

# Adaptation de culture de spiruline *Arthrospira Platensis* pour une meilleure économie de l'ouest : cas du centre du développement d'aquaculture de Mahajanga à Madagascar

The adaptation of growing spirulina (*Arthrospira Platensis*) for a better western economy: center of the aquaculture development of Mahajanga in Madagascar

Benjamin Christian RAMILAVONJY RAMIANDRISOA<sup>1</sup>, Vololonirina Nantenaina ANDRIANATOANDRO<sup>1</sup>, Rivocharinala RASOANARIVO<sup>2</sup>, Hery Lisy Tiana RANARIJAONA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Universitaire de Technologie et d'Agronomie de Mahajanga (IUTAM), Université de Mahajanga (UMG) [benjaiba@yahoo.fr](mailto:benjaiba@yahoo.fr) [andrianatoandronantenaina@yahoo.com](mailto:andrianatoandronantenaina@yahoo.com)

<sup>2</sup> Faculté des Sciences de Technologies et de l'Environnement (FSTE), Université de Mahajanga (UMG) [harivo13@yahoo.fr](mailto:harivo13@yahoo.fr) [hranarijaona@gmail.com](mailto:hranarijaona@gmail.com)

**RÉSUMÉ.** La production de spiruline a plusieurs intérêts notamment dans le domaine social, environnemental, économique et scientifique. Elle pourrait être une solution pour combattre la faim dans le monde. A Madagascar, la pauvreté est un fléau majeur qui touche la population *Malagasy*. Notre objectif est d'optimiser des meilleures conditions de culture pour pouvoir déterminer les réelles potentialités de croissance de la spiruline dans une échelle de production. Deux hypothèses ont été proposées, d'une part la spiruline est cultivable à *Mahajanga* et d'autre part les spirulines obtenues riche en protéine ont une activité génératrice de revenu. De ce fait, un essai de culture en comparant 3 formules d'intrants et une analyse des données ont été faits. D'après les résultats, la formule F3 est la plus productive avec une production moyenne hebdomadaire de 3000 g de poids humide, soit environ 300 g poids sec. A Madagascar, le prix de la spiruline varie selon le producteur. La quantité de production de biomasse dépend de la surface du bassin mais non de la profondeur du milieu de culture. La culture de la spiruline est innovante pour *Mahajanga*, pourrait être considérée comme une des activités de génératrice de revenu pour la population.

**ABSTRACT.** There are many reasons to produce spirulina, especially in the social, environmental, economic and scientific fields. It could be a solution in the fight against world hunger. In Madagascar, poverty is a major problem for the *Malagasy* population. Our objective is to optimize the best growing conditions in order to to determine the real potential for spirulina growth on a production scale. Two hypotheses have been proposed: on the one hand spirulina is arable in *Mahajanga*, and on the other hand protein-rich spirulina has an income-generating activity. Therefore, a test comparing 3 formulas of inputs and an analysis of the data was completed. According to the results, the F3 formula is the most productive and has an average weekly production of 3000 g of humid weight, in other words around 300 g in dry weight. In Madagascar, the price of spirulina varies depending on the producer. The level of biomass production depends on the surface of the basin as opposed to the depth of that which is growing. The cultivation of spirulina is innovative for *Mahajanga*, and could be considered as one of the best income-generating activities for the population.

**MOTS-CLÉS.** Innovation, spiruline, économie, spiruliculture, qualités notionnelles, Mahajanga Madagascar.

**KEYWORDS.** Innovation, spirulina, economy, spirulina cultivation, nutritional qualities, *Mahajanga* Madagascar.

## 1. Introduction

En considérant la population du globe, le tiers de l'humanité souffre de faim pendant que les deux tiers restants s'alimentent insuffisamment [MIC 05]. Paradoxalement, les problèmes alimentaires existent au Nord comme au Sud. Selon l'ONU, il existe en 2021, 828 millions de personnes souffrant de la faim sur notre planète, un chiffre qui tend à augmenter malgré les progrès de la biotechnologie qui vise à nourrir correctement les deux milliards de personnes supplémentaires d'ici vingt à trente ans [DOU 11]. L'insécurité et la pénurie alimentaire sont les formes les plus extrêmes

des aspects multidimensionnels de la pauvreté qui touche la population *malagasy*. Le déficit alimentaire est aussi bien qualitatif que quantitatif, une de ses manifestations est le retard de croissance dû à la malnutrition chronique [INS 05].

Un des outils pour le développement durable pour réduire la sécurité alimentaire est la spiruline, la plus connue des cyanobactéries, *Arthrospira platensis*, anciennement appelée *Spirulina platensis*. Elle se présente sous la forme d'une petite spirale de 7 tours. Elle fait partie des toutes premières formes de vie apparues sur terre il y a 3 milliards et demi d'années. C'est un âge canonique. Sur la base de sa qualité nutritive, la spiruline présente des avantages majeurs dans la lutte contre la malnutrition chronique. De plus, elle est considérée comme une source alimentaire qualifiée, en raison notamment de sa haute digestibilité et de sa teneur élevée en protéine (70%).

Dans le cadre du développement de l'aquaculture durable à Madagascar, des initiatives sur la promotion des activités aquacoles dans la région Nord-Ouest présentent beaucoup plus d'intérêt pour une nouvelle relance dans le domaine de la recherche appliquée ainsi que dans la production halieutique. Ainsi, la culture de spiruline en tant qu'espèce aquacole et végétale est une activité potentielle [SAN 72]. De plus, outre les opportunités dont Madagascar bénéficie du point de vue climatique, des opportunités techniques et économiques permettent de vulgariser la production de spiruline et la mettre à la portée des populations économiquement faibles [RAV 01].

Face à la situation alarmante sur la malnutrition à Madagascar, une question se pose : « Comment résoudre les problèmes de carence en protéine afin d'assurer la sécurité alimentaire à Madagascar ? »

Le présent article a pour objectif principal d'optimiser une meilleure condition de culture pour pouvoir déterminer les réelles potentialités de croissance de la spiruline dans une échelle de production. Les objectifs spécifiques sont de mettre en place une expérience de culture de *Arthrospira platensis* dans des bassins enrichis, d'identifier les conditions de cultures appropriées et de suivre les paramètres physico-chimiques, d'évaluer la croissance, d'assurer une meilleure productivité de chaque bassin et d'établir une étude économique pour la production de spiruline. Deux hypothèses ont été avancées : d'une part la spiruline est cultivable à *Mahajanga* et d'autre part les spirulines produites lors de cette étude sont également riches en protéine.

La présente étude va mettre en évidence la méthodologie adoptée, détailler les résultats obtenus, suivis d'une discussion et d'une conclusion et perspectives.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Présentation de la spiruline

#### 2.1.1. Historique de la spiruline

Les spirulines, cyanobactéries traditionnellement, aurait été consommées depuis des siècles par certaines populations [FAR 66]. Le terme cyanobactérie (cyano = bleu) montre l'existence de la phycocyanine dans cet organisme. C'est un pigment photosynthétique accessoire bleu [GOL 93]. Elle fait partie de toutes premières formes de vie apparues sur terre il y a plus de 3 milliards et demi d'années [VER 08].

