

## Détermination des proportions en protéines totales de la spiruline produite au Burkina Faso

### [ Détermination of the total protein proportions of spirulina produced in Burkina Faso ]

*Boubacar Savadogo<sup>1</sup>, Windépagndé Charles Yameogo<sup>1</sup>, Hermann Biènou Lanou<sup>1</sup>, Charles Parkouda<sup>2</sup>, and Augustin Nawidimbasba Zeba<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>2</sup>Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Spirulina is a food supplement rich in micronutrients and vitamins. It is called «the ideal food for humanity» and the World Health Organization has considered it a «super food» and the best food for the future due to its high nutritional value. The present study aimed to determine the proportions of total proteins in sun-dried spirulina. This was an analytical titration study using the KJELDAHL method. The average proportion of proteins in the spirulina samples was 47.52%. The lowest proportion was 43.14% and the highest was 56.10%. There is no significant difference between the variations in proportions of total proteins of the samples studied. However, the protein proportions of spirulina depend considerably on the climate and the growing area. Drying and packaging spirulina remains the only means of wide commercial distribution. Given the nutritional losses that can occur during storage, it is suggested that spirulina be consumed quickly after harvesting in order to maximize the nutrient benefit.

**KEYWORDS:** Burkina Faso, Spirulina, Total proteins.

**RESUME:** La spiruline est un complément alimentaire riche en micronutriments et en vitamines. Elle est appelée « l'aliment idéal pour l'humanité » et l'Organisation mondiale de la santé l'a considérée comme «super aliment» et la meilleure nourriture pour l'avenir en raison de sa haute valeur nutritive. La présente étude visait à déterminer les proportions en protéines totales dans la spiruline séchée au soleil. Il s'agissait d'une étude analytique de titrage utilisant la méthode de KJELDAHL. La proportion moyenne des protéines dans les échantillons de spiruline était de 47,52%. La plus basse proportion était de 43,14% et la plus forte était de 56,10%. Il n'y a pas de différence significative entre les variations en proportions de protéines totales des échantillons étudiés. Cependant, les proportions en protéines de la spiruline dépendent considérablement du climat et de la zone de culture. Le séchage et le conditionnement de la spiruline restent les seuls moyens d'une large distribution commerciale. Compte tenu des pertes nutritionnelles pouvant survenir lors de la conservation, il est suggéré une consommation rapide après la récolte de la spiruline afin de maximiser le profit en matière de nutriments.

**MOTS-CLEFS:** Burkina Faso, Spiruline, Protéines totales.

## 1 INTRODUCTION

Dans le règne végétal, la spiruline représente plus de 18 % et compte environ 20000 espèces dans le monde [1]. En effet sous le terme « algue » sont regroupés des organismes végétaux extrêmement variés tant par la taille que par la structure cellulaire. La spiruline (*Spirulina platensis*, famille des Oscillatoriaceae) est l'une des algues bleu-vert riche en protéines (62,84%) et contient une forte proportion d'acides aminés essentiels (38,46% de la protéine) et est riche en vitamines comme les  $\beta$ -carotènes et le complexe de vitamine B sous forme de vitamine B12 (175  $\mu\text{g}$  / 10 g) et d'acide folique (9,92 mg / 100 g). Il est également riche en calcium et en fer (922,28 et 273,2 mg / 100 g, respectivement) pour protéger contre l'ostéoporose et les maladies du sang, ainsi qu'un pourcentage élevé de fibres naturelles [2]. Ainsi, la spiruline est utile et nécessaire à la croissance des nourrissons et très adaptée aux enfants, notamment en phase de croissance, aux personnes âgées et aux malvoyants. Il aide également beaucoup en cas de faiblesse générale, d'anémie et de constipation chronique. La spiruline contient du sélénium (0,0393 mg / 100 g) et de nombreux phyto-pigments tels que la chlorophylle et la phycocyanine (1,56 et 14,647%), qui sont connus pour être de puissants antioxydants [2].

