

# ADAPTATION DES SOUCHES DE SPIRULINE DU SUD DE MADAGASCAR A LA CULTURE EN EAU DE MER

TSARAHEVITRA JARISOA<sup>1</sup>, LOÏC CHARPY<sup>2</sup>, NARDO VICENTE<sup>3</sup>, MARIE-JOSE LANGLADE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IH-SM B.P 141 Toliara 601- Madagascar

<sup>2</sup> IRD, UR167, COM, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France

<sup>3</sup> Institut Océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez. 83140- Six Fours les Plages

## Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre au point un système simple de culture de Spiruline à l'échelle des communautés villageoises du sud de Madagascar. Nous avons utilisé la souche malgache que nous avons cultivée en eau de mer. Nous avons testé un milieu de culture constitué d'eau de mer traitée en précipitant le calcium et le magnésium avec des ajouts de 11g l<sup>-1</sup> de carbonate de soude et 1g l<sup>-1</sup> de bicarbonate de soude. En effet le calcium et le magnésium gênent la croissance de la spiruline. L'eau de mer traitée est enrichie avec du phosphore (0.5g l<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H AYALA PO<sub>4</sub>), de l'azote (0.2g l<sup>-1</sup> de CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) et du fer (0.01g l<sup>-1</sup> de FeSO<sub>4</sub>). Le traitement étant fastidieux et cher, nous avons aussi testé la possibilité de cultiver une souche péruvienne (Paracas) poussant naturellement dans des eaux riches en calcium et en magnésium en utilisant des traitements allégés.

Les récoltes obtenues dans deux bassins de 10 m<sup>2</sup> contenant des milieux de culture d'eau de mer traitée, enrichie et d'eau douce enrichie sont comparables de l'ordre de 2 g m<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup> en moyenne pendant 3 mois. Les souches malgaches et paracas poussent toutes les deux en milieu marin non traité mais la biomasse obtenue en 15 jours augmente en fonction du degré de traitement de l'eau de mer. La culture en eau de mer est possible mais un meilleur rendement est obtenu après traitement (précipitation du Ca et Mg).

Mots clé : Spiruline, eau de mer, culture.

## Abstract

The aim of this study is to carry out a simple culture system adapted to village scale in south of Madagascar. We used the malagasy strain which we have adapted to seawater culture. The culture medium was obtained after treating seawater by precipitating calcium and magnesium with addition of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (11 g l<sup>-1</sup>) and NaHCO<sub>3</sub> (1g l<sup>-1</sup>). Indeed, the levels of calcium and magnesium found in seawater inhibit growth of *Spirulina*. The treated seawater is enriched with phosphorus (NH<sub>4</sub>H AYALA PO<sub>4</sub> : 0.5 g.l<sup>-1</sup>), nitrogen (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> : 0.2 g l<sup>-1</sup>) and iron (FeSO<sub>4</sub>: 0.01g l<sup>-1</sup>). However the treatment of seawater in culture of *Spirulina* is expensive and time consuming. Therefore, culture tests were made with different treatments using *Spirulina* paracas, a strain isolated from Paracas in Peru, which naturally grows in waters rich in calcium and magnesium.

Harvested biomasses of *Spirulina* grown in seawater and in the standard bicarbonate medium (in 10m<sup>2</sup> ponds) were comparable, around 2 g m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> (dry weight) during three mouths.

Malagasy and paracas strains both can grow in an untreated seawater medium, however after 15 days the biomass increases with the degree of treatment of seawater.

*Spirulina* culture in seawater is possible, but a better yield is obtained after treatment (precipitation of Ca and Mg)

Keywords: Spirulina, seawater, culture.

## Conclusions de l'étude sur la culture de *Spirulina platensis* en eau de mer

Cette étude menée de mai 2001 au mois de février 2004 constitue un premier travail sur l'adaptation de la Spiruline souche malgache (*Spirulina platensis* var. Toliara) à la culture en eau de mer.



*Spirulina platensis* variété Toliara

Elle a permis de formuler les conclusions suivantes :

Les conditions climatiques générales de la région étudiée (température de l'air, ensoleillement, précipitation) sont favorables au développement de la Spiruline. Bien que les paramètres physiques et chimiques du milieu de culture soient parfois inférieurs à l'optimum de 35°C, ils ne montrent pas des valeurs extrêmes susceptibles de perturber l'espèce Spiruline.

Des essais de culture en eau de mer traitée et enrichie (EMTE) dans différents récipients montrent une bonne adaptation de cette souche locale à ce milieu. Dans des flacons de 5 litres on obtient un taux de croissance  $\mu = 0,2$  doublement  $j^{-1}$ , légèrement supérieur à celui du milieu classique en eau douce enrichie (EDE),  $\mu = 0,14$  doublement  $j^{-1}$ . Dans un bassin de 10 m<sup>2</sup> le taux de croissance  $\mu = 0,2$  doublement  $j^{-1}$ , la production  $P = 1,9$  g m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> et la récolte  $R = 1,9$  g m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> sont comparables à ceux de EDE dans les mêmes conditions de culture,  $\mu = 0,2$  doublement  $j^{-1}$ ,  $P = 1,8$  g m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup> et  $R = 2$  g m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>.

L'analyse chimique de la Spiruline produite en eau de mer montre qu'elle garde tous les éléments d'importance nutritionnelle (protéines 40%, vitamines et sels minéraux). Bien que certains éléments qui la composent présentent une teneur faible par rapport à la culture dans la littérature (65% de protéines) mais celle-ci est probablement due à la condition de culture que l'on peut améliorer. La comparaison du produit obtenu avec d'autres aliments classiques montre toujours son importance (6 t de protéines ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> contre 2,5 t pour le soja).

Le coût de production de la Spiruline en milieu synthétique est souvent très élevé entraînant le prix de vente de ce micro nutriment hors de portée de la population villageoise touchée par la malnutrition.

L'eau de mer est caractérisée par son pH autour de 8, limite inférieure requise pour le développement de la Spiruline, des traces de P, N et du Fe, éléments limitant en général le développement planctonique, une forte quantité de Ca et Mg respectivement 400 et 1200 mg l<sup>-1</sup>. Ces raisons ont permis de traiter l'eau de mer avec du carbonate de soude pour précipiter une certaine quantité de Ca et du Mg et d'enrichir en P, N et Fe.

Le test de tolérance de deux souches de spiruline : « Toliara » et « Paracas » à la culture en eau de mer ne montre aucune différence significative. On démontre aussi par ce même test que le traitement de l'eau de mer augmente la biomasse de Spiruline obtenue. Par contre il augmente le coût de réalisation d'une culture.

Sans tenir compte du coût de construction des bassins, la réalisation de culture en EMTE pendant un an dans un bassin de 2 m<sup>2</sup> et de 10 m<sup>2</sup> coûte 631 880 Fmg. Dans cette étude on essaie d'optimiser le coût de cette réalisation en mettant en oeuvre des techniques de culture simples mais efficaces, bien adaptées à la réalité d'un village.

Si on arrive à prouver la faisabilité de culture de Spiruline en eau de mer sans traitement mais enrichie (EME), ceci va faire chuter le coût à 388 880 Fmg. Dans le récipient de petit volume, les deux souches testées s'adaptent bien en EME. Il reste à démontrer cette adaptation dans le bassin de culture. Dans ce milieu (EME) même, la substitution de l'énergie électrique en énergies humaine et solaire à la culture réduit considérablement le coût jusqu'à 119 300 Fmg.