La spiruline était à l'origine considérée comme une algue. Cependant en 1960, une claire distinction entre procaryote et eucaryote a été définie et 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 [DUR 93]. En 1962, [STA 62] constataient que cette algue bleu-vert était dépourvue de compartiments cellulaires. Cette algue a la charnière entre le monde végétal et le monde animal.

A Madagascar, la spiruline a été découverte pour la première fois en 1986. En Septembre 1994, le couple Ripley Fox, Françoise Theau, Gerald Brûlé et Nguyen Kim Ngam accompagnés par des chercheurs de l'Institut Halieutique et des Sciences Marines de Toliara ont examiné quelques mares aux alentours de Toliara et y ont confirmé la présence de la spiruline *Arthrospira platensis* [FOX 96].

### 2.1.2. Morphologie de la spiruline

D'une taille de l'ordre de 0,1 mm, la spiruline se présente généralement comme de minuscules filaments verts enroulés en spires plus ou moins serrées et nombreuses [ABD 00].

Morphologiquement, les cellules sont disposées en filament appelée trichome. Ce trichome multicellulaire et cylindrique ayant une forme hélicoïde et ne présente pas de ramification. La forme hélicoïde est caractéristique du genre et la dimension des spires et la longueur caractérisent l'espèce [MAR 70].

Pour l'espèce *Arthrospira platensis var. Toliara*, les trichomes sont régulièrement enroulés. Les spires, espacés de 32,5  $\mu$ , ont un diamètre moyen de 21,2  $\mu$  et quelquefois réduit aux bouts du trichome [ANG 95].

### 2.1.3. Caractéristiques de la spiruline

La spiruline est un organisme ubiquiste [JAR 05] et thermophile [ITL 74] ; [RAK 99]. La température optimale à sa croissance se situe entre 34 et 40°C. Cette algue, classée parmi les halophiles et euryhalines [ODE 99], pousse favorablement dans un milieu de salinité comprise entre 22 et 60 ‰ [ITL 74]. Elle est aussi un alcalinophile qui apprécie un pH basique assez élevé, entre 8,5 et 10,5. Le pH optimal est autour de 9,5. La spiruline est un organisme autotrophe. Elle peut donc, par le biais de la photosynthèse, fournir, par elle-même, les aliments nécessaires à sa survie.

### 2.1.4. Composition de la spiruline

La composition de la spiruline varie selon les conditions de culture, la période de récolte, l'origine géographique, le procédé de récolte, de séchage, de broyage, de conditionnement, mais aussi par le taux d'ensoleillement. En général la spiruline est composée de 70% de protéines, 20% de glucides, 5% de lipides, 7% de minéraux et de 3 à 6 % d'eau. Cette composition est très complète et variée : avec un excellent apport en protéines, une bonne répartition des lipides, des glucides, des vitamines, des minéraux et des oligo-éléments [MAN 16].

### 2.1.5. Classification de la spiruline

La souche de spiruline utilisée est *Arthrospira platensis var. toliaraensis*. Elle appartient à la classification suivante :

Règne : Monera

Sous règne: Prokaryota

Phylum : Cyanophyta

Classe : Cyanophyceae

Ordre : Nostocales

Famille : Oscillatoriaceae

Genre : *Arthrospira*

Espèce : *Arthrospira platensis variété toliaraensis* [FOX 95] ; [RAK 14]

## 2.2. Milieu d'étude

L'étude se déroule au sein du Centre de Développement de l'Aquaculture (CDA) à *Antsahabingo Mahajanga* à Madagascar pour une durée de 6 mois. Le centre de Développement de l'Aquaculture (CDA) est situé à 3,5 km de la ville de *Mahajanga* (cf. figure 1). Il est au Sud-ouest de la ville avec une altitude de  $15^{\circ}41'34,79''$  S, une longitude de  $46^{\circ}19'09,13''$  E et une superficie de  $740\text{m}^2$ . Ce centre est entouré d'une ligne verte.



**Figure 1.** Localisation du Centre du Développement d'Aquaculture Antsahabingo Mahajanga à Madagascar

Le CDA rattaché au Ministère chargé de la Pêche et de l'Aquaculture (actuellement Ministère la Pêche et l'Economie Bleue) a pour mission de : déterminer les meilleures approches méthodiques et les normes biotechniques d'élevage des espèces aquacoles favorables à l'aquaculture (cas des poissons, crevettes, crabes, spiruline, planctons) ; démontrer et transposer par des formations pratiques, la méthodologie retenue aux personnels de l'administration aux aquaculteurs, sociétés artisanales et PME et éventuelles sociétés industrielles ; contribuer au développement durable de l'aquaculture par la mise en valeur des potentialités aquacoles dont les sites à moyenne ou faible superficie et l'augmentation de production par des aquaculteurs ainsi formés ; formuler et tester des aliments à base des ingrédients locaux ; approvisionner les opérateurs intéressés en postlarves et en alevins de qualité meilleure et performante ; contribuer aux activités de repeuplement des plans d'eau via le Ministère tutelle ; fournir des services divers liés au développement de l'aquaculture ; et

louer des biens mobiliers du centre (infrastructures d'écloserie, hébergements et dortoirs, bassins de stabulation et autres).

Selon le décret 2017- 663 portant modification de certaines dispositions du décret n°2012 - 771 du 04 Octobre 2012 portant sur la création du CDA, le CDA a été créé sous sa dénomination Centre de Développement de l'Aquaculture et en tant qu'Établissement Public à caractères Industriel et Commercial. Ainsi, le centre est devenu une personnalité morale et d'autonomie administrative et financière. Sa gestion est donc soumise aux règles de comptabilité publique [RAS 21].

Le CDA est sous tutelle : technique du Ministère de la Pêche et Aquaculture, budgétaire du Ministère chargé de Budget et comptable du Ministère chargé de la Comptabilité Publique.

### 2.3. Construction du bassin de culture

Durant cette étude, trois bassins construits en béton 5,20 m de longueur, 2,40 m de largeur et 12,48 m<sup>2</sup> de surface de chaque étaient utilisés à la disposition de cette étude (cf. photo 1). Et le milieu du bassin est muni d'une chicane médiane avec 0,30 m de profondeur. Ils servent à cultiver la spiruline dans le milieu conditionné en utilisant les trois formules différentes. Une quantité d'eau de 3,7 m<sup>3</sup> pour chaque bassin a été utilisée.



**Figure 2.** Bassin en cours de construction

### 2.4. Préparation du milieu de culture

La préparation du milieu de culture a requis une solution de sels minéraux et d'eau. Ce liquide apporte à la spiruline tous les éléments chimiques nutritifs qui lui sont nécessaires. Il s'agit de milieux très minéralisés riche en carbonate de sodium (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ou bicarbonate de sodium (NaHCO<sub>3</sub>), d'une source d'azote fixée et d'autres minéraux [ZAR 66]. Ainsi, pour subvenir aux besoins de la spiruline et pour assurer sa croissance en milieu contrôlé, la formule de base utilisée est celle appliquée au sein de SPIRUSUD, basée sur celle [JOU 99] et modifiée (cf. tableau 1). En outre, pour le deuxième bassin, la formule appliquée est celle du centre CDA à Mahajanga dont les intrants sont le bicarbonate, le sel non raffiné, l'urée, le NPK et le sulfate de fer (cf. tableau 2). Et enfin pour le troisième bassin, la formule utilisée est celle de l'auteur appliquée en 2016 dont les intrants sont également le bicarbonate, le sel non raffiné, l'urée, le NPK et le sulfate de fer (cf. tableau 3).

