encourageants.

L'absorption des protéines et des oligo-éléments de la spiruline s'est révélée très efficace ; les enfants ont pu quitter les centres après deux mois de traitement en atteignant le poids normal pour leur âge.

Il est à noter aussi que, d'une manière générale, la durée de traitement des personnes malades consommant la spiruline est réduite par rapport à celle de ceux qui ne l'utilisent pas.

La participation des religieux responsables des centres est de première importance car elle facilite l'utilisation de la spiruline et permet un suivi fiable de l'amélioration de la santé des enfants traités.

Au niveau de la ferme, nous éduquons et donnons des informations aux visiteurs sur les caractéristiques de la spiruline et de ses effets bénéfiques. En outre, les informations passent de bouche à l'oreille.

## **I- Formation – visite pédagogique**

La ferme Spirusud-Antenna Màna maitso forme depuis 2004 des jeunes désireux de travailler dans le domaine de la culture de spiruline. A ce jour 11 stagiaires ont effectués leur formation. La sortie de la dernière promotion a eu lieu au mois de mars dernier (06 mars 2008).



Photo 4 : Futurs producteurs de spiruline.  
Jeunes de l'association SOS Village d'Enfants à Madagascar

La ferme fait aussi partie des sites de visites pédagogiques pour les écoliers, les élèves et les chercheurs passant à Toliara lors de leur voyage d'études. De 2004 à ce jour, 1 300 jeunes ont visités la ferme Spirusud-Antenna.



Photo 5 : Visite des élèves du Lycée de Manakara  
Sud Est de Madagascar

## **VII- PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION**

Au sein du site, la recherche continue pour améliorer la qualité de notre produit.

Nous visons aussi la vulgarisation de la culture de la spiruline, en incitant les autres régions à s'y adonner.

Actuellement, notre produit est reconnu au niveau national. Il faut souligner que la production nationale actuelle ne peut pas satisfaire les besoins locaux. Un projet d'extension de site de production est en cours, afin que nous puissions distribuer la spiruline dans les zones où sévissent le

« Kere» (malnutrition et la sous alimentation) (régions Androy-Anosy). Nous cherchons des financements pour la réalisation de ce projet.

Un projet de sensibilisation est aussi en cours par le biais de la formation des jeunes (ex : SOS village de Madagascar) et ces derniers vont vulgariser la culture de spiruline et sensibiliser les différentes couches sociales vers d'autres régions cibles.

## **ÉTUDES SUR LA CYANOBACTERIE ARTHROSPIRA PLATENSIS EN MEDITERRANEE**

RAKOTOARISOA .R<sup>1</sup>, A. RIVA<sup>2</sup>, N. VICENTE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Paul Cézanne, Avenue Escadrille Normandie Niémen, 13 397 Marseille Cedex 20

<sup>2</sup> Institut Océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez, 83 140 Six Fours les Plages

<sup>3</sup> Université Paul Cézanne, Avenue Escadrille Normandie Niémen, 13 397 Marseille Cedex 20 - Institut Océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez, 83 140 Six Fours les Plages

### **Résumé**

Des essais de culture d'*Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) ont été réalisés en Camargue (Delta du Rhône) en utilisant l'eau de l'étang du Vaccarès dont les caractéristiques physico-chimiques se prêtent à la conduite d'une telle culture (salinité : 10 à 30 PSU, pH : 9).

La culture a été réalisée sous serre afin d'obtenir une température adéquate. Dans ces conditions, en utilisant les milieux de culture traditionnels, la productivité obtenue dans des bassins de type artisanal est en moyenne de 3,5 g/m<sup>2</sup>/j. Cette productivité se situe dans la moyenne de ce type de culture dans le monde en mode artisanal.

Le choix de ce mode artisanal vise à répondre à une demande toujours croissante de compléments alimentaires dans les régions défavorisées du monde.

Par ailleurs, les résultats obtenus en Camargue pourraient permettre une diversification des activités agricoles de cette région. Les expériences ont été reprises au laboratoire de l'Institut Océanographique Paul Ricard à l'île des Embiez. Des contaminations par d'autres cyanobactéries sont observées et leur toxicité étudiée.

Mots clés : Spiruline Camargue, étang du Vaccarès, Ile des Embiez, Contamination

### **Abstract**

Cultural experiments with *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) have been carried out in Camargue (Rhône Delta) by utilization of water from the Vaccarès pool whose characteristics are able to realize this culture (salinity : 10 to 30 PSU<sup>1</sup>, pH : 9).

The culture was realized under a green-house in order to maintain an adequate temperature. Under these conditions, with traditional medium of culture, the production into an artisanal pond is about 3.5 g/m<sup>2</sup>/j in average. This production is situated in the average of this type of artisanal culture in the world.

The choice of this artisanal way is to answer at a request increasing always of alimentary complements by the disadvantaged countries in the world.

Besides, the results obtained in Camargue could be able to diversify the agricultural activities of this country. Experiments are now realized at the laboratory of the Oceanographic Institute in the Embiez Island. Contamination by other cyanobacteria is observed and their toxicity studied.

Keywords : Spirulina, Camargue, Vaccarès pool, Embiez Island, Contamination

<sup>1</sup> PSU = *practical salinity unit* ou unité de salinité pratique. 1 psu = 1 g de sel (Na + Cl-) par kg d'eau de mer.

## Introduction

En 1995 Gilles Planchon (in Fox 1999) découvrait une mare naturelle de spiruline en Camargue. Aussi, en avril 2004, l'Institut Océanographique Paul Ricard réalise une étude de faisabilité d'une culture de spiruline en utilisant l'eau de l'étang du Vaccarès situé en Camargue avec pour objectif la création d'une station pilote de recherche et de formation sur la culture de spiruline.

Le delta du Rhône, situé dans le sud ouest de la France comprend de nombreux étangs d'eaux saumâtres dont le principal est l'étang du Vaccarès qui s'étend sur une superficie de 6 480 ha. Le caractère saumâtre de l'eau de ces étangs dont la salinité varie entre 10 PSU et 30 PSU s'explique par les conditions climatiques méditerranéennes du delta du Rhône. En effet, sous l'action combinée du vent, des fortes températures, et de la faiblesse des précipitations, il se crée un déficit hydrique au niveau de ces étangs. Ce déficit entraîne une remontée capillaire de l'aquifère salé de profondeur dont l'importance va croissant du Nord au Sud. Il en résulte ainsi une faible salinité pour les étangs situés dans le Nord du delta et une forte salinité pour les étangs situés à proximité du littoral. Afin de résorber ce déficit hydrique, autrefois compensé par les crues du Rhône, de l'eau douce du Rhône est apportée dans les principaux étangs grâce à des stations de pompage et des canaux d'irrigation. L'eau de l'étang du Vaccarès est donc un mélange d'eau douce et d'eau de mer dont les principales caractéristiques physico-chimiques sont les suivantes :

- une température moyenne annuelle de 14,8°C,
- un pH moyen annuel de 8,6,
- une salinité moyenne annuelle de 15 PSU.

L'analyse de la composition chimique de cette eau a logiquement montré une similitude entre cette eau et l'eau de mer. Les mêmes éléments chimiques sont retrouvés dans l'étang, avec cependant une proportion moins élevée dans l'étang pour les principaux éléments chimiques.

Les concentrations de sodium (Na), magnésium (Mg) et de chlore (Cl) sont environ réduites de moitié par rapport aux concentrations trouvées dans l'eau de mer. La différence en calcium (Ca) ne diffère que de 100 ppm entre les deux eaux, soit une différence de 25%. Les autres éléments chimiques nécessaires à la croissance de la spiruline tels que l'azote (sous forme de NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), le phosphore, le potassium, et le fer sont à des concentrations plus importantes dans l'eau de l'étang.

Durant cette étude, le matériel utilisé a été un réfractomètre manuel, un pH-mètre électronique et un disque de Secchi. A mesure que le volume de la culture augmentait, différents contenants ont été utilisés. Pour la culture en grand volume, un bassin de 10 m<sup>2</sup> installé sous une serre de type horticole a été employé.

Les milieux de culture retenus pour cette étude ont été le milieu de culture de Jean-Paul Jourdan (1999, milieu de culture de Zarrouk simplifié) ainsi que le milieu de culture de Tsarahevitra Jarisoa (2005), milieu de culture habituellement usité en eau de mer pour la culture en grands volumes.

Des engrais issus de l'agriculture traditionnelle ont été utilisés pour la préparation des différents milieux de culture. Les souches de spiruline choisies pour l'étude ont été la souche *Paracas* et la souche *Toliara*.

Le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de la culture a permis d'établir leur évolution en fonction du temps sur une année de production. Dans le cas de l'année 2005, les valeurs mesurées sont les suivantes :

	maximum	minimum	moyenne annuelle
Température en ° C	43	9.7	25.2
Salinité en PSU	30	13	25.3
pH	10.33	9.69	10.00

Avec une productivité de 3.5 g/m<sup>2</sup>/j, l'eau de l'étang du Vaccarès possède de réelles potentialités quant à son utilisation pour la culture de spiruline. Son principal inconvénient étant une instabilité de sa composition chimique découlant directement de la variabilité de la composition de l'eau du Rhône. Il est donc préconisé de réaliser un dosage préalable des principaux éléments chimiques avant chaque préparation de milieux de culture à partir de cette eau afin de déterminer la formule de milieu de culture la plus appropriée.

Les travaux réalisés sur l'île des Embiez ont pour but d'étudier la variation de la composition de la spiruline en fonction des paramètres de culture tels que la salinité, la température, l'intensité lumineuse et la composition chimique du milieu de culture utilisé.

Le principal objectif étant une éventuelle amélioration de la qualité de la spiruline. Celle-ci pourrait se traduire entre autres, par une augmentation de la teneur en composés anti-oxydants tels que la phycocyanine ou la vitamine E en utilisant des techniques transposables à de grandes surfaces de culture. Cela implique donc que ces techniques soient peu onéreuses et relativement faciles à mettre en œuvre, les rendant ainsi aisément accessibles à tout producteur de spiruline.

Pour cette étude, un autoclave permet de stériliser les différents milieux de culture tandis que les cultures en grands volumes sont réalisées dans des « raceway ». Le traitement de l'eau est effectué à l'aide de filtres à sable, et/ou de lampes à UV.

Les milieux de culture sont testés en prenant pour référence le milieu de culture de Jean Paul Jourdan. Les milieux de culture testés sont issus de la littérature. Durant cette étude, sont utilisées aussi bien l'eau douce que l'eau de mer.

### **Contaminations de la culture**

A moins de travailler dans des conditions complètement axéniques, il existe toujours un risque de contamination des cultures de spiruline par divers types d'organismes. Ce risque est d'autant plus élevé que ces cultures se font à ciel ouvert.

Parmi les modes de contamination, on peut citer l'eau, l'air (via les poussières), le matériel servant aux mesures ou par simple contact du personnel travaillant sur une culture.

Il est donc indispensable de maintenir un minimum d'hygiène dans la conduite d'une culture (nettoyage systématique du matériel avant et après chaque utilisation – se laver les mains avant d'intervenir sur une culture).

La spiruline possède cependant la spécificité de se développer dans un milieu à pH élevé et à forte salinité, ce qui réduit considérablement les risques de contamination par des microorganismes potentiellement dangereux pour l'homme (*Bacillus*, *E Coli*, *Salmonella*).

Parmi les autres organismes contaminants, on peut également noter la présence d'autres cyanobactéries ; celles-ci peuvent être dangereuses pour l'homme car certaines d'entre elles sont capables de produire des toxines dans certaines conditions aujourd'hui encore mal connues. Il existe 3 types principaux de toxines :

- les neurotoxines qui s'attaquent au système nerveux, (ex. microcystines)
- les hépatotoxines qui s'attaquent au foie,
- les dermatotoxines qui provoquent des démangeaisons ou des irritations cutanées.

Une hypothèse a été émise pour tenter d'expliquer la synthèse de toxines par les cyanobactéries. Celles-ci produiraient des toxines lorsque deux ou plusieurs espèces entrent en compétition pour l'exploitation du milieu.

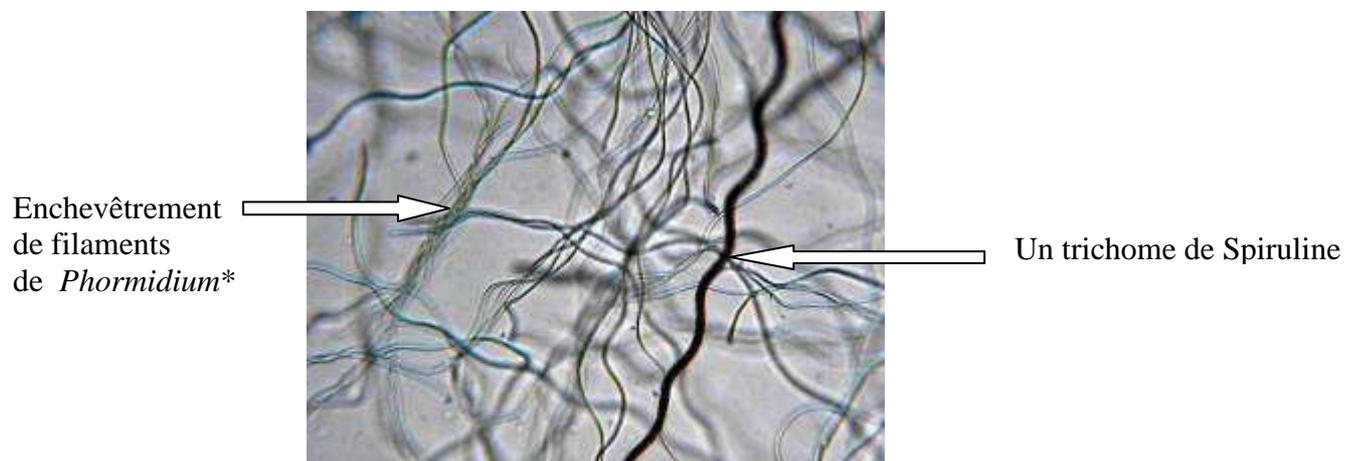
Parmi les algues contaminantes, se trouve la chlorelle qui apparaît généralement lorsque la culture de spiruline est très peu dense.

Nombre de protozoaires se trouvent aussi dans une culture de spiruline. Cependant, ils sont en général non nuisibles pour la culture. En effet, ils contribuent au maintien de la propreté du milieu de culture en se nourrissant des déchets métaboliques (exopolysaccharides) issus de la croissance de la spiruline.

Au mois de décembre 2007, est apparu dans toutes les cultures de spiruline réalisées sur l'île des Embiez, un organisme filamenteux ayant l'apparence de la cyanobactérie *Phormidium*<sup>2</sup> qui se caractérise par les critères suivants:

- Au niveau morphologique : présence d'une calyptre avec parfois une incurvation du filament,
- Longueur moyenne d'un filament : 900  $\mu\text{m}$ ,
- L'observation au microscope permet de noter une faible mobilité des filaments,
- Cet organisme possède des pigments : chlorophylle et phycocyanine,
- Dans le milieu de culture, les filaments peuvent se présenter sous forme individuelle ou sous la forme d'un épais enchevêtrement de filaments.

Lorsque la spiruline et cet organisme se retrouvent dans le milieu de culture, il se produit l'emprisonnement des filaments de spiruline dans l'enchevêtrement des filaments de *Phormidium*<sup>2</sup>. Il s'ensuit une destruction des filaments de spiruline à partir de leur extrémité entraînant une réduction progressive de leur taille.



## Tests de toxicité

Des tests expérimentaux physico-chimiques ont été réalisés sur cet organisme contaminant en prenant pour référence les seuils de tolérance physiologique de la spiruline.

- pH : cette cyanobactérie se développe jusqu'à un pH de 11,06. Au-delà, la culture régresse ensuite avec une diminution progressive du pH. Elle se maintient en vie dans les milieux de culture neutres, voire légèrement acides (6). A ces valeurs, il n'y a pas de développement de ces cultures. A un pH de 2, on note la destruction des filaments.
- Test de choc thermique : aucun changement morphologique des filaments n'a été constaté.
- Test de choc osmotique : élévation/diminution brusques de la salinité du milieu de culture n'ont aucun effet sur cet organisme. Salinité minimale requise pour la croissance : 8 PSU
- Test d'empoisonnement chimique à l'ammoniaque (NH<sub>4</sub>) : aucune influence sur la culture

## Tests expérimentaux biologiques

Ces tests ont été réalisés afin de déterminer si la cyanobactérie *Phormidium*<sup>2</sup> produisait une toxine pour éliminer la spiruline du milieu de culture. Des artémias (*Artemia salina*) ont été utilisées pour ces tests de toxicité. Pour chacun de ceux-ci, trois lots ont été mis en place. Le premier, servant de témoin, contenait de l'eau de mer stérilisée (T1). Le second lot contenait le milieu de culture à tester, c'est-à-dire le milieu de culture dans lequel se sont développés *Arthrospira* et *Phormidium*<sup>2</sup> (T2). Enfin, le dernier lot était composé du milieu de culture neuf qui a été utilisé pour développer *Arthrospira* et *Phormidium*<sup>2</sup> (T3).

Le premier test de toxicité a été effectué alors que la spiruline et *Phormidium*<sup>2</sup> étaient présents dans le milieu de culture.

Le second test de toxicité a été réalisé deux semaines après le premier test alors que la spiruline avait totalement disparu des cultures. Au terme de 6h d'expérimentation, si les artémias sont vivantes, le milieu de culture est considéré comme non-toxique (Ripley F. - 1999)

## Résultats des tests de toxicité

1<sup>er</sup> test :

T1 : après 12h de test, toutes les artémias restent vivantes.

T2 : au terme de 6h de test, les artémias sont vivantes mais avec une très faible motilité. Au bout de 12h, elles meurent.

T3 : après de 12h de test, toutes les artémias restent vivantes.

Conclusions : les résultats de ce premier test permettent de conclure qu'une substance était présente dans le milieu de culture et que celle-ci a été vraisemblablement synthétisée par *Phormidium*<sup>2</sup> ; la synthèse de toxines n'ayant jamais été observée à ce jour chez *Arthrospira platensis*. Faute d'un matériel adéquat, l'identification de cette substance n'a pas pu être réalisée.

2<sup>ème</sup> test :

T1 : après 12h de test, toutes les artémias restent vivantes.

T2 : après 12h de test, toutes les artémias restent vivantes.

T3 : après 12h de test, toutes les artémias restent vivantes.

Le second test de toxicité permet de noter que lorsque la cyanobactérie *Phormidium*<sup>2</sup> est la seule espèce présente dans la culture, celle-ci ne contient aucune substance toxique (nocive, délétère) pour les artémias.

Les résultats de ces tests de toxicité semblent confirmer l'hypothèse selon laquelle la synthèse de toxines par une cyanobactérie se produit lorsque plusieurs espèces entrent en compétition pour l'exploitation du milieu. Les toxines produites permettent ainsi à une cyanobactérie d'éliminer les espèces concurrentes.

## Conclusion

Les études ultérieures sur cette cyanobactérie contaminante auront pour objectif son identification taxonomique précise, l'établissement d'une éventuelle toxicité (dans le cas où celle-ci serait avérée, déterminer la nature de la toxine). Une analyse de sa composition permettra de savoir si elle possède des composés intéressants autres que la phycocyanine. L'ensemble des résultats de l'analyse permettront de définir s'il y a des applications envisageables pour cette cyanobactérie. Le dernier volet de l'étude consistera à trouver des moyens efficaces pour éliminer cet organisme d'une culture de spiruline en privilégiant la méthode biologique, notamment par la recherche d'un prédateur naturel qui se nourrit préférentiellement de *Phormidium*<sup>2</sup> et/ou de l'introduction d'une espèce concurrente non nuisible à la spiruline.

## Références bibliographiques

Chaumont D., 1995 - Bases physiologiques et technologiques de la conception de photobioréacteurs pour la culture contrôlée de microalgues. Application à l'étude de la plasticité métabolique de *Phorphyridium cruentum* Naegli et *Haematococcus pluvialis* Flotow. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme, 245 pp.

Fox R.D., 1986 - Algoculture, la Spiruline, un espoir pour le monde de la faim, Edisud, Aix-en-Provence, 319 pp.

Fox R.D., 1999 - Spiruline, technique pratique et promesse. Edisud, Aix-en-Provence, 246 pp.

Jourdan J.P., 1999 - Cultivez votre spiruline. Antenna Technologie, Genève, 143 pp.

Jarisoa T., 2004 - Culture de la spiruline en eau de mer. Thèse de doctorat en Océanologie appliquée, Université de Toliara, Madagascar, 272 pp.

Zarrouk C., 1966 - Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Stech & Gardner) Geitler. Thèse de doctorat en Sciences appliquées, Facultés des Sciences de l'Université de Paris, 184 pp.

<sup>2</sup> *Phormidium* = *Jaaginema kuetzingianum* (Nägeli in Kützing) Anagnostidis et Komárek 1988.

# LA MONOCULTURE ALGALE, UNE ACTIVITÉ DÉLICATE

## Cas de la Spiruline

Frédéric ZONGO<sup>1</sup> et Bilassé ZONGO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université d'Ouagadougou, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre

<sup>2</sup> Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales 09 BP 848 Ouagadougou 09 Burkina Faso.

### Résumé

La monoculture algale est une activité très délicate. Elle nécessite beaucoup de précautions dont entre autres : sa réalisation dans une enceinte bien protégée, la manipulation du milieu avec des comportements hygiéniques très stricts ; un suivi rigoureux des différents facteurs pouvant influencer le développement de l'algue cultivée. Le genre *Spirulina* Turpin, algue filamenteuse appartenant à l'embranchement des Cyanophyta et à la famille des Oscillatoriaceae regroupe plusieurs espèces dont *Spirulina platensis* Norsted. Cette algue capable de photosynthèse, se développe en milieu salé et alcalin pourvu de nutriments. Au vu de la capacité des algues et de certains microorganismes de s'adapter à différents milieux, il est utopique de réaliser une culture pure de cette algue. Cette monoculture pure n'étant possible que dans une enceinte close réunissant tous les facteurs nécessaires. Un autre problème est la morphologie de la Spiruline en fonction des conditions du milieu (spirale, ondulée, droite). D'autres algues de la même famille ont normalement la forme ondulée ou spiralee, d'où la nécessité d'un suivi de la culture par un spécialiste (algologue), afin de déceler la présence de contaminants, dont certains sont capables de produire des molécules toxiques (hépatotoxines, Neurotoxines, Dermatotoxines).

Mots clés : Monoculture, Spiruline, contaminants,

### LES ALGUES

#### Généralités

Les algues ou phycophytes (du grec ; phukos = algues et phuton = plantes) sont des thallophytes chlorophylliens, donc capables de photosynthèse. Elles élaborent en présence de la lumière, grâce aux pigments assimilateurs contenus dans les plastides, leurs propres molécules organiques à partir des éléments minéraux du milieu (eau, gaz carbonique). Elles sont donc autotrophes.

Les algues sont typiquement, des organismes aquatiques. Elles forment de grands peuplements en milieu marin, peuplements à partir desquels se nourrissent les organismes incapables de photosynthèse. Du point de vue écologique, elles constituent le premier maillon des chaînes alimentaires: ce sont les producteurs quasi exclusifs des mers et des océans (7/10 de la surface du globe). Elles sont aussi fréquentes en eau douce (lacs, mares, ruisseaux). Elles sont plus rares en milieu aérien (poussière verte des troncs d'arbres, terre humide).

Pour réaliser la photosynthèse, les algues sont tributaires de la lumière. A côté de nombreuses formes unicellulaires, solitaires ou coloniales, se rencontrent des algues pluricellulaires.

Les algues sont divisées en six grands groupes d'après la nature des pigments et des réserves cellulaires. Ce sont : les Cyanophyta, les Rhodophyta, les Heterokontophyta, les Euglenophyta, les Pyrrophyta et les Chlorophyta (BOURRELLY 1990).

Pour cette communication nous nous intéresserons uniquement à l'embranchement des Cyanophyta auquel appartient le genre *Spirulina* Turpin de la famille des Oscillatoriaceae qui fait l'objet du présent colloque. Notre ambition en tant que taxinomiste, est de mettre à la disposition de ceux qui s'intéressent à la culture de cette micro-algue un certain nombre d'informations relatives surtout à la morphologie des micro-algues filamenteuses appartenant à l'embranchement des Cyanophyta. Afin de leur permettre de savoir que si les différentes espèces appartenant au genre *Spirulina* Turpin peuvent être droites, onduleuses ou spiralées selon les conditions du milieu de culture, il se trouve que d'autres genres du même embranchement sont naturellement droites, onduleux ou spiralés. La présence de formes droites onduleuses ou encore spiralées dans leur milieu de culture peut être due à des contaminants.

## **I- Caractéristiques des Cyanophytes**

Les Cyanophyta ou Cyanobactéries sont des micro-organismes photosynthétiques contenant souvent en abondance un pigment, la phycocyanine qui leur confère une couleur bleue (d'où la racine Cyano). Grâce à la chlorophylle « a » et aux photosystèmes très semblables à ceux des végétaux, **elles synthétisent des sucres et du dioxyde de carbone. De ce fait, elles se rapprochent des algues.**

**En raison de l'absence d'une membrane isolant le matériel nucléaire (ADN...)** du contenu de leurs cellules, **elles sont assimilables aux bactéries** et définis par conséquent comme des **procaryotes**.

Pour les raisons ci-dessus mentionnées, elles sont classées par les microbiologistes dans le règne des **Eubactéries** d'où l'appellation de **Cyanobactéries** et par les botanistes dans le règne végétal d'où le nom de **Cyanophyta**.

### **I.1- Caractéristiques morphologiques**

Les Cyanophyta correspondent à des organismes unicellulaires ou pluricellulaires dans le deuxième cas, les cellules sont regroupées de façon plus ou moins ordonnée dans un mucilage (colonies mucilagineuses), ou disposées en une seule série aux éléments plus ou moins jointifs (= filament).

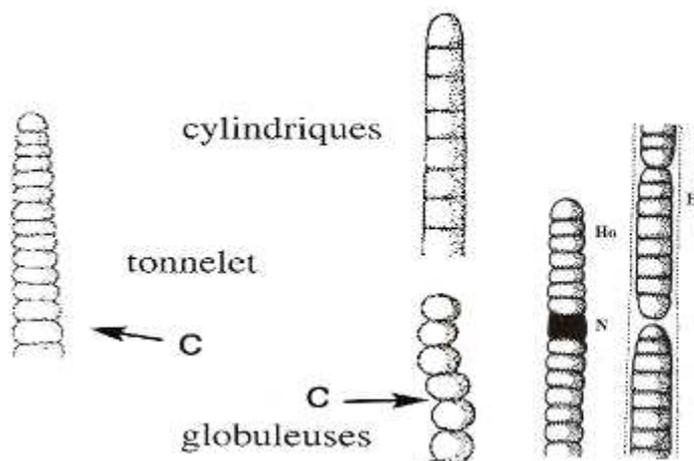
#### I.1.1- Modèles de cellules dans le cas des Cyanophyta filamenteuses

Au microscope photonique, trois modèles de cellules peuvent être observés chez les Cyanophyta filamenteuses il s'agit :

- des cellules végétatives

Elles constituent l'essentiel de l'organisme, elles sont toutes identiques les unes aux autres. Ces cellules peuvent être cylindriques, en tonnelet ou globuleuses. Dans le cas des formes filamenteuses, la façon dont les cellules sont unies les unes aux autres constitue un caractère systématique. Ainsi, soit elles sont soudées sur toute la longueur des cloisons, soit seule une partie assure la liaison avec la cellule suivante (constriction).

Certains filaments montrent une zone intermédiaire à contenu évanescent, faite de cellules mortes ou **nécriques (N)** dont le rôle est de favoriser le fractionnement du filament en plusieurs segments, les Hormogonies (Ho), constituées de quelques cellules qui joueront un rôle dans la dispersion de la population ;

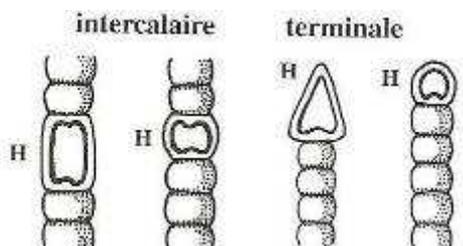


C = constriction

**Fig. 1 : Formes des cellules chez les Cyanophyta**      **Fig.2 : Formation d'hormogonies**  
- les hétérocytes (H)

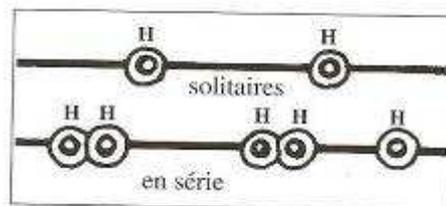
Ce sont des cellules différentes des autres, elles sont, en général, facile à reconnaître grâce à leur paroi épaisse et à leur contenu semblant vide. Leur forme (cylindrique, sphérique, conique, sphérique et leur emplacement (intercalaire, terminal) dans le filament doivent être repérés. Les hétérocytes peuvent aussi se présenter solitaires ou en série

Positions



Forme des hétérocytes :

*Cylindrique – sphérique - conique - sphérique*

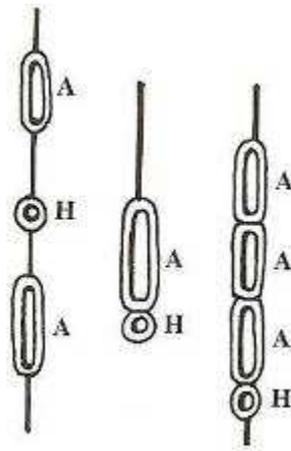


**Fig. 3 : Position et formes des hétérocytes**

**Fig. 4: Autres présentations des hétérocytes**

- les akinètes (A)

Ce sont des cellules de diamètre plus grand que celui des deux autres catégories lorsqu'elles sont arrivées à maturité de sorte qu'elles sont faciles à reconnaître. L'épaisseur importante de leur paroi les faisant apparaître très réfringentes, et leur contenu très riche en granules de réserves les rendent aisées à distinguer. Les caractères à noter à leur propos sont les dimensions, la forme (cylindrique, globuleuse, sphérique...), la couleur et l'éventuelle ornementation de leur paroi, leur position par rapport aux hétérocytes et le fait qu'ils sont solitaires ou en série. Ils ne sont jamais en position apicale.