La maîtrise des différents paramètres d'une telle culture permet de mettre au point une unité de production à l'échelle villageoise pour lutter contre la malnutrition dans le Sud en particulier, et à Madagascar en général.

La malnutrition est un problème familial, or au niveau d'un village, une famille seule n'a pas la possibilité de maîtriser ce fléau. Il devient un problème régional, national et international. qui ne peut être traité que par des relations importantes à tous les niveaux. Il faut intervenir pour l'éradiquer. Malgré les efforts déployés par les organismes de développement (internationaux et nationaux) au cours des deux dernières décennies, la malnutrition reste un fléau dans le Sud de Madagascar. Les promoteurs du projet proposent des innovations techniques dans des populations rurales malgaches qui ont leur propre structure de fonctionnement. De nombreux projets de ce type ont échoués à cause de l'incompréhension entre techniciens « à mentalité moderne » et ruraux « à mentalités

traditionnelles » sur des objectifs différents. Les ruraux sont très stricts sur leurs traditions et aucune nouveauté n'a vu le jour sans le soutien des décideurs locaux. Il faut une concertation, et essayer de les convaincre avec une marque de respect pour obtenir leur accord.

Une stratégie de lutte qui semble efficace pour réduire la malnutrition est l'introduction de la culture de la Spiruline dans l'activité familiale et son incorporation à leur régime quotidien. La région du Sud est écologiquement favorable au développement de ce microorganisme. Malgré la présence des gisements naturels de Spiruline, elle reste un aliment nouveau pour la population rurale. De ce fait, une sensibilisation sur l'intérêt de son utilisation et la formation aux techniques de culture sont nécessaires.

L'effet bénéfique de l'ingestion de Spiruline est démontré par de nombreuses expériences, notamment pour la lutte contre la malnutrition. Même si ces études sont de nature préliminaire et que de plus amples recherches s'imposent, les résultats obtenus jusqu'ici sont prometteurs.

En milieu rural, il n'est pas toujours facile de convaincre les habitants à changer l'habitude alimentaire surtout chez les adultes. Je pense qu'il est beaucoup plus facile de convaincre les villageois à manger la Spiruline provenant de leur propre production que celle distribuée toute faite.

Par contre, chez les enfants, leurs choix nutritionnels dépendent souvent de leurs parents, et si les adultes refusent eux même de manger la Spiruline, ils doivent accepter de la donner à leurs enfants qui sont les premières victimes de la malnutrition.

La culture à l'échelle villageoise et familiale est réalisable mais on a besoin au départ d'une assistance technique par des spécialistes en la matière et surtout d'aides financières par des bailleurs de fonds.

Avant le démarrage de la culture familiale, une culture pilote servant de support pédagogique et de distribution de la souche doit être installée dans chaque village cible, de même qu'un centre d'achat équipé des matériaux et d'intrants à des prix abordables.

En se basant sur une production de  $6 \text{ g m}^{-2} \text{ j}^{-1}$  et l'ingestion de 5 g de Spiruline par jour et par enfant, une famille de trois enfants doit construire un bassin de  $2,5 \text{ m}^2$ . En pratique le groupement de 4 familles pour conduire une unité de production de  $10 \text{ m}^2$  est avantageux. En réalité, un investissement de 3 522 000 Fmg permet à un groupe de lancer une culture bien adaptée à la réalité d'un village pendant une année.

Outre les intérêts nutritif et thérapeutique que présentent la Spiruline, l'intérêt écologique de sa production est immense dans le sens où elle ne constitue pas un danger pour l'environnement. Elle permet aussi de valoriser des terrains incultes.

La Spiruline se trouve au début de la chaîne trophique. Cette position réduit le risque de transfert aux consommateurs d'importantes quantités de micropolluants comme les métaux lourds ou les pesticides par exemple. La haute alcalinité et le haut pouvoir tampon du milieu exigés pour le développement de la Spiruline limite considérablement le risque de contamination par des organismes pathogènes dans le milieu de culture. La qualité microbiologique du produit dépend de la propreté des matériels utilisés dès la récolte jusqu'à l'emballage des produits finis.

### **Quelques recommandations peuvent être proposées**

Améliorer les conditions de culture en augmentant la source lumineuse pour améliorer la production de culture en eau de mer.

Analyse élémentaire du produit obtenu en milieu EDE et cultivé dans les mêmes conditions qu'avec EMTE, à titre comparatif.

Introduire la Spiruline au menu quotidien de la population locale pour résoudre le problème de la malnutrition.

Vulgariser la culture de ce micro-nutriment en eau de mer dans les villages situés le long des littoraux du Sud de Madagascar.

## ESSAIS DE CULTURE DE LA SPIRULINE AU DOMAINE DE MEJANES (CAMARGUE)

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

<sup>1</sup>. Centre d'Etudes des Ressources Animales Marines (CERAM), Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme, 13397-MARSEILLE Cedex 20.

<sup>2</sup> Institut Océanographique Paul Ricard, Ile des Embiez. 83140- Six Fours les Plages.

---

### Résumé

La Camargue, située entre les bras du Rhône, constitue le Grand Delta. Elle est en partie protégée, et de nombreuses activités traditionnelles (élevage, pêche, chasse, exploitation du sel), et nouvelles (riziculture, vigne) s'y développent en bonne harmonie avec l'environnement. C'est le cas au Domaine de Méjanès situé au bord de l'Étang du Vaccarès d'une grande richesse floristique et faunistique.

La qualité des eaux du Vaccarès autorise des expériences de développement de la Spiruline (*Arthrospira platensis*), au niveau du laboratoire, et en bassins sous serre.

Ces expériences sont réalisées dans le but de créer une station pilote de formation à la culture de cette cyanobactérie sur le domaine de Méjanès.

Mots clés : Camargue, Vaccarès, Hydrobiologie, Spiruline.

### Abstract

The Camargue situated between the two arms of the Rhône constitute the "Great Delta". It is in part protected, and numerous traditional activities (breeding, fishing, hunting, salt working), and news (riziculture, vine) are developing in good harmony with the environment. It is the case of the Domain of Méjanès situated at the edge of the Vaccarès pond who has a high floristic and faunistic riches.

The quality of the water of the Vaccarès allows to experiment on development of the Spirulina (*Arthrospira platensis*) at the laboratory level, and in tanks under a greenhouse tunnel.

These experiments are realized with the object to create a pilot station for technical training, to cultivate this cyanobacteria on the Domain of Méjanès.