Désignation (F1)	Quantité
Bicarbonate ( $\text{HCO}_3$ )	8g/l
Sel non raffiné (NaCl)	5g/l
Urée ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )	0,02g/l
Chlorure de magnésium (Mg Cl)	0,2g/l
Sulfate de fer ( $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ )	0,001g/l
Sulfate de potassium ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )	1g/l
Acide phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )	0,1 ml/l

**Tableau 1.** Formule d'ensemencement de culture de spiruline par Jourdan 1999

Désignation (F2)	Quantité
Bicarbonate ( $\text{HCO}_3$ )	8g/l
Sel marin (Na Cl)	5g/l
Urée ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )	0,04g/l
NPK (11, 22,16)	0,4g/l
Sulfate de fer ( $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ )	1ml/l

**Tableau 2.** Formule ensemencement CDA 2021

Désignation (F3)	Quantité
Bicarbonate ( $\text{HCO}_3$ )	8g/l
Sel marin (Na Cl)	5g/l
Urée ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )	0,6g/l
NPK (11, 22,16)	0,165g/l
Sulfate de fer ( $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ )	1ml /l

**Tableau 3.** Formule d'ensemencement selon auteur, 2016

## 2.5. Suivi des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques à considérer pour la croissance de la spiruline sont les suivants : la température, la lumière, le pH et la salinité [CLE 75] ; [MIA 95]. Le tableau 4 suivant montre le suivi des paramètres physico-chimiques :

Paramètres	Fréquences	Heure du prélèvement	
		Matin	Après-midi
Turbidité	2 fois par jour	07 heures	16 heures
pH	2 fois par jour	07 heures	16 heures
Température	Tous les 2 jours	07 heures	16 heures
Salinité	Tous les 2 jours	07 heures	16 heures

**Tableau 4.** Tableau récapitulatif du suivi des paramètres physico-chimiques

## 2.6. Analyse au laboratoire

L'analyse des échantillons a été faite afin de connaître le taux de protéine et les autres éléments nutritifs et surtout, de confirmer si elle est consommable ou non suite à notre expérimentation, une première à *Mahajanga*. Cette analyse est effectuée au Ministère de la Santé Publique, plus précisément à l'agence de contrôle de la sécurité sanitaire et de la qualité des denrées alimentaires (ACSDA). Elle se focalise sur la description, les caractères organoleptiques, les caractères physico-chimiques et les caractères microbiologiques (cf. le détail en annexe 1).

## 2.7. Analyse des données

Pour le traitement des données, 03 tests statistiques ont été utilisés : Test de Khi-deux, Test de Student (test t) avec un échantillon et Test d'ANOVA.

Les valeurs  $\chi^2$  sont obtenues par l'application de la formule suivante [JOH 92] :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - c_i)^2}{c_i} \quad [1]$$

Le degré de liberté (d.d.l) = (Nombre de ligne – 1) (Nombre de colonne – 1).

o : fréquence observée

c : fréquence calculée ou théorique

$\chi^2$  : Khi-deux

Le test est calculé à l'aide de la formule suivante [ZAR 12] :

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \quad [2]$$

Le degré de liberté (d.d.l) = n – 1

Valeur fixe :  $\mu_0$

Variance :  $S^2$

Taille de l'échantillon : n

En statistique, l'analyse de la variance (terme souvent abrégé par le terme anglais ANOVA : analysis of variance) est un ensemble de modèles statistiques utilisés pour vérifier si les moyennes des groupes proviennent d'une même population.

Pour le pH des milieux de multiplication, l'hypothèse nulle est  $H_0$  : il n'y a pas de différence significative entre le pH (min / max) des milieux de multiplication par l'usage des trois formules (avec  $p > 0,05$ ) et l'hypothèse alternative  $H_1$ : il y a une différence significative entre le pH (min / max) des milieux de multiplication par l'usage des trois formules (avec  $p \leq 0,05$ ).

Hypothèse nulle  $H_0$  : il n'y a pas de différence significative entre la perte d'eau hebdomadaire dans les trois bassins de production (avec  $p > 0,05$ ) et l'hypothèse alternative  $H_1$ : il y a une différence significative entre la perte d'eau hebdomadaire dans les trois bassins de production (avec  $p \leq 0,05$ ).

Hypothèse nulle  $H_0$  : il n'y a pas de différence significative entre le poids de la biomasse humide récoltés dans les trois bassins (avec  $p > 0,05$ ) et l'hypothèse alternative  $H_1$ : il y a une différence significative entre le poids de la biomasse humide récoltés dans les trois bassins (avec  $p \leq 0,05$ ).

Hypothèse nulle  $H_0$  : il n'y a pas de différence significative entre le poids de la biomasse sec récoltés dans les trois bassins (avec  $p > 0,05$ ) et l'hypothèse alternative  $H_1$ : il y a une différence significative entre le poids de la biomasse sec récoltés dans les trois bassins (avec  $p \leq 0,05$ ).

Source de variation	Somme des carrés (SC)	Degré de liberté (ddl)	Carré moyens (CM)	F
Factorielle	$SC_F$	$n_E - 1$	$CM_F = S^2_F$	$F = CM_F / CM_R$ $= S^2_F / S^2_R$
Résiduelle	$SC_R$	$n_T - n_E$	$CM_R = S^2_R$	
Total	$SC_T$	$n_T - 1$		

Tableau 5. Tableau d'ANOVA [SCH 07]

### 3. Résultats

#### 3.1. Paramètres physico-chimiques de production de spiruline

##### 3.1.1. pH

Lors de la production, la valeur du pH varie de 10 à 11,5 (cf. figure 3) :

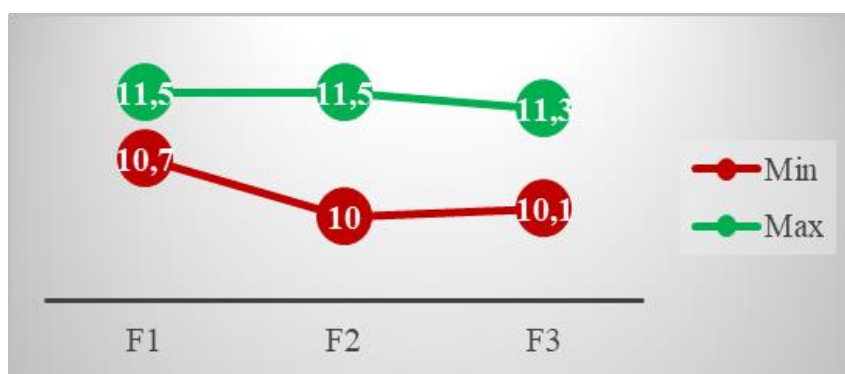


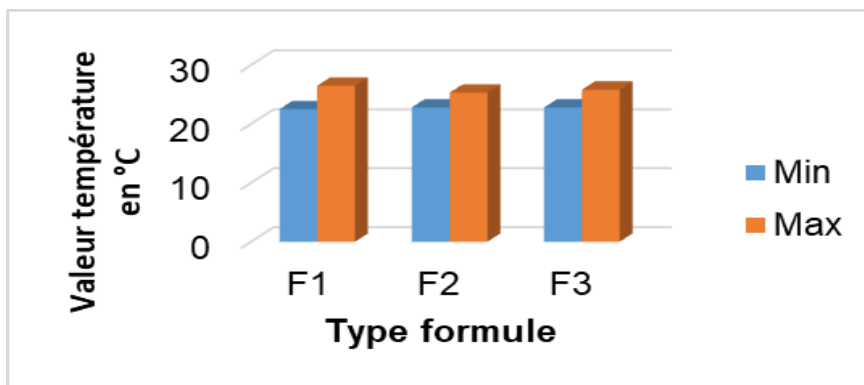
Figure 3. pH du milieu de culture lors de la production en fonction de la formule

En analysant les données par le test de khi-deux :  $\chi^2_{cal} = 0,004 < \chi^2_{critique} = 5,99$  avec d.d.l = 2 ;  $p = 0,98$ , la différence du pH sur les trois bassins est non significative.

