



Formation du monde entrepreneurial et associatif à la culture de Spiruline en Haïti

Training of Business and Civil Society Actors to the Culture of Spirulina in Haiti

Pol MAGERMANS¹, Chantal DENGIS², Xavier DETIENNE², Caroline GRAINDORGE¹
& Jean-François DELIÈGE¹

Abstract: One of the solutions to malnutrition in developing countries is nutritional supplements. These, generally issued from food or pharmaceutical industry are too often expensive. A natural solution exists: Spirulina. Spirulina is a cyanobacteria, named after the coiled shape of its strands. It can be raised at industrial, artisanal or home-made level. The composition of spirulina in nutritional elements and its high digestibility retained the attention of researchers and nutritionists who consider it as an excellent mean to cure nutritional deficiency. The quantity and quality of available water hinders the development of spirulina farms. Hopefully, solutions exist, from creating hill lakes to digging wells and implementing ultra-filtration on them. The culture of spirulina is then very relevant to exploit the available resource. One Kg of proteins of spirulina only requires 2.5 m³ of water, when 1 kg of beef meat proteins requires more than 100 m³. A farm school project with the Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine (FAMV) of the State University of Haiti (UEH), funded by WBI between 2010 and 2013, has already made it possible to construct a series of basins and to familiarize a university team of this faculty with the culture of Spirulina. The current project (2015-2018) aims to disseminate knowledge of Spirulina culture techniques in the Haitian entrepreneurial and associative world, hoping to see more artisanal farms in the country.

Keywords : IWRM, malnutrition, spirulina, training, development cooperation, self-entrepreneurship

Résumé : Une des solutions aux problèmes de malnutrition dans les pays en voie de développement passe par l'utilisation de compléments alimentaires riches en vitamines et oligo-éléments. Ceux-ci sont généralement onéreux, car issus de l'industrie pharmaceutique. Il existe pourtant une solution naturelle et réalisable localement : la Spiruline. La spiruline est une cyanobactérie qui doit son nom à la forme spiralée de ses filaments. Elle peut se cultiver dans des bassins de façon industrielle comme artisanale, voire familiale. La composition de la spiruline en différents éléments nutritifs, ainsi que sa haute digestibilité ont retenu l'attention des chercheurs et nutritionnistes et l'ont faite pressentir comme un excellent complément alimentaire, capable de pallier aux principales carences attestées notamment dans les cas de malnutrition. La quantité et la qualité de l'eau disponible représente un frein au développement des fermes de culture de spiruline. Heureusement, des solutions existent, telles que la création de lacs collinaires ou le pompage d'eau de nappe, alliés à l'ultrafiltration. La culture de la spiruline s'avère alors tout à fait pertinente pour exploiter la ressource disponible. Il faut en effet seulement 2,5 m³ d'eau pour produire 1 kg de protéines à partir de la spiruline, contre plus de 100 m³ pour la viande de bœuf. Un projet de ferme école avec la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) de l'Université d'État d'Haïti (UEH), financé par Wallonie-Bruxelles International (WBI) entre 2010 et 2013, a déjà permis de construire une série de bassins, et de familiariser une équipe universitaire de cette faculté avec la culture de la Spiruline. Le projet actuel (2015-2018) vise à diffuser la connaissance des techniques de culture de la Spiruline dans le monde entrepreneurial et associatif haïtien, dans l'espoir de voir des fermes artisanales se multiplier dans le pays.

Mots-clés : GIRE, malnutrition, spiruline, formation, coopération au développement, auto-entreprenariat

INTRODUCTION

Une des solutions aux problèmes de malnutrition infantile dans les pays en développement passe notamment par l'utilisation de compléments alimentaires riches en vitamines et oligo-éléments. Ceux-ci sont généralement onéreux, car issus de l'industrie pharmaceutique. Il existe pourtant une solution naturelle et aisément implémentable : la culture de Spiruline. Celle-ci, permet aussi d'envisager le développement économique du pays, par la production d'un produit prisé par certains citoyens aisés, voire même d'envisager des exportations pour faire entrer des devises dans le pays. Nous allons explorer les liens entre cette activité initialement humanitaire, les ressources en eau mobilisées et le développement économique.

¹ Aquapôle, Université de Liège, Quartier Polytech 1, Allée de la découverte, 11-bât.B53, 4000 Liège, Belgique.

Auteur correspondant : p.magermans@ulg.ac.be

² CUBIA, Bât.B12, Département de Bioénergétique de l'ULg, Sart Tilman (Botanique).