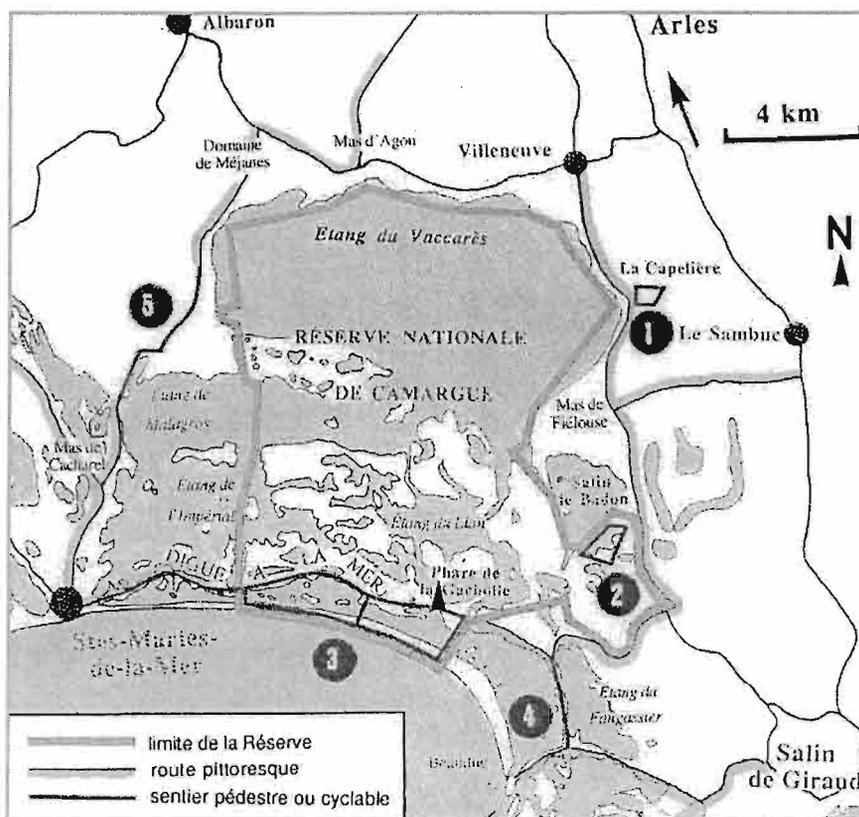
Keys words : Camargue, Vaccarès, Hydrobiology, Spirulina.

### Introduction

La Camargue qui occupe 145 300 hectares, constitue l'embouchure du Rhône sous la forme d'un delta triangulaire ayant pour base les rivages de la Méditerranée sur 80 km. Elle s'étend sur deux régions du Sud de la France : la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (département des Bouches du Rhône), et la région Languedoc-Roussillon (département du Gard).

Le Grand Delta comprend la Petite et la Grande Camargue dont la pièce centrale est l'Étang du Vaccarès associé à d'autres petits étangs dits inférieurs au Sud.

Situé au Nord Ouest de l'étang du Vaccarès, le domaine de Méjanès a su concilier activités économiques et protection de l'environnement. Sa vocation première est la riziculture, mais par sa localisation géographique, ses conditions climatiques, et la qualité des eaux de l'étang, il a été choisi pour réaliser des expériences d'algoculture sur la cyanobactérie *Arthrospira (Spirulina) platensis*, appelée communément Spiruline dont les propriétés nutritives et sanitaires sont reconnues.



Une collaboration déjà ancienne avec l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Tuléar (Madagascar), notamment sur la culture de la Spiruline (*Spirulina platensis* var. Toliara), avec ses chercheurs (Ravelo, 2001, Tsarahevitra 2005, a-b) qui se consacrent à sa culture à des fins humanitaires, pour lutter contre la malnutrition, nous a convaincu de la nécessité de créer un outil de formation aux techniques de culture de cette cyanobactérie.

### Présentation du milieu

#### Le Domaine de Méjanès

Site privilégié de découverte et d'observation de la faune et la flore camarguaises, le Domaine de Méjanès a su concilier protection de l'environnement et développement d'une activité économique et touristique importantes.

Situé au cœur du Parc naturel régional et en lisière de la Réserve nationale de Camargue, le Domaine Paul Ricard de Méjanès couvre 600 hectares en bordure de l'étang de Vaccarès. Chaque année, il accueille plus de 25 000 visiteurs et quelques milliers de scolaires. A pied, à cheval, en VTT ou en train, toutes les possibilités sont offertes pour apprécier, au plus près, les beautés de cette terre sauvage, berceau des taureaux, des chevaux et refuge d'oiseaux migrateurs. (Hoffman, 1958)

#### L'étang du Vaccarès

Située entre le Petit Rhône et le Grand Rhône, la Camargue s'est formée sous l'action conjuguée du fleuve et de la mer Méditerranée. Elle est longtemps restée peu propice à l'installation humaine, d'une part à cause de la montée des eaux marines qui stérilisent les terres, et d'autre part des inondations résultant des crues fluviales.

Au 19<sup>ème</sup> siècle, l'endiguement total du delta du Rhône est réalisé par la construction en 1859 de la digue à la mer, et en 1869 de digues situées entre les deux bras du fleuve. Ces endiguements laissent apparaître une évidence : les crues du Rhône permettent de résorber le déficit hydrique de la Camargue. En l'absence de celles-ci, afin d'éviter une transformation radicale de la Camargue et une disparition de nombreuses zones humides, il faut amener artificiellement de l'eau douce du fleuve dans le delta.

Ces actions anthropiques conduisent à un fonctionnement très complexe de l'hydrosystème camarguais dont le Vaccarès est le centre. (Blondel et Hoffman, 1964).

### Caractéristiques géomorphologiques

Le territoire camarguais présente trois grands ensembles par rapport à l'étang central du Vaccarès en fonction de leur morphologie et de leurs milieux naturels :

- au nord de l'étang du Vaccarès, la Haute Camargue, d'origine fluviale est constituée de bourrelets alluviaux, vestiges des anciens bras du Rhône, et de faibles dépressions occupées par des marais d'eau douce. Les terres hautes, peu marquées par l'empreinte du sel peuvent être consacrées aux cultures (céréales, fruits et légumes). Elles portent parfois une végétation dense composée d'arbres de haute futaie.
- au centre, la moyenne Camargue, également appelée « île de la Camargue », est d'origine fluvio-lagunaire. Elle est composée de terres plus basses, légèrement plus salées et réparties en couronne autour de l'étang du Vaccarès. L'occupation du sol est partagée entre différentes activités : les grandes cultures (riz, blé, maïs), sur les plus hautes terres irriguées, l'élevage sur les zones intermédiaires où les remontées de sel se font sentir. Ces terrains appelés « sansouires », parfois immergés en hiver, sont couverts d'une végétation halophile, et constituent des pâturages d'été et d'hiver pour les chevaux et les taureaux.
- au sud, la basse Camargue, d'origine laguno-marine, représente une zone d'étangs salés et de sansouires. Les terrains, souvent situés au dessous du niveau de la mer, sont réservés à l'exploitation salinière.

### Caractéristiques physico-chimiques

S'étendant sur une superficie de 6480 ha, l'étang du Vaccarès présente la spécificité d'avoir une salinité croissante du Nord au Sud. Les valeurs relevées peuvent s'échelonner de 10g/l à 30g/l, la salinité moyenne étant de 15g/l. Cette variabilité s'explique par les conditions climatiques typiquement méditerranéennes dont bénéficie l'étang.

Le climat méditerranéen se caractérise par des étés chauds et des hivers plutôt doux. A ces températures élevées, s'ajoute l'action des vents qui soufflent plus de 200 jours par an. Les principaux sont le Mistral, vent froid et sec qui souffle du Nord-Ouest, et les vents doux et humides en provenance de la mer (sud-est de la Camargue).

Enfin, la faiblesse des précipitations, en moyenne 600 mm par an, associée à une évaporation de 1300 mm par an, entraîne un déficit hydrique. Celui-ci, provoque une remontée capillaire en provenance de l'aquifère salé de profondeur dont l'importance va croissant des étangs inférieurs jusqu'au littoral. De l'action conjuguée de ces différents paramètres résulte la variabilité de salinité de l'étang du Vaccarès (Marazanoff, 1972 ; Bardou, 1984).

Les apports d'eau à l'étang réalisés par l'agriculture sont de l'ordre de 500 mm par an, et se font principalement en période estivale. Cela correspond à un volume de 50 à 60 millions de mètres cubes.

Des apports d'eau douce permettent également de résorber le déficit hydrique grâce à des stations de pompage et des canaux d'irrigation existants.