##### 3.1.2. Température

La figure 4 suivante montre les températures minimale et maximale sur les trois bassins :



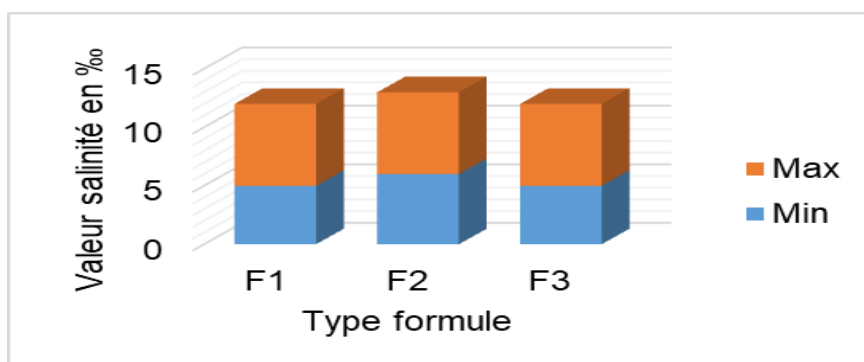


**Figure 4.** Température du milieu de culture lors de la production en fonction de la formule

La différence de température dans les trois bassins est non significative parce que  $\chi^2_{cal} = 0,041 < \chi^2_{critique} = 5,99$  avec d.d.1 = 2 ; p = 0,97.

### 3.1.3. Salinité

Lors de la production, la valeur de la salinité varie de 5 à 7 ‰ (cf. figure 5) :

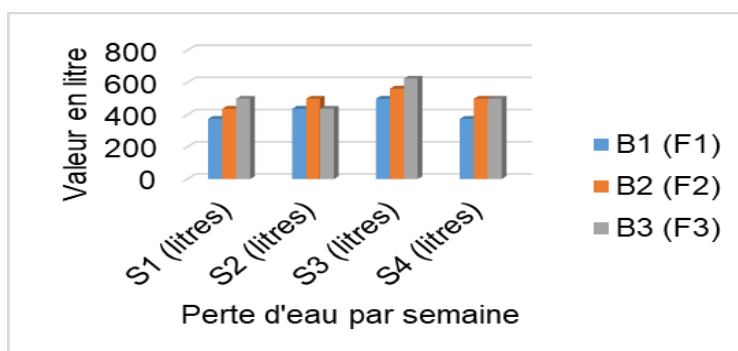


**Figure 5.** Salinité du milieu de culture lors de la production en fonction de la formule

La différence de salinité dans les trois bassins est non significative parce que  $\chi^2_{cal} = 0,06 < \chi^2_{critique} = 5,99$  avec b.d. = 2 ; p = 0,96.

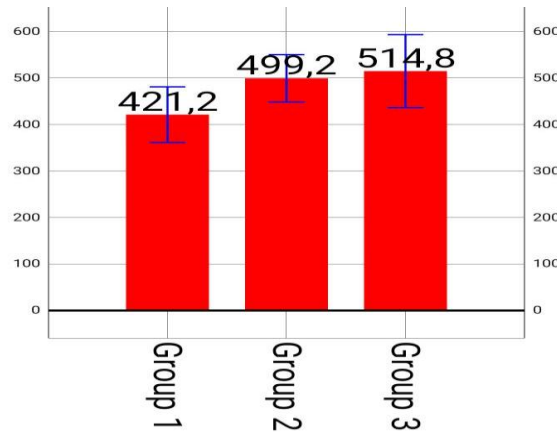
## 3.2. Perte d'eau lors de la production

La figure 6 suivante montre la quantité d'eau du milieu de culture perdue par semaine :



**Figure 6.** Perte d'eau lors de la production

Par le test d'ANOVA à un facteur, (Avec  $N=4$  ; la valeur  $F=2,447 < F \text{ critique} = 4,25$  ; avec une  $p=0,14$  et  $SD=50,9$  à  $78,51$ ) a montré que la différence de perte d'eau hebdomadaire pour les trois bassins est non significative.

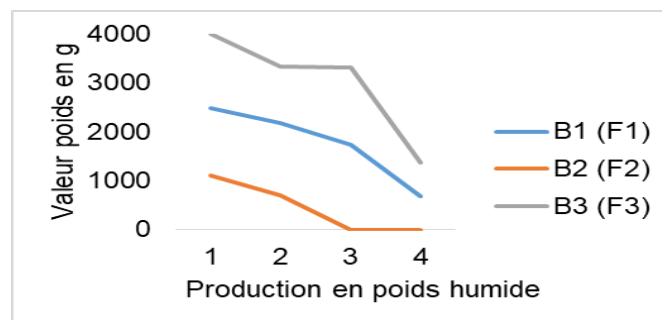


**Figure 7.** Quantité d'eau perdue en moyenne

### 3.3. Production de la spiruline

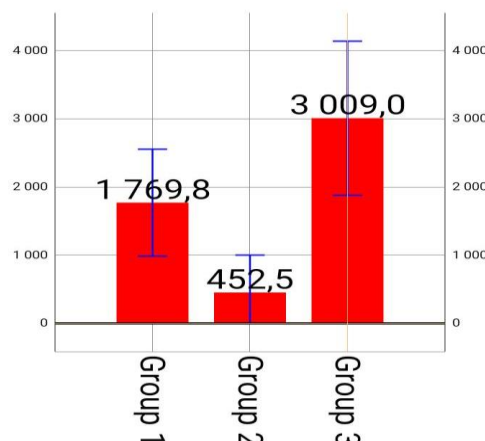
#### 3.3.1. Poids humide

La figure 8 évoque la production de la spiruline sous forme poids humide sur les trois bassins.



**Figure 8.** Production sous forme poids humide

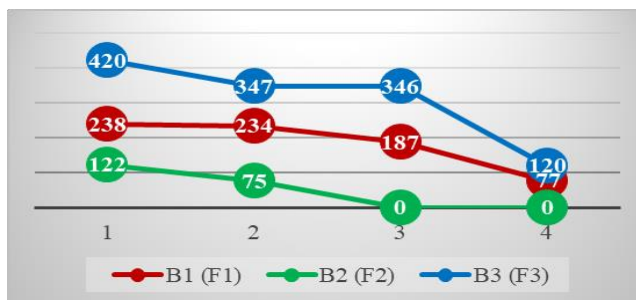
D'après le test,  $N=4$  ; la valeur  $F=8,946 > F \text{ critique} = 4,25$  ; avec une  $p=0,0073$  et  $SD=548,65$  à  $1129,52$ . Par ce test d'ANOVA monofactoriel, la différence de poids humide de spiruline récolté dans les trois bassins montre que la différence est largement significative, alors  $H_0$  rejetée et  $H_1$  acceptée.