LA SPIRULINE : KI SA KI SE³

La spiruline est considérée par le grand public comme une algue dotée de vertus nutritionnelles exceptionnelles. En réalité, il s'agit d'une minuscule cyanobactérie (appelée aussi algue bleue) d'environ deux dixièmes de millimètre (FOX, 1999, p.18). Sa forme spiralée (Figure 1) lui confère son nom. Elle est présente sur terre depuis plus de trois milliards d'années, dans les lacs alcalins des pays chauds du globe, probablement propagée à la faveur des déplacements des flamands roses, accrochée aux écailles de leurs pattes et aux lamelles de leur bec filtrant. Elle se développe naturellement dans des eaux dont le pH varie entre 8 et 11, avec un optimum de croissance entre 9 et 10,5.

Déjà à l'honneur chez les Aztèques et les Incas qui la cultivaient, la spiruline est traditionnellement consommée depuis des siècles par différentes populations du globe.

A l'heure actuelle, elle est toujours récoltée dans le lac Tchad où elle croît naturellement. Elle est séchée sur le sable (Figure 2) et commercialisée sur les marchés sous forme de galettes, par les femmes Kanembou vivant sur les rives du lac.

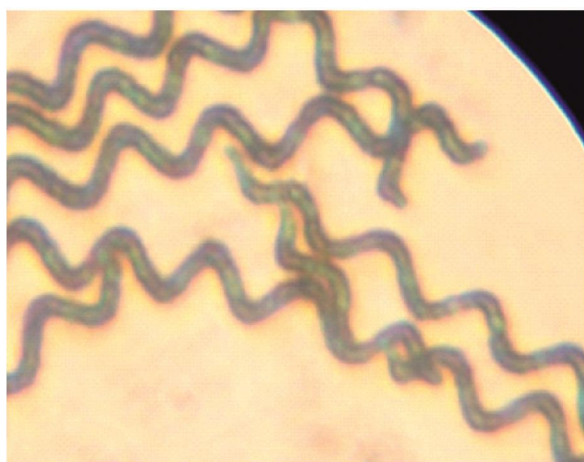


Figure 1 : Spiruline vue au microscope (P.Magermans)



Figure 2 : Récolte de spiruline au Tchad (FAO/Marzio Marzot)

Vertus nutritionnelles

Les vertus nutritionnelles de la spiruline résultent d'une combinaison équilibrée de protéines, de vitamines (notamment le Bêta-carotène, la vitamine B₁₂ et la vitamine K, mais également plusieurs autres vitamines B, du fer et divers autres oligo-éléments (JOURDAN, 2016; FOX, 1999, pp. 46-47)).

Si elle est considérée sous nos latitudes comme un simple complément alimentaire, dans les pays en développement, elle pallie aux principales carences liées à la malnutrition, à l'exception de la vitamine C que l'on trouve par ailleurs dans les fruits tropicaux.

Sa teneur en protéines est élevée (double de la viande, du poisson ou du soja), et d'excellente digestibilité, car les cellules n'ont pas de paroi cellulosique. Les protéines de la spiruline contiennent en outre tous les acides aminés essentiels (FOX, 1999, pp.15-17).

D'autres composants comme la phycocyanine et la vitamine E se révèlent être des antioxydants.

Si la spiruline peut se consommer fraîche, elle sera en général consommée sous sa forme lyophilisée. Elle peut être mélangée à des farines alimentaires telles le Xeweul au Sénégal ou le Misola au Burkina Faso afin de préparer des bouillies de sevrage. En Haïti, on imagine la mélanger au Chanmchanm, poudre composée de maïs, arachides, canelle et sucre qui est consommée par les enfants, notamment comme collation lors des récréations.

| Aliment | Teneur en protéines |
|------------------|---------------------|
| Viande | 30% |
| Poisson | 25% |
| Soja | 35% |
| Poudre de lait | 35% |
| Céréales | 14% |
| Spiruline | 50 – 70% |

³ « Qu'est-ce que c'est » en Créole haïtien

Biologie

Du point de vue de la biologie, la spiruline apparaît au microscope comme un ensemble de trichomes (filaments multi-cellulaires) de $\sim 10\mu\text{m}$ de diamètre, spiralés sur toute leur longueur ($\sim 250\mu\text{m}$) et mobiles (ils se "vissent" dans le milieu de culture). Elle a longtemps été considérée comme une algue verte à cause de sa teneur en chlorophylle a, qui lui donne sa couleur verte et lui permet de croître par photosynthèse. Elle est aujourd'hui classée dans les eubactéries procariotes (sans noyau), sans organite membrané. De plus, elle contient une grande quantité de phycocyanine (pigment bleu clair), qui la classe dans les cyanobactéries.