Au niveau de la bathymétrie, cet étang est peu profond, en effet, il présente en moyenne une profondeur inférieure à 1 m, pour une profondeur maximale de 2m.

La température moyenne annuelle de l'eau est en moyenne de 14°C (Marazanoff, 1972), tandis que le pH avoisine 9,2.

L'analyse chimique de l'eau au début de l'été montre une absence de pollution minérale :

Nitrites (NO <sub>2</sub> ) : < 0.01 mg/l	Nitrates (NO <sub>3</sub> ) : < 0,1 mg/l
Chlorures (Cl) : 856 mg/l	Calcium (Ca) : 200 mg/l
Magnésium (Mg) : 316 mg/l	Sulfates (SO <sub>4</sub> ) : 1150 mg/l

Les teneurs en métaux lourds (cadmium, cuivre, plomb, et zinc) dosés dans les sédiments de l'étang sont inférieures aux seuils de contamination fixés par la législation européenne (tableau 1).

La flore et la faune :

La flore des étangs est fonction de leur salinité. Ce sont des *myriophylles* (3 à 6 g/l), des *potamots* (6 à 12 g/l), et des *zostères* (> 14 g/l).

Tableau 1 : Analyse des principaux paramètres dans les stations étudiées. Les teneurs en métaux lourds concernent les sédiments.

L'analyse de l'eau en période estivale fait apparaître la microflore ci-après :

Bactéries	2.107 cellules/ml	Nanoplancton <10µ	7 070 000 c./ml
Cyanobactéries	995 000 c/ml	Nanoplancton >10µ	471 000 c/ml
Coccolithophorides	157 000 c/ml	Euglènes	157 100 c/ml
Diatomées	750 000 c/ml	Dinoflagellés	262 000 c/ml

Analyse de l'eau et des sédiments de l'étang du Vaccarès

	PARAMÈTRES	STATION 9	STATION 10	STATION 11	STATION 12
J U I N	TEMPÉRATURE (°C)	20	21	24	-
	SALINITÉ (g/l)	0	0	18	-
	OXYGÈNE (‰)	16	10	19	-
	PROFONDEUR (cm)	20	40	40	-
	CADMIUM (ppm)	ND	ND	ND	-
	CUIVRE (ppm)	ND	ND	ND	-
	PLOMB (ppm)	19	18,8	18,2	-
	ZINC (ppm)	12,2	25,1	9,4	-
J U L L E T	TEMPÉRATURE (°C)	24	27	32	33
	SALINITÉ (g/l)	0	0	15	0
	PROFONDEUR (cm)	20	40	40	20
	CADMIUM (ppm)	7,2	7,2	6,6	7,2
	CUIVRE (ppm)	5,6	5,3	4,5	5,5
	PLOMB (ppm)	9,9	8,9	10,1	9,5
ZINC (ppm)	5,8	5,6	2	28,8	
A O Û T	TEMPÉRATURE (°C)	21	20	27	23
	SALINITÉ (g/l)	0	0	14	0
	PROFONDEUR (cm)	20	40	40	20
	CADMIUM (ppm)	7,1	7,2	6,6	7,4
	CUIVRE (ppm)	5,7	5,5	4,2	5,9
	PLOMB (ppm)	9,3	9,1	9,2	9,2
	ZINC (ppm)	10,7	6,7	ND	8,5

Bien qu'il n'existe pas de système d'évaluation pré-établi de la qualité de eaux pour les lacs et les étangs à partir des paramètres physico-chimiques tels qu'il en existe pour les eaux courantes (SEQ eau de l'Agence de l'eau, Ferretti, 2004), la lecture de ces données, permet de conclure à une eau de bonne qualité.

La faune est principalement constituée d'invertébrés euryhalins (mollusques, crustacés amphipodes, vers annélides), de poissons d'eaux saumâtres (anguilles, muges...), d'alevins d'espèces marines (dorades, lousps...), et d'espèces d'eau douce venues du Rhône (carpes, brèmes...).

### Essais de culture de la spiruline a Mejanes

En 1995, un lac naturel recelant de la spiruline avait été trouvé par Gilles Planchon en Camargue. Ce lac situé à proximité de l'usine Listel, bénéficiait de conditions particulières dans la mesure où celle-ci transportait dans ses rejets les éléments nutritifs nécessaires au développement de la spiruline (in Fox, 1999). Ces observations nous ont incités à tenter une expérimentation en utilisant l'eau du Vaccarès où existent d'autres cyanobactéries, et qui présente des qualités physico-chimiques a priori favorables.

### Matériel et méthodes

La culture de la spiruline en laboratoire doit reproduire les conditions du milieu naturel dans lequel elle se développe. Ainsi, les milieux de culture utilisés sont alcalins (pH de 9 à 11), ont une salinité de 10 à 30 g/l, et sont enrichis en éléments minéraux permettant une bonne croissance de la spiruline. L'agitation naturelle due aux vents est remplacée par l'utilisation de pompes. Cette agitation a une double fonction :

- d'une part, elle permet de créer une inégalité de la surface de l'eau pour que la spiruline capte le dioxyde de carbone qui constitue sa principale source de carbone ;
- d'autre part, elle permet d'éviter la formation d'amas de spiruline qui se dépose au fond dans le milieu de culture où la spiruline privée de lumière meurt.

La température optimale de croissance est de 35°C, cette valeur peut être obtenue grâce à l'installation de lampes électriques qui apportent également la lumière nécessaire à la photosynthèse.

Un suivi quotidien de la culture est nécessaire afin de vérifier et de contrôler les différents paramètres des milieux de culture. Ainsi sont réalisées par tranches de 4 heures des mesures de température, de salinité et de pH. Parallèlement, un comptage du nombre de filaments présents dans une goutte prélevée dans le milieu de culture, permet d'apprécier le développement ou la régression de la culture.

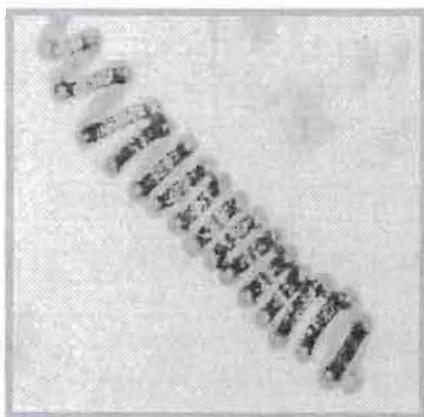
L'évolution de la culture est également mesurée grâce au disque de Secchi lorsque la culture est assez concentrée. La coloration de la culture constitue également un moyen d'estimer son développement, et de déterminer d'éventuels problèmes.

Le milieu de culture retenu est celui de J.P Jourdan (1999)

#### Essais de différentes souches

Pour débiter une culture de spiruline en laboratoire, une faible quantité de souche concentrée est suffisante (de l'ordre du ml). Pour la multiplier, des apports progressifs et réguliers de milieu de culture doivent être effectués.

Les souches utilisées sur le domaine de Méjanas sont la souche *paracas* (a) et la souche *platensis* var. Toliara (Ravelo, 2001) (b).



**a** : Souche *Paracas* observée au microscope    **b** : *Spirulina platensis* var. Toliara

A l'état naturel, la souche *paracas* se développe sur la base d'un fond argileux et d'une boue noire résultant de la fermentation anaérobie d'algues mortes (Tsarahevitra et al. 2004).