**Figure 9.** Biomasse humide (moyenne) récoltée

### 3.3.2. Poids sec

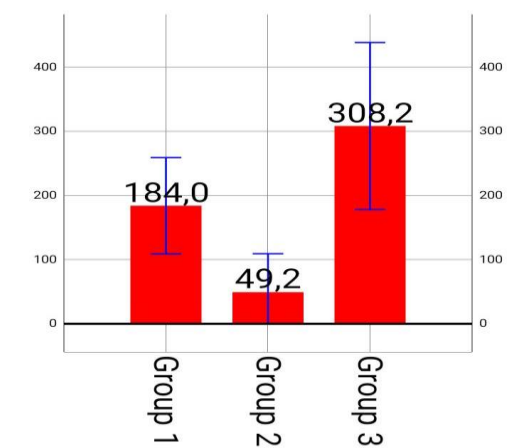
La figure 10 évoque la production de la spiruline sous forme de poids sec sur les trois bassins :



**Figure 10.** Production sous forme poids sec en g

La production en forme sèche varie de 77 g à 238g dans le B<sub>1</sub> à chaque récolte. Or, celui du B<sub>2</sub> varie de 75 g à 122 g et celui du B<sub>3</sub> varie de 120 g à 420 g.

Techniquement, l'analyse des poids humides est aussi bien significative que celle des poids secs, résultat justifié par la valeur  $F=7,69 > F \text{ critique} = 4,25$  avec  $N=4$ ,  $p=0,0113$  et  $SD=60$  à  $130,19$ . Le test est significatif, donc  $H_0$  rejetée et  $H_1$  acceptée.

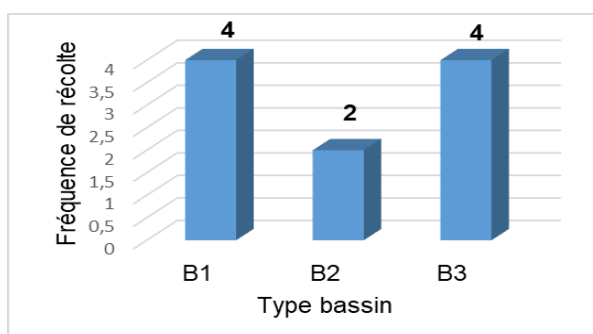


**Figure 11.** Biomasse sèche (moyenne) récoltée

La production de biomasse sèche récoltée varie de 49,2 à 308.2 g dans les trois bassins dont 184 g pour B<sub>1</sub>, 49,2 g pour B<sub>2</sub> et 308.2 g pour B<sub>3</sub>.

### 3.4. Fréquence de récolte de spiruline

La figure 12 suivante présente la fréquence de récolte sur les trois bassins :



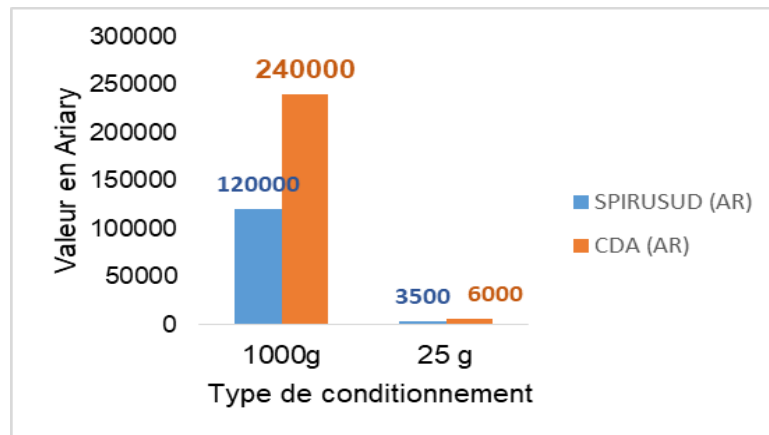
**Figure 12.** Fréquence de la récolte de spiruline

Lors de cette étude, 10 récoltes ont été effectuées dont 4 dans le B<sub>1</sub>, 2 dans le B<sub>2</sub> et 4 dans le B<sub>3</sub>. La production varie de 685 g à 2480 g de poids humide dans le B<sub>1</sub> lors de la récolte. Tandis que celle du B<sub>2</sub> varie de 700 g à 1110 g et celui du B<sub>3</sub> de 1382 g à 3997 g.

En utilisant le test t avec un échantillon (valeur fixe =4) ; N=3, la valeur t = 1 < t critique = 4, 30 ; avec une p = 0,42. H<sub>0</sub> acceptée et H<sub>1</sub> rejetée.

### 3.5. Prix des produits

La figure 13 suivante présente le prix de vente de la spiruline chez Spirusud et CDA pour la spiruline de 25 g et 1 000 g :



**Figure 13.** Prix des produits selon la posologie chez CDA comparé à celle de la SPIRUSUD

Chez Spirusud Toliara, 1 kg de spiruline coûte 120 000 Ar tandis que chez CDA Mahajanga, elle est de 240 000 Ar. Par ailleurs, sur 25 g de poudre de spiruline séchée, le prix de 3 500 Ar (chez Spirusud) et 6 000 Ar (chez CDA).

### 3.6. Approche du compte de résultats de production de spiruline

Le tableau 6 présente l'approche du compte de résultats de production de spiruline :

DEPENSES		RECETTES	
- Construction du bassin, - Achat des intrants - Achat des appareils de mesure	22000000 Ar (4489,8 Euro)	Gains de production de spiruline pour les 3 bassins	21000000 Ar (4408,2 Euro)
TOTAL	22000000 Ar (4489,8 Euro)	TOTAL	21000000 Ar (4408,2 Euro)

**Tableau 6.** Approche du compte de résultats de production de spiruline

Durant notre étude, un bassin produit 30 kg/an de spiruline donnant 7.200.000 Ar/an (soit 1469,4 Euro). Soit, pour les 03 bassins, un total de 21.600.000 Ar (ou 4408,2 Euro) sont obtenus annuellement. Mais en tenant compte de nos dépenses pour la construction du bassin, l'achat des intrants pour le milieu de culture et l'achat des appareils de mesure, le total général s'élève à 22.000.000 Ar (soit 4489,8 Euro).

## 4. Discussion

Avant cette étude, le mode de culture de la spiruline chez CDA *Mahajanga* nécessite l'usage d'un aérateur. Donc, une acclimatation des souches utilisées est primordiale afin d'éliminer l'usage de l'aérateur. Pour mener à bien la culture de la spiruline, le suivi organoleptique n'est pas à négliger. Ce suivi permet de suivre la couleur et l'odeur du milieu de culture. L'observation microscopique permet d'identifier la forme de la spiruline comme : anormalement longue, petite taille, cassée et enroulée et de détecter la présence d'un microorganisme. Un milieu de culture en bonne santé est de couleur vert.