**Fig. 5 : Positions possibles des hétérocytes par rapport aux akinètes**

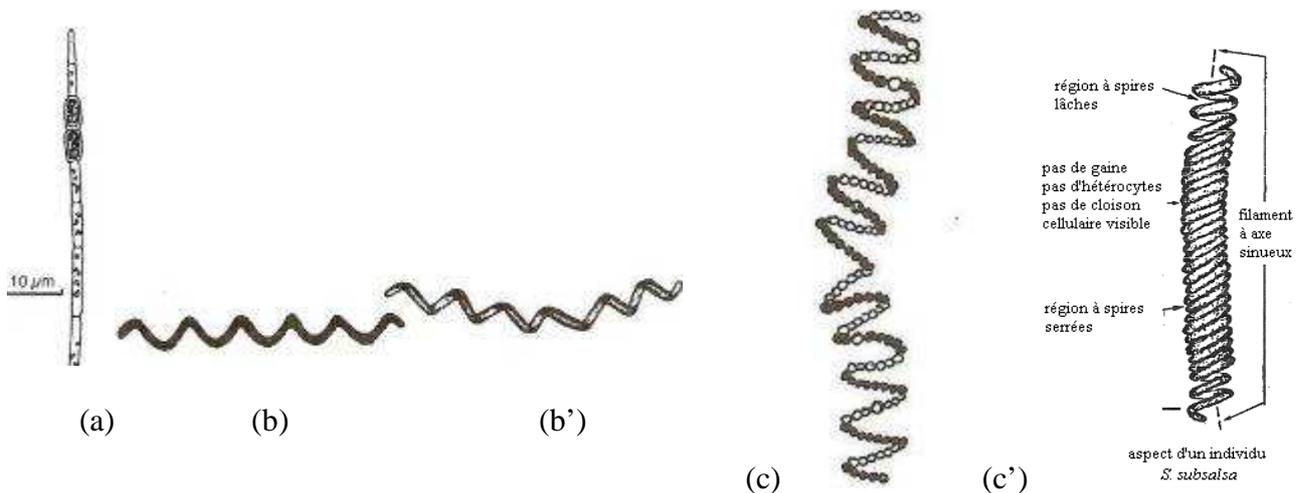
Ce sont des spores, c'est-à-dire des cellules de résistance destinées à assurer la survie de l'espèce au cours des périodes climatiques difficiles ou de catastrophes écologiques. Lorsque les conditions redeviennent favorables, ces formes de résistance qui se sont détachées de l'organisme en cours de dégradation, germent et donnent chacune un nouvel individu.

Les akinètes ne peuvent être observés que dans les formes filamenteuses.

Un filament peut être constitué uniquement de cellules végétatives (fig.) ou de cellules végétatives et d'hétérocytes ou enfin des trois modèles de cellules ci-dessus décrites.

#### Formes des Cyanophyta filamenteuses

Les Cyanophyta filamenteuses peuvent être droites (Fig. 6a), onduleux (Fig. 6b et b') ou spiralé (Fig. 6c et c').



**Fig. 6 : Différentes formes de Cyanophyta filamenteuses**

La présence :

\* de cellules spécialisées telles que les hétérocytes (H) n'est pas toujours évidente : certains filaments n'en possèdent pas, soit parce qu'ils sont immatures après germination (ou fractionnement d'un filament), soit que les conditions inhibent leur apparition. Ainsi, en milieu riche en azote dissous, les hétérocytes chez les genres *Aphanizomenon* ou *Anbaena* sont très rares voire absents. Ceux-ci n'apparaîtront que lorsque la capacité à utiliser l'azote gazeux deviendra un atout compétitif ;

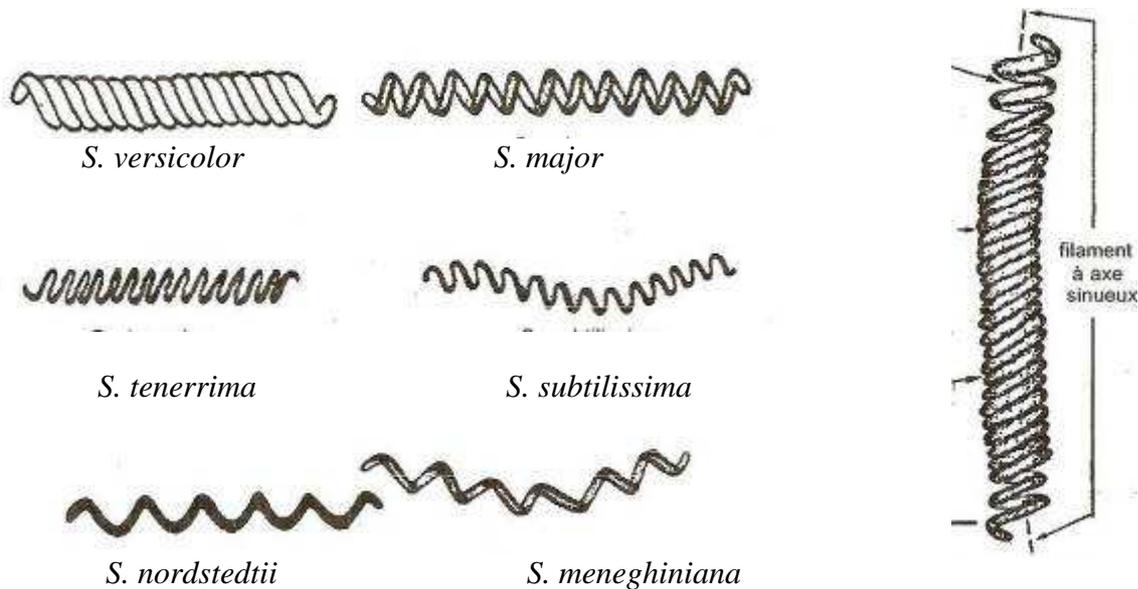
\* d'akinètes est souvent rare, car ces spores n'apparaissent généralement que chez les populations matures.



**Fig.7 : Cyanophyta filamenteuse (genre *Anabaena*) présentant une akinète et deux hétérocytes**

Concernant particulièrement le genre *Spirulina* Turpin, les différentes espèces (8) vues au microscope photonique sont de type filamenteux présentant les caractères suivants : (a) non ramifié, (b) sans hétérocytes ; (c) sans gaine visible ; (d) typiquement spiralé, mobile ; (e) pas de cloisons transversales visibles au microscope optique (f) diamètre généralement de 1-5  $\mu\text{m}$ . L'axe du filament est sinueux.

Un certain nombre d'espèce appartenant au genre *Spirulina* Turpin (Fig.8) (*Spirulina tenerrima* ; *S. subtilissima* ; *S. nordstedtii* ; *S. meneghiniana* ; *S. versicolor* ; *S. major* ; *S. subsalsa* ; *S. maxima* ; *Spirulina platensis*) ont été décrites, dont les caractères distinctifs portent sur le degré de spiralisation et le diamètre des trichomes, leur couleur, etc... Certains auteurs considérant que ces caractères sont variables pour justifier des espèces séparées et rassemblent toutes les formes sous le nom de *S. subsalsa* Oersted.



Aspect d'un individu de *S. subsalsa*

**Fig. 8: Différentes espèces du genre *Spirulina* Turpin**

Pour une personne non avertie l'observation au microscope de formes droites ou onduleuses ou encore spiralées possédant ou non des hétérocytes et/ou des akinètes dans un échantillon prélevé

dans un bassin de culture de spiruline sera automatiquement considérée comme une spiruline. En effet selon la littérature, sous l'effet d'une modification de certains facteurs physico-chimiques du milieu de culture, la spiruline normalement spiralée peut se déspecialiser (spirales lâches à très lâches (onduleuses), et même devenir droite.

Nous nous trouvons ici dans une situation où l'œil d'une personne avertie est plus que indispensable car comme indiqué ci-dessus certaines Cyanophyta filamenteuses peuvent être naturellement droites (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Limnothrix*, *Oscillatoria* etc.) onduleuses (*Limnothrix*, *Oscillatoria*, *Lyngbya* etc.) ou spiralées (*Anabaena*, *Anabaenopsis* etc.). La confusion de ces dernières avec la spiruline est vite arrivée surtout lorsque ces organismes sont dépourvus d'hétérocytes et d'akinètes.

Au vu de l'existence de ces Cyanophyta naturellement droites, onduleuses ou spiralées et également leur capacité à s'adapter aux différentes conditions de leur milieu de vie, nous disons et soutenons que la monoculture algale est une activité très délicate. Elle est d'autant plus délicate que certaines micro-algues sont capables de synthétiser des toxines (hépatotoxines, neurotoxines, dermatotoxines) dont les effets sont de court, moyen à long termes.

Exemples :

- comme hépatotoxine nous avons la Cylindrospermopsine produite par une algue filamenteuse du genre *Cylindrospermopsis* ;
- comme dermatotoxine il y a la Lyngbyatoxine élaborée par une algue du genre *Lyngbya*.

#### Recommandations pour une culture de spiruline à peu près saine

Considérant les caractéristiques morphologiques des Cyanophyta filamenteuses ci-dessus mentionnées et afin de conduire de façon saine une culture de spiruline dépourvue de contaminants, nous recommandons :

1- que des notions d'algologie relatives surtout à la morphologie des Cyanophyta filamenteuses soient dispensées aux futurs conducteurs de culture de spiruline

2- la conduite de la culture de la spiruline dans des bassins sous serre afin de les protéger contre toutes souillures (féces d'oiseaux, risques de chutes de débris végétaux, d'animaux et autres dans les bassins) ;

3- une formation en hygiène des personnes devant conduire la culture afin d'éviter les risques de contamination du milieu de culture par des agents pathogènes tels que les salmonelles

4- que périodiquement des observations microscopiques soient effectuées sur des échantillons prélevés dans les bassins afin de déceler ou non la présence de contaminants et/ou de kystes d'agents pathogènes

#### **Références bibliographiques**

Bourelly P., 1981. Les algues d'eau douce : les algues bleues et rouges. Tome III. Ed. Boubée, 606 pp.

Leitão M. et Couté A., 2005. Guide pratique des Cyanobactéries planctoniques du grand ouest de la France. Ed. AESN, 63 pp.

## AMELIORATIONS TECHNIQUES DE LA PRODUCTION LOCALE DE SPIRULINE

Jean-Paul JOURDAN

Technap /Antenna Technologie - France

[j.p-jourdan@orange.fr](mailto:j.p-jourdan@orange.fr)

---

### Résumé

Revue des principales améliorations techniques que l'auteur considère comme importantes pour le développement futur de la production décentralisée de spiruline. Les principaux points en sont : démarrage matinal à chaud, protection par serre, remplacement du bicarbonate comme source de carbone, recyclage du milieu de culture usé, économies d'eau douce, tolérer les spirulines droites, enrichissement de la spiruline, promotion de la spiruline fraîche, séchage thermodynamique, salle propre, recherche d'intrants locaux, optimisation du procédé selon la latitude, plus un peu de prospective à long terme.

### Abstract

A review of the main points of technical progress envisioned by the author for the future development of local spirulina production. The main items are : warm morning start, protection by a greenhouse, replacing bicarbonate as a carbon source, recycling the spent culture medium, preserving the soft water resources, accepting straight spirulina forms, enriched spirulina, promoting fresh spirulina use, thermodynamic drying, applying good practices used in the food industry, search for self sufficiency for inputs, optimizing the process according to the latitude, and some prospective considerations for the long term.

### Introduction

Voici quelques points sur lesquels devrait porter l'effort de développement pour améliorer la technique de production de spiruline dite « artisanale » ou « décentralisée ». Ces points, qui concernent surtout la productivité, la qualité et la protection de l'environnement, sont intégrés dans l'enseignement dispensé aux stagiaires du CFPPA de Hyères mais ils ne constituent pas une liste exhaustive, ni normative.

#### 1. Démarrer chaud le matin

Pour améliorer la productivité il y a deux grands moyens indépendants : mieux agiter et démarrer la journée avec un bassin déjà chaud.

L'agitation, qui est un grand sujet en soi faisant appel à la mécanique des fluides, ne sera pas abordée ici.

Sur le deuxième point, qui concerne surtout les régions où les nuits sont fraîches, il existe plusieurs façons simples d'intervenir, dont l'installation d'une pompe à chaleur démarrant un peu avant le lever du soleil ou bien, ce qui peut être moins cher et plus radical, l'isolation nocturne du bassin ou la vidange de la culture le soir dans une cuve isolée, comme cela se pratique avec succès

depuis 10 ans en Equateur. Le maintien de la culture chaude la nuit demande un réglage délicat de l'aération nocturne pour maintenir la respiration à son minimum.

## **2. Travailler sous serre**

L'intérêt d'une serre est moins net en Afrique qu'en Europe, mais elle apporte nombre d'avantages qui obligent à la considérer sérieusement : maîtrise du climat (température, ombrage, pluie et vent) et des intrusions (poussières, animaux, pluie), réduction de la consommation d'eau et possibilité d'utiliser du CO<sub>2</sub> dilué.

## **3. Supprimer le bicarbonate comme source de carbone**

A terme, les producteurs de spiruline devront être irréprochables du point de vue environnement et conservation des ressources naturelles.

Actuellement la majorité des petits producteurs utilisent le bicarbonate de soude pour apporter du CO<sub>2</sub> à leurs cultures, mais cela les oblige à se débarrasser d'importantes purges de milieu de culture usé riche en carbonate de soude. Il est beaucoup plus rationnel, propre et finalement bon marché de remplacer le bicarbonate par du CO<sub>2</sub>. De plus le producteur de spiruline acquiert ainsi le statut de consommateur de gaz à effet de serre et pourrait prétendre à être subventionné à ce titre dans le cadre du protocole dit de Kyoto.

## **4. Purifier le milieu de culture**

Pour supprimer complètement les purges de milieu de culture, il convient d'ajouter un système de recyclage des purges faites dans le but de maintenir le milieu propre et les récoltes faciles. Certes il est théoriquement possible d'évaporer à sec ces purges puis de les calciner en atmosphère oxydante à très haute température manière à les transformer en un mélange de sels riche en carbonate de sodium recyclable à la culture. Mais il plus écologique d'utiliser une combinaison de traitements physiques (décantation, filtration) et d'épuration biologique comme celle en usage depuis des années à la ferme de spiruline Biorigin près de Quito, Equateur. Son directeur écrivait en février 2008 : « *En ce qui concerne notre système d'épuration, non nous n'avons procédé à aucune purge du milieu. Nous avons bien nettoyé à plusieurs reprises les cuves de la station d'épuration, mais nous ne procédons jamais à des purges de milieu depuis la mise en route du système* » (c'est-à-dire depuis 2001), alors qu'auparavant il fallait purger 1 %/jour soit l'équivalent d'un renouvellement trimestriel du milieu.

## **5. Préserver la ressource en eau douce**

La préservation de la ressource en eau est un grand sujet, mais la combinaison de l'usage de serres et de CO<sub>2</sub> permet de réduire largement la consommation d'eau d'une ferme de spiruline. Ainsi dans l'étude d'optimisation citée au § 12 ci-dessous, la moyenne de consommation d'eau des 10 sites africains utilisant des bassins sous serre n'est que de 155 litres par kilo (sec) de spiruline : à ce niveau exceptionnellement bas pour une production agricole, l'alimentation par eau de mer dessalée devient très envisageable.

Il sera aussi possible de mettre au point le procédé de culture en eau de mer du Professeur Mario Tredici. Ce procédé utilise un milieu de culture à base d'eau de mer stérilisée additionnée de 1 g/l de bicarbonate, plus urée, phosphate et fer, sous contrôle strict du pH (par ajout de CO<sub>2</sub>) autour de

8,2. L'augmentation de la salinité due à l'évaporation est maintenue à un niveau compatible avec une productivité acceptable (salinité inférieure à 55 g/l) par purges de milieu compensées par addition d'eau de mer stérilisée. Pour que ce procédé puisse être exploité il faudra obtenir l'autorisation de rejet en mer de ces purges (préalablement traitées pour en éliminer notamment l'azote et le phosphore) et il faudra aussi s'assurer que la spiruline produite est conforme aux normes bactériologiques malgré le bas pH du milieu de culture. Un tel procédé paraît inadapté à une production décentralisée.

## **6. Apprendre à utiliser les souches droites**

Les spirulines droites sont souvent difficiles à éliminer des cultures mais considérées comme indésirables, notamment à cause de la lenteur de leur filtration. Cependant elles présentent quelques traits intéressants de robustesse et de productivité et certains producteurs s'en accommodent, quitte à munir leurs filtres de vibrateurs et à vérifier plus fréquemment l'absence d'algues étrangères toxiques (car certaines ressemblent à des spirulines droites).

## **7. Enrichir la spiruline**

Comme tous les aliments naturels la spiruline ne contient pas tous les éléments préconisés par l'OMS, ni dans les bonnes proportions. Mais il est facile d'augmenter sa teneur en certains éléments en les mettant dans le milieu de culture en concentration adéquate comme il est pratiqué couramment pour le fer, le zinc et le sélénium, par exemple. On peut obtenir le même résultat en faisant séjourner la spiruline dans un milieu enrichi en éléments voulus.

## **8. Promouvoir la spiruline fraîche**

Pour bon nombre de consommateurs la spiruline fraîche (vivante) est préférable à tout autre présentation pour plusieurs raisons : prix de revient largement inférieur, pas d'odeur ni de goût, facilité d'utilisation, préservation des vitamines. Pour l'autoconsommation (personnelle ou d'une communauté comme un orphelinat, un hôpital, etc) ce mode de distribution ne pose pas de grand problème et il est effectivement utilisé, par exemple à Davougon, Bénin où il est pratiqué depuis 1993 dans le cadre d'un dispensaire.

En variante, la congélation en couche mince est une excellente solution pour un stockage de longue durée.

Une autre variante permettant une distribution facile tout en préservant la qualité et le prix de revient est le « mix drying » promu par R.D. Fox. Elle consiste à mélanger intimement environ 15 % de spiruline fraîche avec une farine deshydratée et éventuellement précuite, en utilisant un appareil bien adapté comme le mélangeur Forberg. Cela permet aussi d'ajouter facilement à ce stade des compléments si l'on désire fortifier le mélange en CMV (compléments minéraux et vitamines).

## **9. Perfectionner séchage et conditionnement**

Si l'on doit sécher la spiruline, il est exclu d'utiliser l'atomisation (spray drying) qui ne s'applique qu'à des productions de grande taille et confère souvent au produit une odeur et un goût si désagréables qu'ils ont souvent discrédité la spiruline aux yeux d'un trop large public et favorisé le conditionnement en comprimés et surtout en gélules fort coûteuses.

Le séchage peut se faire avantageusement en séchoir thermodynamique (à déshumidificateur), à température modérée, comme cela se pratique déjà depuis des années à la ferme de spiruline de SAP-La Mé, Côte d'Ivoire. Ce système consomme peu d'énergie et assure un séchage très doux et de plus, si l'on remplace l'air par un gaz inerte, à l'abri de l'oxygène donc sans déperdition de vitamines.

De même le conditionnement devra se faire sous vide (ou éventuellement sous gaz inerte), comme le café moulu, de manière à ce que la teneur en vitamines oxydables, surtout le bêta-carotène, ne baisse pas au cours du temps.

## **10. Travailler en « Salle propre »**

Ces mesures simples seront à mettre en œuvre dès que possible « en salle propre » selon les normes de l'industrie agro-alimentaire et permettront de vendre un produit excellent et se conservant plus de 4 ans. Cette salle doit être climatisée, permettant le port de protections hygiéniques adéquates par le personnel.

## **11. Viser l'autonomie en intrants**

Pour que les producteurs africains deviennent réellement autonomes il faut qu'ils puissent approvisionner eux-mêmes intrants et matériels. Priorité doit être donnée aux produits fabriqués en Afrique, ou au moins achetables en Afrique, sans pour autant exclure quelques importations quand elles sont inévitables. Les produits qui posent principalement problème sont : toile de filtration, films de serre, sachets aluminisés pour le conditionnement, phosphate, magnésium et CO<sub>2</sub>.

La toile de filtration industrielle universellement utilisée, et fort chère, doit pouvoir être remplacée par des tissus disponibles sur place, quitte à faire un peu de recherche et à munir les cadres de filtration de vibrateurs électriques pour accélérer la filtration.

Le film de serre standard est déjà bien utilisé dans certains pays d'Afrique pour la production florale (roses) et l'horticulture, et il serait étonnant qu'un commerce local s'instaure pour ce produit.

De même les sachets aluminisés sont certainement déjà utilisés en Afrique pour l'emballage de certains produits délicats (café moulu, plantes aromatiques ?) : enquête à faire.

Le phosphate et le magnésium sont deux intrants posant parfois problème en Afrique, mais des procédés chimiques simples permettent une fabrication locale à partir d'os, de cendre et d'acide sulfurique.

Le cas du CO<sub>2</sub> est facile à régler là où fonctionnent des brasseries ou des fabriques d'alcool. Sinon le recours au gaz de compost est envisageable (avec serre), le climat chaud facilitant le compostage des résidus végétaux..

Les producteurs pourront organiser des filières d'approvisionnement ou des coopératives comme cela commence à se pratiquer au Burkina Faso.

## **12. Optimiser le procédé selon la latitude**

Une étude comparative des climats a été faite à l'aide du logiciel d'optimisation de la production de spiruline « Spirpac-f »\*, en maintenant identiques les variables économiques, et en prenant comme critère d'optimisation le prix de revient de la spiruline fraîche (on obtiendrait des

résultats différents avec le bénéfice comme critère). En voici le résultat, qui est approximatif, sachant qu'il s'agit plutôt d'un cas d'école que d'une étude professionnelle, mais qui décrit bien la tendance :

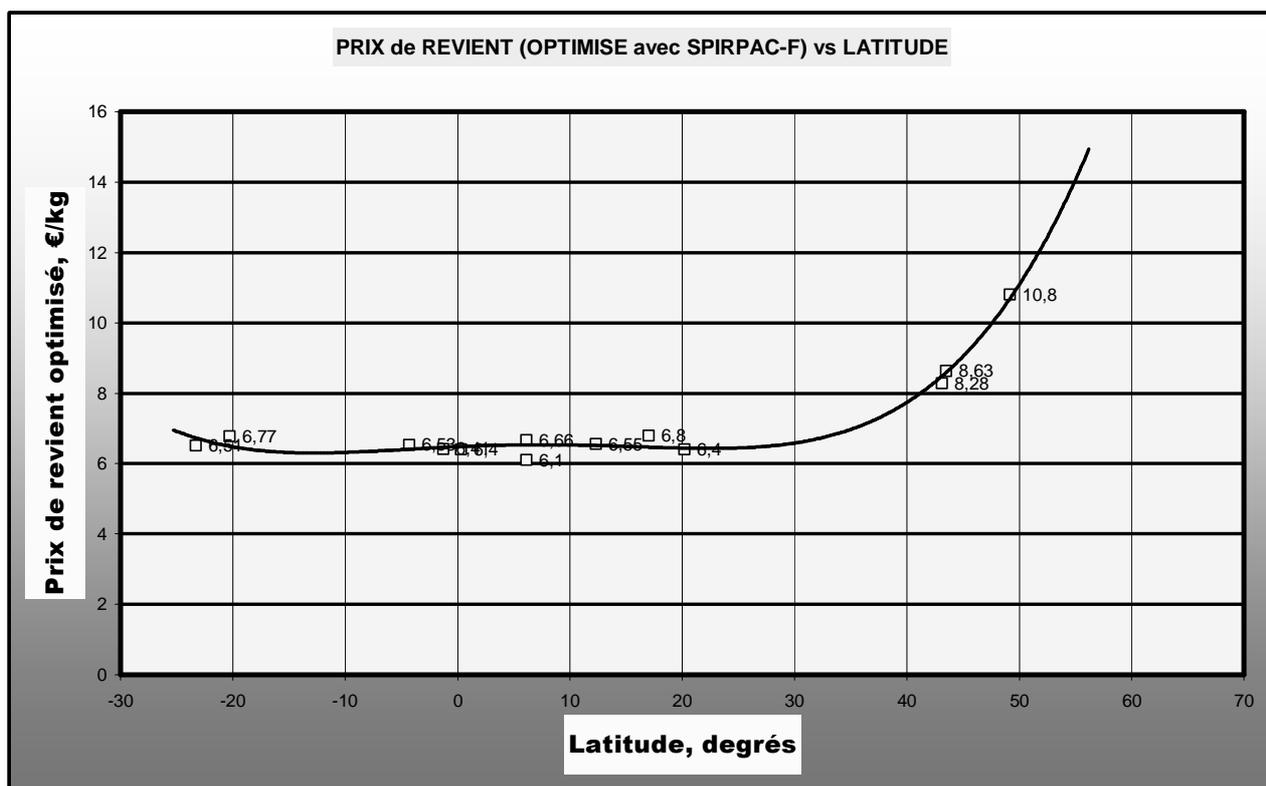
SITE	Latitude, degrés	Altitude, mètres	Prix de revient, €/kg	Productivité, g/jour/m <sup>2</sup>	Bénéfice, €/an/m <sup>2</sup>
CAEN	49,3	30	10,80	5,74	17,19
MONTPELLIER	43,5	5	8,63	7,03	26,60
HYERES	43,12	5	8,28	8,94	29,29
TAMANRASSET	22,5	1400	6,95	10,67	46,91
AGADEZ	17,0	500	6,80	10,33	49,01
OUAGADOUGOU	12,3	300	6,55	10,23	46,48
CANARIES	20,18	50	6,40	10,36	47,66
BANGUI	6,13	366	6,66	6,76	30,43
LOME	6,13	25	6,10	10,06	47,36
KAMPALA	0,33	1155	6,41	8,94	41,07
KINSHASA	- 4,3	316	6,53	9,44	42,98
MORONDAVA	-20,28	2	6,77	8,77	39,15
TOLIARA	-23,3	10	6,51	9,33	42,53

(Le bénéfice est basé sur une valorisation à 19 €/kg de sec)

La corrélation prix de revient/latitude est forte comme le montre le graphique ci-dessous, mais l'influence de la latitude est quelque peu réduite par l'optimisation qui adapte les paramètres de production en fonction du climat. Cette adaptation est un élément important d'amélioration du prix de revient.

Dans cette étude le recyclage intégral du milieu de culture a été imposé pour préserver l'environnement ; les phénomènes de photolyse et de photoinhibition selon Vonshak ont été pris en compte.

Dans 12 cas sur 13 une serre s'est avérée optimum (dont 7 cas avec double vitrage), et dans 6 cas une cuve d'isolation nocturne. Le pH optimum s'est établi entre 10,3 et 10,4 (avec prix du CO<sub>2</sub> fixé à 0,6 €/kg). Le seul site sans serre est Bangui :



### 13. Prospective

Bien que cela soit sans intérêt immédiat, il est permis d’imaginer ce que pourrait être l’avenir de la spiruline à long terme.

Elle a le potentiel de devenir une source majeure de protéines alimentaires, grâce à la baisse de son prix de revient selon la classique « courbe d’apprentissage » (learning curve) qui permet d’améliorer progressivement le procédé de culture et le prix de revient, grâce aussi à l’augmentation progressive de la taille des fermes et des bassins et grâce à l’augmentation des prix agricoles mondiaux qui a déjà commencé.

Une partie de la production pourra alors être exportée des régions intertropicales vers des régions moins favorisées climatiquement, grâce à l’amélioration des conditions de fabrication (salles propres) et à la chaîne de froid permettant l’exportation congelée.

La pénurie annoncée de terrains agricoles et d’eau favorisera le développement de la production de spiruline comme une activité durable et écologique, reposant essentiellement sur l’énergie solaire.

Par contre la culture de spiruline « biologique » à base de produits exclusivement végétaux telle que préconisée actuellement par les organismes de certification sera lourdement handicapée par la raréfaction des terrains agricoles.

\* Le logiciel Spirpac-f est disponible dans le « Manuel de culture artisanale de spiruline » sur le site Internet <http://pagesperso-orange.fr/petites-nouvelles/manuel>

# INFLUENCE DE LA SALINITE DU MILIEU SUR LA CROISSANCE DE *SPIRULINA PLATENSIS* DE TOLIARA (MADAGASCAR) DANS UN SYSTEME FERME

Pierre H. RAVELONANDRO<sup>2</sup>, Dominique H. RATIANARIVO<sup>1</sup>,  
Claire JOANNIS-CASSAN<sup>3</sup>, Arsène ISAMBERT<sup>3</sup>, Marson RAHERIMANDIMBY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Microbiologie Biotechnologie du Département de Biochimie Fondamentale Appliquée, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906 Tana -101 Madagascar.

<sup>2</sup> Laboratoire de Chimie Minérale et de Chimie Appliquée du Département de Chimie Minérale et de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906 Tana -101 Madagascar.