Il a été prouvé expérimentalement, in vivo et in vitro que la spiruline est efficace pour traiter certaines allergies, l'anémie, le cancer, l'hépatonéphrotoxicité, les maladies virales et cardiovasculaires, l'hyperglycémie, l'hyperlipidémie, l'immuno-déficience et les processus inflammatoires, entre autres [3, 4, 5,6]. Ainsi, la spiruline est considérée généralement comme un produit sans effets toxicologiques, et elle est approuvée par la FDA (Food and Drug Administration) et l'ANVISA [7]. Les formulateurs utilisent la spiruline dans les barres alimentaires de spécialité, les boissons nutritionnelles en poudre, le pop-corn, les boissons, les fruits et les jus de fruits, les desserts et condiments surgelés [2]. Au cours de la dernière décennie, l'agriculture et la consommation de cette algue sont en plein essor dans tous les pays en développement [8]. Sa consommation est indiquée comme l'une des solutions de lutte contre les carences en multi-nutriments dans ces pays [9,10]. Ce complément alimentaire offre des bienfaits remarquables pour la santé des enfants sous-alimentés. Il est riche en  $\beta$ -carotène qui peut surmonter les problèmes oculaires causés par une carence en vitamine A; il fournit les besoins alimentaires quotidiens en  $\beta$ -carotène qui peuvent aider à prévenir la cécité et les maladies oculaires [11]. Le complexe de protéines et de vitamines B apporte une amélioration nutritionnelle majeure dans l'alimentation d'un nourrisson. C'est la seule source alimentaire autre que le lait maternel contenant des quantités substantielles d'acide gras essentiel, d'acides aminés essentiels qui aide à réguler l'ensemble du système hormonal [12]. La spiruline contient également de l' $\alpha$ -tocophérol qui est connu dans la plupart des cas pour ses propriétés anti-oxydantes et son implication dans la régulation du stress oxydatif [13, 14, 15, 16]. Par conséquent, la spiruline constitue une source intéressante de  $\beta$ -carotène et d' $\alpha$ -tocophérol qui doivent tous deux être contrôlés pendant la production et la transformation. Au Burkina Faso, la carence en plusieurs nutriments est un problème de santé publique. L'une des solutions entreprises dans la lutte contre les carences nutritionnelles est l'introduction de la culture de la spiruline et la vulgarisation de sa consommation à petites doses comme complément alimentaire [17]. Le principal objectif des exploitations impliquées dans la production de spiruline doit contribuer à améliorer la santé de la communauté grâce à l'utilisation de la spiruline [17]. Le gouvernement du Burkina Faso a approuvé cet objectif en finançant entièrement le projet de production intégrée de spiruline de Koudougou «Nayalgué».

La spiruline fraîche reste moins accessible à la population en raison de sa courte durée de conservation. Le séchage de la biomasse fraîche et son stockage restent le seul moyen sûr de commercialisation ou de distribution humanitaire. Le séchage permet une stabilisation de la spiruline hydratée par la réduction à la fois de la teneur en eau. Cependant, des modifications chimiques sont susceptibles de se produire dans la biomasse sèche pendant le séchage et le stockage. Les composants oxydants tels que l' $\alpha$ -tocophérol et le  $\beta$ -carotène sont sensibles à l'oxygène atmosphérique, à la lumière et aux variations de température [18, 19, 20].

Le but de la présente étude était d'évaluer les proportions en protéines totales des échantillons de spiruline produite au Burkina Faso après séchage.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATIÈRE VÉGÉTALE

La matière végétale était constituée de spiruline (*Spirulina platensis*) prélevée de mai à juin 2020 dans la ferme de production Notre Dame d'Afrique de Koudougou. La spiruline a été obtenue en culture synthétique contrôlée pour une production à échelle semi-industrielle.

### 2.2 ECHANTILLONNAGE

Un échantillonnage de 30 sachets de poudre de spiruline produite dans la ferme a été choisi de façon aléatoire pour les analyses chimiques au laboratoire afin de déterminer les taux de protéines totales.