Théoriquement comme mentionnée dans la méthodologie, le pH d'un milieu de culture de spiruline est compris entre 8 et 11 dont l'optimum est de 9,5 [RAB 07]. Lors de la production de spiruline, le pH dans le milieu de culture du bassin 1 (F<sub>1</sub>) est de 10,7 - 11,5. Pour celle du bassin 2 (F<sub>2</sub>), elle est de 10 - 11,5. Et celui du bassin 3 (F<sub>3</sub>), elle varie de 10,1 - 11,3. Pour la température, elle varie de 22,5-26,5 °C dans le bassin 1, 22,8 - 25,3°C dans le bassin 2 et 22,8 - 25,8 °C dans le bassin 3. La salinité est de 5 - 7 ‰. Selon [ZAR 66], l'augmentation de la salinité diminue la vitesse de croissance.

En milieu contrôlé ou artificiel à part l'ajout des éléments nutritifs, l'agitation est également un facteur permettant d'assurer la croissance de la spiruline. Elle peut être faite manuellement. Cette agitation manuelle nécessite l'usage d'un balai permettant de faire l'agitation. Lors de la production de spiruline, cette agitation n'est pas à négliger. Sa fréquence journalière est en fonction du volume du milieu de culture. Dans le bassin de production, l'intervalle de réalisation est de 1 heure. L'agitation est faite uniquement pendant la journée en présence du soleil. Son objectif principal est de rendre homogène le milieu de culture afin d'éviter la photolyse et que les spirulines se collent entre eux.

Le calcul de perte d'eau est en fonction de la surface du bassin et du niveau d'eau dans le bassin. Il peut varier en fonction du climat et de la saison. Lors de cette étude, les bassins utilisés ont une dimension / surface de 12,48 m<sup>2</sup> avec 5,20 m de long et 2,40 m de large. La perte d'eau dans le B<sub>1</sub> varie de 3 à 4 cm (soit 374 litres à 499 litres). Par ailleurs, la perte d'eau dans le B<sub>2</sub> varie de 3,5 à 4,5 cm (soit 437 litres à 561 litres). Et celle du B<sub>3</sub> varie de 3,5 à 5 cm (soit 437 litres à 624 litres). La différence de moyenne de perte d'eau des trois bassins n'est pas significative d'après l'analyse des données par l'ANOVA monofactoriel.

La récolte de la spiruline est effectuée quand la turbidité atteint 3 cm. Après chaque récolte, la spiruline doit être séchée pour assurer le conditionnement. La valeur du poids sec varie de 8,6 à 11,2 % du poids humide dont en moyenne 9,96%. Par déduction, la valeur du poids sec est le 10% du poids humide. La quantité de production de biomasse dépend de la surface du bassin mais non de la profondeur du milieu de culture. En ce qui concerne la superficie de bassin de culture, celle de nos bassins est de 12,48 m<sup>2</sup> avec une profondeur de 30 cm chacun dont la production moyenne hebdomadaire est de 3 000 g (biomasse humide). Par contre, d'après une étude personnelle réalisée par l'Auteur (2016), un bassin en bâche de 5 m de long et 2 m de large soit une surface de 10 m<sup>2</sup> avec une profondeur de 10 cm a été installé. La biomasse hebdomadaire récoltée était en moyenne de 2 500 g (biomasse humide). Donc la quantité de production de spiruline récoltée dépend plus de la surface que de la profondeur.

Dans le B<sub>2</sub>, par la présence de *Brachionus angularis*, le milieu de culture devenait rouge. Par l'observation microscopique, des organismes associés à la culture ont été observés. Théoriquement, selon [DAR 07], peu d'organismes arrivent à survivre dans des valeurs des paramètres physico-chimiques des milieux de culture de spiruline. Mais même en milieu contrôlé, les cultures peuvent contenir d'autres organismes. Les plus fréquents sont de *Brachionus angularis* qui sont momentanément présentes dans le milieu et disparaissent après quelques semaines. La présence de

ces rotifères est surtout observée pendant les fortes pluies ou quand le vent souffle fort. Ils peuvent aussi provenir des sels bruts lors de la préparation du milieu de culture [ERI 07]. Puisque cette étude est réalisée en saison sèche, la présence de ces rotifères est donc due au vent fort et au mauvais état du milieu de culture (F<sub>2</sub>). Par ailleurs, le centre CDA se localise au bord de la mer d'*Antsahabingo* dont ces lieux sont généralement caractérisés par une forte exposition du vent dominant.

Les protéines de la spiruline ont une très haute digestibilité de l'ordre de 75 à 83 %. Cela s'explique par le fait que cette 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 [VOL 08].

Suite à une analyse au laboratoire au sein du Ministère de la Santé Publique, à l'ACSDA, le taux de protéine de la spiruline issue du F3 est estimé à 60,82% avec matières grasses de 3,37% dont l'humidité est de 6,25% (cf. le détail en annexe 1). La spiruline produite issue de cette étude est conservable puisque son humidité est inférieure à l'humidité de stockage des denrées alimentaires qui est de 10%.

La production de la spiruline au sein de CDA est encore caractérisée comme une production artisanale puisque selon [LOI 08], une production de spiruline est classée comme artisanale si la surface de production est inférieure à 3 000 m<sup>2</sup> et la production annuelle est également inférieure à 10 tonnes. La culture de la spiruline demande pour proliférer, des conditions particulières sur le plan climatique et pour son milieu de vie. *Mahajanga* est une ville où il fait chaud toute l'année avec une durée d'ensoleillement variant de 7 à 10 heures par jour. Cette chaleur est constante avec une moyenne annuelle est de 27,3°C [MEF 12]. Les vents sont modérés avec prédominance de l'alizé. Ce climat favorise la bonne croissance de la spiruline et permet la culture de la spiruline durant toute l'année.

Dans le domaine de l'élevage, l'incorporation de cette algue dans les provendes présente des meilleurs résultats aussi bien en aviculture qu'en aquaculture. L'utilisation de la spiruline augmente le taux de croissance et optimise le taux de conversion en pisciculture [VON 97]. Elle réduit le taux de mortalité des larves et post-larves. La spiruline est utilisée pour saumonner la chair des poissons. Pour l'aviculture, le jaune d'œuf et la chair des poulets mangeant de la spiruline sont plus colorés [ANG 95] ; [RAV 01] ; [NON 07]. La spiruline est une solution envisageable dans la lutte contre la malnutrition et les maladies de dégénérescence. D'après [MIC 05], la spiruline peut lutter contre de nombreuses maladies telles que les maladies cardio-vasculaires, l'anémie, le cancer et le diabète. En crevetticulture, [VON 97] suggère l'utilisation de spiruline dans l'affinage de *Penaeus monodon* pour accentuer leur pigmentation grâce au bêta-carotène. Elle sert aussi de proies vivantes pour les nauplii dans les éclosiers.

La production de la spiruline a plusieurs intérêts notamment sur les intérêts socio-économiques, environnementaux et scientifiques. Sur les intérêts sociaux, cette étude permet de créer des emplois pour les jeunes *Malagasy*, source de protéine pour l'alimentation humaine et animale, source de revenu familiale et complément alimentaire. Par contre sur les intérêts économiques, c'est une activité génératrice de revenus (AGR) et source d'impôt pour les collectivités décentralisées. Selon [RAM 12], à petite échelle, la productivité de la spiruline est de l'ordre de 19,6 à 25,6 g/m<sup>2</sup>/j (en moyenne 22,25 g/m<sup>2</sup>/j). Elle produit 2,436 Kg/an de spiruline (ou 22,6 x 365 x 0,3). Alors, le bassin du CDA a une surface de 12,48 m<sup>2</sup> produisant 30 kg/an/bassin de la spiruline. Au total, 7.200.000 Ar/an/bassin (soit 1469,4 Euro) ont obtenu. Du point de vue environnemental, la culture de spiruline permet la réduction de la teneur de CO<sub>2</sub> atmosphérique et elle fait également la photosynthèse. Pour l'intérêt scientifique, cette étude sera une source de référence scientifique pour d'autres recherches à venir.