<sup>3</sup> Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux, Ecole Centrale Paris, Grande Voie des Vignes, 92295 Châtenay-Malabry cedex, France.

## Résumé

*Spirulina platensis* Toliara a été isolé dans dans les lacs alcalins et salés de la région du sud-ouest de Madagascar. Cette espèce a été cultivée dans différents milieux de culture et la meilleure croissance fût observée dans le milieu Zarrouk modifié. Dans cette étude, l'influence de la salinité du milieu sur la croissance de *S. platensis* et sur la composition chimique ont été examinés à l'aide du photobioréacteur. Après la détermination de la meilleure salinité moyenne, une étude des teneurs en protéines et du nombre de spires ont été entrepris. Cinq salinités différentes du milieu ont été testées : 13, 20, 25, 30, 35 PSU<sup>1</sup>, sous lumière blanche, d'intensité 600 lux, à 30°C et à pH 9,5. La biomasse obtenue a été analysée selon leur concentration en protéine. Dans ces conditions, la meilleure croissance a été observée avec une salinité du milieu de culture 13 PSU, le  $\mu_{\max}$ ,  $X_{\max}$ ,  $P_{\max}$  sont respectivement de 0.014 h<sup>-1</sup>, 1642 mg L<sup>-1</sup> et 81.522 mg L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Le pourcentage moyen de protéine était 49,7 % de poids sec et le nombre maximal de spires est de 21.

**Mots clés :** *Spirulina platensis*, Salinité, Photobioréacteur, biotechnologie algale

## 1. Introduction

La culture des micro-organismes photosynthétiques tels que *Spirulina platensis* peut être un procédé alternatif pour la production des protéines destinée à l'alimentation humaine et animale, avec la possibilité d'obtenir d'autres produits comme des vitamines, des lipides et des pigments (Henrikson, 1989). A Madagascar, dans la région sud-ouest des gisements naturels de *Spirulina* peuvent être exploités pour lutter contre la malnutrition ou les approvisionnements alimentaires insuffisants. *Spirulina platensis* est une cyanobactérie filamenteuse bleu-vert adaptée à l'environnement des lacs alcalins (Mohanty et autres 1997; Vonshak 1997). Le taux de croissance spécifique et la composition chimique de la biomasse telle que la teneur en protéines sont influencés par la salinité du milieu. Lu et Zhang en 2000, Lu et al en 1999, Schlesinger et al en 1996, Verma et Mohanty en 2000, Zeng et Vonshak en 1998 ont déjà abordés l'étude de l'impact de l'effort de sel sur *S. platensis*. En 2003, Jarisoa a démontré que cette même souche poussait mieux en eau douce qu'en eau de mer avec une salinité moyenne de 14 PSU et de 44 PSU respectivement. Dans ce papier, nous employons un photobioréacteur avec un système à double colonne capable de cultiver *S. platensis* de Toliara (Madagascar). L'influence de la salinité du

milieu sur le taux de croissance spécifique, la teneur en protéines et le nombre de spires maximales ont été successivement examinés.

### **2.1. Microorganisme**

*Spirulina platensis* a été fourni par l'Institut Halieutique des Sciences Marines (IHSM), de l'Université de Toliara, Madagascar.

### **2.2 Milieux de culture**

La souche a été maintenue dans le milieu Zarrouk modifié dans des ballons de 500 ml contenant 200 ml de culture (Zarrouk, 1966). Ce milieu contient par litre d'eau distillée: 10,0 g NaHCO<sub>3</sub> ; 0,5g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> ; 2,5g NaNO<sub>3</sub> ; 1,0g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; 1,0g NaCl; 0,20g MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,01g FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,08g EDTA et 0,04g CaCl<sub>2</sub>. Le photobioréacteur et le milieu de culture ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes. L'inoculum a été cultivé à la température ambiante dans le flacon contenant 200 mL d'un milieu de culture mélangé par bullage avec de l'air stérile et un débit de 25 mL·mn<sup>-1</sup>. La culture est soumise 24h/24h à la lumière de tubes fluorescents d'une intensité moyenne de 600 lux.

### **2.3 Photobioréacteur**

Les expériences ont été effectuées dans les photobioréacteurs cylindriques 2.5L (longueur de 41 cm et 9 centimètres à la moyenne) faits de verre (Pyrex ab Bercauverre, France) (Pierre H et al 2008, Spolaore et al, 2006b; Baquerisse et al, 1999) (Figure1). Le rapport de surface/volume était 44 m<sup>-1</sup>. Ces photobioréacteurs double colonne étaient thermoregulés à 30±1°C par une double paroi en utilisant un bain thermostatique (Thermo ELECTRON CORPORATION HAAKE C10) . L'agitation du milieu de culture a été assurée par bullage à l'air stérile à un débit unitaire de 4mL s<sup>-1</sup> (Chojnacka et Noworyta, 2004). Les réacteurs ont été illuminés sans interruption des 2 côtés par des tubes fluorescents blancs (Fluotone TD'L 18W/54-765, Philips) installés verticalement dans une direction parallèle au réacteur. Les couleurs blanches ont été obtenues en enveloppant les tubes du réacteur à l'aide de films plastique blanc. Les réacteurs sont soumis à une intensité lumineuse de 600 lux contrôlée par un luxmètre (LI-COR®, Biosciences LI-250A Meter Light). La variation de la salinité du milieu de culture a été obtenue par l'addition du chlorure de sodium NaCl (Jourdan, 2006). Les cinq salinités du milieu: 13, 20, 25, 30, 35 PSU ont été mesurés grâce à un analyseur multiparamètre (version 3,0 de CONSORT C535).

### **2.4 Condition de culture**

Des expériences de cinétique de croissance ont été entreprises par lots. La culture a été inoculée en utilisant l'inoculum de 6 à 8 jours afin d'obtenir une concentration en biomasse de 50 à 100 mg / L<sup>-1</sup> après inoculation (Pelizer et autres, 2003). Le pH initial était 9,5±0,1 (Sarada et al, 1999). Les échantillons (5mL) ont été prélevés tous les deux jours pour mesurer la densité optique (DO), la numération de spires et la mesure du pH. À la fin de la croissance, les teneurs en protéines de la biomasse ont été analysées.

### **2.5 Méthodes analytiques**

Les paramètres physico-chimiques (pH, oxygène dissous et salinité) ont été mesurés en utilisant un analyseur multiparamètre (version 3,0 de CONSORT C535). La concentration en biomasse

(poids sec), la densité optique (DO) de la suspension microalgale a été mesurée à 665nm en utilisant un spectrophotomètre (Biochrom CO7500). Les DO obtenus ont été converties en concentrations de cellule sèche en utilisant le coefficient de corrélation prédéterminé (Tsarahevitra et autres, 2003),  $DO = 0,782 X$ , où X est le poids sec ( $mg L^{-1}$ ). Pour établir cette corrélation, le poids sec a été déterminé par centrifugation et resuspension répétées de 100mL de culture à différentes concentrations en eau distillée. Le culot était séché à 105° C pendant 12h (Ogbonna et autres, 1995). Le comptage des filaments et du nombre de spires sont réalisés sur cellule de Malassez avec un grossissement microscopique (microscope Motic® MICROSCOPES) de x 40 (Tsarahevitra et autres, 2003). La concentration en protéines totales a été déterminée à partir de la biomasse sèche par la méthode de Kjeldhal, en utilisant des catalyseurs comme le sulfate de potassium, le sulfate de cuivre et le sélénium (Anaga et Gideon, 1996).

## 2.6 Calcul de paramètres cinétiques

Le taux de croissance spécifique maximal ( $\mu_{max}$ ) était le taux de croissance spécifique pendant la phase exponentielle de croissance. La phase exponentielle de croissance a été déterminée en dessinant la courbe logarithmique de la croissance de la biomasse en fonction du temps afin d'avoir la durée de chaque phase. Puis  $\mu_{max}$  calculé à partir :

$$\mu_{max} = [\ln(X_2) - \ln(X_1)]/t$$

Là où  $X_2$  et  $X_1$  sont la concentration en biomasse en fin et en début de phase exponentielle respectivement et t est la durée de la phase exponentiel.

La productivité en biomasse ( $P_X$ ) est calculée comme suit :

$$P_X = [X_{max} - X_i]/t_{max}$$

Là où  $X_{max}$  et  $X_i$  sont des concentrations maximales et initiales en biomasse respectivement et  $t_{max}$  le temps correspondant à  $X_{max}$

## 3. Résultats et discussion

### 3.1 Influence de la salinité du milieu sur la croissance

Cinq essais de culture en « batch » ont été réalisés sur les cinq salinités différentes du milieu: 13, 20, 25, 30, 35 PSU<sup>1</sup> en utilisant une lumière de couleur blanche et une intensité de 600 lux. La cinétique de croissance présentée en termes de concentration en biomasse a montré les différentes phases de croissance microalgale : une phase très courte, la phase de latence indiquant que les microalgues sont déjà acclimatées au milieu de culture ; une phase exponentielle de croissance ; une phase stationnaire due à la limitation intérieure du réacteur ; et puis une phase de déclin (Fig. 2). La cinétique de croissance est corrélée avec les courbes de l'évolution du pH (Fig. 3). Dans notre système, la variation de pH était principalement due à la consommation de la source de carbone qui décale l'équilibre de bicarbonate-carbonate vers le bicarbonate, ce qui explique que le pH augmente avec la croissance de la biomasse, mais malgré tout sans qu'il y ait une interruption dans l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> au sein du milieu, ceci réalisé grâce à une circulation d'air. L'arrêt de croissance a pu être attribué à une inhibition due à la durée de la valeur d'un pH élevée.

<sup>1</sup> PSU = *practical salinity unit* ou unité de salinité pratique. 1 psu = 1 g de sel (Na + Cl-) par kg d'eau de mer.

La durée de chaque phase de croissance est indiquée sur le Tableau 1. On peut voir que les valeurs sont semblables excepté à 13 et 20 PSU pour lesquels la croissance était plus rapide.

Des paramètres cinétiques sont également présentés dans le Tableau 1. Ils sont passés de 0,009 à 0,014 h<sup>-1</sup> pour le  $\mu_{\max}$ , de 44,14 à 81,52 mg L<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup> pour la productivité Px, et de 894 à 1642 mg L<sup>-1</sup> pour X<sub>max</sub>.

Les résultats montrent que, la salinité du milieu de culture influe sur la croissance de *S. platensis* et un optimum de la croissance microalgale a été obtenu avec 13 PSU. Cela montre la différence de cette cyanobactérie avec les autres microalgues d'eau douce parce qu'elle peut s'adapter à l'habitat alcalin (Mohanty et autres 1997; Vonshak 1997).

### 3.2 Influence de la salinité du milieu sur la teneur en protéines

Le tableau 1 indique que les paramètres cinétiques de croissance et également la teneur en protéines ont été influencés par la salinité du milieu. La teneur en protéines obtenue étaient de 49,7 % avec une salinité de milieu de 13 PSU ; 46,2 % avec 20 PSU ; 47,4 % avec 25 PSU ; 43,6 % avec 30 PSU et 38,1 % avec 35 PSU. L'optimum de croissance de *S. platensis* a été obtenu avec 13 PSU correspondant à une valeur élevée de la teneur en protéines (49,7 %). La salinité du milieu de culture influence la division cellulaire de *S. platensis* et ainsi agit également sur la longueur des filaments et sur le nombre de spires. *Spirulina platensis* comme toutes les cellules vivantes, lorsqu'elles sont soumises à une forte concentration en soluté à l'extérieur de la cellule, cela entraîne un phénomène de plasmolyse et induit un stress pour ces organismes. Ce qui se traduit par une modification dans le fonctionnement des pompes à ions (transport membranaire) au niveau de la membrane cellulaire (pompe à sodium Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup>) par exemple, et aussi une modification des activités enzymatiques impliquées dans la synthèse de molécules intracellulaires. En 2005, Al-Homaidan et al ont obtenu une moyenne de pourcentage en protéine de 42,2% de poids sec en utilisant la *Spirulina subsalsa* à 32°C, pH 10 et avec 0,001 mole de NaCl.

### 3.3 L'influence de la salinité du milieu sur les nombres de spires maximales

Les résultats de croissance (Table 1) illustrent que le nombre maximal de spires obtenu était de **21** pour une salinité de milieu de 13 PSU ; **19** pour une salinité de 20 PSU ; **16** pour une salinité de 25 PSU ; **13** pour une salinité de 30 PSU et **12** pour une salinité de 35 PSU. Par conséquent la salinité du milieu de culture de l'ordre de 13 PSU devrait être plus appropriée à la culture de *S. platensis* variété Toliara. D'ailleurs, dans toutes les expériences, le nombre de spires par filament allait de 3 à 21 indiquant que le système d'agitation par bullage à l'air stérile n'endommage pas les cellules et qu'il est bien adapté à la culture de la spiruline. Avec une lumière normale filtrée, Tsarahevitra et al en 2003 ont obtenu un nombre maximal de spires, 10 par filament pour cette même souche, en utilisant des Erlenmeyers de 5 L et un milieu de culture traditionnel à l'eau de mer enrichie, à une température de 31°C, et avec un pH initial entre 9,0 et 9,5.

En 2005, Ming-Tao et al avaient obtenus le stress de salinité sur *S. platensis* exposée à différentes concentrations du chlorure de sodium, jusqu'à 0,75 M.

## 4. Conclusions

Les résultats obtenus, nous permettent de conclure que:

- La culture discontinue de *S. platensis* variété Toliara est complètement réalisable dans un photobioréacteur double colonne et positif avec les différentes salinités testées du milieu de culture.
- La salinité du milieu a été optimisée en utilisant le milieu Zarrouk modifié comme milieu de culture de base : l'optimum de la salinité est de 13 PSU sous lumière blanche et avec une intensité de 600 lux, à une température de 30°C et un pH de 9,5. Dans ces conditions nous avons pu obtenir une productivité en biomasse sèche de 81.522 mg.L<sup>-1</sup> j<sup>-1</sup>, un taux de croissance maximum de 0.014 h<sup>-1</sup>, une concentration maximale en biomasse sèche de 1642 mg.L<sup>-1</sup> et avec un pourcentage en protéine de 49,7% de poids sec, pour un nombre de spires maximal égal à 21.

## Remerciements

Ce travail a été exécuté sous la gestion de l'Unité de Recherche en Génie de Procédés et Génie de l'Environnement (URGPGE), et soutenu financièrement par le Fades Fonds d'Appui au Développement de l'Enseignement Supérieur à Madagascar.

## REFERENCES

- Al-Homaidan AU A., Mohammed S. Al-Hussaini, Ibrahim A. Arif and al, 2005. Effect of Temperature, pH and Salinity on the Growth and Protein content of Two Species of, Journal Biol Sci, vol.12, N°. 1, pp: 1-13
- Anada, A. and. Gideon, O.A., 1996. A laboratory-scale cultivation of *Chlorella* and *Spirulina* using waste effluent from a fertilizer company in Nigeria, Bioresource Technology, 58, 93-95.
- Baquerisse, D., Nouals, S., Isambert, A., and al, 1999. Modelling of a continuous pilot photobioreactor for microalgae production. Journal of Biotechnology, 70, pp: 335-342.
- Chojnacka, K., Noworita, A., 2004. Evaluation of *Spirulina* sp growth in phototrophic, heterotrophic and mixotrophic cultures. Enz & Micr Technol, 34, 461-465.
- Henrikson R. 1989. Earth food *Spirulina*. California:Ronore Enterprises Inc;180p.
- Jourdan, J.P., 2006. Cultivez votre Spiruline. To be published.
- Mohanty P, Srivastava M and Krishna KB (1997). The photosynthetic apparatus of *Spirulina*: electron transport and energy transfer. In: Vonshak A (ed) *Spirulina Platensis (Arthrospira)*, pp 17–42, Taylor & Francis, London.
- Lu C and Zhang J (2000) Role of light in the response of PS II photochemistry to salt stress in the cyanobacterium *Spirulina platensis*. J Exp Bot 51: 911–917.
- Lu CM, Torzillo G and Vonshak A (1999) Kinetic response of Photosystem II photochemistry in the cyanobacterium *Spirulina platensis* to high salinity is characterized by two distinct phases. Aust J Plant Physiol 26: 283–292
- Schlesinger P, Belkin S and Boussiba S (1996) Sodium deprivation under alkaline conditions causes rapid death of the filamentous cyanobacterium *Spirulina platensis*. J Phycol 32: 608–613.

- Ogbonna, James, C., Hirokazy, Y. and al, 1995. Kinetic study on light limited batch cultivation of photosynthetic cells. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 80, 3, 259 – 264.
- Ogbonna, James, C., Hirokozy Y and al, 1995, Light supply coefficient: A new engineering parameter for photobioreactor design. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 80, 4, 367-376.
- Pierre, H, Ravelonandro, Dominique, H, Ratianarivo, Claires Joannis-Cassan et al. Influence of light quality and intensity in the cultivation of *Spirulina platensis* from Toliara (Madagascar) in a closed system, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, Published Online: 11/02/08.
- Peliser, A., Lucia, H., Eliane, D.G., 2003. Influence of inoculum age and concentration. *Spirulina platensis* cultivation, *Journal of Food Engineering* 56, 371 - 375.
- Sarada, R., Pillai, M. G., Ravishankar , G. A., 1999. Phycocyanin from *Spirulina sp* : influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin. *Process Biochemistry*, 34, 795-801.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and al, 2006. Optimization of *Nannochloropsis oculata* growth using the Response Surface Method. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 81, 1049-1056.
- Tsarahevitra, J., Charpy, L., Vicente, N., 2003. Culture de Spiruline en eau de mer à Toliara (Madagascar), Colloque d'Ecologie Microbienne, Carry Le Rouet, 25 - 28 mai 2003.
- Verma K and Mohanty P (2000) Changes of the photosynthetic apparatus in *Spirulina* cyanobacterium by sodium stress. *Z Naturforsch [C]* 55: 16–22.
- Vonshak A (1997) *Spirulina*: Growth, physiology and biochemistry. In: Vonshak A (ed) *Spirulina platensis (Arthrospira)*, pp 43–65. Taylor & Francis, London.
- Zeng MT and Vonshak A (1998) Adaptation of *Spirulina platensis* to salinity-stress. *Comp Biochem Physiol A* 120/121: 113–118.
- Zarrouk, C., 1966. Contribution à l'étude d'une cyanophycée : influence de divers facteurs physiques et chimiques sur sa croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch el Gardner) Geitler, Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris)

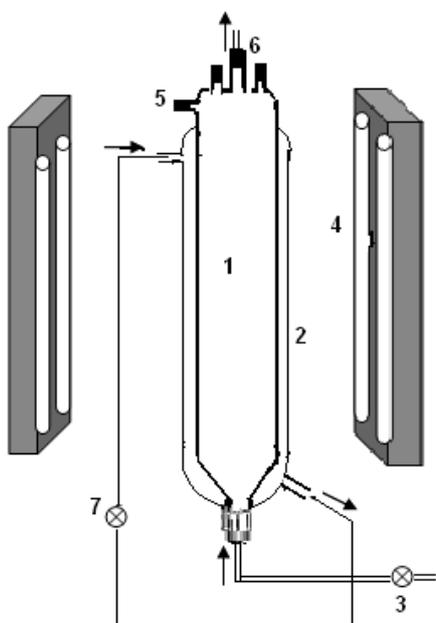
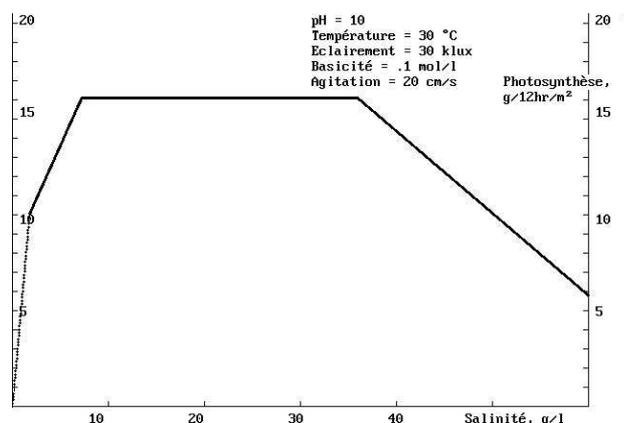


Fig.1. Schematic diagram of the photobioreactor : 1, transparent cylindrical parts; 2, left column; 3, gas flow controller; 4, light; 5, liquide medium outlet; 6, gas outlet; 7, Thermostat bath.



Vitesse de photosynthèse de la spiruline en fonction de la salinité du milieu d'après la thèse de Zarrouk.

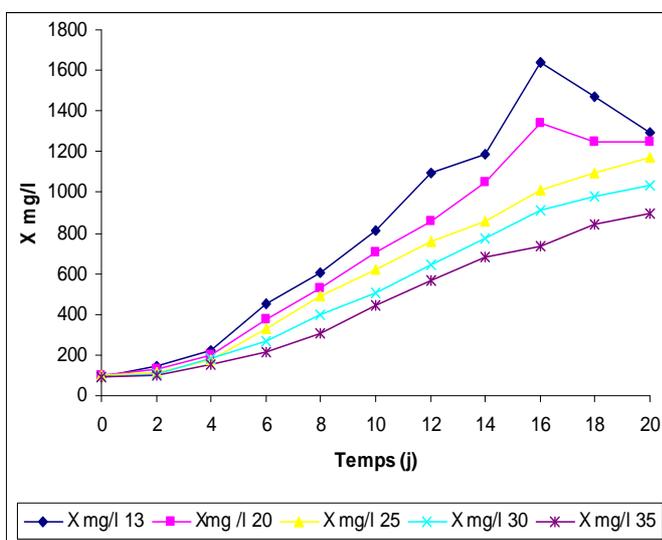


Figure 2 : Evolution de la concentration en biomasse X (mg L<sup>-1</sup>) en fonction du temps de la culture de *Spirulina platensis* à différentes salinités (13, 20, 25, 30, 35 PSU)

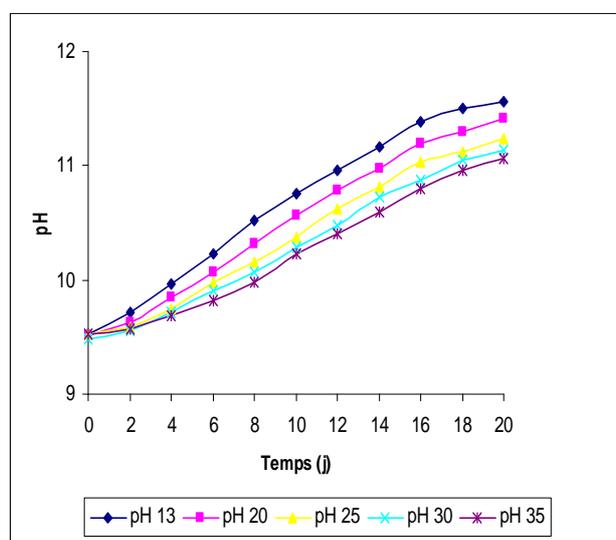
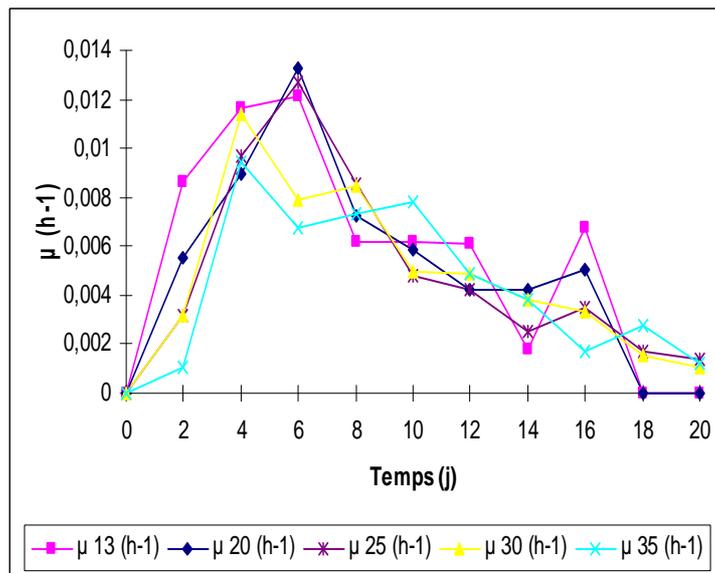


Fig. 3 : Evolution du pH en fonction du temps de la culture de *Spirulina platensis* à différentes salinités (13, 20, 25, 30, 35 PSU)



**Fig. 4 :** Evolution du taux de croissance  $\mu$  ( $\text{h}^{-1}$ ) en fonction du temps de la culture de *Spirulina platensis* à différents salinité (13, 20, 25, 30, 35 PSU)

Table 1 : Comparaison de la culture de *Spirulina platensis* à différents salinité du milieu de culture ( $P_x$ : productivité,  $\mu_{\text{max}}$ : taux de croissance maximale,  $X_{\text{max}}$ : concentration maximale en biomasse)

Salinité du milieu (PSU)	13	20	25	30	35
$P_x$ ( $\text{mg L}^{-1} \text{j}^{-1}$ )	81.522	66.3795	58.088	51.0435	44.1465
Durée de la phase de latence (j)	0	0	2	2	2
Durée de la phase exponentielle (j)	6	6	6	6	6
Durée de la phase stationnaire (j)	12	12	12	12	12
$\mu_{\text{max}}$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,014	0.013	0.012	0.011	0.009
$X_{\text{max}}$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1642	1339	1173	1032	894
Concentration en protéine (%)	49.7	46.2	47.4	43.6	38.1
Nombres de spires maximale	21	19	16	13	12

## SECOND COLLOQUE PANAFRICAIN SUR LA SPIRULINE

Lu par Mme Denise FOX

Agou Nyogbo, TOGO

1-7 Mars 2008

---

Nous sommes désolés qu'aucun d'entre vous n'ait pu assister au second colloque panafricain sur la spiruline qui s'est tenu à Agou Nyogbo, Togo, du 1 au 7 Mars de cette année. Nous sommes doublement désolés qu'aucun des africains qui y étaient ne soit là aujourd'hui.

Soixante six personnes étaient présentes venant de 13 pays, dont 10 pays africains. Avant de vous en donner le compte-rendu, bien condensé mais que nous tenons à disposition de ceux qui aimeraient plus de détails, nous vous présentons une courte vidéo qui vous donnera une idée de l'ambiance détendue et fraternelle qui y régnait.

### **Techniques de production, milieux nutritifs**

Après les présentations, Gilles Planchon démarre par la description de la spiruline qu'il a vue dans des lacs d'un certain nombre de pays en Europe, Asie, et Amérique du Sud. A partir des études de l'algue dans ces lacs il en conclut la possibilité d'essayer de reproduire les conditions hydrauliques et chimiques trouvées dans la nature. Pour le faire à moindre coût il compte sur la chaîne alimentaire créée par les réactions entre l'atmosphère, l'alcalinité des eaux, et les produits des nombreuses bio-communautés présentes dans les sédiments. Cela demande un équilibre délicat entre les ingrédients et lui et d'autres ont expérimenté de nombreuses sources alternatives de matériaux organiques et minéraux qui peuvent prendre la place des produits chimiques standards utilisés dans l'algoculture.

Gilles présente son modèle de bassin de culture, rond, avec un fond en argile et sable apportant à la spiruline les éléments nécessaires à sa croissance. Pas de brassage pour ne pas remuer ce fond.

C'est difficile de maîtriser ce genre de système et la productivité en termes de grammes par m<sup>2</sup> par jour est très basse, mais c'est possible.

Tonato Agbeko, qui avec Cédric Coquet avait magistralement préparé cette rencontre et qui nous recevait sur sa ferme, présente ensuite son exemple de culture autonome et biologique:

il n'utilise pas d'engrais chimiques dans un souci de ne pas dépendre de l'occident, mais du purin de plantes fixatrices d'azote trouvées localement, plus de l'eau de cendre de cacaoyers utilisés pour faire du savon. Il a maintenant l'intention d'installer un biodigesteur pour récupérer le carbone (et d'ailleurs est parmi nous Laurent Lascève qui va présenter dans un atelier la confection d'un digesteur fait à partir de fffits trouvés localement qui produira du gaz avant la fin du colloque. Ceux parmi vous qui sont intéressés peuvent nous demander le compte-rendu de cet atelier).

Une discussion commence alors sur la comparaison des 2 milieux nutritifs, bio et chimique:

pour certains la demande et le besoin en spiruline en Afrique étant énorme, il faut donc une grande productivité. Pour cela il faut utiliser les engrais et du coup prévoir la commercialisation du produit pour faire tourner la ferme, même si une partie du produit est destiné à l'humanitaire. Pour faire de l'humanitaire pur il faut dépendre d'une structure extérieure (ONG, gouvernement, etc..).

La culture biologique en Afrique se situe d'abord dans une volonté d'autonomie des producteurs. Les 2 méthodes devraient donc être complémentaires. La spiruline produite de ces 2 façons est bonne pour la santé.

L'utilisation des produits locaux interrogent pour plusieurs raisons:

Chacun doit trouver sur place les plantes et connaissances locales pour constituer son milieu de culture.

La question de la suffisance quantitative des produits locaux se pose. Certains producteurs cherchent à cultiver autour des bassins les plantes nécessaires pour leur milieu. Les participants font ensuite une liste des produits commerciaux ou alternatifs pour apporter l'azote, le carbone, le phosphore, le magnésium, le soufre, le fer, le potassium.

Le second jour est consacré à la vulgarisation, distribution et commercialisation de la spiruline. Faire connaître la spiruline pose 3 problèmes: l'accessibilité du produit tant du point de vue de l'information (proximité, bouche à oreille, oulet par les médias), du coût et de la proximité géographique.