La souche *platensis* possède des spires plus resserrées lui donnant un aspect hélicoïdal, spiralé, auquel la spiruline doit son nom. La spiruline de Toliara a été classée taxonomiquement par Fox (1999) comme *Arthrospira platensis* var. Toliara. Elle se présente dans le milieu naturel sous forme de filaments enroulés régulièrement sans resserrement ni aux extrémités, ni au milieu. Cette variété de spiruline a été trouvée au Sud Ouest de Madagascar dans le lac d'Ankoronga (Ravelo, 2001).

#### Résultats

Les essais de culture des deux souches montrent que la souche *paracas* se développe mieux que la souche *platensis* aux conditions de température, de pH et de salinité égales. La souche *paracas* semble présenter de meilleures capacités d'adaptation au nouveau milieu de culture.

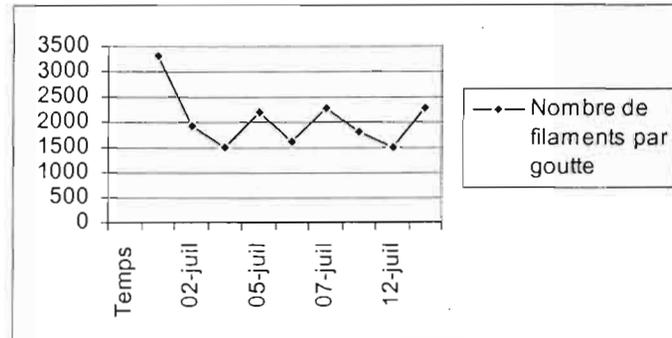
Un milieu de culture a été réalisé en mélangeant les deux souches et celles-ci entrent donc en compétition pour l'exploitation du milieu. Les observations effectuées durant les premiers jours ont montré une stagnation des deux souches. Au bout d'une semaine, une régression de la souche *platensis* a été constatée tandis que la souche *paracas* commençait à se développer. Cette situation s'est maintenue les jours suivants jusqu'à ce que la souche *platensis* disparaisse complètement du milieu de culture au profit de la souche *paracas*.

L'un des paramètres les plus importants pour une culture de spiruline, est la qualité de l'eau utilisée. Plusieurs milieux de culture ont été réalisés avec différentes eaux afin de procéder à une étude de

croissance comparative : eau douce courante du robinet, eau douce minérale, et eau de l'étang du Vaccarès.

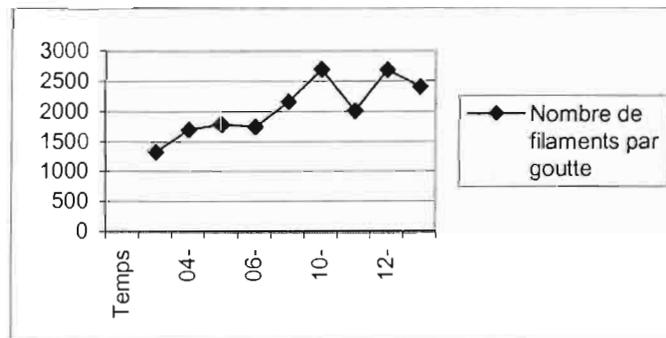
#### Eau douce du robinet

Elle permet d'obtenir des résultats satisfaisants, l'analyse du graphe ci-dessous indique que cette eau convient à la culture de spiruline, avec cependant une vitesse de croissance faible.



#### Eau douce minérale

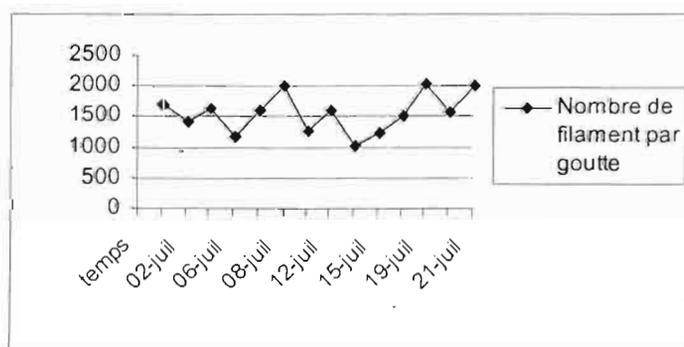
L'utilisation de l'eau douce minérale permet d'observer une bonne croissance de la culture. La qualité de cette eau permet d'effectuer des apports de milieu de culture tous les deux jours. Cela traduit une vitesse de croissance plus élevée de la spiruline ; celle-ci nécessite 3 à 6 jours d'attente avant de pouvoir procéder à de nouveaux apports. Cette eau minérale a permis de tripler le volume du milieu de culture (de 6 à 18 l) en seulement une semaine et demie. Des apports de milieux de culture plus espacés dans le temps (4 à 5 jours) auraient permis d'obtenir un nombre de filaments par goutte avoisinant les 4500.



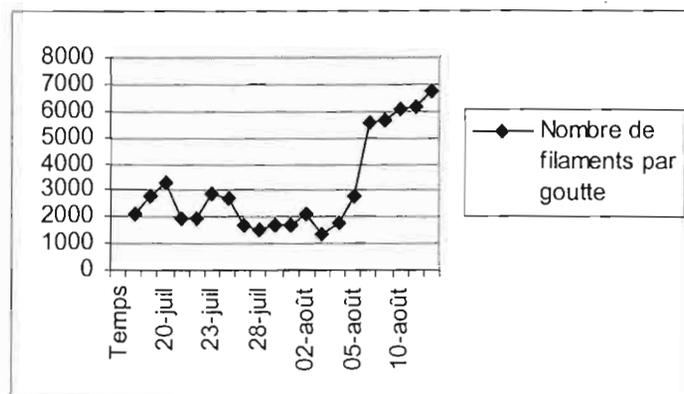
#### Eau de l'étang du Vaccarès

Elle a été utilisée en appliquant un protocole pour l'eau de mer à Tuléar (Tsarahevitra 2004), avec cependant de légères modifications. En parallèle, des cultures ont été menées avec la même eau sans aucun traitement préalable.

Comme l'indique le graphique ci-dessous, la spiruline se développe bien dans cette eau sans aucun enrichissement du milieu en éléments nutritifs. La valeur maximale de filaments étant de 2048, la minimale de 1015. Les diminutions observées sont consécutives aux apports de milieu de culture. Quatre à six jours sont nécessaires pour que la spiruline se développe et que le nombre de filaments augmente à nouveau.



Lorsque l'eau du Vaccarès est traitée et enrichie en éléments nutritifs, on peut constater que la culture se développe de façon plus importante. Le nombre de filaments peut atteindre 6000 filaments. L'augmentation progressive constatée au beau milieu de l'été (Août), correspond au passage de la culture du laboratoire à la serre installée pour une culture en grands volumes.



L'obtention d'un volume de 50l de souche concentrée en utilisant l'eau du Vaccarès va permettre de poursuivre la culture de la souche *paracas* dans un bassin de grand volume. Son remplissage se fera progressivement par la technique du « bassin à géométrie variable ».

Dans les conditions expérimentales retenues, il est possible d'envisager l'obtention d'une biomasse de spiruline sous la serre de 2 à 4 g/m<sup>2</sup>/j durant la période la plus chaude (juillet à octobre). C'est la production obtenue en eau de mer avec la souche malgache à Toliara par Tsarahevitra (2005 a-b).

### Perspectives

Les résultats des différents essais effectués avec l'eau du Vaccarès montrent qu'elle présente les qualités requises pour cultiver la spiruline. En effet ses caractéristiques physico-chimiques, sa salinité naturelle (en moyenne 15 g/l pendant les essais), son pH naturellement basique (aux environs de 9,2), ainsi que sa qualité microbiologique, en font une eau appropriée pour développer une culture de spiruline. L'enrichissement de cette eau en éléments essentiels à la croissance de la spiruline permet de conduire la culture dans de bonnes conditions.