## 5. Conclusion

Notre étude a pour objectif d'optimiser une meilleure condition de culture pour pouvoir déterminer les réelles potentialités de croissance de la spiruline dans une échelle de production afin de résoudre les problèmes de carence en protéine et d'augmenter l'économie de la population *malagasy*.

La culture de spiruline nécessite plusieurs matériels notamment sur le suivi des paramètres physico-chimiques, matériels pour la récolte, matériels pour le conditionnement et d'autres matériels nécessaires à la culture. La souche *Arthrospira platensis var. toliaraensis* a été choisie lors de cette étude puisque les conditions climatiques de la Région *Boeny* est similaire à celle de l'*Atsimo Andrefana*.

Trois bassins et trois formules d'intrants différentes ont été utilisés afin de visualiser la différence de performance de croissance de culture de spiruline. Les paramètres physico-chimiques à considérer pour la croissance de la spiruline sont les suivants : température, lumière, pH et salinité. D'après cette étude, la formule 3 dans le bassin 3 est plus efficace par rapport aux autres bassins. Alors, l'adaptation de la culture de spiruline dans la partie Ouest de Madagascar est fiable et aussi une meilleure source de revenu pour l'économie *malagasy*. Et le climat de *Mahajanga*, plus proche dans le milieu naturel, vu notre expérience, favorise la bonne croissance de la spiruline et permet la culture de la spiruline durant toute l'année.

Au vu des précédents constats, notre devoir est de trouver, de développer et de proposer à l'humanité, différentes solutions préventives et/ou curatives permettant de lutter contre la malnutrition et aussi de continuer cette étude à grande échelle pour une activité de génératrice de revenus. Il est envisagé de monter puis de concrétiser d'autres projets de culture de spiruline pour la sécurité alimentaire de la région.

Selon l'approche simplifiée du compte de résultats de production de spiruline, le seuil de rentabilité du projet de la culture de spiruline est atteint après 13 mois de la production de spiruline. Donc c'est un indicateur important pour évaluer la rentabilité de l'activité du point de vue économique. L'analyse économique et financière du projet de la culture de spiruline est rentable. Et cette culture de spiruline pourrait être le point clé de l'économie *Malagasy* en assurant à la fois la préservation de l'environnement et le développement de l'économie *Malagasy*. Le projet de la culture de spiruline au sein du Centre du Développement d'Aquaculture de *Mahajanga* à Madagascar est financé par les fonds propres du centre.

En tenant compte de ces différents rendements, la production de la spiruline utilise largement moins de surface, moins d'eau. Ainsi la production de la spiruline est une activité agricole permettant de réduire la déforestation.

La spiruline, aliment récolté, déshydraté et mis en marché sans aucune autre transformation constitue un additif alimentaire le plus riche de la planète terre. Elle est un aliment qui protège en même temps qu'elle nourrit. Elle est également un médicament qui comble les éléments manquants dans l'organisme, elle élimine les intoxications alimentaires ; elle renforce nos défenses immunitaires. La consommation de la spiruline améliore la guérison de diverses maladies. La spiruline est un aliment non raffiné, multifonctionnelle.

La culture de spiruline peut potentiellement offrir un élément de réponse au problème de changement climatique grâce à sa capacité d'atténuation par réduction et/ou élimination d'un volume important des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Afin d'améliorer et d'assurer la pérennité de la production de spiruline au sein de CDA, plusieurs recommandations sont proposées, comme : recruter un personnel qualifié pour la spiriculture,

réviser le système de récolte de la biomasse, suivre rigoureusement la condition pour la récolte et utiliser des équipements (gants, blouse,) pour les activités.

En outre, la culture de la spiruline est le bienvenu pour l'avenir de notre environnement et pour l'économie de l'humanité. Et nous voyons que les résultats de la culture de la spiruline dans le domaine économique et alimentaire justifient ses intérêts. Ce qui, d'une part, répond aux motivations de la population et, d'autre part, devrait lever l'hésitation de la population à utiliser, acheter et consommer de la spiruline.

## Bibliographie

- [ABD 00] Abdulqader G., Barsanti L., Mario R., et Tredici M. R., Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu, p493-498, 2000
- [ANG 95] Angevin S., Etude et exploration d'un gisement de spiruline dans la Région Sud-Ouest de Madagascar, Rapport de stage, Formation de cadre en aquaculture, Promotion 1993-1995.
- [CLE 75] Clement G., « Production et constituants caractéristiques des algues *Spirulina platensis* et *Spirulina maxima* », *Ann. Nutr. Alim.*, p77-788. 1975
- [DAR 07] Darvas, Lutte contre la malnutrition, la spiruline une algue de vie pour la santé, Livret – Guide de production, Projet TECHNAP/CREDSA. 2007
- [DOU 11] Doumandji A., Boutekrabt L., Saidi N. A., Doumandji S., Hamerouch D., HaouarI S., « Etude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal », *Revue Nature & Technologie*. n° 06/Janvier 2012. Pages 40 à 50. 2011
- [DUR 93] Durand-Chastel H., « La spiruline, algue de vie. Bul 1 ». *Inst. Océanog. Monaco*, n° spécial12 : pp 7-11, 1993
- [ERI 07] Erik T., Suivi de la production artisanale de Spiruline *Arthrospira platensis* - cas du site Maninday Toliara, Thèse pour l'obtention du diplôme de Maîtrise des Sciences et Techniques de la Mer et du Littoral (MaST/ML), option Aquaculture et Contrôle de qualité, à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM), Université de Toliara, Toliara, Madagascar, 36p. 2007
- [FAR 66] Farrar, Tecuitalti, a glimps of Aztec food techonologie. *Nature*.p341-342, 966
- [FOX 96] Fox R. D., « Spirulina– production and potential ». *Edition Edisud* . Volume 30, n°06, 1996
- [FOX 95] Fox, R. D., « Spiruline - Technique, pratique et promesse ». *Article EDISUD*, 1995
- [GOL 93] Golubic S. et Knoll A. H., « Fossil procaryotes and protists Prokaryotes ». *In Lipps, J H* (ed). p51-76. 1993
- [INS 05] Instat, ORC, Enquêtes démographique et de santé Madagascar. P18. 2005
- [ITL 74] Itlis A., « Les phytoplancton des eaux natronées du Kanem Tchad. Influence de la teneur en sels dissous sur le peuplement algal ». *ORSTOM*. 216p, 1974
- [JAR 05] Jarisoa T., Adaptation de la spiruline du sud de Madagascar à la culture en eau de mer, mise au point de structure de produit à l'échelle villageoise, Thèse de doctorat en océanographie appliquée, Institut Halieutiques et des Sciences Marines (IHSM), Université de Toliara, Toliara, Madagascar, 2005
- [JOH 92] Johnson. Bio-écologie et abondance du rôle d'olivier *Amaurornis olivieri* (grandidier et Berlioz 1929) dans l'aire protégée de Mandrozo, District de Maintirano, Région Melaky Madagascar. Mémoire de diplôme d'études approfondies. 1992
- [JOU 99] Jourdan J. P., « Cultivez votre spiruline, manuel de culture artisanale pour la production de spiruline », *Antenna Technology*, Genève. 126p, 1999
- [LOI 08] Loïc C., Marie J. L., et Romain A., « La spiruline peut-être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? » *Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*, Marseille, 49p, 2008
- [MAN 16] Manet A., La Spiruline: Indications thérapeutiques, risques sanitaires et conseils à l'officine, Thèse pour l'obtention du titre de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat), Faculté de Pharmacie de Grenoble, Université Grenoble Alpes, 104p. 2016
- [MAR 70] Marty F., Données cytologiques et systématiques sur la *Spirulina platensis* et *Spirulina geilerti* (Cyanophycée – Oscillatoriacée), p786-789, 1970