Les contraintes liées aux « mœurs » (goût/odeur) sont forcément à éliminer par le biais d'astuces locales, et l'amélioration de la « qualité » par le respect des règles d'hygiène et de contrôles de qualité.

L'expérience de l'Association des Producteurs de Spiruline du Burkina Faso est présentée et appréciée : cette association groupe maintenant les 8 fermes du pays qui ont toutes un but humanitaire. Le principe commun à ces fermes est de supporter la part humanitaire (20 à 50% selon les fermes et 100% pour une) par la part commerciale en vue de parvenir à une autonomie financière. Les activités en commun sont: l'achat de matériaux, équipement et produits, la promotion et la publicité, la communication, la distribution commercialisation, les démarches pour l'homologation par le ministère de la santé, la garantie et les contrôles de qualité et le partage des techniques de production. L'association a créé un label de qualité que tous s'engagent à respecter.

Un débat s'engage alors sur la question de l'influence négative des organismes internationaux tels l'OMS, la FAO, où l'on assiste à un lobbying des firmes pharmaceutiques contre ce produit naturel. Et sur la compétitivité entre la culture artisanale de la spiruline et les compléments alimentaires fabriqués pour les victimes de la malnutrition.

### **Problème de Nayalgué**

L'exemple du Burkina est ici exemplaire : nos amis avaient réussi à convaincre le gouvernement burkina de des bienfaits de la spiruline et ce gouvernement avait financé la construction d'une grande ferme à Nayalgué avec la promesse de racheter 40% de la production pour la distribuer dans les centres nutritionnels et les hôpitaux auprès des sidéens. Maintenant le gouvernement prétend ne pas avoir d'argent pour le faire et nos amis se retrouvent avec 1400 kg de spiruline sur les bras et un problème de fonds de roulement qui les a obligés à réduire la production et licencier une partie du personnel qui avait été embauché. Nous soupçonnons des intervenants étrangers d'avoir influencé le gouvernement en dénigrant la spiruline pour faire passer leurs produits. Il nous semble pourtant qu'avec les besoins immenses de l'Afrique il y a de la place pour tous les produits.

Egalement le Bénin parle du problème qu'ils ont maintenant avec la venue sur les marchés africains de la spiruline étrangère (surtout chinoise) meilleure marché que ce qu'ils peuvent produire et qui

casse le marché. Et ce malgré le travail exceptionnel accompli par le CREDESA depuis 1998 pour la vulgarisation du produit et la formation du public.

Plusieurs groupes partagent encore leur méthode de sensibilisation et de commercialisation, au Sénégal, en RCA, en France, au Niger. Notons qu'en RCA la méthode mise au point par Jean Denis N'gobo est particulièrement intéressante : la création d'un corps d' «apôtres» bien formés qui vont dans les quartiers ou les villages, quelques fois en porte à porte, pour présenter la spiruline.

En conclusion chaque producteur doit s'inspirer pleinement des réalités de son pays pour une promotion de proximité.

L'après-midi est consacré à la réflexion sur la plate-forme que tous désirent constituer pour la défense et la promotion de la spiruline.

Après lecture de la lettre d'ASPIRE (association nouvellement créée pour l'information et la recherche sur la spiruline) qui a pour objectif de mutualiser les compétences des acteurs de la filière spiruline, de dynamiser une synergie Nord-Sud et Sud-Sud et rendre la spiruline et sa culture accessibles, 3 ateliers planchent sur le sujet:

Il s'en dégage que pour l'instant chaque pays ou zone géographique devrait constituer une association avec les mêmes objectifs que celle du B.F.

Puis il est question, après avoir constitué une charte auquel tous devraient adhérer, de créer un site internet (le technicien qui a fait celui du colloque pourrait être intéressé) avec une banque de données sur un profil de candidats stagiaires, des techniques de culture (problèmes, innovations, essais, améliorations), les documents scientifiques sur la spiruline (thèses, articles, livres), les protocoles et expérimentation en nutrition et santé; les possibilités d'achat et de vente d'un producteur à l'autre, ...

Ripley propose le nom Spiruline Panafricaine : *Panafrican Spirulina*.

Nous avons reçu mandat de vous présenté cette plate-forme pour encourager les producteurs malgaches à y réfléchir sérieusement pour pouvoir un jour profiter de la grande famille de la spiruline.

La journée du 6 est consacrée à la santé et Tona commence par nous présenter des photos d'enfants trouvés dans les environs de son village, mourant de malnutrition, et nous fait la surprise de nous les montrer ensuite en chair et en os, guéris. Une grande émotion. Et quelle magnifique publicité pour notre petite algue.

Puis plusieurs donnent leur témoignage sur les effets de la spiruline sur les femmes enceintes, les personnes âgées, les drépanocytaires, les diabétiques, les porteurs de VIH/sida, ...

**Mais attention:** la spiruline n'est pas un médicament qui soigne le sida, elle permet un ralentissement de l'évolution du virus et renforce le système immunitaire.

Ce n'est pas un aliment miracle, mais elle a une grande utilité.



# Thème V

## Autres utilisations et recherches en cours



Madagascar 2008



## UTILISATIONS DE LA SPIRULINE AUTRES QUE POUR LA MALNUTRITION

Marie José LANGLADE, Romain ALLIOD, Loïc CHARPY

URCYROCO, IRD, COM, rue de la Batterie des Lions, 13007, Marseille

[marie-jose.langlade@univmed.fr](mailto:marie-jose.langlade@univmed.fr)

### Résumé

La très grande richesse de la composition chimique de la Spiruline lui confère un large potentiel d'utilisations. Outre dans le domaine de la malnutrition, elle est utilisée dans des domaines variés. Elle est vendue dans les parapharmacies et les magasins de produits biologiques pour : équilibrer une alimentation par ses apports en micro-nutriments ; réguler les surcharges pondérales par sa richesse en protéines et phénylalanine ; améliorer les capacités sportives par ses teneurs en fer, vitamine B12 et  $\beta$ -carotène ; lutter contre l'asthénie par son apport en oligoéléments et vitamines ; freiner le vieillissement cellulaire par les propriétés antioxydantes du  $\beta$ -carotène, de la phycocyanine et de la vitamine E ; diminuer le cholestérol grâce aux acides gras polyinsaturés et à la vitamine E. Des études ont été faites sur son action anti-inflammatoire, dans la prévention de l'athérosclérose, sur la diminution du diabète. Elle est utilisée en aquariophilie et en aquaculture pour favoriser la croissance des poissons et des crevettes, renforcer les défenses immunitaires des poissons d'élevage, améliorer la fertilité et stimuler la coloration des poissons d'ornement tels le *Xiphophorus helleri*. Dans l'industrie agroalimentaire, elle est vendue pour la nutrition des animaux (chats, chiens, chevaux, vaches et taureaux) mais aussi dans l'alimentation humaine comme colorant naturel (chewing gums, sorbets, sucreries, produits laitiers, boissons). La phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue. En cosmétologie, elle est utilisée dans les masques cryogéniques et crèmes anti-âge, par son action sur le renouvellement cellulaire. Dans le cadre du programme MELISSA, l'agence spatiale européenne s'est intéressée à la Spiruline qu'elle intégrerait dans un écosystème artificiel fermé dans le compartiment photoautotrophe, d'une part pour équilibrer la ration alimentaire, d'autre part pour régénérer l'atmosphère par photosynthèse. La Spiruline répond à la législation sur les compléments alimentaires. Elle est vendue localement en Afrique à un prix commercial allant généralement de 20€ à 28€ le kg (rarement à plus de 40€ le kg), très variable selon le prix de revient, mais relativement bon marché. Dans les pays développés, les prix sont beaucoup plus élevés. Sous forme de paillettes, la Spiruline est vendue de 150€ le kg pour de faibles quantités à 44€ le kg pour de grandes quantités ; sous forme de comprimés, 200€ le kg ; sous forme de gélules, 500€ le kg. Les prix de gros sont pratiqués sur la poudre vendue en grande quantité (minimum 100kg). Pour les productions industrielles ils oscillent aujourd'hui de 16€ à 19€ le kg en qualité « humaine » et de 7,65€ à 12,75€ le kg en qualité « animale ». Pour la Spiruline issue des productions artisanales en France, les prix pratiqués sont d'environ 75€ le kg (prix de gros) et de 130€ le kg (prix au détail). La Spiruline est aussi vendue sous forme de composant comme la phycocyanine. Le marché de la Spiruline est largement ouvert et se développe. Le potentiel de la Spiruline en termes de santé continue à faire l'objet de nombreuses études. La production de Spiruline a un bel avenir.

*Mots clé* : Spiruline, santé, marché

## Abstract

The vast richness of the chemical composition of *Spirulina* gives it a wide potential uses. In addition of the area of malnutrition, it is used in various fields. It is sold in stores of biological products and drug stores for balancing food intake by its micro-nutrients; regulate obesity by its richness in protein and phenylalanine; improve the sport performance thanks to iron, vitamin B12 and beta-carotene; decrease fatigue thanks to vitamins and trace elements; reduce the aging of cells by the antioxidant properties of beta-carotene, the phycoanin and vitamin E; reduce cholesterol level thanks to polyunsaturated fatty acids and vitamin E. Research has been conducted on its anti-inflammatory action, in the prevention of arthroscleroses, on the reduction of diabetes. It is used in aquarium and aquaculture to promote the growth of fish and shrimp, strengthen the immune system of farmed fish, improve fertility and boost the colouring of ornamental fish such as *Xiphophorus helleri*. In the food industry, it is sold for feeding animals (cats, dogs, horses, cows and bulls), but also for human food as a natural colouring (chewing gum, sorbets, sugar, dairy products, beverages). The phycocyanin is a rare blue natural pigment. In cosmetology, it is used in cryogenic masks and anti-aging creams by its effect on cell renewal. Under the programme MELISSA, the European Space Agency was interested in the *Spirulina* integration in a closed photoautotroph ecosystem, on the one hand to balance food intake, on the other hand to regenerate the atmosphere by photosynthesis.

The *Spirulina* responds to the legislation on food supplements. It is sold locally in Africa at commercial prices generally ranging from € 20 to €28 per kg (rarely more than € 40 kg), highly variable depending on the production cost, but relatively cheap. In developed countries, the prices are much higher. As flakes it is sold € 150 per kg for small amounts to € 44 per kg for large quantities, as tablets it is sold € 200 kg and as capsules it is sold € 500 per kg. Wholesale prices are performed on the powder sold in bulk (minimum 100kg). For industrial productions they vary from € 16 to € 19 per kg as "human quality" and € 7.65 to € 12.75 per kg as "animal quality". For the *Spirulina* production in France, the prices are about 75 € per kg (wholesale prices) and € 130 per kg (detail price). The *Spirulina* is also sold as a component as phycocyanin. The market for *Spirulina* is wide opened and it is developing. The potential of *Spirulina* in terms of health continues to be the subject of numerous studies. The production of *Spirulina* has an exciting future.

*Keywords* : *Spirulina*, health, trade

## Introduction

La Spiruline est cultivée en Afrique depuis une vingtaine d'années. L'objectif des fermes est la lutte contre la malnutrition. La plupart des fermes ont vocation à être autonomes en finançant la distribution humanitaire par une vente commerciale. Les produits naturels utilisés comme compléments alimentaires intéressent de plus en plus les populations des pays développés.

Des recherches sont effectuées principalement en Asie et sur le continent américain, sur les propriétés des molécules présentes dans la Spiruline. Ces recherches sont prometteuses, même s'il n'y a pas de preuve d'efficacité chez l'homme. Un ouvrage de synthèse vient de paraître (ME Gershin & A Belay, 2007) faisant état des multiples actions que la Spiruline pourrait avoir dans le traitement de maladies virales et infectieuses.

Les souches de Spiruline étudiées ne possèdent pas les gènes qui assurent la synthèse des cyanotoxines connues jusqu'à présent. D'autre part, le pH élevé du milieu de culture empêche la prolifération d'autres espèces de cyanobactéries et de bactéries pathogènes. La Spiruline accumule des métaux lourds mais en quantité en dessous des seuils de toxicité. A notre connaissance, aucun cas de toxicité n'a été rapporté concernant l'utilisation de Spiruline aux doses classiques (< 10g/jour). Il serait cependant souhaitable de mettre à jour, à l'aide des connaissances et techniques actuelles, des études de toxicité déjà anciennes sur la paraffine et d'approfondir celles sur la BMAA (Beta-N-méthylamino-L-alanine), potentiellement présente dans la Spiruline (Cox 2005, Cruz-Aguado et al 2006).

L'objectif de cette communication est de faire état de l'utilisation de la Spiruline dans une large gamme de domaines, autre que celui de la malnutrition, dans l'objectif d'apporter des éléments de réponse à la question : « Faut-il promouvoir la culture de Spiruline dans les pays en voie de développement pour un usage autre que la malnutrition ? »

## **Spiruline à usage humain**

### **Pour la santé**

Dans les pays développés, et depuis peu dans quelques régions d'Afrique, la Spiruline est consommée comme complément alimentaire « bénéfique à la santé ». Longtemps recommandée comme complément en cas de carences en acides gras essentiels (Hudson & Karis 1974), elle répond actuellement en Europe à la législation sur les compléments alimentaires et sa commercialisation pour la santé est indépendante de l'obtention de preuves d'efficacité, non réclamées pour les compléments alimentaires.

Elle est vendue dans les parapharmacies, les magasins de produits biologiques, rayons spécialisés des grands magasins, sur Internet. Diverses utilisations sont proposées par les négociants, avec des arguments basés sur la composition de cet organisme et les études sur les activités de ses composants. Ces études sont pour la plupart réalisées sur des animaux ou des tissus de culture. Nous présentons ci-dessous certaines utilisations, mais nous ne pouvons pas juger de leur efficacité. D'une part la Spiruline n'est pas un médicament, donc pas soumise à l'obligation de test d'efficacité : le dosage recommandé et la qualité du produit vendu ne sont pas nécessairement en adéquation avec les effets affichés. D'autre part l'expérimentation d'une molécule au laboratoire ou sur des animaux ne permet pas de prévoir complètement ses effets chez l'homme.

Elle est vendue :

- ✓ Pour une alimentation équilibrée : par ses apports en micronutriments.
- ✓ Dans les régimes amaigrissants : pour ses taux importants en protéines et en phénylalanine, qui réguleraient l'appétit.
- ✓ Pour l'amélioration des capacités sportives : par ses teneurs en fer, en vitamine B12, et en  $\beta$ -carotène qui faciliteraient la récupération
- ✓ Pour lutter contre l'asthénie par son apport en oligoéléments et vitamines
- ✓ Pour ses effets sur la sénescence : par les propriétés antioxydantes du  $\beta$ -carotène, de la phycocyanine et de la vitamine E, elle serait un frein au vieillissement des cellules

- ✓ Pour son activité antioxydante<sup>1</sup> : Fedkovic et al. 1993 ; Jaime et al. 2005 ; Pinero Estrada et al. 2001 ; Chopra & Bishnoi (2007)
- ✓ Pour son activité anticoagulante<sup>2</sup> : Le *Spirulane Calcique (Sp-Ca)* agirait en activant le cofacteur II de l'héparine, molécule qui inhibe la thrombine, donc la coagulation (Hayakawa et al. 1996, 2000, 2003). Yamamoto et al. (2003) montrent les effets anticoagulants du *Spirulane Sodique (Sp-Na)*, autre polysaccharide sulfaté spécifique à la spiruline.
- ✓ Pour renforcer le système immunitaire : il est maintenant bien établi que les apports en éléments comme les lipides essentiels (Hwang 1989, Pascaud et al. 1993), le sélénium (Rayman 2000), le zinc, influent sur le système immunitaire tant humoral que cellulaire. Des carences en zinc sont fréquemment associées à des diarrhées, à l'anorexie, à des problèmes cutanés, ou à l'infection au VIH (Melchior&Goudet 1997). Plusieurs expériences positives ont été réalisées sur les animaux (Quershi et al 1996, Pascaud et al 1993, Borchers et al. 2007). La Spiruline régulerait favorablement le système immunitaire en augmentant l'activation des macrophages, l'activité des cellules T et l'activité des cellules naturellement destructrices (NK). Ce processus permettrait la libération des gamma-interféron (IFN -  $\gamma$ ), ce qui peut éventuellement rendre les virus inactifs. Ces actions se feraient par le biais des polysaccharides.
- ✓ Pour son activité antivirale : le groupe des cyanobactéries produit une variété de métabolites secondaires dans leur milieu de culture (Harrigan&Goetz 2002). Beaucoup de ces produits naturels ont des activités antibiotiques, algicide, antiviral, fongicide (Harrigan et al. 1999, Jaki et al. 1999, Mundt et al. 2001). L'activité antivirale de la Spiruline interviendrait selon deux mécanismes :
  - inhibition de la pénétration des virus (Hayashi et al 1996)
  - inhibition de la phase de réplication des virus.

Le composant lipide SQDG (sulfoquinovosyldiacylglycerol) de *Spirulina Platensis* riche en sulfolipides a démontré par expérience in vitro sa capacité à inhiber la RT du hiv-1 et du hiv-2 alors que ce dernier est naturellement résistant à cette classe de molécules (Kiet Pham Quoc & Durand Chastel 2006).

- ✓ Pour son activité antitumorale : la phycocyanine de la Spiruline induirait un mécanisme d'apoptose (autodestruction) des cellules cancéreuses (Li et al. 2006). D'après l'étude de Fedkovic et al. (1993) les antioxydants contenus dans la Spiruline ( $\beta$ -carotène) permettraient d'inhiber à la fois l'effet mutagène et l'effet régulateur induit par les radicaux libres, freinant ainsi le développement du cancer. Zhang et al. (2001) considèrent que la Spiruline pourrait améliorer la restauration de l'hématopoïèse<sup>3</sup> chez l'homme et être ainsi utilisée comme traitement dans les thérapies anticancéreuses pour en diminuer les effets secondaires.

---

<sup>1</sup> L'oxydation fait partie d'une réaction d'oxydo-réduction qui transfère des électrons d'une substance vers un agent oxydant. Cette réaction d'oxydation est nécessaire à la vie mais peut produire parfois des radicaux libres qui entraînent des réactions en chaîne destructrices pour les cellules. On parle alors de stress oxydatif. Les antioxydants sont capables de stopper ces réactions en chaîne en s'oxydant avec les radicaux libres et annihilant ainsi leur action.

<sup>2</sup> Un anticoagulant est une molécule destinée à empêcher ou à retarder la coagulation du sang. Ils préviennent les thromboses (caillots sanguins dans la circulation générale) et les embolies (caillot sanguin dans la circulation artérielle pulmonaire). Les plus connus sont l'héparine et ses dérivés et les antivitamines K

<sup>3</sup> Fonctions de production du sang, de transport de l'oxygène et des métabolites, et de la coagulation.

D'autre part les polysaccharides inhiberaient le développement des cellules tumorales et des cellules de HeLa (Li JH 2006)

- ✓ Pour son activité pour diminuer le cholestérol : les acides gras polyinsaturés (AGPI) omega-3 et oméga-6 de la Spiruline préviendraient l'accumulation de cholestérol dans l'organisme. Ceci pourrait expliquer en partie la diminution des taux en cholestérol et triglycérides observés lors des expériences de Ramamoorthy, Premakumari (1996) et Samuels et al. (2002). Ces expériences sur l'homme sont cependant réalisées avec de faibles effectifs.
- ✓ Pour ses autres actions sur la santé : une diminution du diabète chez l'homme (Parikh et al. 2001) ; une activité anti-inflammatoire sur les articulations (études sur la souris de Remirez et al. 2002) ; une hépato protection ; un effet possible de la molécule Spirulane-sodique dans la prévention de l'athérosclérose [L'article de Yamamoto et al. (2006) sur cette dernière action révèle une activation par le Na-Sp du système fibrinolytique endothélial mais ne conclut pas sur le rôle du Na-Sp dans la prévention de cette maladie].

### **En cosmétique**

Elle est utilisée dans les masques cryogéniques et crèmes anti-âge, par son action sur le renouvellement cellulaire et la tonicité des tissus (Spolaore et al. 2006). Elle est aussi utilisée en synergie avec d'autres algues, comme agent cicatrisant et antiseptique.

### **Dans l'agroalimentaire**

En alimentation humaine elle est utilisée comme colorant naturel dans les chewing gums, sorbets, sucreries, produits laitiers, boissons non alcoolisées comme la menthe. La phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue. Elle apparaît également dans une gamme de produits algaux mélangée à du sel, des tagliatelles. En Suisse et au Japon, il existe depuis longtemps du pain à la spiruline.

### **Dans l'aérospatiale**

L'agence spatiale européenne (ESA) s'est intéressée à la Spiruline dans le cadre de son programme MELISSA (Micro-Ecological Life Support System Alternative). Ce projet, prévoit d'utiliser dans l'espace un écosystème artificiel fermé<sup>4</sup> composé de plantes supérieures et de micro-organismes, en vue des voyages à longue distance (Terre - Mars par exemple). Commencé en 1989, ce programme implique à présent une dizaine d'équipes dans toute l'Europe et au Canada.

### **Spiruline à usage animal**

La Spiruline est utilisée comme complément nutritionnel en aquariophilie, en aquaculture, en agroalimentaire, pour des effets très spécifiques :

#### **Pour favoriser la croissance et la fertilité**

Des études sur les poissons d'aquarium tels le *Xiphophorus helleri* (James et al. 2006) et la crevette *Fenneropenaeus chinensis* (Kim et al. 2006) ont montré les effets bénéfiques de *Spirulina platensis*

---

<sup>4</sup> Dans cet écosystème, le cycle de la matière a été réduit au minimum, soit à cinq compartiments : les compartiments consommateur ; liquéfacteur ; photohétérotrophe ; nitrificateur et photoautotrophe. Les plantes supérieures et la Spiruline sont utilisées dans le compartiment photoautotrophe, d'une part pour équilibrer la ration alimentaire, d'autre part pour régénérer l'atmosphère par photosynthèse.

en ce domaine. L'influence bénéfique sur la croissance, de l'incorporation de Spiruline dans la nourriture des poulets de chair, a été présentée par Razafindrajaona et al (comm. coll. Tuléar 2008).

#### **Pour renforcer les défenses immunitaires**

En aquaculture, les poissons d'élevage, beaucoup plus fragiles que les poissons sauvages, sont souvent soumis à des infections virales et/ou bactériennes qui peuvent être catastrophiques en bassin. Watanuki et al. (2006) ont mis en évidence l'effet immunostimulant de *Spirulina platensis* chez la carpe *Cyprinus carpio*.

Des vétérinaires préconisent l'administration de Spiruline à des animaux domestiques affaiblis.

#### **Pour augmenter la pigmentation**

La Spiruline est utilisée pour sa richesse en caroténoïdes :

- En aquariophilie pour accentuer la coloration des poissons d'ornement tels le *Xiphophorus helleri* ou les carpes Koi (James et al. 2006)
- En aquaculture pour améliorer la pigmentation des crevettes et des poissons (Regunathan & Wesley 2006)
- En agroalimentaire pour accentuer la couleur des oeufs et de la chair de poulet et les rendre plus attrayants au consommateur (Ciferri 1983, Henrikson 1994, Toyomizu et al. 2001).

#### **Pour augmenter les performances des animaux**

Elle est vendue pour la nutrition des taureaux reproducteurs, des chevaux de course.

### **Les extraits de Spiruline**

#### **La phycocyanine**

C'est un des rares colorants alimentaires naturels de couleur bleue. Son usage est autorisé en Europe. Un extrait liquide de spiruline fraîche titrée en phycocyanine a été mis au point par la société Alpha Biotech (Jaouen P et al 1999).

La phycocyanine extraite de la Spiruline est vendue sous le nom de « linablue » ou « sérum bleu » dans les industries alimentaires et cosmétiques à titre de colorant alimentaire, marqueur fluorescent, enzyme.

#### **Les extraits combinés**

En combinaison avec des extraits d'algues vertes, les extraits de Spiruline sont commercialisés pour leurs vertus cicatrisantes, antiseptiques et régénératrices cellulaires. La commercialisation porte soit sur l'extrait brut actif stabilisé, soit sur le produit fini (gels, shampooings, laits). Les marchés concernés sont ceux 1) des produits cosmétiques de soin 2) de la parapharmacie pour le traitement de problèmes dermatologiques 3) des soins vétérinaires.

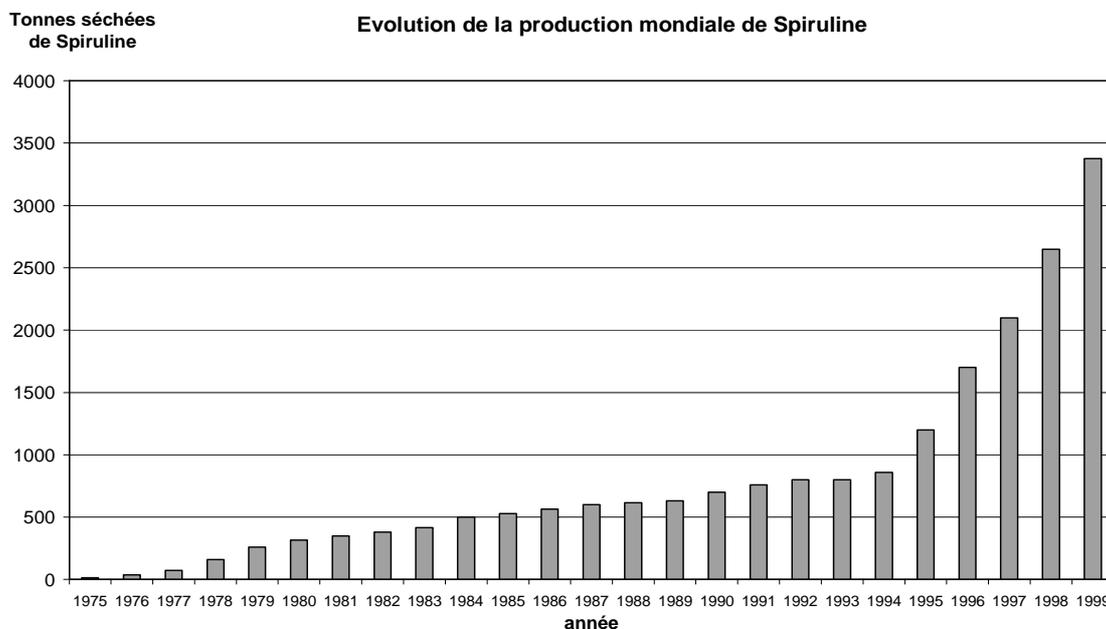
#### **Les résidus d'extraction**

Le résidu d'extraction de la phycocyanine est intéressant. Après extraction réalisée en phase aqueuse, le reliquat obtenu est une pâte humide et colorée qui contient encore un pourcentage élevé de protéines, des pigments (chlorophylle et caroténoïdes) ainsi que la fraction lipidique, y compris les acides gras essentiels et l'acide gamma-linolénique. Ce reliquat conserve donc une valeur notable tant au point de vue nutritif que thérapeutique.

## Le marché de la Spiruline

Il est très difficile d'obtenir des renseignements permettant de connaître la production mondiale actuelle et les coûts de la Spiruline. Les chiffres donnés dans ce paragraphe ne le sont qu'à titre indicatif. Ils viennent pour la plupart d'une étude réalisée en 2000 par le bureau d'étude Tractebel Consult en association avec le Centre Universitaire de Biotechnologie Algale (CUBIA), Belgique.

### L'offre



**Figure 2 :** Evolution de la production mondiale de Spiruline d'après l'étude réalisée en 2000 par Tractebel Consult en association avec le Centre Universitaire de Biotechnologie Algale (CUBIA).

La production mondiale a régulièrement augmenté surtout depuis 1995. De 1400T en 1995, 3500T en 2000, elle est supérieure à 4000T aujourd'hui.

### Formes de distribution

#### En poudre à l'état «brut »

La poudre sèche de Spiruline est vendue sous forme de gélules ou de comprimés dans des magasins spécialisés en diététique, en parapharmacie, dans certains clubs sportifs (body building) et dans les rayons spécialisés en aliments de régime des grandes surfaces.

#### En produit fini

Dans l'agroalimentaire et les cosmétiques.

### Les coûts

Dans les pays développés, la Spiruline issue de la production industrielle est vendue au prix de gros sous forme de poudre de 16€ à 19€ le kg en qualité humaine et de 8€ à 13€ le kg en qualité animale. Elle apparaît sur le marché sous forme de comprimés à 200€ le kg et sous forme de gélules à 500€ le kg. La Spiruline issue des productions artisanales en France, est vendue de 75€ le kg (prix de gros) à 130€ le kg (prix au détail). En Afrique, les prix de vente sont bien inférieurs : généralement de 25€ à 40€ le kg (rarement à plus de 40€ le kg) très variable selon le prix de revient, mais relativement bon marché.

## La demande de Spiruline

Le tableau ci-dessous donne une estimation de la demande en Spiruline par type d'utilisation en 2000.

**Tableau : Estimation de la demande de Spiruline en 2000 par secteur d'après l'étude réalisée en 2000 par Tractebel Consult en association avec le Centre Universitaire de Biotechnologie Algale (CUBIA).**

Secteur	En tonnes de Spiruline sèche	Observations
Usage humain (alimentation, diététique, parapharmacie)	2500 (70%)	Dont 700 USA, 800 Japon, 500 Asie, 500 Europe
Colorants alimentaires naturels (phycocyanine, etc.)	500 (14%)	
Alimentation animale	300 (8%)	
Composants pour cosmétiques et produits cicatrisants	300 (8%)	(en forte croissance)
<b>TOTAL</b>	<b>3600 (100%)</b>	

### Les filières de vente

Il n'y a pas à proprement parler de filières de vente. Les grosses entreprises ont leur propre département de distribution. En France, les producteurs du sud se sont associés en groupement PASS (Producteurs Associés de Spiruline du Sud) pour vendre une Spiruline artisanale séchée à basse température, de qualité « FILAO ».