### 2.3 SÉCHAGE DE LA SPIRULINE

Le séchage a été réalisé au soleil pendant 5 h à l'aide d'un séchoir de type «coquillage» [21]. Après séchage des spaghettis de spiruline, ils sont devenus durs et cassants, faciles à broyer. Après séchage, tous les échantillons ont été retirés du séchoir et placés dans une plaque en aluminium. La biomasse séchée a été immédiatement pesée et broyée. Le conditionnement de la poudre a été effectué dans une pièce aux fenêtres fermées à température ambiante (30 ° C). La poudre a été conditionnée manuellement dans des sacs en plastique (10 g / sachet). Les échantillons de poudre ont été immédiatement transportés dans un sac isotherme au laboratoire de l'institut de recherche en sciences de la santé où des analyses chimiques des nutriments ont été effectuées. Les 30 échantillons de poudre ont été analysés dès leur arrivée afin de déterminer les taux de protéines totales. Les protéines totales ont été dosées par la méthode de titrimétrie de KJELDAHL

### 2.4 METHODES DE DOSAGE DES PROTEINES DANS LA SPIRULINE

#### PRINCIPE

L'action oxydante de l'acide sulfurique concentré bouillant transforme l'azote organique en azote minéral sous forme de sulfate d'ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé et recueilli dans une solution d'acide borique qui la piège. Cette solution colorée est ensuite titrée par acidimétrie.

#### MODE OPÉRATOIRE

Une masse de 0,1 gramme de l'échantillon est introduite dans une fiole à laquelle on ajoute 4 mL d'acide sulfurique concentré (36 N). La température de l'appareil est ensuite réglée à 440 °C, puis la fiole contenant l'échantillon est placée sur la plaque chauffante. Au bout de quatre minutes, 5 mL d'eau oxygénée sont ajoutés à l'échantillon carbonisé par l'entonnoir de la colonne de fractionnement. La fiole est ensuite retirée de la plaque chauffante puis le minéralisât est dilué après refroidissement avec de l'eau jusqu'au trait de jauge. Le minéralisât dilué est transvasé dans un ballon de distillation en y ajoutant 100 mL d'eau, une solution de soude 10 N en présence de phénolphaléine jusqu'à l'obtention d'une coloration rose. Cette solution est ensuite distillée et le distillat est piégé dans 20 mL d'acide borique contenu dans un ballon de 250 mL. La distillation est arrêtée lorsque le volume final atteint 150 mL. Le distillat est ensuite titré par l'acide sulfurique 0,1 N. La fin de la réaction est marquée par le virage de la couleur de l'indicateur coloré. Un blanc est réalisé selon la même procédure.

#### EXPRESSION DES RÉSULTATS

La formule suivante permet de déterminer le % d'azote total et par conversion le taux de protéines totales.

$$\text{Proportions des protéines totales (\%)} = \frac{\text{VE} - \text{VB}}{\text{PE}} \times \text{N} \times 14 \times 10^{-3} \times 6,25 \times 100$$

PE: prise d'essai (0,1 g)

VE: volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer l'échantillon

VB: volume d'acide sulfurique nécessaire pour titrer le blanc.

N: titre de l'acide sulfurique (0,1 N)

6,25 : facteur de conversion

10<sup>-3</sup> : facteur de dilution

14 : Masse atomique de l'azote.