- [MEF 12] MEF et *al.*, Monographie environnementale et forestière, Région *Boeny*. Ministère de l'Environnement et des Forêts, Antananarivo. Madagascar, 2012
- [MIA 95] Miasa E., Ramampihirika D., et Gilbert, Nouveaux produits halieutiques des zones semi-arides : la spiruline. Dossier info Pêche Madagascar. 1995
- [MIC 05] Michka, La spiruline pour l'homme et la planète. 202p. 2005
- [NON 07] Noniarilala M., Optimisation de la conduite de culture de la spiruline *Arthrospira platensis* - Valorisation de la cendre de bois, Thèse pour l'obtention du diplôme de Maitrise des Sciences et Techniques de la Mer et du Littoral (MaST/ML), option Aquaculture et Contrôle de qualité, à l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM), Université de Toliara, Toliara, Madagascar, 40p, 2007.
- [ODE] Odette C. N. K. H., Etude de l'effet de la salinité sur les cinétiques de photoinhibition de suspension cellulaires de *Spirulina (Arthrospira plantensis)*. Paris. 153p, 1999.
- [RAB 07] Rabodoarizaka R., Impact de la consommation de la spiruline sur la santé et l'activité intellectuelle des enfants malnutris de la région Atsimo Andrefana, mémoire en vue d'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale Supérieure (CAPEN), Centre d'étude et de recherche en sciences naturelles, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo, Madagascar, 69p, 2007
- [RAK 99] Rakotojaona, Etude bio-écologique de *Spirulina platensis* var Toliara dans la mare de Belalanda (Toliara-Sud-Ouest de Madagascar), Mémoire de D.E.A. en océanologie appliquée, institut Halieutique et des Sciences Marines - Université de Toliara, Toliara, Madagascar, 78 p. 1999
- [RAK 14] Rakotoson M. S., Evolution du carbone et de l'azote sur la production de spiruline. Cas de la ferme spirusud-antenna « manamaitso », Maninday – Toliara II – Région Atsimo Andrefana, mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de diplôme de Licence en production halieutique et aquacole. IH.SM/Université de Toliara, 2014
- [RAM 12] Ramampihirika K. D., Actions et recherches pour une lutte contre le changement climatique et l'épuisement des ressources conventionnelles dans le Sud-Ouest de Madagascar, Habilitation à Diriger des Recherches, Option : Environnement et changement climatique, 278p, 2012
- [RAS 21] Rasolofoalisoa N. M., Rapport de Stage Technicien au sein du Centre de Développement de l'Aquaculture (CDA) *Mahajanga*, Rapport non publié, Mention Sciences Animales, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar, 19p, 2021
- [RAV 01] Ravelo V., Bio-écologie, valorisation du gisement naturel de spiruline de Belalanda (Toliara Sud-Ouest de Madagascar) et technologie de la culture. Thèse de doctorat de troisième cycle en océanologie appliquée, Institut Halieutique et des Sciences Marine- Université de Toliara, 2001
- [SAN 72] Sang C., et *al.* « Comparison of the economic potential of aquaculture, Animal husbandry and Ocean fisheries : The case of Taiwan ». Economic Research Center, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii (USA). Ed: Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. -Printed in Netherland. In *Aquaculture* 2(1973) p. 187-195. 1972
- [SCH 07] Scherrer B., « Biostatistique, » vol 1 et 2, 2<sup>ème</sup> édition, *Gaetan Morin*, 2007
- [STA 62] Stanier R. Y. et Van Niel C. B.. The concept of a bacterium *Arch. Microbiol*, 42: 17-35, 1962
- [VER 08] Vertleburkina., *La spiruline, outil de santé*. <http://vertleburkina.unblog.fr/la-spiruline-outil-de-sante>, 2008
- [VOL 08] Vololonavalona B., Vicente N., Riva A., Colloque international Spiruline et développement, Formation et transfert de technologie en matière de culture de spiruline, Université de Toliara (Institut Halieutique et des Sciences Marines), Toliara, Madagascar, 184 p, 2008
- [VON 97] Vonshak A., *Spirulina platensis (Arthrospira)*, physiology, cell-biology and biotechnology, Institute for Desert Research of Ben-Gurion University NegevIsrael, 223p, 1997
- [ZAR 12] Zarrouk F., Les statistiques différentielles. Cours de statistiques – test de Student), ISSEP Kral – Saïd, 5p, 2012
- [ZAR 66] Zarrouk C., 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, Université de Paris, 1966



MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE  
-----  
SECRETARIAT GÉNÉRAL  
-----

AGENCE DE CONTRÔLE DE LA SÉCURITÉ SANITAIRE  
ET DE LA QUALITÉ DES DENRÉES ALIMENTAIRES

**BULLETIN D'ANALYSE N°09336/21**

**DESCRIPTION ET CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES**

Aspect	Solide
Texture	Poudre
Couleur	Verte
Saveur	Caractéristique
Odeur	Caractéristique
Denomination	SPIRULINE EN POUDRE
Date de fabrication	09/2021
Date de péremption	09/2023
Lot	02103
Origine	Madagascar
Quantité à analysée	100g
Emballage	Conforme

**CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES :**

	RÉSULTATS
Humidité %	6,25
Acidité % en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,09
Protéines %	60,82
Matières grasses %	3,37
Matières hydrocarbonées %	24,32

**CARACTÈRES MICROBIOLOGIQUES**

	Résultats	Critères
NAM à 30°C	8,4.10 <sup>2</sup>	3.10 <sup>5</sup> UFC/g
Coliformes totaux	< 1	1,0 10 <sup>2</sup> UFC/g
Staphylocoque coagulase +	< 1	< 1 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	< 1	10 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	< 1	1,0 10 <sup>3</sup> UFC/g
Levures	< 1	1,0 10 <sup>3</sup> UFC/g
ASR à 46°C	< 1	1,0 10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Salmonella sp</i>	Absence	Absence dans 25g

**INTERPRÉTATION ET CONCLUSION**

Échantillon de produit satisfaisant par ses caractères déterminés.

Échantillon de produit propre et sain pour la mise à la consommation humaine.

Communiqué le : 04/11/2021

Le Responsable de Laboratoire

RAMAMONJISON Edouard Delphin

Le Chef de Service d'Analyse  
et de Contrôle de Qualité des Aliments p.i

RALOVANOMENJANAHARY Voahangy Ni  
Danieline