La vente se fait dans les industries agroalimentaires, dans les boutiques de produits naturels, en magasins spécialisés en diététique, cosmétique, compléments alimentaires pour animaux, sur Internet.

### Un débouché pour les fermes africaines : l'exportation de Spiruline ?

Un marché local de la Spiruline existe en Afrique. Cependant les revenus des Africains sont souvent trop faibles face au coût encore élevé de la Spiruline, pour que le marché local suffise à écouler la production, encore moins à financer la part humanitaire. L'exportation d'une partie de la production à un coût nettement plus élevé que celui du marché local apparaît alors comme une solution intéressante pour les pays d'Afrique, dont les latitudes sont favorables à la culture de Spiruline.

Pour que l'exportation soit jouable il serait nécessaire :

- 1) de diminuer le prix de revient de la Spiruline en diminuant l'import d'intrants, en augmentant la production et la productivité
- 2) d'améliorer la qualité du produit
- 3) de prendre en compte les critères de toxicité du produit emballé (présence de bactéries et métaux lourds). Les exploitants africains ont été sensibilisés sur ces trois paramètres.

Une simulation a pu montrer que le prix de revient pourrait dans l'idéal baisser à 6€50 et la productivité augmenter à 10 g m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup> (Jourdan JP, comm. colloque Tuléar, 2008).

La qualité du produit Spiruline est très variable selon la souche et le procédé de culture.

- **Les protéines** : La teneur en protéines peut décroître de 10 à 15% selon le moment de la récolte, celle en méthionine (AA soufré) de 30% selon le mode de séchage. Les conditions pour une

teneur optimum sont une récolte au début de la photopériode et un séchage par pulvérisation au détriment des tambours chauffants (Falquet & Hurni 2006).

- **Les vitamines** : La chaleur et la granulométrie interviennent dans la conservation des teneurs en vitamines (Bujard et al 1970 ; Sedrashi et al. 1991). Ce dernier auteur déconseille le séchage par pulvérisation pour une meilleure conservation de la provitamine A.

La biodisponibilité de la vitamine B12 semble hautement dépendante de la souche de Spiruline utilisée et des procédés de culture (Falquet & Hurni 2006).

- **Les minéraux et acides gras** : Des enrichissements dans le milieu de culture en Zn, Fe, Se peuvent fortement augmenter la teneur en ces minéraux de la Spiruline. Il est même possible d'enrichir la Spiruline en acides gras (Kiet et al. 1994).

Cette variabilité de la qualité a stimulé les recherches pour le développement d'une culture en bassins maîtrisée, avec l'amélioration des procédés d'agitation, de séchage, de conditionnement, au bénéfice de la qualité de la Spiruline.

Des analyses microbiologiques sont effectuées dans les pays d'Afrique de l'Ouest où la production est encore jeune et à Madagascar. La régularité de ces analyses et le contrôle des métaux lourds sont à encourager dans une production qui tendrait à se développer.

### Conclusion

- La Spiruline a un marché autre que la malnutrition basé sur son potentiel (non démontré mais en cours d'études) pour la santé des humains et des animaux ainsi que pour l'extraction de phycocyanine.
- La production industrielle mondiale augmente montrant qu'il y a une demande croissante.
- Les pays en voie de développement ont un climat favorable à cette culture et pourraient exporter une part de leur production s'ils arrivent à diminuer leur prix de revient, augmenter la qualité et promouvoir leur produit emballé sous un label de qualité régional, national voire panafricain.

### Bibliographie

- Blanchot J (2008) Comm. Colloque international « Spiruline et Développement », 28-30 avril 2008, Tulear, Madagascar
- Bujard-E, U. Braco-U, Mauron-J, Mottu-F, Nabholz-A, Wuhrmann-JJ & Clément-G (1970). Composition and Nutritive Value of Blue Green Algae (Spirulina) and their Possible Use in Food Formulations, 3rd. international Congress of Food Science and Technology, Washington 1970.
- Ciferri O (1983) Spirulina, the edible microorganism. Microbiological Reviews 47: 551-578
- Chopra K, Bishnoi M (2007) Antioxydant Profile of Spirulina : A Blue-Green Microalga in Spirulina In Gershwin & Belay (ed.) Spirulina in Human Nutrition and Health : 101-118
- Cox PA, Banack SA, Murch SJ, Rasmussen U, Tien G, Bidigare RR, Metcalf JS, Morrison LF, Codd GA and Bergman B. (2005) Diverse taxa of cyanobacteria produce {beta}-N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino-acid PNAS 102;5074-5078

- Cruz-Aguado R, Winkler D, Shaw CA (2006) Lack of behavioral and neuropathological effects of dietary beta-methylamino-L-alanine (BMAA) in mice. *Pharmacol Biochem Behav.* 84(2):294-9
- Durand-Chastel (1999) Production of *Spirulina* biomass rich in gamma-linolenic acid and sulfolipids *Marine Cyanobacteria NS19* (dissem.), pp. 541-546 in *Bull. Inst. océanogr.* (Monaco)
- Falquet J, Hurni J-P (2006) *Spiruline, Aspects Nutritionnels*. Antenna Technologies: 22 p. (disponible sur le site <http://www.antenna.ch/malnutrition/aspects-nutritionnels.html>)
- Fedkovic Y, Astre C, Pinguet F, Gerber M, Ychou M, Pujol H (1993) *Spirulina* and cancer. *Bull. Inst. Oceano., Monaco NS 12:* 117-120
- Gershwin ME, Belay A (2007) *Spirulina in Human Nutrition and Health*, CRC Press eds: 328pp
- Harrigan GG, Goetz G (2002) Symbiotic and dietary marine microalgae as a source of bioactive molecules-experience from natural products research. *Journal of Applied Phycology* 14: 103-108
- Harrigan GG, Luesch H, Yoshida WY, Moore RE, Nagle DG, Paul VJ (1999) Symplostatin 2: a dolastatin 13 analogue from the marine cyanobacterium *Symploca hydnoidea*. *J. Nat. Prod.* 62: 655-658
- Hayakawa Y, Hayashi T, Hayashi K, Hayashi T, Ozawa T, Niiya K, Sakuragawa N (1996) Heparin cofactor II-dependent antithrombin activity of calcium spirulan. *Blood Coagulation and Fibrinolysis* 7: 554-560
- Hayakawa Y, Hayashi T, Lee J-B, Ozawa T, Sakuragawa N (2000) Activation of Heparin Cofactor II by Calcium Spirulan. *J. Biol. Chem.* 275: 11379-11382
- Hayakawa Y, Hirashima Y, Yamamoto H, Kurimoto M, Hayashi T, Lee J-B, Endo S (2003) Mechanism of activation of heparin cofactor II by calcium spirulan. *Arch. Biochem. Biophys.* 416(1): 47-52
- Hayashi K, Hayashi T, Kojima I (1996a) A natural sulfated polysaccharide, calcium spirulan, isolated from *Spirulina platensis*: In vitro and ex vivo evaluation of anti-herpes simplex virus and anti-human immunodeficiency virus activities. *AIDS Research and Human Retroviruses* 12: 1463-1471.
- Hayashi T, Hayashi K, Maeda M, Kojima I (1996b) Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a blue-green alga *Spirulina platensis*. *Journal of Natural Products* 59: 83-87
- Henrikson R (1994) *Microalga Spirulina, superalimento del futuro*. Barcelona:Ediciones S. A. Urano ISBN 84-7953-047-2
- Hudson BJB, Karis IG (1974) The lipids of the alga *Spirulina*. *J. Sci. Food Agric* 25: 759-763
- Hwang D (1989) Essential fatty acids and immune response. *FASEB J.* 3: 2052-2061
- Iteman I (2004) Comm. In: *Colloque international: CSSD "Cyanobactéries pour la Santé SeDiE* (ed.)
- Jaime L, Mendiola JA, Herrero M, Soler Rivas C, Santoyo S, Senorans FJ, Cifuentes A, Ibanez E (2005) Separation and characterization of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga

- combining pressurized liquid extraction, TLC, and HPLC-DAD. *Journal Of Separation Science* 28: 2111-2119
- Jaki B, Orjala J, Sticher O (1999) A novel extracellular diterpenoid with antibacterial activity from the cyanobacterium *Nostoc commune*. *J. Nat. Prod.* 62: 502-503
- James R, Sampath K, Thangarathinam R, Vasudevan I (2006) Effect of dietary spirulina level on growth, fertility, coloration and leucocyte count in red swordtail, *Xiphophorus helleri*. *Israeli Journal Of Aquaculture Bamidgeh* 58: 97-104
- Jaouen P, Lépine B, Rossignol N (1999) Clarification and concentration with membrane technology of a phycocyanin solution extracted from *Spirulina platensis*. *Biotechnology Techniques* 13: 877-881
- Jourdan JP (2008) Comm. Colloque international « Spiruline et Développement », 28-30 avril 2008, Tulear, Madagascar
- Kiet Pham Quoc, Dubacq J.-P, Demandre C et Mazliak P (1994) Comparative effects of exogenous fatty acid supplementations on the lipids from the cyanobacterium *Spirulina platensis* *Plant physiology and biochemistry*, vol. 32, n°4, pp. 501-509
- Kiet Pham Quoc, Durand-Chastel H (2006) *Spirulina* rich in AIDS-Antiviral Sulfolipids. In Charpy et al. (ed.) *International Symposium on Cyanobacteria for Health, Science and Development*: 111-117.
- Kim CJ, Yoon SK, Kim HI, Park YH, Oh HM (2006) Effect of *Spirulina platensis* and probiotics as feed additives on growth of shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 16: 1248-1254
- Li JH (2006) Recherche sur les applications et fonctions cliniques de la Spiruline en Chine. Comm. In: Colloque international: CSSD "Cyanobactéries pour la Santé SeDIde (ed.)
- Melchior JC, Goudet O (1997) *Nutrition et infection par le VIH*. Masson, Paris
- Mundt S, Kreitlow S, Nowotny A, Effmert U (2001) Biochemical and pharmacological investigations of selected cyanobacteria. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203: 327-334
- Parikh P, Mani U, Iyer U (2001) Role of *Spirulina* in the control of glycemia and lipidemia in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Medicinal Food* 4: 193-199
- Pascaud M, Doumenge F, Durand-Chastel H, Toulemont A (1993) The essential polyunsaturated fatty acids of *Spirulina* and our immune response. *Bull. Inst. océanogr. NS12*: 49-57
- Pinero Estrada JE, Bermejo Bescos P, Villar del Fresno AM (2001) Antioxidant activity of different fractions of *Spirulina platensis* protean extract. *Farmaco* 56: 497-500
- Qureshi MA, Garlich JD, Kidd MT (1996) Dietary *Spirulina platensis* enhances humoral and cell-mediated immune functions in chickens. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 18: 465-476.
- Ramamoorthy A, Premakumari S (1996) Effect of supplementation of *Spirulina* on hypercholesterolemic patients. *Journal of Food Science and Technology* 33: 124-128
- Rayman MP (2000) Review: The importance of selenium to human health. *Lancet* 356: 233-241
- Remirez D, Gonzalez R, Merino N, Rodriguez S, Ancheta O (2002) Inhibitory effects of *Spirulina* in zymosan-induced arthritis in mice. *Mediators of Inflammation* 11: 75-79

- Samuels R, Mani UV, Iyer UM, Nayak US (2002) Hypocholesterolemic effect of Spirulina in patients
- Seshadri CV, Umesh BV et Manoharan R (1991) Beta-carotene studies in Spirulina Society of Applied Algology. International conference No5, vol. 38, no 2-3, pp. 111-113
- Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A (2006) Commercial Applications of Microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering 101: 87-96
- Toyomizu M, Sato K, Taroda H, Kato T, Akiba Y (2001) Effects of dietary Spirulina on meat colour in muscle of broiler chickens. British Poultry Science 42: 197-202
- Tulliez J, Bories G, Février C et Boudène C. (1975) Les hydrocarbures des algues spirulines: nature, étude du devenir de l'heptadécane chez le rat et le porc Ann. Nutr. Aliment. 29, 563-571.
- Watanuki H, Ota K, Tassakka ACMAR, Kato T, Sakai M (2006) Immunostimulant effects of dietary Spirulina platensis on carp, Cyprinus carpio. Aquaculture 258: 157-163
- Yamamoto C, Fujiwara Y, Kajia T (2006) The biological effects of depolymerized sodium spirulan and sulfated colominic acid on vascular cells are beneficial in preventing atherosclerosis. Journal of Health Science 52: 205-210
- Yamamoto C, Nakamura A, Shimada S, Kaji T, Lee JB, Hayashi T (2003) Differential effects of sodium spirulan on the secretion of fibrinolytic proteins from vascular endothelial cells: Enhancement of plasminogen activator activity. Journal of Health Science 49: 405-409
- Zhang HQ, Lin AP, Sun Y, Deng YM (2001) Chemo- and radio-protective effects of polysaccharide of Spirulina platensis on hemopoietic system of mice and dogs. Acta Pharmacologica Sinica 22: 1121-1124

## **INFLUENCE DE L'INCORPORATION DANS LES PROVENDES DE LA SPIRULINE DE MADAGASCAR (*SPIRULINA PLATENSIS* VAR. *TOLIARA*) SUR LA CROISSANCE DES POULETS DE CHAIR**

Dr Jean Marie RAZAFINDRAJAONA <sup>1</sup>, Pr. RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène <sup>2</sup>,  
Dr. RAKOTOZANDRINDRAINY Raphaël <sup>2</sup>, Ingénieur TSIVINGAINA Antsivasoa <sup>2</sup>,  
Dr RAMAPIHERIKA Kotonirina Daniel <sup>3</sup>, Dr RANDRIA Jean N. <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Département. Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Sup. des Sciences Agronomiques, B.P 175 (101) Antananarivo.

<sup>2</sup> Département. Elevage, Ecole Sup. des Sciences Agronomiques, B.P 175 (101) Antananarivo.

<sup>3</sup> Institut Halieutique et des Sciences Marines, Toliara.

<sup>4</sup> Centre National de Recherches Pharmaceutiques, Madagascar.

### **Résumé**

La spiruline est un produit naturel exceptionnel, ayant de multiples utilités Agro-alimentaire, pharmaceutique, écologique et biotechnologique. Les effets de sa consommation sur la santé humaine et animale ont été déjà démontrés mais c'est plutôt un complément alimentaire qu'un aliment de base. Elle pourrait donc être utilisée comme un élément améliorateur des provendes pour optimiser la production animale. Cette étude vise à déterminer l'influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur la croissance des poulets de chair. La spiruline provient de la production du Dr RAMAPIHERIKA Kotonirina à Toliara. Les provendes commerciales enrichies sont fabriquées par la société AVITECH SA, qui a aussi fourni les 175 poulets d'expérimentation de race STARBO. Les doses d'incorporations testées sont 0,0 mg/kg, 50,0 mg/kg et 100,0 mg/kg de poids vif. L'expérimentation a été conduite dans une ferme d'Anjomakely, Antananarivo pendant la phase de croissance et de la finition des poulets de chair. Les paramètres étudiés sont le Gain Moyen Quotidien, le taux de croissance spécifique, le rendement de la production et l'émancipation de l'animal. Les résultats ont été traités par le logiciel Excel, STATITCF et MICROSTA. La dose de 100 mg/kg de poids vif a donné le maximum de productivité totale: + 11,4 %, voire + 15,1% avec certains animaux tandis que la demi dose de 50 mg/kg est meilleure pendant la phase de croissance. Aucun animal n'a pu atteindre la performance théorique de la race mais se rapproche des témoins. Mais la consommation de spiruline a modifié le développement des différentes parties du corps de l'animal, surtout les parties « nobles » très recherchées comme le bréchet, le dos et la cuisse. L'incorporation de la spiruline a amélioré la qualité nutritionnelle et l'efficacité biologique. Toutefois cette étude doit être complétée par une évaluation de la qualité sensorielle des viandes produites.

**Mots clés :** Spiruline, poulet de chair, provendes, Gain Moyen Quotidien, émancipation, Madagascar.

**Effects of the incorporation of the malagasy spirulina (*Spirulina platensis* var. *Toliara*) in the provendes on the growth of table fowls in Madagascar.**

### **Abstract**

Spirulina is an exceptional natural product, having multiple utilities in food sciences, medicine, ecology and biotechnology. The effects of its consumption on human and animal health were already shown but it is rather a food complement than a basic food. It could thus be used like an ameliorative element of the provendes to optimize the livestock production. This study aims at

determining the influence of the incorporation of the Spirulina in the provendes on the growth of table fowls. The Spirulina comes from the production of Dr. RAMAMPIHERIKA Kotonirina in Toliara. The enriched commercial provendes are manufactured by the company AVITECH SA, which also provided 175 chickens of race STARBO for the experimentation. The amounts of incorporations tested are 0,0 mg/kg, 50,0 mg/kg and 100,0 mg/kg of live weight. The experimentation was led in a farm of Anjomakely, Antananarivo during the phase of growth and the completion of table fowls. The studied parameters are the Daily Average Growth, the specific growth rate, the output of the production and the emancipation of the animal. The results were treated by the Excel STATITCF and MICROSTA softwares. The amount of 100 mg/kg of live weight gave the maximum of total productivity: + 11.4 %, even + 15.1% with certain animals while the half dose of 50 mg/kg is better during the phase of growth. No animal could reach the theoretical performance of the race but approaches the witnesses. But the consumption of Spirulina modified the development of the various parts of the body of the animal, especially the parts “noble” very required like the breastbone, the back and the thigh. The incorporation of the Spirulina improved nutritional quality and the biological effectiveness of the provendes. However this study must be supplemented by a sensory quality evaluation of the produced meats.

**Key words:** Spirulina, fowl table, provendes, Daily Average Growth, emancipation, Madagascar.

## I- INTRODUCTION

La spiruline dont le nom scientifique est Spirulina sp. ou Arthrospira sp. est l'un des êtres vivants les plus vieux de notre planète. Apparue sur la terre il y a 3,5 milliards d'années, cette algue bleue microscopique se développe dans les régions tropicales et subtropicales possédant de multiples utilités: Agro-alimentaire, pharmaceutique, écologique et biotechnologique, etc. (ZARROUK, 1966), (CIEFFERRI, 1983), (CIEFFERRI, 1985), (KAY, 1991), (DILLON et al., 1995), (KOZLENKO et al., 1996), (HENRIKSON, 1999), (CYANOTECH, 2000), ( CORNET, 1998), (ANTENNA, 2004) (WIKIPEDIA, 2005 ), (JORDAN,2005), (MELISSA, 1996), (MELISSA, 1997), ( FOX, 1986 ) ( FOX, 1996 ), ( FOX, 1999 ).

Elle attire de plus en plus l'attention des scientifiques. De nombreuses études ont montré des effets positifs de sa consommation sur la santé humaine et animale (SAUTIER et TREMOLIERES, 1975). (BUCAILLE, 1990), (DELPEUCH et al., 1975), (MIAO, 1987) (PROTEUS, 1975), (SANTILLAN, 1974), (SESHADRI, 1993). Elle apparaît comme une algue de l'espoir qui aura un rôle de premier plan à jouer pour relever le défi alimentaire et pour servir de remède à certaines maladies qui touchent en particulier les pays en voie de développement ( FOX, 2002 )

A Madagascar, elle a été découverte à Tuléar en 1989 par le Dr RAMAPIHERIKA Kotonirina Daniel et l'Equipe de l'IHSM de Toliara, faisant ainsi l'objet de nombreuses études fondamentales et appliquées de valorisation( RAMAPIHERIKA, 1991-2005), (RASAMOELINA, 1999), (RAKOTONARIVONDRIANAIVO, 2002), (RAVAONIRINA, 2002), (RAMAROSON, 2003) (ERIKSSON, 2004), (RAZAFINDRAJONA et al., 2006).

Elle est à la fois un aliment énergétique, grâce à sa teneur en glucides (14 à 24%) et en matières grasses ( à % ), mais constructeur grâce à sa teneur en protéine (60 à 70%) et protecteur car riche en

vitamines, oligo-éléments, sels minéraux, pigments et divers éléments bioactifs encore méconnus. (RAZAFINDRAJAONA et al., 2006).

C'est donc un aliment concentré très riche que la plupart des nutritionnistes la qualifient comme l'aliment le plus riche de notre planète. Mais elle devra être utilisée avec prudence : c'est plutôt un complément alimentaire par excellence qu'un aliment de base. En effet, une forte administration peut entraîner un surdosage, c'est à dire une intoxication. (RAZAFINDRAJAONA et al., 2006).

D'un autre côté, sa teneur exceptionnelle en protéine et la composition de celle-ci la rendent nettement plus nourrissant que les principales matières premières pour la fabrication des aliments et des provendes, telles que le maïs, le riz, le manioc, le soja, le coton, l'arachide ou la farine de poisson. Elle pourra donc être utilisée comme un substitut par excellence et/ou un élément améliorateur des provendes.

Et la présente étude vise à déterminer l'influence de son incorporation dans les provendes sur la croissance des poulets de chair.

## II- MATERIELS ET METHODES

### 21- La spiruline séchée utilisée

C'est une souche de *Spirulina platensis* variété *Toliara*. Elle provient de la culture du bassin naturel semi-contrôlé du Dr RAMAMPIHERIKA Kotonirina Daniel. Elle a été récoltée et séchée par lui-même en 2004.

### 22- Les poulets d'expérimentation

La race testée est STARBRO fournie par AVITECH SA Madagascar. C'est une race à viande déjà élevée par de nombreux éleveurs professionnels malgache qui travaillent avec la MPE (Maison de Petit Elevage). L'expérimentation a été réalisée avec 175 poulets.

### 23- Les provendes des poulets

Les provendes utilisées les provendes commerciales prêtes à l'emploi, fabriquées par la société AVITECH d'Andakana, Antananarivo, Madagascar. Elles sont de deux types : provende de démarrage et provende de finition.

Les taux d'incorporation de la spiruline dans les provendes ont été calculés pour avoir une ingestion journalière de 0 mg/kg (témoin), 50mg/kg (dose1) et 100mg/kg (dose 2).

### 24- Matériels d'expérimentation et d'analyses

Les matériels d'analyse et d'expérimentation utilisés sont des infrastructures et des matériels détenus par :

- Le Dr RAMAPIHERIKA Kotonirina Daniel (Lac naturel semi-contrôlé, séchoir)
- Le Laboratoire de Nutrition Animale Département Elevage de l'ESSA
- Et le Laboratoire du Département des Industries Agricoles et Alimentaires de l'ESSA

La ferme d'expérimentation se trouve à Anjomakely, Antananarivo. C'est une ferme de la société TECHNOFARM SA Madagascar, qui fait partie des groupes des éleveurs professionnels travaillant avec la MPE (Maison de Petit Elevage).

## 25- Méthodes d'analyses de la valeur nutritionnelle des provendes

L'analyse de la valeur nutritionnelle des provendes concerne la teneur en eau, la matière sèche, la matière azotée totale et l'énergie brute. Les méthodes d'analyse sont décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 1** : Méthodes de détermination de la valeur nutritionnelle des provendes

Constituants	Méthodes adoptées	Référence
<b>Matière sèche</b>	Séchage à l'étuve à 103°C ± 2°C, puis pesage des parties sèches	NF V 04-282 (ISO 5534)
<b>Cendres brutes</b>	Minéralisation au four à 650°C ± 2°C	Manuel du Dépt Elevage
<b>Matière azotée totale</b>	Minéralisation puis distillation de l'azote total	KJELDHAL
<b>Pouvoir calorifique</b>	Combustion adiabatique dans le calorimètre adiabatique IKA 200	Manuel du Dépt Elevage/ESSA
<b>Matière glucidique</b>	Déduction à partir de MS, MM, MAT et MG	-

## 26- Conduites expérimentales

Le but est de voir dans quelle mesure la prise quotidienne d'une certaine dose de spiruline peut influencer favorablement la croissance des poulets de chair. Les conditions habituelles d'élevage de la ferme ont été donc maintenues pour éviter l'interférence des conditions environnementales.

Il s'agit alors de faire administrer différentes doses de spiruline et de suivre l'évolution journalière du poids pendant les différentes phases d'élevage de poulets de chair., à savoir, la phase de croissance (1 à 4 semaines d'élevage) et la phase de finition (5 à 7 semaines d'élevage).

Après randomisation, trois séries de groupes de poussins d'un jour ont été formés pendant la phase de démarrage (1<sup>ère</sup> – 4<sup>ème</sup> semaines). Pendant la phase de finition (5<sup>ème</sup> - 7<sup>ème</sup> semaine), chacun des deux groupes ayant reçu de la spiruline a été divisé en deux sous-groupes : le premier sous groupe continue de recevoir la même dose de spiruline et le second sous-groupe sans spiruline. Le poids et l'état général des animaux sont quotidiennement relevés et suivis.

Le dispositif expérimental comporte finalement cinq rations : Témoin, Ration 10, Ration 11, Ration 20 et Ration 21. Il est décrit par le tableau suivant:

**Tableau 2** : Répartition des poulets d'expérimentation de l'étude de l'effet des différentes doses de la spiruline sur leur croissance.

Âge	Dose de spiruline (mg/Kg)				
	0	50 (Dose 1)	100 (Dose 2)		
1 <sup>ère</sup> à 4 <sup>ème</sup> semaines	0	50 (Dose 1)	100 (Dose 2)		
5 à 7 semaines	0	0	50	0	100
<b>Type de Ration</b>	<b>Témoin</b>	<b>Ration 10</b>	<b>Ration 11</b>	<b>Ration 20</b>	<b>Ration 21</b>
<b>Nombre d'animaux</b>	35	35	35	35	35

## 27- Techniques d'exploitation des résultats

Les données brutes ont été compilées puis traitées par les logiciels Excel version 2003, STATITCF version 5.0, MICROSTA version 2.00. Pour faciliter leur interprétation, elles sont généralement présentées sous forme graphique avec le logiciel Excel 2003.

### 271- Le Gain Moyen Quotidien

Il exprime le gain de poids journalier du poulet.