### 3 RÉSULTATS

#### PROPORTIONS DES PROTÉINES TOTALES DANS LES ÉCHANTILLONS DE SPIRULINE

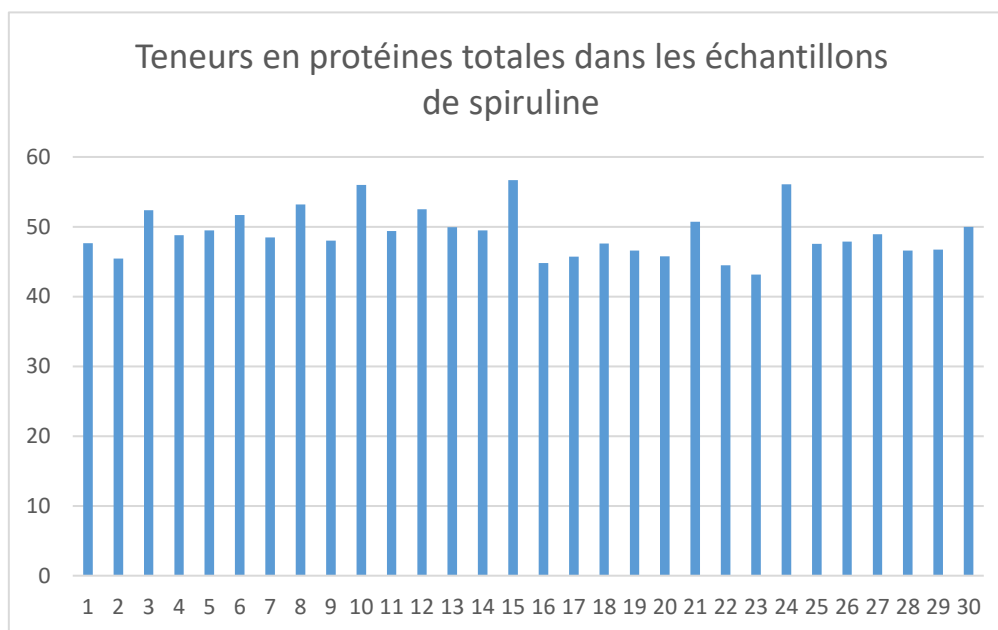
Le dosage des protéines totales a été effectué sur 30 échantillons après séchage. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1.** *Proportions des protéines totales dans les échantillons de spiruline après séchage*

Numéro Echantillon	Moyenne en % des protéines totales ± écarts types	
1	47,64	0,55
2	45,46	1,49
3	52,39	0,56
4	48,78	1,30
5	49,46	2,31
6	51,67	1,41
7	48,47	1,43
8	53,20	0,51
9	48,03	1,81
10	56,01	0,31
11	49,38	1,73
12	52,49	1,34
13	49,95	1,02
14	49,47	0,71
15	56,69	0,22
16	44,82	0,91
17	45,72	0,46
18	47,60	0,83
19	46,57	0,93
20	45,78	0,37
21	50,73	1,81
22	44,50	2,19
23	43,14	1,89
24	56,10	1,11
25	47,55	0,64
26	47,85	1,16
27	48,91	1,14
28	46,58	1,43
29	46,74	1,02
30	49,97	1,10
<b>Moyenne générale</b>	47,52	0,67

Le tableau 1 présente les proportions de protéines totales dans 30 échantillons de spiruline après séchage. Dans l'ensemble, on note une moyenne de 47,52% en protéines totales. Les résultats présentés constituent la moyenne ± les écarts-types (chaque échantillon a été analysé en duplicata et la moyenne a été calculée). La plus faible moyenne est de 43,14% et la plus forte est de 56,10%. Le test exact de Fisher montre qu'il n'existe pas de différence significative entre les teneurs en protéines des échantillons de spiruline analysés ( $P > 0,3$ ).

La figure 1 présente l'histogramme des proportions en protéines des 30 échantillons de spiruline. On note globalement une légère variation entre les proportions mais cette différence est statistiquement non significative.



**Fig. 1.** Histogramme des proportions en protéines dans les échantillons de spiruline

X= numéro d'échantillon (de 1 à 30)

Y= Proportions en protéines des échantillons de spiruline (en %)

#### 4 DISCUSSION

Nous avons obtenu une moyenne de 47, 52 % de protéines. Il ressort de ces résultats que la spiruline est bien un aliment très riche en protéines, quand bien même ces valeurs sont en dessous de celles obtenues par Dansou en 2003 (57,10%), Kabore en 2001 (65 %), Falquet en 1996 (50-70%) et Clement en 1975 (72%) [13]. Ces chiffres acquièrent une plus grande signification lorsqu'on les compare avec les teneurs moyennes en protéines de certaines graines de légumineuses qui, comme les cyanophycées sont des fixateurs d'azote: haricot (22%) et même le soja (38%) pourtant réputé pour sa richesse en protéines. Dans nos pays en développement, l'apport protéique d'origine animale est onéreux et de manipulation délicate. En effet, les principales sources protéiques d'origine animale sont des denrées périssables qui nécessitent des conditions particulières de conservation. Dans ce contexte, la spiruline pourrait équilibrer les régimes déficitaires en protéines, surtout chez les enfants car sa manipulation est moins contraignante. Fort de ce constat, la spiruline pourrait faire son entrée dans les programmes de récupération nutritionnelle si et seulement si son cout offre un réel avantage. Contrairement aux autres sources de protéines, la spiruline ne contient pas de parois cellululosiques mais une enveloppe de murine relativement fragile. Ce fait explique la très bonne digestibilité des protéines de la spiruline simplement séchée. Ainsi la spiruline ne nécessite ni cuisson, ni traitements spéciaux destinés à rendre ses protéines accessibles. C'est un avantage considérable pour la préservation des constituants de hautes valeurs tels que les vitamines et les acides gras poly insaturés.