La culture actuellement entretenue sous serre va permettre l'ensemencement d'un bassin de grand volume.

Le domaine de Méjanès possède les infrastructures adaptées pour la culture de la spiruline (terrain aménageable, locaux adaptés, accessibilité de la source d'alimentation en eau).

De plus, au vu des résultats obtenus, les eaux du Vaccarès offrent de réelles potentialités quant à l'usage pour lequel elles ont été utilisées.

A terme, l'objectif est la création d'une station pilote permettant de former des techniciens de pays intéressés, notamment ceux de l'hémisphère sud pour lesquels la spiruline peut constituer une solution pour lutter contre la malnutrition.

### Conclusions

Haut lieu de la « nature sauvage » en Europe, la Camargue constitue la première région productrice de riz en France métropolitaine. La riziculture y constitue l'activité économique principale, et se présente comme l'élément de base du développement économique et social de la région.

Bien que certains problèmes se posent au niveau de l'exploitation des milieux naturels en Camargue, les activités permettent un maintien de l'équilibre naturel. Ainsi, l'agriculture assure pour partie l'entretien du réseau d'irrigation et de drainage nécessaire à la valorisation des milieux. L'élevage apparaît comme une condition de l'entretien du milieu et de ses richesses naturelles. Le tourisme procure également un revenu complémentaire, et est désormais un objectif de développement.

La protection des milieux naturels de cette région s'est faite grâce à la création de réserves et du parc naturel. Cependant, l'exploitation des différents milieux camarguais peut conduire à des situations conflictuelles, les pratiques des usagers d'un même milieu étant souvent peu ou pas compatibles. C'est le cas de l'Étang du Vaccarès où les principaux usagers sont les riziculteurs, les protecteurs de l'environnement, et les pêcheurs. Les réunions des différents acteurs ont permis de parvenir à un

consensus appelé la règle des « trois 20 ». Celle-ci définit les niveaux d'eau ainsi que la salinité des étangs principaux permettant l'utilisation des eaux par chaque usager.

Les qualités du milieu, les infrastructures, et les compétences du domaine de Méjanès peuvent permettre la création d'une station pilote pour former des techniciens à la culture de la spiruline, et de diversifier ses activités. Les études menées au laboratoire et sur le terrain, permettent de conclure que toutes les conditions requises pour ce type de culture y sont réunies, à condition d'y consacrer un espace limité et du temps. Car, comme pour d'autres types d'activités culturelles, l'expérimentation de départ requiert patience, constance et minutie<sup>1</sup>. Les résultats sont conditionnés par la mise au point de milieux de culture propres à chaque souche, et dépendent des variations des paramètres physico-chimiques et biologiques du milieu naturel.

L'objectif principal est d'élaborer un protocole simple assurant le déroulement des diverses étapes de la culture, du laboratoire au terrain, ce protocole pouvant être appliqué dans des conditions artisanales par des techniciens de pays pour lesquels la spiruline peut être l'un des moyens de lutter contre la malnutrition. La station pilote de Méjanès pourrait ainsi devenir un outil de formation et d'expérimentation aux techniques de culture de la spiruline prenant en compte les propriétés du milieu aquatique environnant, et la climatologie particulièrement favorable. Une telle pratique n'apportera aucune nuisance au milieu, tout au contraire, elle contribuera à le valoriser, par la création d'un outil pédagogique, et d'une activité nouvelle pour la Camargue, d'un intérêt humanitaire indéniable.

### Bibliographie

- Bardou G., 1984. – Etude préliminaire de quelques caractéristiques de l'eau et des sédiments du Vaccarès (Camargue), et de leurs interactions avec la macrovégétation immergée.
- D.E.A-Ecologie Méditerranéenne, Université d'Aix-Marseille 3, 20 pp.
- Blondel J., Hoffman L., 1964. – L'originalité et le rôle de la réserve de Camargue. Groupe des Amis de la Réserve de Camargue, Arles, (France), 30 pp.
- Charpy L., Langlade M.J., Vicente N., 2004. – Les Cyanobactéries pour la Santé, la Science et le Développement. Colloque International, 3-6 Mai 2004, Ile des Embiez (Var-France) : +
- Ferreti S., 2004. – Analyse de l'efficacité d'un traitement par le sel pour lutter contre la prolifération des jussies (*Ludwigia*) en Camargue. Rapp. Maîtrise de Biologie des populations et des Ecosystèmes. Université d'Aix-Marseille 3, 16 pp.
- Fox R.D., 1999. – Spiruline. Technique, pratique et promesse. Ed. EDISUD, 246 pp.
- Hoffman L., 1958. – Station biologique de la Tour du Valat. *Wildfowl Trust Ann. Rep.* 9 : 154-156.
- Jourdan J.P., 1999 – Cultivez votre Spiruline. *Antenna Technologie*, Genève, 126 pp.
- Marazanoff F., 1972. – Contribution à l'étude des Mollusques dans les eaux douces et saumâtres de Camargue. Thèse d'Etat de Sciences Naturelles. Université d'Orléans, 323 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<sup>ème</sup> Cycle en Océanographie 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.
- Tsarahevitra J., Charpy L., Vicente N., Langlade M.J., 2005.<sup>a</sup> – 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

---

<sup>1</sup> Au moment où nous mettons sous presse, la première production vient d'être obtenue sous serre (3,4 g/m<sup>2</sup>/J).

# MÉMOIRES

de l'Institut océanographique Paul Ricard



## COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES CYANOBACTÉRIES POUR LA SANTÉ, LA SCIENCE ET LE DÉVELOPPEMENT

*INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
ON CYANOBACTERIA FOR HEALTH,  
SCIENCE AND DEVELOPMENT*

3-6 mai 2004

ÎLE DES EMBIEZ  
VAR, FRANCE

<b>SCIENCES Systématique, génétique, métabolisme, toxicité.....</b>	<b>5</b>
GENETIC DIVERSITY OF THE GENUS <i>ARTHROSPIRA</i> .....	7
M. WALERON <sup>1,3</sup> , K. WALERON <sup>1,3</sup> , G. DUYSSENS <sup>1</sup> , L. HENDRICKX <sup>2</sup> , M. MERGEAY <sup>2</sup> , ANNICK WILMOTTE <sup>1</sup> .....	7
EXPLORATION DU GENOME <i>ARTHROSPIRA</i> .....	12
CHENG-CAI ZHANG <sup>1,2</sup> , JIE ZHOU <sup>2</sup> , AND JU-YUAN ZHANG <sup>2</sup> .....	12
LES CONSTITUANTS ALIMENTAIRES DES CYANOBACTERIES.....	13
ÉMILE M. GAYDOU .....	13
CYANOBACTERIES ET TOXICITE .....	14
ISABELLE ITEMAN .....	14
ANTIBACTERIAL AND CELL DIVISION STIMULATION ACTIVITIES OF <i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i> (FILAMENTOUS CYANOBACTERIUM) EXTRACELLULAR METABOLITES.....	15
TRABELSI LAMIA <sup>1</sup> , HATEM BEN OUADA <sup>1</sup> , BROUERS MICHEL <sup>2</sup> , CHRIAA JIHEN <sup>3</sup> AND CHALLOUF RAFIKA <sup>1</sup> .....	15
PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF SEAWATER ACCLIMATED CYANOBACTERIUM <i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i> .....	17
HATEM BEN OUADA <sup>1</sup> , LAMIA TRABELSI <sup>1</sup> , RYM BEN DHIAB <sup>1</sup> ET MICHEL BROUERS <sup>2</sup> .....	17
TOXICITE NON EXPRIMEE PAR LA CYANOBACTERIE POTENTIELLEMENT TOXIQUE <i>PLANKTOTHRIX AGARDHII</i> RENCONTREE DANS UN ETANG SAUMATRE MEDITERRANEEN : PRISE EN COMPTE DU RISQUE DANS LE CHOIX DES ESPECES CULTIVEES A DES FINS NUTRITIVES.....	19
NICOLAS CHOMERAT, FAYOLLE S. & CAZAUBON A.....	19
A NOVEL STRAIN OF <i>SPIRULINA</i> FROM SOUTHERN BRAZIL WITH POTENTIAL FOR CULTIVATION .....	20
MICHELE G. DE MORAIS <sup>1</sup> , FRANCIELI DALCANTON <sup>1</sup> , CAROLINA C. REICHERT <sup>1</sup> , ANDREI J. DURANTE <sup>1</sup> , JORGE A. V. COSTA <sup>1*</sup> , LUÍS F. F. MARINS <sup>2</sup> .....	20
COMMUNICATION TO THE INTERNATIONAL COMMITTEE ON BACTERIOLOGICAL NOMENCLATURE.....	22
RIPLEY D. FOX.....	22
<b>SCIENCES Biotechnologie.....</b>	<b>23</b>
ADAPTATION DES SOUCHES DE SPIRULINE DU SUD DE MADAGASCAR A LA CULTURE EN EAU DE MER .....	25
TSARAHEVITRA JARISOA <sup>1</sup> , LOÏC CHARPY <sup>2</sup> , NARDO VICENTE <sup>3</sup> , MARIE-JOSE LANGLADE <sup>2</sup> .....	25
ESSAIS DE CULTURE DE LA SPIRULINE AU DOMAINE DE MEJANES (CAMARGUE).....	28
R. RAKOTOARISOA <sup>1</sup> , A. RIVA <sup>2</sup> ET N. VICENTE <sup>1,2</sup> .....	28
NOVEL AND HIGH PRODUCTIVITY PHOTOBIOREACTOR, SPECIFICALLY DESIGNED FOR THE COMMERCIAL PRODUCTION OF CYANOBACTERIUM <i>SPIRULINA</i> , GREEN ALGA <i>HAEMATOCOCCUS</i> AND OTHER PHOTOPHILIC MICROALGAE IN GENERAL.....	36
MIAO JIAN REN .....	36
<i>SPIRULINA PLATENSIS</i> BIOACTIVE COMPOUNDS ON RICE TISSUE METABOLISM .....	40
G. ZULPA, M. STORNI, M. CATALÁ, A.M. STELLA AND M.C. ZACCARO .....	40
MINERALS REQUIREMENT FOR <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> ( <i>A. PLATENSIS</i> PCC 8005) GROWTH BY ICP-ES DETERMINATION AND CONTINUOUS CULTURES.....	42
GUILLAUME COGNE <sup>1</sup> , BERND LEHMANN <sup>2</sup> , CLAUDE-GILLES DUSSAP <sup>1</sup> , JEAN-BERNARD GROS <sup>1</sup> .....	42
<i>ARTHROSPIRA PLATENSIS</i> : RESEAU METABOLIQUE ET CALCUL DE FLUX EN PHOTOAUTOTROPHIE.....	45

GUILLAUME COGNE, JEAN-BERNARD GROS.....	45
<b>LYNBYA MAJUSCULA : UNE SOURCE POTENTIELLE DE COMPOSES AUX PROPRIETES ANTIFOULING.....</b>	<b>47</b>
ROBERT VALLS <sup>1</sup> , CLAIRE HELLIO <sup>2</sup> , GERALD CULIOLI <sup>3</sup> ET LOUIS PIOVETTI <sup>3</sup> .....	47
<b>MODELE DE SIMULATION DE PRODUCTION DE SPIRULINE : DEMONSTRATION ET VALIDATION PAR COMPARAISON AVEC DES RESULTATS D'EXPLOITATION .....</b>	<b>49</b>
FRANÇOIS HALDEMANN <sup>1</sup> & JEAN-PAUL JOURDAN <sup>2</sup> .....	49
<b>NUMERICAL OPTIMIZATION OF BIOMASS CONCENTRATION OF THE CYANOBACTERIUM <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> IN AN OPEN SYSTEM USING MANGUEIRA LAGOON WATER AS CULTURE MEDIUM.....</b>	<b>52</b>
LIANE BACELO <sup>1</sup> , JORGE. A. V. COSTA <sup>1*</sup> , LUIZ. A. O. ROCHA <sup>2</sup> , GEORGE. STANESCU <sup>3</sup> .....	52
<b>REPEATED FED-BATCH CULTIVATION OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> IN A CLOSED PHOTOBIOREACTOR.....</b>	<b>54</b>
CHRISTIAN OLIVEIRA REINEHR <sup>1</sup> , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA <sup>2*</sup> .....	54
<b>CULTURE OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> USING SYNTHETIC SWINE WASTEWATER .....</b>	<b>57</b>
TANISE B. P. BERTOLIN <sup>1</sup> , TELMA E. BERTOLIN <sup>1</sup> , LUCIANE M. COLLA <sup>1</sup> , MARCELO HEMKEMEIER <sup>1</sup> , JORGE A. V. COSTA <sup>2*</sup> .....	57
<b>MIXOTROPHIC GROWTH OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> WITH GLUCOSE IN FED-BATCH CULTIVATION .....</b>	<b>60</b>
LUCIANE M. COLLA <sup>1</sup> , PATRÍCIA C. MOSELE <sup>1</sup> , ADRIANA M. DOMÍNGUES <sup>1</sup> , TELMA E. BERTOLIN <sup>1</sup> , JORGE A. V. COSTA <sup>2*</sup> .....	60
<b>PURIFICATION OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> PHYCOCYANIN .....</b>	<b>63</b>
LORENA A. SILVA <sup>1</sup> , SILVANA T. SILVEIRA <sup>1</sup> , CARLOS A. V. BURKERT <sup>1</sup> , JANAÍNA F. M. BURKERT <sup>1</sup> , JORGE A. V. COSTA <sup>2</sup> , SUSANA J. KALIL <sup>1*</sup> .....	63
<b>OPTIMIZATION OF PHYCOCYANIN EXTRACTION FROM <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> .....</b>	<b>65</b>
S. T. SILVEIRA <sup>1</sup> , L. A. SILVA <sup>1</sup> , C. A. V. BURKERT <sup>1</sup> , J. F. M. BURKERT <sup>2</sup> , J. A. V. COSTA <sup>2</sup> , S. J. KALIL <sup>*1</sup> .....	65
<b>OPTIMIZATION OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> PRODUCTION IN OPEN RACEWAY PONDS UNDER SEMICONTINUOUS CULTIVATION .....</b>	<b>67</b>
CHRISTIAN OLIVEIRA REINEHR <sup>1</sup> , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA <sup>2*</sup> .....	67
<b>GROWTH OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> UNDER COMBINED ULTRAVIOLET LIGHT (UV-A, B AND C) OR UV-A ONLY .....</b>	<b>70</b>
FILGUEIRA, D. M. V. B <sup>1</sup> , PINTO, M. H. <sup>2</sup> , COSTA, J. A. V. <sup>2</sup> & TRINDADE, G. S. <sup>1</sup> .....	70
<b>MIXOTROPHIC CULTIVATION OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> IN DIFFERENT PHOTOBIOREACTOR CONFIGURATIONS.....</b>	<b>72</b>
MICHELE R. ANDRADE <sup>1</sup> ; ELISANGELA M. RADMANN <sup>1</sup> ; VANESSA S. CERQUEIRA <sup>1</sup> ; ADRIANO S. ARRUDA <sup>1</sup> ; JANAÍNA F. M. BURKERT <sup>1</sup> ; JORGE A. V. COSTA <sup>1*</sup> .....	72
<b>CULTURES industrielles .....</b>	<b>75</b>
<b>INDUSTRIAL AND SEMI INDUSTRIAL PRODUCTION OF SPIRULINA, THIRD WORLD POTENTIAL (MODULAR SYSTEMS).....</b>	<b>77</b>
A. AYALA <sup>1</sup> , G. MANETTI <sup>1</sup> , R. BURGOS <sup>1</sup> & F. AYALA <sup>1,2</sup> .....	77
<b>INDUSTRIAL LARGE-SCALE CULTURE OF <i>SPIRULINA SP.</i> FOR THE PRODUCTION OF MICROALGAE BIOMASS AND HIGH ADDITIVE VALUE PRODUCTS IN GREEK ARID SEACOASTS. A RESEARCH PROJECT.....</b>	<b>82</b>
T.G. SOTIROUDIS <sup>1</sup> , E.T. NERANTZIS <sup>2</sup> , C. DELIYANNIS <sup>1</sup> AND G. KARYDAKIS <sup>3</sup> .....	82
<b>PRODUCTION DE SPIRULINE EN INDE .....</b>	<b>84</b>
THOMAS SEBASTIAN.....	84