Soient :  $P_i$  : poids de l'animal au jour  $J_i$

$P_j$  : poids de l'animal au jour  $J_j$  ( $j > i$ )

GMQ : gain de poids journalier entre  $J_j$  et  $J_i$

Nous avons :

$$GMQ = \frac{(P_j - P_i)}{(t_j - t_i)} \rightarrow \text{unité (g / jour)}$$

### 272- Modélisation de la croissance par rapport au poids initial de l'individu

Le poids initial des poussins diffère naturellement d'un individu à un autre. Pour être comparable, leur croissance a du être modélisée par rapport à leur poids initial. Une telle modélisation permettra ainsi mieux caractériser le mode et les différentes étapes de leur croissance. Les paramètres de modélisation suivants ont été utilisés :

Soient :  $P_0$  : poids initial de l'animal

$P_j$  : poids au jour « j »

$P'_j$  : poids au jour « j » exprimé en % par rapport au  $P_0$

Nous avons :

$$P'_j = \frac{(P_j) \times 100}{P_0} \text{ (sans unité)}$$

### 273- Le taux de croissance spécifique

Au cours de la présente étude, nous l'avons testé pour voir si la formule de taux de croissance spécifique utilisé en microbiologie peut caractériser l'élevage de poulet c'est-à-dire traduire l'état de croissance d'une bande de poulet. Nous avons donc :

$$K = \frac{\ln(P_j) - \ln(P_i)}{(t_j - t_i)} \rightarrow \text{unité (j-1)}$$

Avec :  $P_i$  : poids de l'animal au jour  $J_i$

$P_j$  : poids de l'animal au jour  $J_j$  ( $j > i$ )

K : taux de croissance spécifique

Les interprétations possibles sont les suivantes :

**Tableau 3** : Signification pratique du taux de croissance spécifique

Valeur expérimentale	Signification pratique	
	Population microbienne	Extrapolation à un être vivant supérieur
K>0	Phase de croissance exponentielle	Gain de poids
K=0	Phase de latence, phase stationnaire	Pas de croissance, croissance stabilisée
K<0	Phase de déclin ou phase de lyse	Perte de poids

### III- RESULTATS, INTERPRETATION et DISCUSSION

#### 31- Composition des régimes expérimentaux

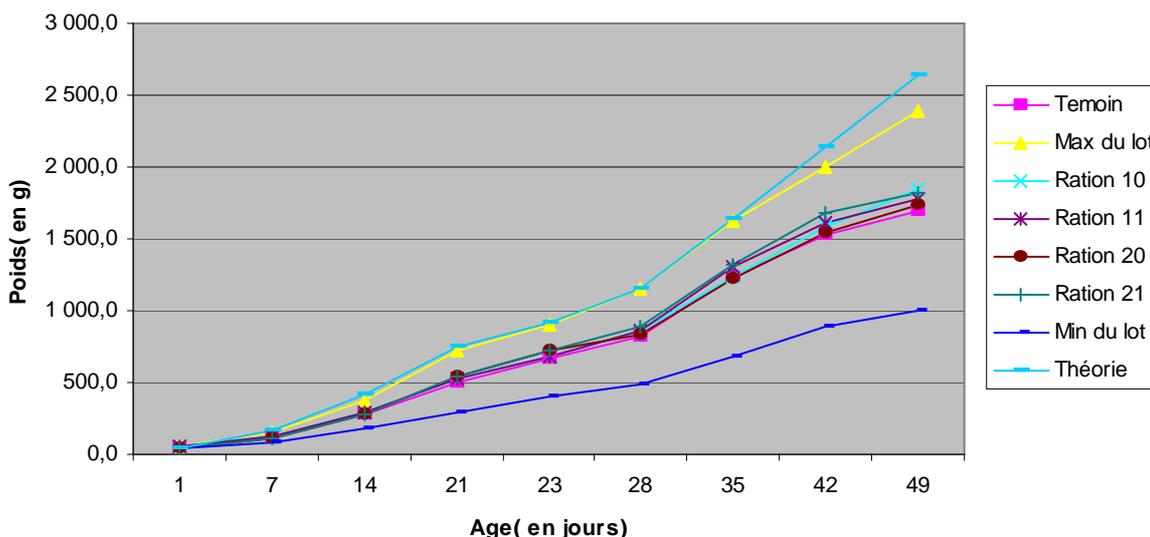
La composition générale et l'énergie fournie par chaque type d'aliments expérimentaux sont données par le tableau suivant :

	Provendes de démarrage			Provendes de Finition		
	Témoin	Témoin + (Dose 1)	Témoin + (Dose 2)	Témoin	Témoin + (Dose 1)	Témoin + (Dose 2)
Matière sèche (%)	87,44	87,85	87,51	88,50	87,85	88,11
Matière minérale (%)	5,55	5,09	4,52	4,50	4,37	4,70
Matière Azotée Totale (%)	19,05	20,40	20,53	16,89	17,54	18,12
Energie brute (Kcal/Kg)	3.630	3.686	3.597	3.591	3.630	3.739
Energie métabolisable (Kcal/kg)	2.160	2.193	2.140	2.137	2.160	2.242

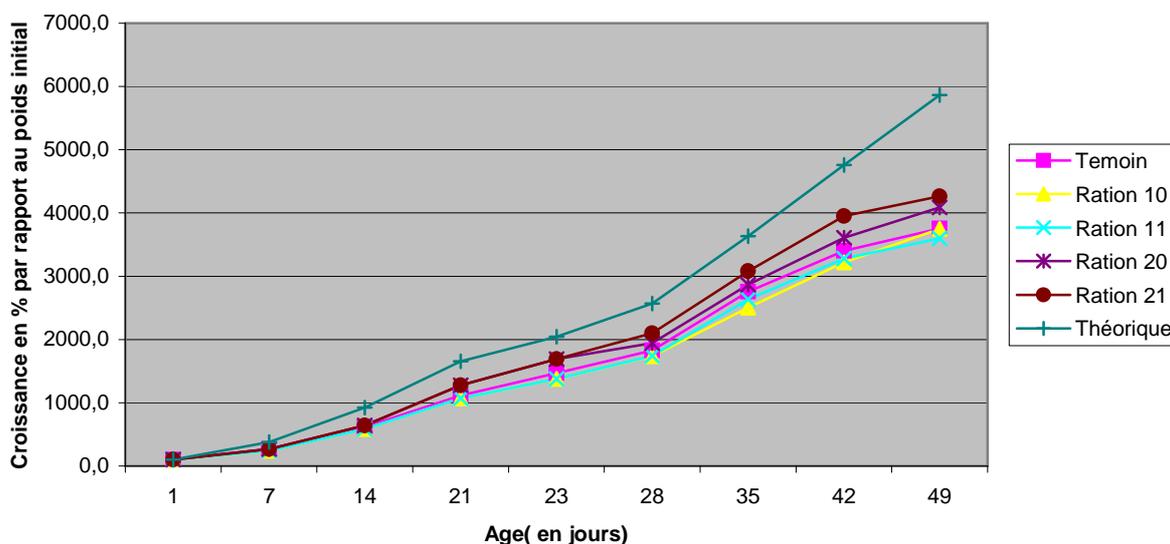
D'après ce tableau, nous pouvons dire que l'incorporation d'une faible dose de spiruline dans les provendes a entraîné petite variation, mais non significative, de leur composition générale et énergie brute. Dans les deux cas, les valeurs alimentaires trouvées restent dans les normes recommandées à l'élevage des poulets de chair.

#### 32- Effets sur le mode de croissance des poulets de chair

Les effets de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le mode de croissance des poulets sont donnés par deux figures suivantes



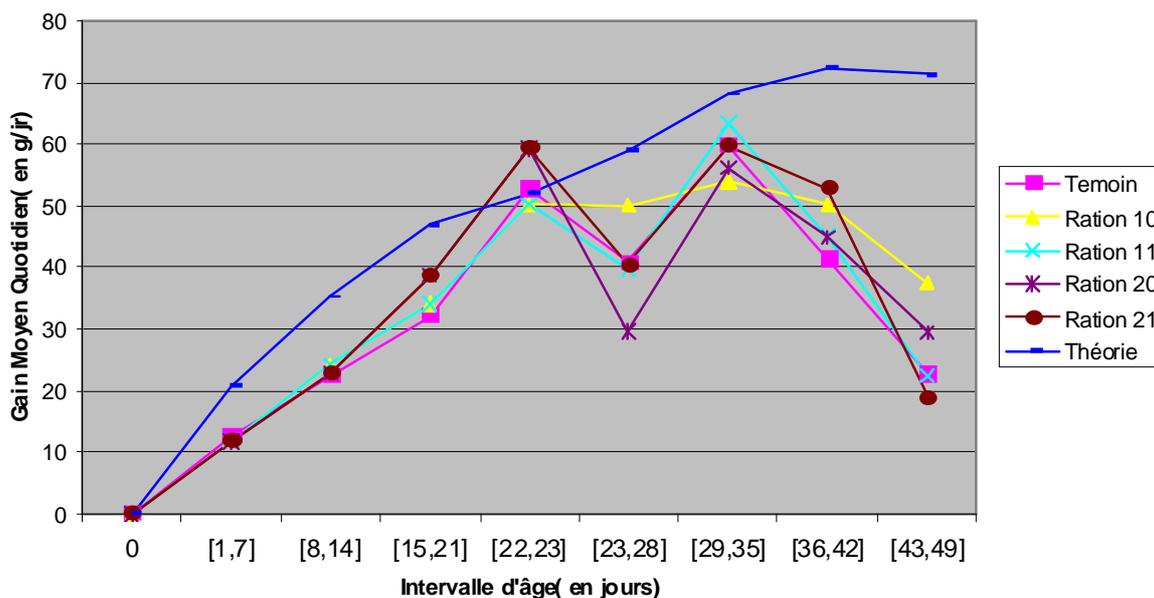
**Figure 1** : Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur la croissance pondérale des poulets de chair.



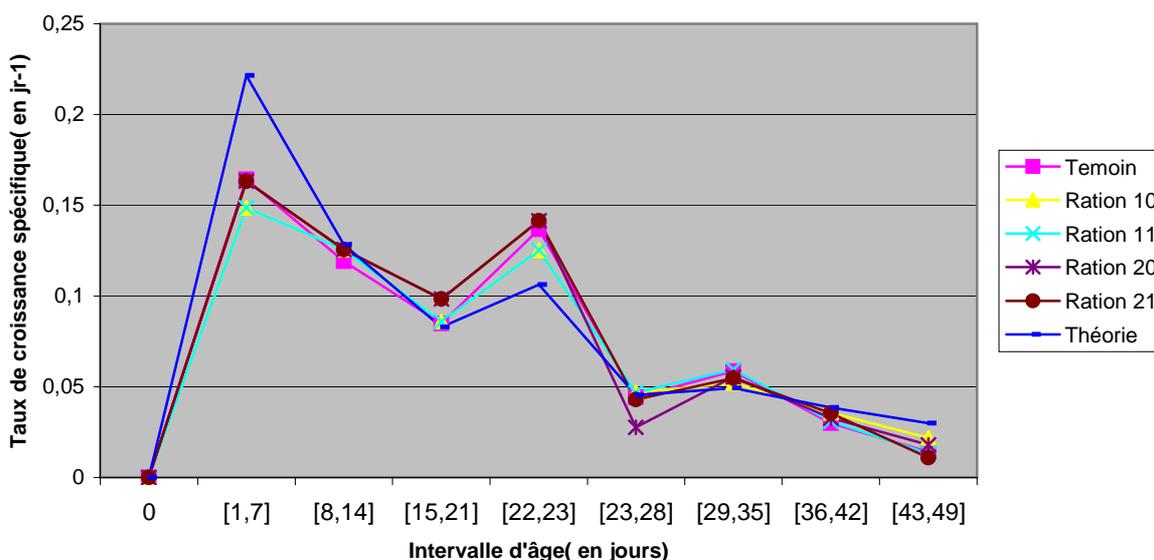
**Figure 2** : Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le modèle graphique de la croissance des poulets de chair

Ces deux figures montrent que l'incorporation de la spiruline n'a pas modifié le mode de croissance des poulets. En effet, leurs allures sont identiques à celle de la courbe théorique et du témoin. Elles confirment le mode de croissance en deux temps : la phase de croissance (développement pondéral assez marqué) et la phase de finition (maturation et accumulation de graisse). Du point de vue quantitative, la réponse des poulets est faible, voire assez négative, avec la première dose de supplémentation de spiruline (50 mg/kg) mais elle est positive et perceptible avec la deuxième dose (100mg/kg). En effet, cette deuxième dose a permis une meilleur modèle de croissance (fig. 2).

L'analyse plus approfondie de modèle avec le Gain Moyen Quotidien(GMQ) et le Taux de croissance spécifique (K) a donné les résultats suivants :



**Figure n°3 :** Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le Gain Moyen Quotidien de poulet de chair



**Figure 4 :** Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le taux de croissance spécifique des poulets de chair

D'après ces deux figures, les faits suivants peuvent être conclus :

1- Pendant la phase de croissance des poussins :

a- le GMQ est proportionnel l'âge, avec toutefois une vitesse de croissance maximale lors de la première semaine d'élevage. Par la suite, elle diminue légèrement mais reste sensiblement stabilisée pendant deux dernières semaines de la même phase (entre le 8<sup>ème</sup> et le 23<sup>ème</sup> jour) ;

b- Quel que soit le rationnement utilisé, le mode de croissance du lot a imité celui de la courbe de référence. La deuxième dose( 100mg/kg) a davantage stimulé la croissance car elle a permis aussi bien un GMQ plus élevé qu'une meilleure vitesse de croissance, notamment pendant

la dernière semaine de cette phase pendant laquelle sa valeur dépasse même celle de la courbe théorique stipulée par les fiches techniques ( jusqu'à 59,3g/j contre 52,0g/j théoriquement). Pendant les 23 premiers jours d'élevage, elle a permis d'obtenir 7% de plus de GMQ par rapport au témoin.

2- Au cours de la phase de finition :

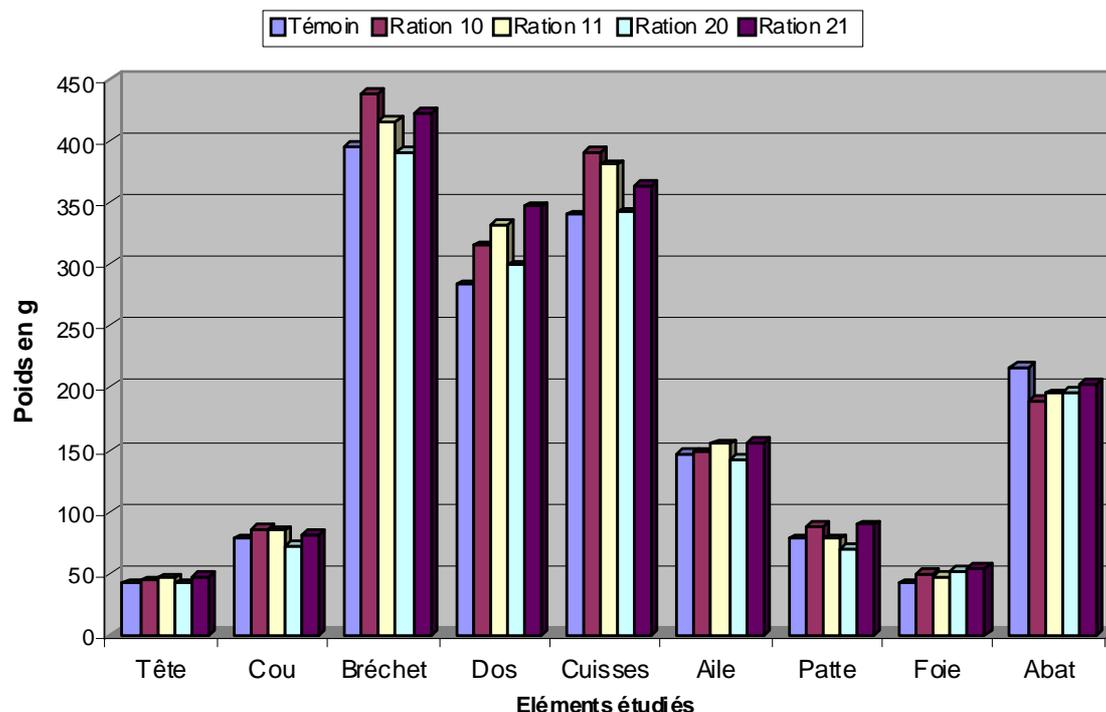
a- le GMQ diminue de 20 à 40% dans les jours qui suivent le changement du régime alimentaire puis regagne sa valeur maximale et diminue dans le temps. La rechute est due au stress mais la régression du GMQ est toute une autre chose. En effet, contrairement à la première phase, le GMQ de la population n'a simulé la courbe théorique bien que leurs vitesses de croissance soient similaires (fig. 2). La performance de la race a été donc sous-exploitée ;

b- En aucun cas, les rations testées ont donné des résultats pondéraux similaires ni comparables à la théorie, autrement dit, c'est la ration de base même qui est remise en question. D'un autre côté, l'apport de la spiruline a été inversé étant donné que c'est la faible dose qui a permis de gagner 6% de plus que le témoin. Ceci est évident car la spiruline est connue comme un régulateur de la surcharge pondérale, c'est-à-dire contraire à certains objectifs de cette deuxième phase. Toutefois, son incorporation n'a pas modifié la vitesse et le mode de croissance de la population.

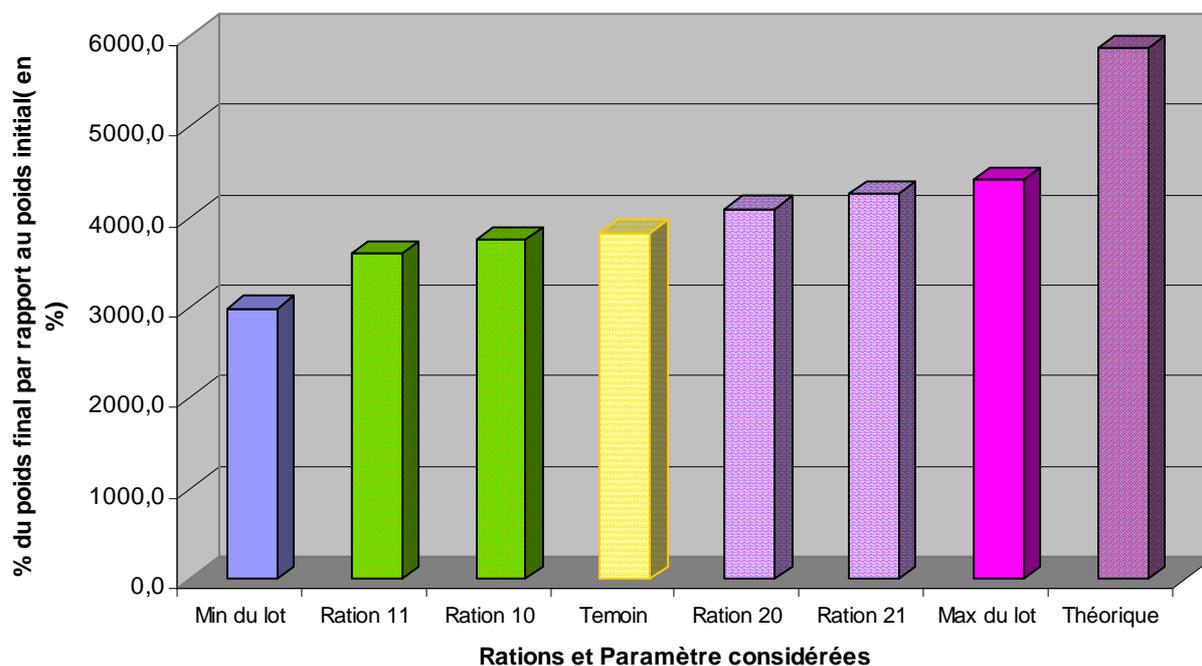
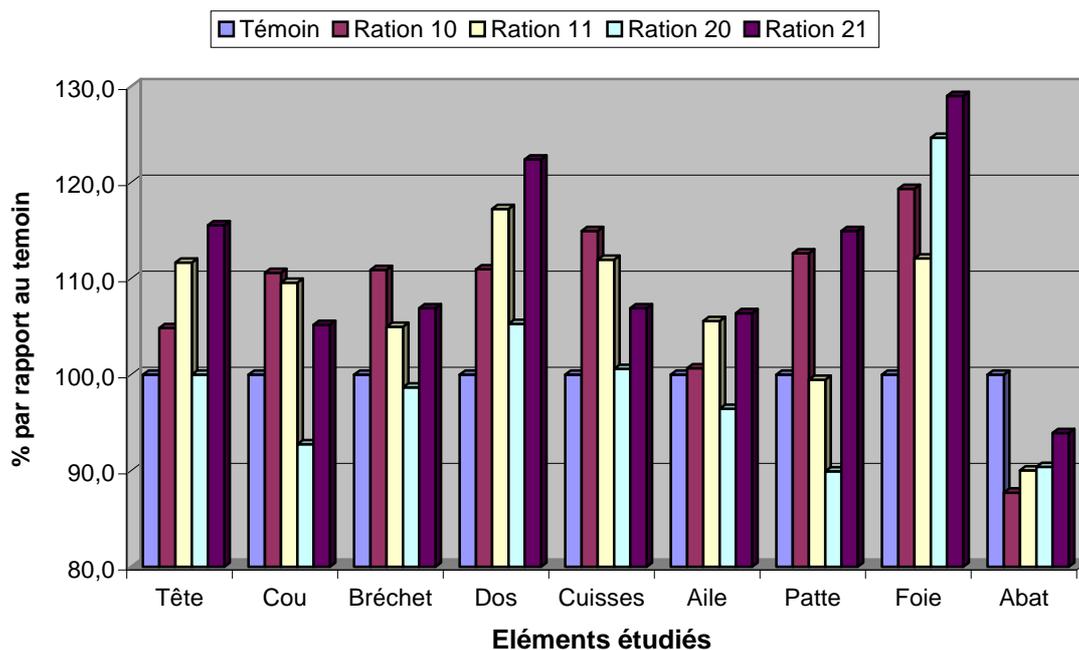
### 33- Effets sur le rendement de la production de viande de poulet de chair

Les effets de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le rendement de la production de viandes de poulet de chair sont résumés dans les trois figures suivantes :

**Figure 5** : Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le poids des différents éléments du corps du poulet de chair.



**Figure 6 :** Influence de l'incorporation de la spiruline dans les provendes sur le développement des différents éléments du corps du poulet de chair



**Figure 7 :** Influence de l'incorporation de la spiruline sur la performance pondérale finale des poulets de chair

D'après ces résultats, nous pouvons dire que :

1- A une dose de 100mg/kg, la spiruline agit positivement sur le rendement de la production de viande de poulet de chair, avec un gain supplémentaire de 7%, quand elle est utilisée uniquement pendant la phase de croissance (Ration 20) et de 11,4% quand son incorporation est totale, c'est-à-

dire pendant les deux phases (Ration 21), qui se rapproche davantage de la valeur maximale du lot et celle de la potentialité théorique de la race;

2- A faible dose (50 mg/kg), le rendement est comparable ou légèrement faible par rapport au témoin : 98% quand elle est utilisée uniquement pendant la phase de croissance (Ration 10) et 94% quand son incorporation est totale, c'est-à-dire pendant les deux phases (Ration 11) ;

3- Mais du point de vue sectoriel, elle a modifié le développement pondéral des différentes parties du corps de l'animal :

Quelle que soit la dose utilisée et qu'elle soit totale ou partielle, l'incorporation de la spiruline a développé davantage le foie, le bréchet, le dos, les cuisses, la tête mais réduit les abats ;

a- Par ailleurs, une incorporation totale permet de développer le cou et les ailes et le cou ;

b- Ses effets sur le cou et les pattes sont inconclusifs.

### 34- Discussion

L'incorporation de 50 mg/kg et 100 mg/kg poids vif de la spiruline dans les provendes a conservé l'allure générale de la croissance pondérale des poulets de chair mais a permis d'optimiser leur production quantitative et qualitative de viande de poulet :

- Pendant la première phase de l'élevage, une incorporation à une dose de 100mg/kg de poids vif a permis de gagner 7% de plus. L'animal se rapproche, voire plus performant, de ses performances théoriques stipulées dans les fiches techniques. Cette dose a stimulé l'émancipation de l'animal, notamment sa morphologie. Les effets de la demi-dose ne sont pas évidents ;

- Au cours de la deuxième phase, c'est la demi-dose, c'est-à-dire 50mg/kg de poids vif qui donne le meilleur résultat (+ 6%), l'effet la dose pleine étant imperceptible, du moins lors de cette expérimentation ;

- Mais en terme de rendement global, c'est la dose pleine, c'est-à-dire l'incorporation de 100mg/kg de poids vif pendant les deux phases qui a donné le maximum de productivité, plus de 11,4%, voire + 15,1% avec le maximum du lot. Ces animaux extrêmes méritent d'être particulièrement sélectionnés et étudiés.

- Sa consommation a entraîné un meilleur développement des différents quartiers de l'animal. L'incorporation de la spiruline dans les provendes a donc amélioré, non seulement leur qualité nutritionnelle mais aussi leur efficacité biologique qui reste à élucider.

Ces résultats s'expliquent de par la composition même de la spiruline :

- 1- Sa richesse en acides aminés a permis à la race à viande de produire une chair c'est-à-dire des protéines de qualité, en quantité optimale. Au pire, la croissance pondérale de l'animal reste inchangée. Nos résultats rejoignent donc les résultats obtenus avec d'autres monogastriques tel que le porc.

En effet, FEVRIER et SEVE (1976), ont vu inchangée la croissance des porcelets précocement sevrés avec l'introduction de 12% de spiruline dans la ration et l'adjonction de 5% de spiruline dans la ration de truies reproductrices n'affecte ni la prolificité ni la croissance ultérieure des animaux. Ils ont trouvé que la spiruline est un complément protéique intéressant dont l'apport n'excède pas les 25 % c'est-à-dire qu'elle ne peut pas être considérée comme protéine de base des protéines.

A Madagascar, RAMAROSON (2003) a trouvé que, à une dose de 2,5 g par jour par tête dans la ration des porcelets mâles sevrés à 7 semaines et castrés, la spiruline agit en tant que facteur de croissance de la race large white. Finalement,

2- Cette richesse en acides aminés favorise également la synthèse de n'importe quelles enzymes utiles au bon fonctionnement du corps de l'animal. Sa consommation le rendra plus vigoureux, productif et totalement émancipé (RAZAFINDRAJONA et al., 2006), surtout lors de sa phase de croissance préliminaire. Cette conclusion rejoint celle de BLUM et CALET (1975) qui recommande qu'à faible dose (inférieure à 5%), la spiruline est une source protéique intéressante pour les oiseaux en croissance ;

3- Le développement de la coloration rouge orangée est dû à sa richesse en fer et en  $\beta$  carotène. Ce résultat est aussi obtenu par d'autre chercheur, mais avec la race pondeuse (poules âgées de 32 à 56 semaines). En effet, à la Station de recherches avicoles de l'INRA Nouzilly – France, BLUM et CALET (1976) ont obtenu une plus forte production avec le régime contenant 7,5% de spiruline. Avec 15% de spiruline, la production est semblable au lot témoin et le poids moyen des œufs a significativement diminué. Dans ces deux cas, le jaune d'œuf est caractérisé par une coloration orangée intense (supérieure à l'échelle La Roche). Un expert anonyme de la FAO (in BUSSON, 1971) a trouvé le même résultat en 1968, en incorporant 0,5 à 1,5% de spiruline dans la ration des volailles.

4- L'amélioration de la qualité organoleptique de viandes est une suite logique des vertus précitées et de son pouvoir inhibiteur de l'obésité et son effet régulateur des surcharges pondérales. L'incorporation de la spiruline dans les provendes a limité la formation de graisse, notamment au niveau des intestins ou abats et les chairs elles-mêmes. Elle a permis l'obtention de viandes moins grasses mais très appréciées.

Ces résultats confirment nos résultats antérieurs sur la souris et les canards mulards renversés pour la production de foies gras (RAVAONIRINA, 2002). En effet, contrairement à ses attentes, l'incorporation de la spiruline (0,4 g et 0,8 g par jour et par animal) lors du gavage des canards mulards de 5 à 5,5 mois avec du riz mélangé avec du son de riz fin améliore le gain de poids et celle de la transformation alimentaire, mais empêche le développement excessif du foie en foie gras, perçu comme une maladie et/ou une surcharge pondérale et/ou une obésité.

## CONCLUSION

La biomasse de spiruline séchée un aliment concentré très riche que la plupart des nutritionnistes la qualifient comme l'aliment le plus riche de notre planète. Elle est plus nourrissante que les principales matières premières pour la fabrication des aliments et des provendes.

L'incorporation d'une faible dose de la spiruline dans les provendes ne modifie ni la valeur alimentaire des provendes, ni l'allure générale de la croissance pondérale des poulets de chair, mais elle a permis d'optimiser leur production de viande.

La dose complète de 100 mg/kg vif de l'animal a permis de gagner 7% de plus pendant la première phase de l'élevage mais c'est la demi-dose, c'est-à-dire 50mg/kg de poids vif qui a donné le meilleur résultat (+ 6%) au cours de phase de finition. Toutefois, en terme de rendement global, c'est la dose pleine, c'est-à-dire l'incorporation de 100mg/kg de poids vif pendant les deux phases, qui a donné le maximum de productivité, plus de 11,4%, voire + 15,1% avec certains animaux.

Toutefois tous les lots n'ont pas atteint les performances de croissance théorique de la race mais les lots expérimentaux sont au moins de même performance que les lots témoins. Ces résultats sont encourageants étant donné que les performances en milieu réel diffèrent des résultats obtenus en station pilote, compte tenu des influences des facteurs extrinsèques à l'animal.

D'un autre côté, la consommation de la spiruline a modifié le développement des différentes parties du corps de l'animal, avec un gain très positif de la dose complète de 100 mg/kg vif. En effet, elle a permis de développer davantage les parties dites «nobles» et très recherchées de l'animal, à savoir le bréchet, le dos et les cuisses. A poids égal, le rendement des viandes commerciales issues d'un élevage supplémenté en spiruline est donc meilleur.

L'incorporation de la spiruline dans les provendes a donc amélioré leur qualité nutritionnelle et leur efficacité biologique. Toutefois, il importe de compléter cette productivité pondérale par une évaluation de la qualité sensorielle des viandes auprès des consommateurs. Ce sont les suites que nous allons donner à la présente étude.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- **ANUSUYA D. M. et VENKATARAMAN L. V., 1983**, Supplementary value of the proteins of the blue green algae *Spirulina platensis* to rice and wheat proteins, *Nutr. Rep. Internat.*, 28:1029-1035.
- 2- **ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AGROLOGIE APPLIQUÉE (AFAA), 1982**, "Actes du premier symposium sur la spiruline *Spirulina Platensis* (Gom.) Geitler de l'AFAA".
- 3- **BUCAILLE P., 1990**, Intérêt et efficacité de l'algue spiruline dans l'alimentation des enfants présentant une malnutrition protéino-énergétique en milieu tropical, Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III.
- 4- **BUJARD-E, U. BRACO-U, MAURON-J, MOTTU-F, NABHOLZ-A, WUHRMANN-JJ & CLEMENT, 1970**, Composition and Nutritive Value of Blue Green Algae (*Spirulina*) and their Possible Use in Food Formulations, 3rd.international Congress of Food Science and Technology, Washington 1970.
- 5- **CHALLEM J.J., PASSWATER R.A., MINDELL E.M., 1981**, *Spirulina*, Keats Publishing, Inc. New Canaan, Connecticut.
- 6- **CIFERRI O. et TIBONI O. , 1985**, The Biochemistry and Industrial Potential of *Spirulina*, *Ann. Rev. Microbiol.* 39, 503-526.
- 7- **CIFERRI O., 1983**, *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiol Rev* 47(4): 551-578
- 8- **CLÉMENT G., GIDDEY C. et MENZI R., 1967**, Amino Acid Composition and Nutritive Value of the Alga *Spirulina Maxima*, *J. Sci. Fd. Agric.* 18, 497-501.
- 9- **CORNET J. F. 1998**. Les photobioréacteurs. Le technoscope de BIOFUTUR, mars 1998, n°176, cahier n° 101.
- 10- **CYANOTECH C., 2000**, *Spirulina pacifica* ®Typical Analysis, <http://www.cyanotech.com/html/spir/analysis.html>( 14 octobre 2003).
- 11- **DELPEUCH F., JOSEPH A. et CAVELIER C., 1975**, Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues bleues (*Oscillatoria platensis*) chez quelques populations du Kanem (Tchad)". *Ann. Nutr. Aliment.* 29, 497-515.
- 12- **DILLON J.C. et PHAN P.A., 1993**, "Spirulina as a source of proteins in human nutrition" *Bull. Inst. Océano, Monaco*, n°spécial 12, 103-107.