Des études menées par Kambou et al. en 2005 sur la spiruline au Burkina Faso ont montré une valeur moyenne en protéine de 47,87 [22]. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans la présente étude (47,52%). Falquet et al. en 2006 ont trouvé que les protéines représentaient 50 à 70% du poids total de la spiruline. Un rapport de l'UNESCO indique que la spiruline cultivée dans le lac Tchad en 2023 indiquait des proportions en protéines comprises entre 60 et 70%.

La teneur en protéines varie donc en fonction de la zone de culture. Ces disparités de résultats pourraient provenir de nombreux facteurs dépendant en premier lieu des conditions de culture, du climat mais surtout de séchage de la spiruline. Il est, par exemple, très probable que le séchage par « spray-drying » qui brise très fortement les filaments de spiruline réduise considérablement la durée de conservation des protéines.

La technique utilisée dans la présente étude était le séchage direct au soleil. Dans cette optique, la biomasse fraîche a été transformée en des cylindres de deux millimètres de diamètre («spaghetti» de spiruline), puis étalée sur un écran contenu

dans une boîte de séchage exposée à la lumière du soleil. La température de l'air entrant dans la boîte de séchage, qui s'avère être un paramètre prépondérant pour garantir la valeur nutritive de la spiruline, n'a pas été contrôlée. Les échantillons séchés à l'aide de cette technique contiennent des teneurs en eau résiduelle non homogène qui sont susceptibles d'avoir une influence sur le contenu nutritif [23].

Des auteurs ont utilisé le séchage par pulvérisation où le jus de spiruline broyée était séché. A cet égard, les filaments ont été préalablement réduits en bouillie pour briser leur membrane avant d'être soumis à un courant de gaz de combustion à très haute température pendant très peu de temps. Nos échantillons contiendraient probablement plus d'eau résiduelle que ceux de ces auteurs; ce qui pourrait expliquer les teneurs en protéines inférieures à 50 % dans la spiruline analysée pour la présente étude.

## 5 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude suggèrent l'utilisation de cette micro-algue comme source de protéines à l'état frais ou juste après séchage si l'on veut bénéficier de façon appropriée des effets des nutriments. La spiruline regorge une proportion intéressante en protéines totales juste après séchage. Cependant, des études antérieures ont montrées qu'une conservation prolongée de la spiruline pourrait engendrer des pertes en nutriments dont les protéines. Il est donc conseiller d'en consommer immédiatement ou peu de temps après sa production si l'on veut maximiser le profit nutritionnel que cette micro-algue en procure.

## CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt pour cette publication.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la ferme de production Notre Dame d'Afrique de Koudougou pour son appui dans la collecte des échantillons dans la zone de l'étude.