PRODUCTION INDUSTRIELLE EN EQUATEUR.....	86
HALDEMANN FRANÇOIS .....	86
LA PRODUCTION DE PHYTOPLANCTON : L'EXPERIENCE DE LA SOCIETE MICRO ALGUES PROVENCE .....	88
OLIVIER LIGNON .....	88
<b>SANTE Malnutrition .....</b>	<b>89</b>
STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LES CARENCES EN MICRONUTRIMENTS, EN PARTICULIER EN FER, DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT.....	91
JACQUES BERGER .....	91
EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA SUPPLEMENTATION EN SPIRULINE DU REGIME HABITUEL DES ENFANTS ATTEINTS DE MALNUTRITION SEVERE .....	101
DR HERBERT DEGBEY, DR BOUREIMA HAMADOU, DR HABOU OUMAROU .....	101
LA SPIRULINE, UNE REPOSE A LA MALNUTRITION EN INDE .....	106
DENIS VON DER WEID.....	106
<b>SANTE Fonctions cliniques.....</b>	<b>109</b>
<i>SPIRULINA</i> RICH IN AIDS-ANTIVIRAL SULFOLIPIDS .....	111
KIET PHAM QUOC <sup>1</sup> AND HUBERT DURAND-CHASTEL <sup>2</sup> .....	111
LA SPIRULINE ( <i>ARTHROSPIRA</i> ) PEUT-ELLE AIDER DANS LE COMBAT CONTRE LE SIDA/HIV ?	118
AMHA BELAY .....	118
RECHERCHES SUR LES APPLICATIONS ET FONCTIONS CLINIQUES DE LA SPIRULINE EN CHINE	120
JIAN-HONG LI .....	120
THE EFFECTS OF A HIGH CHOLESTEROL DIET, WITH OR WITHOUT SUPPLEMENTATION WITH SPIRULINA PLATENSIS, ON THE LEVELS OF CHOLESTEROL, TRIGLYCERIDES AND HIGH-DENSITY LIPOPROTEIN CHOLESTEROL IN RABBITS.....	121
LUCIANE MARIA COLLA <sup>1</sup> , ANA LUIZA MUCCILLO-BAISCH <sup>2</sup> , JORGE ALBERTO VIEIRA COSTA <sup>3*</sup> .....	121
DIFFERENCES IN THE SENSIBILITY OF MULTI-DRUG RESISTANT (MDR) AND NON-MDR HUMAN TUMOR CELLS TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> .....	124
LOPES, T.M. <sup>1</sup> ; COSTA, J.A.V. <sup>2</sup> ; TRINDADE, G.S. <sup>1</sup> .....	124
DEVELOPMENT OF FOODS ENRICHED WITH THE CYANOBACTERIUM <i>SPIRULINA PLATENSIS</i> ...	126
GLORIA C. DOS SANTOS <sup>1</sup> , JORGE A. V. COSTA <sup>1*</sup> .....	126
<b>DEVELOPPEMENT Histoire .....</b>	<b>129</b>
HISTORY OF THE SPIRULINA .....	131
HUBERT DURAND-CHASTEL * ET RIPLEY FOX.....	131
LES CYANOBACTERIES POUR LA SANTE, LA SCIENCE ET LE DEVELOPPEMENT .....	133
DR. RIPLEY D. FOX .....	133
UTILISATION TRADITIONNELLE DE LA SPIRULINE ( <i>ARTHROSPIRA</i> SP.) AU TCHAD .....	135
DR MICHEL BROUERS .....	135
<b>DEVELOPPEMENT Cultures artisanales et humanitaires.....</b>	<b>141</b>
CULTURES ARTISANALES DE SPIRULINE DANS LE TIERS MONDE POUR LUTTER CONTRE LA MALNUTRITION .....	143
CLAUDE DARCAS .....	143
SPIRULINE HUMANITAIRE DANS LES P V D : PENSER AU LENDEMAIN .....	151

PIERRE ANCEL .....	151
<b>LA SPIRULINE À MADAGASCAR .....</b>	<b>157</b>
RAVELO VOLOLONAVALONA .....	157
<b>PRODUCTION SEMI-INDUSTRIELLE ET HUMANITAIRE.....</b>	<b>163</b>
PHILIPPE CALAMAND .....	163
<b>UPS : UNITE DE PRODUCTION DE SPIRULINE DU CREDESA A PAHOU (BENIN) .....</b>	<b>164</b>
ROGER ADOUNKE .....	164
<b>LA FERME DE SPIRULINE DE KOUDOUGOU .....</b>	<b>167</b>
DENISE OUDRAOUGO.....	167
<b>SPIRULINE AU MALI (TACHARANE) 2004 .....</b>	<b>168</b>
LIBER'TERRE.....	168
<b>SPIRULINE HUMANITAIRE AU TOGO .....</b>	<b>170</b>
ASSOCIATION SVP.....	170
<b>LA SPIRULINE POUR TOUS .....</b>	<b>172</b>
GILLES PLANCHON .....	172
<b>FORMATION et SYNTHESE.....</b>	<b>175</b>
<b>LA FORMATION A LA PRODUCTION ARTISANALE DE SPIRULINE DANS UN CENTRE DE     FORMATION DEPARTEMENTAL DU MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE –FRANCE     .....</b>	<b>177</b>
GILLES GRILLET ET CLAUDE VILLARD .....	177
<b>SYNTHESE DU COLLOQUE SUR LES CYANOBACTERIES.....</b>	<b>180</b>
LOÏC CHARPY <sup>1</sup> , MARIE JOSE LANGLADE <sup>1</sup> , NARDO VICENTE <sup>2</sup> .....	180
<b>ADRESSES des participants.....</b>	<b>187</b>
<b>LES PARTICIPANTS .....</b>	<b>189</b>