- 13- **DILLON J.C., PHUC A.P., DUBACQ J.P., 1995**, Nutritional value of the alga Spirulina, in SIMOPOULOS A.P. (ed) Word Rev Nutr Diet 77: 32-46. Besel: Karger
- 14- **EARTHRISE FARMS SPIRULINA, 1995**, Product Typical Analysis San Rafael, USA.
- 15- **ERIKSSON Lisa, 2004**, Development of a product strategy for a soy/dairy based yoghurt enriched with the algae Spirulina for the Madagascan market, Department of Food Science, Swedish University of Agricultural Sciences.
- 16- **FLEURY et HENMET, 1977**, Culture de champignons filamenteux : traitement de lactosérum par le procédé CALIQUA/SIREB. Colloque « les lactosérums, une richesse alimentaire : Aspects techniques, production de protéine, utilisation animale et alimentaire – APRIA 14/16 Rue Claude Bernard – 75005 Paris.
- 17- **FOX R. D., sans date**, *Pioneer in Production of Spirulina for Combatting Malnutrition*. Disponible sur <http://www.spirulinasource.com>
- 18- **FOX R., 2002**, Le programme intergouvernemental Spirulina pour réduire la malnutrition, [www.spirulina-program.org/isp-b-FR.htm](http://www.spirulina-program.org/isp-b-FR.htm), consulté le 05 septembre 2005.
- 19- **FOX R.D., 1999**, Spiruline, Technique pratique et promesse", Edisud, Aix en Provence.
- 20- **FOX R.D., 1996**, Spirulina, production & potential", Edisud, Aix en Provence.
- 21- **FOX R.D., 1986**, Algoculture: la spirulina, un espoir pour le monde de la faim, Edisud, Aix En Provence.
- 22- **FURST P.T., 1978**, Spirulina, Human Nature, 1(3), 60-65.
- 23- **HENRIKSON R., 1999**, Earth food Spirulina: How this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet ( th ed). Petaluma: Ronore Enterprise Inc. Disponible sur <http://WWW.spirulinasource.com/earthfood.html> (10 octobre 2003).
- 24- **HUDSON B.J.F. & KARIS I. G., 1974**, The Lipids of the Alga Spirulina, .J. Sci. Fd. Agric. 25, 759-763.
- 25- **HWANG D., 1989**, Essential fatty acids and immune response, FASEB J. 3:2052-2061.
- 26- **JOHNSON P. et SHUBERT E., 1986**, Availability of iron to rats from spirulina, a blue - green algae, Nutrition Research 6, 85-94.
- 27- **JORDAN J. P., 2005**, Cultivez votre spiruline – Manuel de culture artisanale de la spiruline. Ddisponible sur <http://perso.wanadoo.fr/petites-nouvelles/manuel/index.htm> ou sur <http://www.spirulinasource.com/cultivez.htm>
- 28- **KAY R.A., 1991**, Microalge as Food and Supplement. Crit Rev Food Sci Nutr, 30(6) page 555 – 573.
- 29- **KOZLENKO R., HENSON R. H., 1996**, Les dernières recherches sur la Spirulina : effets sur le virus du SIDA, le cancer et le système immunitaire, [www.spirulina.com/SPLNews96Fr.html](http://www.spirulina.com/SPLNews96Fr.html), consulté le 15 décembre 2004.
- 30- **LEHNINGER A. L., 1975**, Biochemistry, 2ème ed. Worth Publishers, New York, in JAMES E. Baley et DAVID F. OLLIS, 1986, Biochemical Engineering Fundamentals, 2nd Edition, McGRAW-Hill International Editions.
- 31- **LEONARD J. ET COMPERE P., 1967**, Spirulina platensis (Gom.) Geitler, algue bleue de grande valeur alimentaire par sa richesse en protéines, Bull. Nat. Plantentuin Belg. 37 (1), Suppl.23 p.
- 32- **MELISSA, 1997**, Final report for 1996 activity, Agence Spatiale Européenne, Noordwijk, Hollande. Disponible sur <http://extids.estec.esa.nl/melissa/>

- 33- **MELISSA, 1996**, Final report for 1995 activity, Agence Spatiale Européenne, Noordwijk, Hollande. Disponible sur <http://extids.estec.esa.nl/melissa/>
- 34- **MIAO J. R., 1987**, Spirulina in Jiangxi Chin, Academy of Agricultural Science. Presented at Soc. Appl. Algology, Lille France Sep. 1987.
- 35- **PASCAUD M., 1993**, The essential polyunsaturated fatty acids of spirulina and our immune response, Bull. Inst. Océano, Monaco, n°spécial 12, 49-57.
- 36- **PROTEUS Inc, 1975**, Clinical Experimentation With Spirulina, National Institut of Nutrition, Mexico City.
- 37- **RAKOTONARIVONDRIANAIVO M. R., 2002**, Contribution à l'optimisation de culture *in vitro* du genre *Spirulina* (Cyanophycées), Mémoire DEA, Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université Antananarivo, Antananarivo, Madagascar, 85 pages.
- 38- **RAKOTOZANDRINY J. de N., 2000**, Composition chimique de la spiruline de Madagascar, Résultats non publiés.
- 39- **RAMAMPIHERIKA Kotonirina Daniel, 1991 à 2005**, Communication personnelle en continu.
- 40- **RAMAROSON C., 2003**, Influence de l'incorporation de doses faibles de spiruline dans l'alimentation de porcelet sevré âgé de deux mois, Mémoire de fin d'études, Département Elevage, ESSA Antananarivo, Madagascar, 30 pages.
- 41- **RASAMOELINA H. V., 1999**, La *Spirulina* de Madagascar : valeur nutritionnelle, qualité microbiologique et perspective d'avenir, Mémoire de fin d'études, Département IAA, ESSA Antananarivo, Madagascar.
- 42- **RAVAONIRINA S. L., 2002**, Le maïs grain, le manioc, le son de riz fin, le riz et la spiruline dans le gavage des canards mulards, Mémoire de fin d'études, Département Elevage, ESSA Antananarivo, Madagascar, 70 pages.
- 43- **RAZAFINDRAJAONA Jean Marie, RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomucène, RAKOTOZANDRINDRAINNY Raphaël, José Narcisse RANDRIA, RAMAMPIHERIKA Kotonirina Daniel, 2006**, Etude de la valeur nutritionnelle de la spiruline de Madagascar (*Spirulina platensis* variété *Toliara*), Terre Malgache n° 26
- 44- **SANTILLAN C. , 1974**, Cultivation of the Spirulina for Human Consumption and for Animal Feed". International Congress of Food Science and Technology. Madrid (Spain) September 1974.
- 45- **SAUTIER C. et TREMOLIERES J., 1975**, Valeur alimentaire des algues spirulines chez l'homme, Ann. Nutr. Aliment. 29, 517-533.
- 46- **SESHADRI C.V., 1993**, Large scale nutritional supplementation with spirulina alga- All India Coordinated Project on Spirulina. Shri Amm Murugappa Chettiar Research Center (MCRC) Madras, India.
- 47- **VERMOREL M., TOULLEC G., DUMOND D. et PION R., 1975**, Valeur énergétique et protéique des algues bleues spirulines supplémentées en acides aminés: utilisation digestive et métabolique par le rat en croissance, Ann. Nutr. Aliment. 29, 535-552
- 48- **WATANABE F., KATSURA H., FUJITA T., ABE K., TAMURA Y., NAKATSUKA T., NAKANO Y., 1999**, Pseudovitamin B12 is the predominant Cobamide of an algal health food Spirulina tablets. J Agric Food Chem 47:4736-4741.

- 49- **WIKIPEDIA, 2005**, Les cyanobactéries. Disponible sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cyanobacteria>
- 50- **ZARROUK C., 1966**, "Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler", Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 06/12/1966.

# ETUDE DE LA BIODIVERSITE FONGIQUE DANS LE BASSIN DE CULTURE DE SPIRULINE : CAS DE SPIRUSUD, MANINDAY TOLIARA

RAHERINIAINA Christian Edmond

Maître de Conférences à l'IH.SM, Université de Toliara, Madagascar.

## I. INTRODUCTION

Grâce à sa teneur en protéine, la spiruline est mondialement exploitée en tant que complément alimentaire. Cette vocation nutritionnelle exige un produit de qualité suivant le texte en vigueur régissant la consommation. C'est pourquoi que le responsable du SPIRUSUD ANTENNA a mené de nombreuses analyses de ses produits comme, à titre d'illustration, les analyses chimique, biochimique et bactériologique avant de les mettre sur le marché.

Toujours dans l'objectif de produire de spiruline de qualité et après un sérieux entretien avec le responsable de cette ferme, nous avons été mis d'accord pour une autre analyse. Il s'agit d'une *étude de la biodiversité fongique du bassin de culture de spiruline*.

Pourquoi une étude de la biodiversité fongique ?

Les microfunges ou champignons microscopiques peuvent se développer et/ou se sporuler dans divers sites dont le milieu de culture de spiruline. Qu'ils soient terrestres ou marins, les microfunges produisent des métabolites secondaires ayant fréquemment une activité biologique intéressante : cytotoxique, neurotoxique,... De nombreuses études ont été faites là-dessus.

Depuis 2006, nous avons mené, au sein de l'IH.SM et en partenariat avec le MMS de la Faculté de Pharmacie de Nantes, un programme de recherche sur les champignons marins microscopiques motivé par l'intérêt de leurs métabolites secondaires démontrés par les résultats obtenus jusqu'ici. On peut avancer comme exemple la Céphalosporine qui est un antibiotique obtenu à partir de *Cephalosporium*. Cet antibiotique, classé parmi les médicaments de la mer, est disponible en pharmacie.

L'étude de la biodiversité fongique dans le bassin de culture de spiruline pourrait nous donner par la suite des idées de recherche soit pour la qualité des produits finis soit pour l'étude des métabolites secondaires des microfunges identifiés.

## II. CHAMPIGNONS MARINS MICROSCOPIQUES

### 2.1. Définition

Les champignons marins microscopiques appelés aussi microfunges marins sont des champignons unicellulaires ou filamenteux microscopiques dont les plus grands d'entre eux ne mesurent que quelques millimètres. Leur présence en milieu marin est connue depuis longtemps, le premier spécimen décrit fût découvert en 1869 (par C. Durieu de Maisonneuve et JFC. Montagne).

Selon leurs besoins environnementaux, les champignons marins microscopiques peuvent être obligatoires – ceux qui ne peuvent croître et sporuler qu'exclusivement en milieu marin et estuarien – et facultatifs – ceux provenant de milieux aquatiques et terrestres capables de se développer et sporuler dans le milieu marin -. Des études faites ont prouvé que 98% des espèces trouvées dans le milieu marin sont marines facultatives et sont représentées essentiellement par les genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, ...

## 2.2. Habitats et classification

Par le fait qu'aucun champignon n'est pas capable de photosynthèse, les microfunges marins sont soit parasites soit saprophytes (ce sont des organismes absorbant des matières organiques en décomposition), ou vivent en symbiose avec un autre organisme. Ceux-ci multiplient leurs habitats : eau de mer, estuaire, sédiments ou complètement associés avec des organismes marins : algues, éponges, mollusques, échinodermes, crustacés, ascidies, poissons.

Le règne fongique est un groupe polyphylétique qui peut se diviser en deux grands groupes : les Mastigomycètes (*plus proche des végétaux*), et les Eumycètes (*plus proche des animaux*). Le tableau suivant présente la position systématique des principaux genres de champignons marins selon Moss, 1986, Cuomo et al., 1988.

*Tableau : Classification des microfunges marins (Moss, 1986, Cuomo et al., 1988)*

Division	Phylums	Principaux genres
MASTIGOMYCETES	Chytridiomycètes (ou Coelomycète)	<i>Camarasporium, Cyptospora, Stagonospora</i>
EUMYCETES	Zygomycètes	<i>Gongronella, Mortierella</i>
	Ascomycètes	<i>Amylocarpus, Arenariomyces, Cerioporopsis, Chaetomium, Chaetosphaeria, Corollospora, Emericella, Flagellospora, Gliocladium, Gymnascella, Haligena, Halorosellinia, Halosphaeria, Hortaea, Leptosphaeria, Lignincola, Lophiostoma, Lulworthia, Marinospora, Monascus, Mycosphaerella, Nereiospora, Paecilomyces, Penicillium, Peritrichospora, Paraphaeosphaera, phycomelaina, Remispora, Sigmoidae, Sordaria, Sphaerulina, Stilbella, Torpedospora, Varicosporina, Verruculina, Wardomyces, Zopfiella</i>
	Basidiomycètes	<i>Halocyphina, Hyalodendron, Rhodosporidium, Rhodotorula</i>
	Deutéromycètes	<i>Acremonium (= Cephalosporium), Alternaria, Aspergillus, Asteromyces, Cirrenalia (=Helicoma), Cladosporium, Coniothyrium, Dendryphiella (Cercospora), Dictyosporium, Fusarium, Helminthosporium, Humicola, Hypoxylon, Labyrinthula, Microsphaeropsis, Monodictys, Oospora (= oidium), Periconia, Phoma, Phomopsis, Pithomyces, Pyrenochaeta, Scytalidium, Stachybotrys, Trichocladium, Trichoderma, Ulocladium, Zaleriuon.</i>

## III. ANALYSE DU BASSIN DE CULTURE DE SPIRULINE

### 3.1. Objectif

L'objectif de cette analyse est d'étudier la biodiversité des microfunges existant dans le bassin de culture de spiruline afin de pouvoir estimer la nature et la propriété de leurs métabolites secondaires.

Pour ce faire, nous avons analysé des échantillons des bassins.

### 3.2. Méthodologie

Il s'agit d'une méthode d'analyse microbiologique comportant trois étapes : collecte d'échantillon, culture et identification des microfunges.

#### 3.2.1. Collecte d'échantillons

Dans des petits flacons propres et stériles, nous avons pris une petite quantité du contenu des bassins de culture de spiruline. Les échantillons recueillis sont amenés au laboratoire et constituent notre matériel de départ pour l'analyse.

### 3.2.2. Culture et identification des souches

Toute manipulation est réalisée dans un milieu stérile pour éviter d'une éventuelle contamination.

La culture est réalisée sur milieu Sabouraud à raison de 65g de poudre déshydratée par litre d'eau de mer contenant un antibiotique : le chloramphénicol. Le milieu est coulé dans des boîtes de pétri en verre (20cm de diamètre, 125 ml par boîte) préalablement stérilisées pendant 2h à 200°C.

A la surface de la gélose, l'ensemencement de l'échantillon est réalisé suivant la méthode du râteau. Les boîtes ensemencées sont ensuite placées dans un incubateur à 27°C, la croissance des microfunges est suivie pendant quelques jours.

Les souches bien développées sont identifiées par observations macroscopique et microscopique. Les données ainsi recueillies permettent d'identifier les microfunges au niveau du genre. Comme l'identification au niveau de l'espèce est très difficile et fait appel à d'autres disciplines comme la biologie moléculaire, on ne la fait qu'après avoir démontré l'importance de l'activité biologique de l'extrait d'une souche donnée.

Pour un usage ultérieur, on conserve les souches identifiées par repiquage sur tube de gélose recouvert d'huile de paraffine : c'est la conservation par mycothèque utilisable pendant 10 ans évitant ainsi le fréquent prélèvement dans le milieu naturel.

### 3.3. Résultats

De nombreuses souches des microfunges ont été développées. Les observations faites nous ont permis d'identifier sept genres dont *Aspergillus*, *Drechslera*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Penicillium* et *Trichoderma*.

## IV. METABOLITES SECONDAIRES DES MICROFONGES MARINS

Les champignons marins microscopiques ne sont pas extraits comme le sont les algues ou les invertébrés. Ils sont cultivés et c'est le milieu de culture qui est extrait. L'extraction est le plus souvent biodirigée.

La chimie des champignons marins implique donc en amont un travail complet de microbiologie pour le prélèvement des souches, leurs cultures, leurs déterminations et leurs conservations.

En général, les métabolites isolés des microfunges marins appartiennent aux grands ensembles de métabolites comme les alcaloïdes, caroténoïdes, macrolides, peptides (comme les peptaïbols), polyacétates, stérols et stéroïdes, terpènes. L'étude de ces métabolites est liée avec celle de leurs activités biologiques. Ainsi, plus de 400 métabolites sont actuellement identifiés et pour lesquels il existe des mises au point concernant leurs activités biologiques (Cuomo et al., 1995 ; Liberra et Lindequist, 1995 ; Farooq Biabani et Laatsch, 1998 ; Christophersen et al., 1999 ; Verbist et al., 2000 ; Jensen et Fenical, 2002). Ce sont des métabolites isolés à partir des microfunges prélevés à la surface de la mer, sur des sédiments, associés à des algues, éponges, mollusques, échinodermes, crustacés, ascidies et poissons.

Par étude comparative à partir de notre base de données concernant les métabolites secondaires des champignons marins microscopiques, nous sommes arrivés à estimer la nature et l'activité biologique des métabolites des microfunges identifiés durant l'analyse des bassins de culture de spiruline. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

**Tableau 1** : Nature et activité biologique des métabolites des microfunges identifiés dans les bassins de culture de spiruline – SPIRUSUD Toliara.

Genre CCM	Classe	Activité
Aspergillus	Alcaloïdes, peptides, Terpènes	Cytotoxique
Drechslera	Terpènes	Cytotoxique
Fusarium	Peptides, Terpènes	Cytotoxique
Geotrichum	Terpènes	Cytotoxique
Paecilomyces	Polyacétates	Cytotoxique
Penicillium	Alcaloïdes, Peptides, Polyacétates	Cytotoxique
Trichoderma	Peptides, Polyacétates	Cytotoxique

Classés dans le groupe des alcaloïdes, des peptides, des polyacétates et des terpènes, ces métabolites ont une activité essentiellement cytotoxique comme beaucoup d'autres métabolites des microfunges marins. C'est pourquoi qu'on utilise fréquemment le terme « mycotoxines » à la place des métabolites des microfunges dans l'étude de leurs activités biologiques.

Parmi ces mycotoxines, notons la présence de celles de nature peptidique. En général, ce sont des petits peptides linéaires (1000 à 2000 dalton) appelés peptaïbols principalement produits par le *Trichoderma* et d'autres genres.

Les peptaïbols sont caractérisés par la présence dans leur séquence peptidique d'un acide aminé spécifique, l'acide  $\alpha$  amino-isobutyrique (Aib), et un groupement amino-alcool à leur extrémité C-terminale d'où le terme **peptaïbol** qui est la condensation des mots **peptide**, acide  $\alpha$  **amino-isobutyrique**, amino-alcool (Toniolo et Borona, 1983).

Les peptaïbols sont issus d'une synthèse multienzymatique et non ribosomiale, contrairement aux peptides, l'Aib n'étant pas codé par le génome. Pour cette raison, ils sont généralement considérés comme issus du métabolisme secondaire malgré leur nature peptidique.

Les peptaïbols présentent une plus grande affinité pour les phases organiques que la majorité des peptides et protéines. Cette propriété leur permet d'interagir au niveau des bicouches phospholipidiques des membranes cellulaires. Ils s'insèrent perpendiculairement dans la membrane grâce à leur structure en hélice  $\alpha$  et créent des pores, ce qui provoque des perturbations au niveau des échanges cellulaires et pouvant entraîner la lyse des cellules. Ce mécanisme explique la propriété cytotoxique (bactéricide et fongicide) des peptaïbols.

## V. CONCLUSION

L'analyse du milieu de culture de spiruline nous a permis d'identifier sept genres des microfunges. Du fait que la salinité de ce milieu avoisine le 15‰, on peut donc affirmer que ces microfunges font partie des microfunges marins.

A la lumière des études faites sur les mycotoxines marines, nous sommes arrivés à estimer la nature des métabolites produits par ces champignons marins microscopiques et leurs activités biologiques : activité cytotoxique – bactéricide et/ou fongicide –.

Les résultats de l'analyse des bassins de culture de spiruline réalisée auprès de la ferme SPIRUSUD Toliara génère deux voies de recherche :

- Etude des métabolites des souches identifiées : nature et activité biologique.
- Contrôle de qualité des produits finis : évaluation de la charge en microfunges.

## VI. BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHET, P. ; GUIGNARD, J.-L. ; POUCHUS, Y.F. & VILLARD, J. Les champignons : mycologie fondamentale appliquée. Paris : Masson, 2005, pp. 109-112, 191 p.
- BRISOU, J. La microbiologie du milieu marin : Les levures et les champignons du milieu marin. Paris : Flammarion Médicales (collection de l'institut Pasteur), 1975, pp 159-162
- DEMAÏN, A.L. & FANG, A. The natural functions of secondary metabolites. Adv. Biochem. Eng., Biotechnol., 2000, 69 : 1-39
- FENICAL, W. & JENSEN, P. Marine fungi: A developing focus in marine natural products chemistry. Euroconference on marine natural products (1 ; 1997 ; Athènes) Athènes : novembre, 2-6, 1997
- FRISVAD, J. C. & SAMSOM, R.A. Filamentous fungi in foods and feeds: ecology, spoilage and mycotoxin production. Handbook of applied mycology, Volume 3, Foods and Feeds, Dekker, M. New-York : Arora, D.K., Mukerji, K.G. & Marth, E.H., 1991, pp 31-68.
- GARETH-JONES, E.B. & ALIAS, S.A. Biodiversity of tropical microfungi. In: Biodiversity of mangrove fungi. Hong-Kong : Hyde K.D., University Press, 1997, pp 71-92
- HLIMI, S. Peptides antibiotiques d'origine fongique. Isolement de nouveaux peptaïbols, études structurales, relation structure/activité membranaire et antibiotique. Paris : 1997, 168 p.
- MILLER, J.D. Marine mycology, a practical approach. Hong Kong: HYDE, K.D. & POINTING, S.B. Fungal Diversity Press, 2000, pp. 158-171
- PAVLOVICOVA, R. Secondary metabolites of the fungus *Trichoderma viridae*. Mycologia, 1998, 53 : 267-275
- REBUFFAT, S. ; GOULARD, C. & BODO, B. Antibiotic peptides from *Trichoderma harzianum* : harzianins HC, proline-rich 14- residue peptaïbols. J. Chem. Soc. Perk. T. 1, 1995, 3% F : 1849-1855
- VINING, L.C. Fonctions of secondary metabolites. Annu. Rev. Microbiol., 1990, 44 : 395-427

### Sites à visiter:

<http://www.doctorfungus.org>

<http://www.univ-brest.fr/esmisab/sitesc/Myco/classif/classif1.htm>



# CONCLUSION

## Visite des sites de production



Madagascar 2008



## SYNTHESE GLOBALE

Présentée par Marie-José LANGLADE

Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - Centre d'Océanologie de Marseille

---

### 1. CONTEXTE GLOBAL FAVORABLE

- Crise alimentaire mondiale
- Crise de l'énergie
- Changement climatique global
- Persistance de la malnutrition et des carences nutritionnelles
- Pauvreté ambiante avec augmentation des couches vulnérables
- Latitude favorable (Pays du Sud)

### 2. POINT FORT 1

Maîtrise des connaissances scientifiques et appropriation des techniques de la production.

Suggestion : il convient de mettre à l'échelle la production commerciale pour avoir un produit de qualité à prix abordable localement.

### 3. POINT FORT 2

Existence de spécialistes dans de nombreuses disciplines, dont la relève est assurée.

Suggestion : créer une synergie d'actions et mettre en place un réseau de développement de la spiruline.

### 4. POINT FORT 3

Existence de pistes entr'ouvertes pour l'utilisation et la valorisation de la spiruline

Suggestion : renforcer les supports scientifiques pour avoir une assurance qualité.

### 5. POINT FORT 4

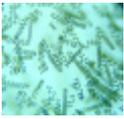
Existence de gisements naturels à Toliara et d'un Centre de Formation et de Recherches reconnu mondialement.

Suggestion : accompagner les productions pour garantir la qualité de spiruline et le développement d'exploitations de gisements naturels.

### 6. RECOMMANDATIONS

- Valider les résultats dans les domaines de la nutrition, de la santé et de l'agroalimentaire.
- Sortir une législation sur les normes de qualité et les normes d'usage de la spiruline.
- Mutualiser les moyens au niveau de la recherche, la formation, la production et la communication (internet, rencontres, publications, ...).
- Sensibiliser et éduquer la population sur l'intérêt d'avoir une bonne nutrition, en utilisant par exemple de la spiruline.
- Améliorer l'acceptabilité par le public en diversifiant les formes de présentation et les qualités organoleptiques des produits.
- Produire en quantité de la spiruline de qualité à prix abordable.
- Développer la production à l'échelle du pays en tenant compte des expériences réalisées dans d'autres pays soutenues par divers partenaires tels UE, FAO, NORAD, JICA, ...
- Sensibiliser les pouvoirs publics pour conduire une politique volontariste en faveur de la spiruline comme outil de développement humain durable de Madagascar.





Visite des sites de production dans la région de Tuléar



**Spir-@rme\$**

Daniel RAMAMPIHERIKA  
Site naturel à Ankoronga



Laboratoire de conditionnement  
à Ampasikibo



**SPIROFIA**

Alexis RABEMANANJARA

A Betsinjaka



**SPIRU-LIGNE**

Christian MANDRANO

Route de Maninday



**SPIRUSUD-ANTENNA**

Volonavalona BEMIANANA

Campus universitaire  
Maninday





# MESSAGES ET AUTRES PRÉSENTATIONS



Madagascar 2008



**MESSAGE DU BURUNDI MESSAGE FROM BURUNDI**

Bujumbura, Avril 2008

Chers Collègues producteurs de spiruline, bonjour,

En Afrique, la région des Grands Lacs, et plus précisément le Burundi et la RDC, est menacée par une grande famine, source d'une meurtrière malnutrition qui, devenue une pandémie, emporte jour après jour des milliers de victimes. Le Burundi est particulièrement touché avec trois provinces déjà sinistrées par la famine. Les enfants sont abandonnés dans des lieux publics comme les marchés et les bifurcations des chemins, les parents disent ne pas vouloir voir comment leurs enfants vont périr, le père voulant se débrouiller meurt en court de chemin, la mère doit mourir au champ, si les enfants mangent aujourd'hui demain c'est le tour des parents ... La cause en est les mauvaises conditions climatiques et la persistance d'un climat d'insécurité dans ces trois provinces de l'intérieur du Burundi, les retours des déplacés qui s'étaient réfugiés en Tanzanie, le faible revenu financier de toute la population. Malgré des interventions estimables des organismes humanitaires qui œuvrent dans le domaine de la nutrition et dans la lutte contre la malnutrition, cette épreuve n'a cessé de s'amplifier, décourageant ainsi les intervenants qui sont devenus réticents car sursaturés par le grand nombre des victimes et souvent attaqués par des bandes armées affamées. A la moindre erreur sur terrain, le centre est fermé et toutes les victimes graves ou non sont sacrifiées.

Un projet de spiruline constitue, dans notre région favorisée par son climat et sa température, une arme efficace contre la malnutrition en ce qu'il fournit un petit supplément alimentaire mais de très haute valeur nutritionnelle sans modifier le régime de l'individu. C'est-à-dire sans exiger de dépasser notre possibilité en remplaçant nos aliments habituels par des choses de luxe que nous n'aurons jamais avec notre pauvreté.

N'importe qui ne peut pas produire les aliments de ré-nutrition (laits et farines thérapeutiques) importés par les associations humanitaires, alors que la spiruline peut être produite partout dans nos pays à climat chaud, ce qui la rend disponible 24 heures sur 24 même en cas de fermeture d'un centre de prise en charge nutritionnelle.

Dés lors, Frères et Sœurs, j'interpelle la conscience de tous les producteurs de spiruline ; vous détenez de précieux projets de vie pour des multitudes de populations souffrant de la malnutrition et d'autres pathologies liées à la mauvaise alimentation à travers le monde entier, en particulier les pays du tiers-monde. Sans vos efforts pour maintenir et promouvoir la minuscule algue vertueuse, le pronostic d'avenir est sombre. Comme là où il y a un bienfait n'y manquent jamais des hypocrites, prenez courage, faites le boulot comme vous l'avez toujours fait bonnement, consultez-vous, unissez vos efforts pour résister et éradiquer l'esprit malsain de l'ennemi de la spiruline qui sans doute doit exister et cherche à nous mettre un bâton dans les roues et se dit militant pour un bien-être sanitaire de tout le monde tout en étant sadique quand il entend des morts de malnutrition par-ci par-là. L'avenir nous donnera raison et l'humanité nous sera reconnaissante.

Au Burundi nous avons déjà 28 m<sup>2</sup> de surface des bassins de spiruline dont 21 m<sup>2</sup> au Ministère de l'Agriculture et 7 m<sup>2</sup> à l'association ONKIDI, pionnière de cette culture au Burundi après le fiasco, par mauvaise gestion, de l'association JJB qui a perdu 116 m<sup>2</sup> pleins à Kanyosha. Nous n'avons pas de problèmes majeurs, seulement, le produit étant encore nouveau, le pourcentage de vente est extrêmement petit par rapport à celui de spiruline humanitaire (donnée gratuitement) suite au grand nombre de nécessiteux vulnérables et au faible pouvoir d'achat de toute la population.



Vue du bassin de 21 m<sup>2</sup> à Bujumbura en 2008  
Photo Didier Hiberty

Je vous remercie.