## REFERENCES

- [1] Le Cointre G et le Guyader H, (2001). Classification phylogénétique du vivant. 2<sup>ème</sup> édition, Berlin, ISBN 2-70011-213-6, 543 p.
- [2] Sharoba AM., (2014). Nutritional value of spirulina and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. *J. Agroalim. Proc. Technol.* 20: 330-350.
- [3] Chamorro G, Salazar M, Araújo KG, dos Santos CP, Ceballos G, Castillo LF., (2002). Update on the pharmacology of Spirulina (Arthrospira), an unconventional food. *Arch Latinoam Nutr.* 52 (3): 232-40.
- [4] Romay Ch, González R, Ledón N, Ramirez D, Rimbau V., (2003). C-phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci.* 4 (3): 207-216.
- [5] Selmi C, Leung PS, Fischer L, German B, Yang CY, Kenny TP, Cysewski GR, Gershwin ME., (2011). The effects of spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cell Mol. Immunol.* 8 (3): 248-254.
- [6] Abdel-Daim MM, Farouk SM, Madkour FF, Azab SS., (2015). Anti-inflammatory and immunomodulatory effects of Spirulina platensis in comparison to Dunaliella salina in acetic acid-induced rat experimental colitis. *Immunopharmacol.* 37 (2): 126-139.
- [7] Navacchi MFP, Monteiro de Carvalho JC, Takeuchi KP, Danesi EDG., (2012). Development of cassava cake enriched with its own bran and Spirulina platensis. *Acta Sci. Technol. (Maringá).* 34: 465-472.
- [8] Charpy L, Langlade MJ, Alliod R., (2008). La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique? IRD: Marseille, 2008.
- [9] Simporé J, Pignatelli S, Musumeci S., (2007). The effects of spirulina on the immune functions of HIV-infected undernourished children. *J. Infect. Dev. Ctries.* 1: 112-117.
- [10] Teas J, Irhimeh M.R., (2012). Dietary algae and HIV/AIDS: proof of concept clinical data. *J. Appl. Phycol.* 24: 575-582.
- [11] Seshadri CV, (1993). Large scale nutritional supplementation with spirulina alga. All india coordinated project on spirulina. Shrimm. Murugappa Chettiar. Research Center (MCRC), Madras, India.
- [12] Ramesh S, Manivasgam M, Sethupathy S, Shantha K., (2013). Effect of spirulina on Anthropometry and Bio-Chemical Parameters in School Children. *IOSR J. Dent. Med. Sci.* 7 (5) 11-15.

- [13] Falquet J, Hurni J.P., (2006). Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technology, 41p.
- [14] McLaren SD, Frigg M., (2001). Manual sight and life sur les troubles dus à la carence en vitamine A (TCVA). 2ème éd. Bâle: Suisse, Task Force Sight and Life., 176p.
- [15] Traber MG, Atkinson J., (2007). Vitamin E, Antioxidant and Nothing More. *Free Radic. Biol. Med.*43 (1): 4-15.
- [16] Rajendran B, ChitturiSree SK, Matukumalli UR, Mylaram KS, Gopu B, Alla G.R., (2013). An evaluation of the protective role of  $\alpha$ -tocopherol on free radical induced hepatotoxicity and nephrotoxicity due to chromium in rats. *Indian J. Pharmacol.*, 45 (5): 490-495.
- [17] Sawadogo M, Nikièma JB, Compaoré M., (2004). La spiruline de «Nayalgué», projet de production intégrée au Burkina Faso. *Pharm. Méd. Trad. Afr.*13: 117-132.
- [18] Rastrelli L, Passi S, Ippolito F, Vacca G, De Simone F., (2002). Rate of degradation of alpha-tocopherol, squalene, phenolics, and polyunsaturated fatty acids in olive oil during different storage conditions. *J. Agric. Food Chem.*50 (20): 5566-5570.
- [19] Cuvelier C, Dotreppe O, Istasse L., (2003). Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Ann. Méd. Vét.*, 147: 315-324.
- [20] Ferreira JE, Rodriguez-Amaya D.B., (2008). Degradation of lycopene and beta-carotene in model systems and in lyophilized guava during ambient storage: kinetics, structure, and matrix effects. *J. Food Sci.*, 73 (8): 589-94.
- [21] Ibrahim EA, Abdel-Daim M.M., (2015). Modulating effects of *Spirulina platensis* against tilmicosin-induced cardiotoxicity in Mice. *Cell J.* 17 (1): 137-144.
- [22] Kambou Carine, (2005). Contribution à la détermination de la teneur en protéines, tocophérol, caroténoïdes et essais de formulation galénique de la poudre de spiruline produite au Burkina Faso: cas de la ferme de Koudougou. Thèse de pharmacie, Université de Ouagadougou.
- [23] Bationo Fabrice, Savadogo Aly, Kabore Donatien, Ouattara/Songré Laurencia, (2015). Storage influence on beta-carotene and alpha-tocopherol contents of solar-dried *Spirulina platensis* (*Spirulina*). *African Journal of Food Science*. Vol. 9 (12) pp. 546-554, DOI: 10.5897/AJFS2015.1283.