Pour le projet spiruline au Burundi. LUC Byamungu – Coordinateur - Tél : (+257) 940 262 / (+257) 222 263 01)



## EN COTE D'IVOIRE, UN EXEMPLE DE FERME DE SPIRULINE AFRICAINE UN PEU D'AVANT-GARDE...LA S.A.P. LA Mé

*IN IVORY COAST, AN EXAMPLE OF PROGRESSIVE AFRICAN SPIRULINA FARM*

AGREE PAR LE MINISTERE DE LA SANTE  
(arrêté N° 39 /MDCS/CAB/DPM/ 7 février 2003)

S.A.P. de la Mé – Route de Yakassé-Attobrou (km 15)  
- 01 BP 3446 Abidjan 01 – Côte d'Ivoire -  
- Tél. : (225) 23 54 15 96 – (225) 21 35 89 16 -  
- Fax : (225) 23 54 15 97 – (225) 21 35 82 45 -  
- E-mail : [saplame@aviso.ci](mailto:saplame@aviso.ci) -

### Résumé

Description d'une exploitation de spiruline présentant de nombreux points intéressants qui sont détaillés dans un message transmis par son directeur, Lionel Raobelina, qui n'a pas pu participer au Colloque. La ferme a une capacité de 3 tonnes/an (1200 m<sup>2</sup> sous serre, avec récolte centralisée, salle propre climatisée et séchage thermodynamique).

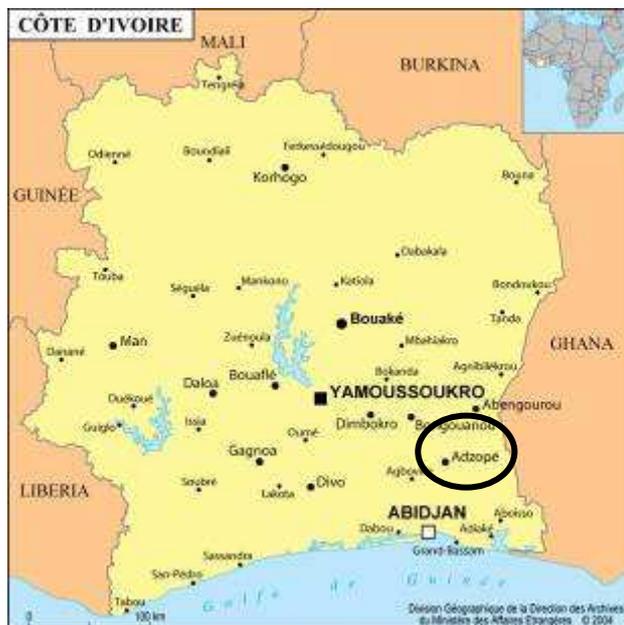
### Abstract

Description of a spirulina farm with several interesting features transmitted to the Symposium by its manager, Lionel Raobelina (unable to come to the meeting) : 3 ton/year capacity, 1200 m<sup>2</sup> under greenhouse, centralized harvesting in an air-conditioned room, thermodynamic drying).

### Présentation

La ferme est située près d'Adzopé, au sein d'une ferme modèle comprenant diverses productions agro-piscicoles. Elle comporte 8 bassins en ciment de 150 m<sup>2</sup> agités par roue à aubes et sous serre. La récolte est centralisée dans le sous-sol du bâtiment abritant bureau, magasin et laboratoire. Cette disposition permet l'alimentation des filtres par gravité. La salle de récolte, de pressage et d'extrusion est traitée comme « salle propre » et climatisée de sorte que le personnel n'a pas de problème pour porter les vêtements de protection hygiéniques recommandés.

Autre particularité : les fonds et les bords des bassins sont brossés quotidiennement, ce qui permet de réduire considérablement les boues. Il n'y a pas de larves.



La souche spiralée utilisée est restée la même depuis l'origine il y a 10 ans, le pourcentage de droites restant inférieur à 1 %.

Parmi les autres particularités notables il faut signaler la méthode de séchage thermodynamique de la biomasse extrudée en spaghettis : le séchage se fait en courant d'air à 55°C , circulant en circuit fermé, dans une cellule de 12 m<sup>3</sup> contenant 16 m<sup>2</sup> de plateaux perforés en inox (trous de 1 cm de côté) ; un déshumidificateur extrait l'eau de l'air : il s'agit d'un groupe frigo de 3 kW. La capacité de séchage est de 10 kg/jour de spiruline à 6 % d'humidité résiduelle. L'air pourrait être remplacé par un gaz inerte mais ce ne n'a pas encore les cas.

La ferme utilise le bicarbonate comme source de carbone (en plus de l'air atmosphérique) et les purges de milieu de culture sont envoyées vers une zone de reboisement en eucalyptus, acacias, mangium, koto et teck puis vers une retenue d'eau alimentant une pisciculture de tilapias.



La ferme a un rôle social fort dans la région (forêt) en créant des emplois et en fournissant à prix humanitaire de la spiruline, notamment au dispensaire anti-lèpre d'Adzopé qui fut le premier créé par Raoul Follereau. Mais elle fait un gros effort de commercialisation en produisant de la spiruline en comprimé et en gélules en plus des granulés. Pour cela elle a pris dans son équipe un pharmacien.

La capacité de production installée est de 3 tonnes par an (7 g/j/m<sup>2</sup> prouvés) mais produit seulement 2 tonnes suivant la demande actuelle.

Lionel Raobelina, qui dirige la ferme depuis 8 ans, n'a pu se rendre au Colloque de Tuléar mais il communique les renseignements ci-dessus, ainsi qu'un film à l'intention des participants.



**MESSAGE DE TUNISIE      MESSAGE FROM TUNISIA**

Monastir, 14 Avril 2008

Chers Collègues,

Je profite de l'occasion qui m'a été offerte par Mr. JOURDAN, que je remercie vivement, pour saluer votre rencontre et pour souhaiter tout le succès et la réussite à ces journées.

Je me nomme BEN OUADA Hatem, maitre de recherches en Biotechnologie Marine à **l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Monastir, Tunisie**. Je suis à la tête d'une équipe de six chercheurs et ingénieurs qui ont initié depuis 1996 différents projets de recherches et de développement portants sur la spiruline et sur d'autres microalgues valorisables. Au bout de plus de dix années de travail nos efforts ont abouti à la création d'un noyau regroupant des chercheurs, des ingénieurs, de jeunes promoteurs et quelques entreprises de production et de transformation de micro algues. Ce noyau dispose actuellement de laboratoires de recherches relativement bien équipés, de bassins de production pilote et d'une pépinière d'entreprises.

Une infrastructure de base et une équipe de jeunes qui est assez passionnée et motivée et qui a soif de s'ouvrir vers le monde par le biais de collaborations.

**N'ayant pas pu être présent parmi vous pour de plus amples discussions, je saisis cette occasion pour vous proposer notre ouverture à toute collaboration.**

Je ne peux finir ce message sans exprimer toute notre considération pour tous les efforts que ne cesse de fournir Mr. Jourdan, Mr. Fox et tous les autres vétérans, qui ont permis à la spiruline, en particulier, de devenir un sujet humanitaire par excellence rapprochant entre eux les initiés de tout bord de la planète.

BEN OUADA Hatem





**Spirulina Platensis is pride of Thai academe** to be able to produce quality products, accepted all over the world. Green Diamond Co.,Ltd continuously researches and develops Spirulina Platensis to be the best healthy food for the future.

**GD-1 Spirulina** was first cultured for commercial, at Nonthaburi Province in 1988. Then, the project extended from the small area to the big pond of 100 square meters at **Boonsom Spirulina Farm**, located at Mae Wang District, Chiang Mai Province, in order to experiment the invented equipment. In this project, Spirulina Platensis was cultured by Monoculture method.

Become our member  
 & Win free gift  
 in our monthly draw.

Email



GD-1 Spirulina was awarded by the Thai Society Foundation to be the best quality product since 1995.

Product Champion ★★★★★

About Boonsom's Spirulina Farm, Green Diamond Co.,Ltd and GD-1 Spirulina

Learn more

Benefit of Spirulina  
 Learn more

GD-1 100% Spirulina in tablets, capsules and spirulina powder  
[see more details >](#)



Research  
[Results from diabetes patients](#)

[Spirulina Platensis & lenkemia](#)

**Boonsom's spirulina farm** in Maewang, Chiangmai, surrounded by the mountain. Our farm is surrounded by beautiful natural environment. Of course there is plenty of natural oxygen which you need  
 You all are invited to visit and have free oxygen!!!



Questions & Answers about Spirulina

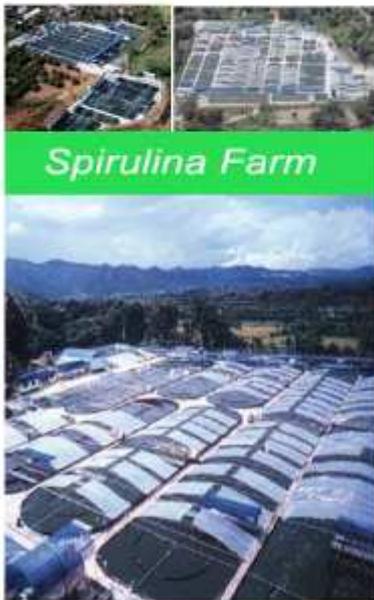
- ["What is Spirulina?"](#)
- ["How much Spirulina GD1 should be taken when we first start?"](#)
- ["Should you take tablets or capsules?"](#)
- ["What are Spirulina cultivation systems?"](#)
- ["Why do we sometimes have stomach disorders or constipation?"](#)
- ["Why do you need to take Spirulina GD1?"](#)



Language

### SPIRULINA FARM

The only spirulina farm in Chiangmai and no entrance fee. We are invited you to visit our beautiful farm.



Boonsom farm

**Boonsom farm** is encircled with the high mountain in Chiang Mai Province, which has temperature around 30C in average, and full of fresh air, the environment is suitable for Spirulina Plantensis culture (around 25°C - 35°C).

In addition, the water for culture process is taken from hygienic resource. All processes, comprising culture, harvest by filtering from water, dry bake in temperature 70°C and grind to make a tablet or fill in a capsule are operated in standard.

The value of nutrients is regularly analyzed and hard substances are also regularly checked under the inspection of Food and Drug Administration.

Since 1992, Green Diamond Co.,Ltd has been permitted to produce and sell GD-1 Spirulina Plantensis that is regarded as quality seaweed and standard transformed products. GD-1 Spirulina Plantensis won the Best Product Award from Thai Social Foundation in 1995.



Green Diamond Co.,Ltd.

Boonsom's farm (Factory)  
86-87 Moo 6 Tambon Thungpee Amphur Maewang, Chiangmai Tel: 053-363602

Chiangmai City Branch  
Vienkaew Road Tel: 053-223935, 053-416242-3

Sikou Branch Tel: 044-249734

Sales & Marketing Office  
51/2 Moo. 9 Pibulsongkhram Rd., Suan Yai,  
Muang district, Nonthaburi Province Thailand  
Tel. +66-2966-5556  
Fax. +66-2526-4035

In the same year, Green Diamond Co.,Ltd was also invited and supported from the government of Netherlands to exhibit at Stuttgart, Germany. Nowadays, GD-1 Spirulina Plantensis has been exported to many countries worldwide such as Jt. All of the success can well prove the accepted quality from all over the world.

# PARTICIPANTS

Nom et Prénom	Fonction	Institution	Coordonnées
BARIMANJATO Michel	Médecin / Directeur Régional	Santé PF et PS MINSANTE / ANOSY	<b>033 03 06 962</b>
BELAY Amha	Directeur Scientifique	EARTHRISE NUTRITIONALS LLC	Etats – Unis <a href="mailto:abelay@earthrise.com">abelay@earthrise.com</a>
BEMIARANA Jean Marie	Directeur Etudes Françaises	Faculté des lettres Univ Toliara	<a href="mailto:bemiaranaj@yahoo.fr">bemiaranaj@yahoo.fr</a>
BEMIARANA VololonaValona	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:vololonaValona@yahoo.fr">vololonaValona@yahoo.fr</a>
BLANCHOT Jean	Responsable scientifique	IRD/IH.SM FRANCE	<a href="mailto:blanchot@ird.fr">blanchot@ird.fr</a>
BOONSOM Jiamjit	Directeur de recherche	Green Diamond Co.Ltd. THAILANDE	<b>00819245256</b> greend@windowslive.com <a href="mailto:jboonsom49@yahoo.co.th">jboonsom49@yahoo.co.th</a>
BORITCH Marc	Ingénieur	PSC - CHIBINA - HAMAP FRANCE	<a href="mailto:marc.boritch@free.fr">marc.boritch@free.fr</a>
BOUCHARD Christine	Bénévole	TOLIARA / MADAGASCAR	<a href="mailto:frozgy.cox@laposte.net">frozgy.cox@laposte.net</a>
BOUCHARD Patrick	Bénévole	TOLIARA / MADAGASCAR	<a href="mailto:pkbouchard@laposte.net">pkbouchard@laposte.net</a>
CHABAL Aline	Informaticienne	FRANCE	<a href="mailto:harline@tele2.fr">harline@tele2.fr</a>
CHARLEMAGNE Déborah	Responsable formation	CFPPA – Hyères FRANCE	<b>00336088088553</b> <a href="mailto:debcharlemagne@hotmail.com">debcharlemagne@hotmail.com</a>
DELOBEAU Didier	Coordinateur Rech. et tech. - Direction Programme Nutrition Santé	ROQUETTE Frères France 62136 LESTREM FRANCE	<a href="mailto:didier.delobeauroquette.com">didier.delobeauroquette.com</a>
DINA Alphonse	Doyen	Faculté des Sciences	
FERNAND Gedis	Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	
FEZINY Séraphine Fernand	Médecin Biologiste	Dispensaire ECAR Antanimena / ANTANANARIVO	<b>032 02 820 20</b>
FOX Ripley & FOX Denise	Microbiologiste retraité  ----- Fondatrice vulgarisation spiruline	215 route de Jolaguière 34190 LAROQUE FRANCE	<a href="mailto:ripleyfox@club-internet.fr">ripleyfox@club-internet.fr</a>

FUGERE Isabelle	Étudiante Hôtesse de l'air	AIR FRANCE	<a href="mailto:isabelfugere@aol.com">isabelfugere@aol.com</a>
FURR Anne	Scientifique	Reef Doctor/Capricorn Alliance USA- Madagascar	<b>0325424294</b> <a href="mailto:annefur@gmail.com">annefur@gmail.com</a>
GOSINARY Sàna	Directeur Régional	SECCALINE	
GUIBERT Charles	Stagiaire	CFPPA Hyères FRANCE	
GUTHLER Kersth	Agronome	SPIROFIA TOLIARA	<a href="mailto:spirofia@yahoo.fr">spirofia@yahoo.fr</a>
JOURDAN Jean Paul	Ingénieur Chimiste/Specialiste en Spiruline	Technap/Antenna Technologie FRANCE	<a href="mailto:j.p-jourdan@orange.fr">j.p-jourdan@orange.fr</a>
LANGLADE Marie José	Responsable scientifique	IRD/ Marseille FRANCE	<b>0033491041656</b> <a href="mailto:marie-jose.langlade@univmed.fr">marie- jose.langlade@univmed.fr</a>
LARRY ROBERT MERA Louis	Adjoint Direction	SPIRNAM TOLIARA	<b>033 15 096 95</b> <a href="mailto:namana.tul@moov.mg">namana.tul@moov.mg</a>
LASSERRE Gérard	Professeur	Montpellier FRANCE	
LOPE Jean Charles	Coordinateur	COUT / IHSM	<b>032 04 099 66</b> <a href="mailto:lopejcharles@yahoo.fr">lopejcharles@yahoo.fr</a>
MAHAMAT Sorto	Chercheur	Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement	<b>002356266817</b> <a href="mailto:sortoma@yahoo.fr">sortoma@yahoo.fr</a>
MAN WAI RABENEVANANA	Directeur	IH.SM / Univ.TOLIARA	<b>033 12 392 20</b> <a href="mailto:manwai@moov.mg">manwai@moov.mg</a>
MANDRANO Christian	Producteur de spiruline	SPIRULIGNE	<b>032 42 996 10</b> <a href="mailto:spiru_ligne@yahoo.fr">spiru_ligne@yahoo.fr</a>
MARA Edouard REMANEVY	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>032 02 431 21</b> <a href="mailto:mara.edouard@yahoo.fr">mara.edouard@yahoo.fr</a>
MENDRIKA Fandresena Hery	Etudiant Master	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
MIARIZO	Etudiant	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
MONTEL Yves	Responsable scientifique	IRD/IH.SM FRANCE	<a href="mailto:yves.montel@ird.fr">yves.montel@ird.fr</a>
MOREAU Sylvain	Stagiaire	CFPPA/Hyères FRANCE	<a href="mailto:sylvain20moreau@gmail.com">sylvain20moreau@gmail.com</a>
NASOLOHANITRA Robinson	Responsable communication	Office National de Nutrition-PSN MAJUNGA	<b>033 12 270 17</b>

Père Albert ROESCH	Aumônier	Aumônerie Catholique Universitaire	Amalangy TOLIARA
PIERLOVISI Carole	Pharmacienne	Laboratoire de pharmacie FRANCE	<b>0033627645444</b> <a href="mailto:pierlovisi@hotmail.com">pierlovisi@hotmail.com</a>
RABARY Tsilavo	Etudiant	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RABEMANANJARA Alexis	Producteur de spiruline	SPIROFIA TOLIARA	<b>032 07 161 58</b> <a href="mailto:spirofia@yahoo.fr">spirofia@yahoo.fr</a>
RABESANDRATANA H.D	Retraité	Ex Directeur Station Marine TOLIARA	Lot II 142 CA1 Tsenengea TOLIARA
RAHARISON Hajaina	Etudiant	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RAHERINIAINA Christian Edmond	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:niaina.christian@yahoo.fr">niaina.christian@yahoo.fr</a>
RAJADIARISON Mirana	Etudiante	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RAJADIARISON Tefy	Etudiante	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RAKOTOARINIVO William	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>032 04 443 66</b> <a href="mailto:rakotoarinivow@yahoo.fr">rakotoarinivow@yahoo.fr</a>
RAKOTOARISOA Armand	ORL Chirurgien cervico-facial	Privé	BP : 96 TOLIARA
RAKOTOARISOA Rija	Scientifique	IOPR - FRANCE	<b>0033663901908</b> <a href="mailto:rjarakotoarisoa@yahoo.fr">rjarakotoarisoa@yahoo.fr</a>
RAKOTOARISOA Suzanne	Médecin généraliste	Privé	BP : 96 TOLIARA
RAKOTOARIVONY Julles	Médecin Inspecteur	DRSPFPS Toliara	<a href="mailto:andria_jules@yahoo.fr">andria_jules@yahoo.fr</a>
RAKOTONDRANALY Patrick	Médecin	Office Régional de Nutrition MAHAJANGA	<b>033 12 546 36</b> <a href="mailto:patrickrak@blueline.mg">patrickrak@blueline.mg</a>
RAKOTONDRAVOAVY Mbolatiana	Assistante technique	Office National de Nutrition	<a href="mailto:onn@blueline.mg">onn@blueline.mg</a>
RAKOTOSIHANAKA Prisca	Etudiante	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RAKOTOVAO Jean Marie	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:zamari.jos@laposte.net">zamari.jos@laposte.net</a>
RAKOTOZANDRINY Jean de Neupomuscène	Chef de Département Elevage ESSA	Université de Tananarive	<b>033 11 441 95</b> <a href="mailto:neupom@yahoo.fr">neupom@yahoo.fr</a>
RAMAMPIHERIKA Daniel	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>032 02 072 75</b> <a href="mailto:creadedaniel@yahoo.fr">creadedaniel@yahoo.fr</a>

RAMANANTENASOA Georgette	Médecin	Office Régional de Nutrition TOLIARA	<b>033 02 15842</b> <a href="mailto:ramgeorgette@yahoo.fr">ramgeorgette@yahoo.fr</a>
RAMANANTSOA Dany	Etudiant	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RAMASOMANANA Louis H.	Directeur ACSQDA ANTANANARIVO	MINSAN PFPS	<a href="mailto:acsqdasan@yahoo.fr">acsqdasan@yahoo.fr</a>
RAMBOLARIMANANA Tojonantenaina	Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>033 14 555 93</b> <a href="mailto:r.tojon@yahoo.fr">r.tojon@yahoo.fr</a>
RANAIVOMANANA Lala	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:lala@pnae.mg">lala@pnae.mg</a>
RANARIVELO Valencia	Ingénieur Halieute	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>034 06 483 54</b> <a href="mailto:ranarivale@yahoo.fr">ranarivale@yahoo.fr</a>
RANDRIAMAROLAHY Samueline	Enseignant vacataire	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<b>0324120987</b> <a href="mailto:raholiarintsoa@yahoo.fr">raholiarintsoa@yahoo.fr</a>
RANDRIAMIFIDY Erick Gwladys	Chef d'exploitation	SPIRMEN/ Morondava	<a href="mailto:spirmenecar@yahoo.fr">spirmenecar@yahoo.fr</a>
RANDRIANANDRASAZIKY Dolce Augustin Daniel	Représentant	Pharmacie Mahafaly TOLIARA	<b>032 51 646 26</b> <a href="mailto:dolce_ra@yahoo.fr">dolce_ra@yahoo.fr</a>
RAOBELINA Holy	Assistante technique	Office National de Nutrition ANTANANARIVO	<b>033 02 158 43</b> <a href="mailto:onn@blueline.mg">onn@blueline.mg</a>
RASOAMANANTO Irène	Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RASOAMANONTANY Hiarimanana	administrateur	AUF	<a href="mailto:hiary@refer.mg">hiary@refer.mg</a>
RASOAMIARAMANANA Caroline	Médecin	CHRR	
RASOAMNENDRIKA Fara A	Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	BP 141 TOLIARA
RASOLOFONIRINA Lanto	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:ranivoarivelolanto@yahoo.fr">ranivoarivelolanto@yahoo.fr</a>
RASOLOFONIRINA Richard	Enseignant Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:rasolofonirinari@yahoo.fr">rasolofonirinari@yahoo.fr</a>
RATIANARIVO H Dominique	Chercheur	CNRE/ Univ. ANTANANARIVO	<a href="mailto:dafarado@yahoo.fr">dafarado@yahoo.fr</a>
RATIANARIVO Harris Lala	Chef de Service de la FPT DREN BONGOLAVA	MENRES	<b>033 08 206 18</b>
RATSIMBAZAFY Laurent	Pharmacien	Pharmacie SANFILY	
RAVELOHARISON Ambinitsoa A.	Coordinateur National	Office National de Nutrition ANTANANARIVO	<a href="mailto:onn@blueline.mg">onn@blueline.mg</a>

RAZAFIARISOA Berthine	Médecin	Centre National de Rechercheur sur l'Environnement	<a href="mailto:razafiari4@yahoo.fr">razafiari4@yahoo.fr</a>
RAZAFIMANDIMBY Yacinthe	Chercheur	IH.SM/ Univ. TOLIARA	<a href="mailto:ray_razya@yahoo.fr">ray_razya@yahoo.fr</a>
RAZAFINDRAJONA Jean Marie	Enseignant Chercheur ESSA/IAA	Université d'Antananarivo	<b>033 02 540 04</b> <a href="mailto:rajaonabe@yahoo.fr">rajaonabe@yahoo.fr</a>
RAZANAKOLONA Georges	Médecin	CHRR	
RAZANOELISOA Jacqueline	Enseignant Chercheur	IH.SM	<a href="mailto:jrazanoelisoa@yahoo.fr">jrazanoelisoa@yahoo.fr</a>
RIVA Alain	Scientifique	IOPR - FRANCE	<b>0033494340249</b> <a href="mailto:iopr@wanadoo.fr">iopr@wanadoo.fr</a>
RODIER Martine	Chercheur	IRD - FRANCE	<a href="mailto:martine.rodier@ird.fr">martine.rodier@ird.fr</a>
SOAHARININDRAINY RAKOTOHERY Josette	Scientifique	CENHOSOA ANTANANARIVO	<b>032 04 797 65</b> <a href="mailto:josettesoa@yahoo.fr">josettesoa@yahoo.fr</a>
SOANOMENA Valikara	Médecin Pédiatre	CHRR / TOLIARA	<b>032 040 031 20</b> <a href="mailto:valikara_ped@yahoo.fr">valikara_ped@yahoo.fr</a>
Solange MARIANNE	Médecin	Collège Saint François Xavier	BP 1032 FIANARANTSOA <a href="mailto:sfx.sj@moov.mg">sfx.sj@moov.mg</a>
SOLOIHY Yasmine	Chercheur Etudes Françaises	Université TOLIARA	
Sr Blandine	Centre de Récupération Nutritionnelle	Centre FANOVOZANTSOA Belemboka TOLIARA	<b>94 417 30</b> BP 371 TOLIARA
Sr Elodie	idem	idem	idem
Sr Florentine	idem	idem	idem
Sr RAVAOARY Joany	CREN ECAR	Dispensaire Catholique	<b>75 800 30</b> BP 07 IHOSY 313
TAVILAHY Jacques	Etudiant	Faculté es Lettres Université TOLIARA	
THEODORET	Pdt Université Toliara	Université TOLIARA	<a href="mailto:soavelo@yahoo.fr">soavelo@yahoo.fr</a>
TODINANAHARY Gildas	Etudiant en Master	IH.SM	BP 141 TOLIARA
TSARAHEVITRA Jarisoa	Enseignant Chercheur	IH.SM	<a href="mailto:jers_jarisoa@hotmail.com">jers_jarisoa@hotmail.com</a>
VICENTE Nardo & VICENTE Nicole	Professeur et responsable scientifique IOPR	Institut Océano. Paul Ricard FRANCE	<b>0033491608143</b> <a href="mailto:vicente.nardo@aliceadsl.fr">vicente.nardo@aliceadsl.fr</a>

ZENY Charles	Directeur	ENS Philosophie Université TOLIARA	
ZONGO Frédéric	Enseignant chercheur	Université d'OUAGA BURKINA FASO	<b>22676600966</b> <a href="mailto:gulb.zongo@univ-ouago.bf">gulb.zongo@univ-ouago.bf</a>

## COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA SPIRULINE

### « DÉVELOPPEMENT, FORMATION ET TRANSFERT TECHNOLOGIQUE, EN MATIÈRE DE CULTURE DE LA SPIRULINE »

Toliara, 28, 29 et 30 avril 2008

#### SOMMAIRE

Man Wai RABENEVANANA Contribution de la spiruline aux problèmes de la malnutrition	5
Nardo VICENTE Spiruline et développement. Conférence introductive	7
Ripley FOX Un mot au sujet de l'histoire du passé et du futur de la spiruline en Afrique	19
Carole PIERLOVISI Composition chimique de la spiruline	25
Patrick RAKOTONDRANALY Malnutrition : définition et synthèse	31
Jules RAKOTOARIVONY Politique nationale malgache de nutrition	35
Valikara SOANOMENA Spiruline et malnutrition dans le service de pédiatrie du CHRR Toliara	43
Amha BELAY <i>Spirulina (Arthrospira)</i> in human nutrition and health	49
Séraphine Fernand FEZINY Effets bénéfiques de la spiruline : suivi des différents cas de maladie en milieu urbain pour la période 2006-2008	51
Alexis RABEMANANJARA Utilisation de la spiruline en service de chirurgie au CHRR de Toliara, Madagascar	61
Georges RAZANAKOLONA, Caroline RASOAMIARAMANANA Utilisation de la spiruline en milieu chirurgical	65
Berthine RAZAFIARISOA, E. RAMAROSON, D. RAMAMPIHERIKA Étude de l'efficacité de <i>Spirulina platensis</i> sur la malnutrition protéino-énergétique et la carence en vitamine A chez les enfants malgaches	73

Déborah CHARLEMAGNE Formation sur la technique de production au CFPPA de Hyères les Palmiers (France)	79
Sorto MAHAMAT, Fabienne NAMBA, Kora ABAKAR ADOUM Diagnostic de la qualité hygiénique de "Dihé" et de ses facteurs : Analyse des risques de mauvaise qualité et mesures à prendre pour diminuer ces risques	85
Vololonavalona BEMIARANA Production artisanale de spiruline. Cas de Spirusud - Antenna – "Mana maitso" – Toliara Madagascar	87
Ridja RAKOTOARISOA, Alain RIVA, Nardo VICENTE Études sur la cyanobactérie <i>Arthrospira platensis</i> en Méditerranée	97
Frédéric ZONGO, Bilassé ZONGO La monoculture algale, une activité délicate. Cas de la Spiruline	103
Jean Paul JOURDAN Améliorations techniques de la production locale de spiruline	109
Pierre H. RAVELONANDRO, Dominique H. RATIANARIVO, Claire JOANNIS-CASSAN, Arsène ISAMBERT, Marson RAHERIMANDIMBY Influence de la salinité du milieu sur la croissance de <i>Spirulina platensis</i> de Toliara (Madagascar) dans un système fermé.	115
Denise FOX Second colloque panafricain sur la spiruline (TOGO)	123
Marie José LANGLADE, Romain ALLIOD, Loic CHARPY Utilisations de la spiruline autres que pour la malnutrition	129
Jean Marie RAZAFINDRAJAONA, Jean de Neupomuscène RAKOTOZANDRINY, Raphael RAKOTOZANDRINDRAINY, Antsivasoa TSIVINGAINA, Kotonirina RAMAPIHERIKA, Jean N. RANDRIA Influence de l'incorporation dans les provendes de la spiruline de Madagascar ( <i>Spirulina platensis</i> var. <i>toliana</i> ) sur la croissance des poulets de chair	141
Christian Edmon RAHERINIAINA Étude de la biodiversité fongique dans le bassin de culture de spiruline : cas de Spirusud, Maninday Toliara	157
Marie José LANGLADE Synthèse globale	165