Le trichome croît par allongement progressif de la spirale par la multiplication des cellules qui le constituent. Il se scinde en parties à peu près égales (les homogonies) lorsque l'individu atteint la taille de 6 à 7 spires (Figure). La spiruline contient



Figure 3

des vésicules de gaz gonflables qui conditionnent ses remontées et descentes dans le milieu. Ainsi, durant le jour la photosynthèse « gorge » la spiruline d'hydrates de carbone qui écrasent les vésicules, lesquels se dégonflent et envoient, en l'absence d'agitation du milieu, la spiruline au fond. Au cours de la nuit, les hydrates de carbone sont convertis en protéines, de nouvelles vésicules de gaz se forment, et la spiruline remonte à la surface, prête à accueillir la lumière dès l'aube pour commencer un nouveau cycle.

La spiruline est capable de résister aux fortes sécheresses et aux concentrations en sels très élevées (jusqu'à 200 g/l) qui surviennent quand l'eau des lacs où elle vit s'évapore : cette stratégie de survie porte le nom de « cryptobiose » : les filaments amassés en agrégats conservent l'humidité nécessaire, parfois plusieurs années, jusqu'aux prochaines pluies qui rempliront le lac.

On ne connaît aujourd'hui qu'une seule espèce de spiruline *Arthrospira platensis*, parfois appelée *Arthrospira fusiformis* (SILI *et al.*, 2012) ou *Spirulina platensis*. Il existe par contre plusieurs souches que l'on distingue par leur lieu de provenance, et qui arborent des différences au niveau de leur géométrie, mais ne présentent aucune différence significative d'un point de vue nutritionnel.

La souche « Lonar » qui provient du lac Lonar en Inde a des filaments « en queue de cochon » plus ou moins réguliers. La souche « Paracas » que l'on trouve dans les lacs du Pérou est dite « ondulée » à cause de l'étirement de sa spirale, et la souche « Chitu » originaire des lacs éthiopiens présente une spirale serrée très régulière (Figure).

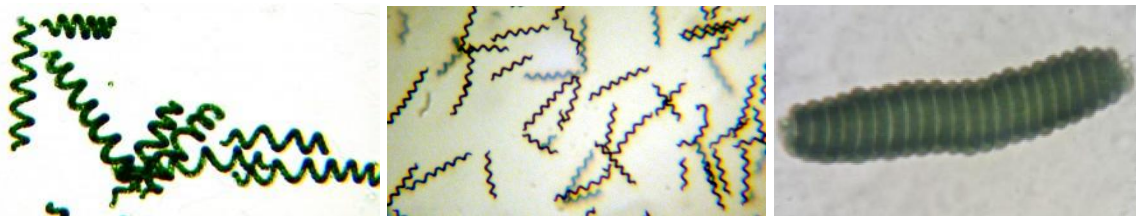


Figure 4 : *Arthrospira platensis* : souches Lonar⁴, Paracas⁵ et Chitu⁶.

Culture

L'aire de répartition naturelle de la spiruline se situe entre les 35° parallèles, car elle se développe de manière optimale dans des eaux dont la température atteint 34 à 38 °C durant la journée. En deçà de 20°C, elle est en dormance, tandis qu'elle meurt au dessus de 42°C.

Elle se cultive dans des bassins artificiels de 5 à 200 m², en exploitation industrielle (Figure) notamment aux USA, en Thaïlande ou en Inde, en exploitation artisanale (JOURDAN, 2016) notamment dans les pays en développement (Burkina Faso, Sénégal, Togo, ...) ou même familiale (PLANCHON & FUENTES, 2014).

Le milieu de culture doit être enrichi en nutriments, et le pH doit être ajusté, ainsi que la salinité. Divers milieux de culture sont décrits dans la littérature (JOURDAN, 2016; ZARROUK, 1966).

⁴ © Benjamin Masson, <http://spiruline-ventoux-luberon.fr>

⁵ © P. Magermans, Aquapole

⁶ © (OGATO *et al.*, 2013)



Figure 5 : Bassins de production de Cyanotech à Hawai
© Cyanotech

L'exploitation de la culture artisanale se fait en deux phases. La phase de croissance, dans laquelle on augmente le volume de culture petit à petit, en ajoutant du milieu de culture au fur et à mesure que la concentration en spiruline augmente, et la phase de production proprement dite. Lors de la phase de production, la tâche principale consiste en la récolte journalière. Une partie du milieu de culture est filtré. Un pré-filtre retiendra les impuretés et parasites éventuels (rotifères), tandis que le filtre fin (30 µm) retiendra la spiruline. Elle est ensuite pressée pour éliminer une partie du milieu de culture, puis extrudée en fin spaghettis pour ensuite sécher et être conditionnée.

RESSOURCE EN EAU

La culture de la spiruline nécessite de l'eau de qualité moyenne (exempte de métaux lourds et de germes résistant en milieu basique), d'une part pour remplir les bassins lors de la phase de croissance, mais également lors de la phase de production pour compenser l'évaporation qui, dans les pays chauds, peut s'élever à 15 l/m² par jour. Il faut cependant noter que la culture de la spiruline n'utilise que peu d'eau si on la compare aux quantités d'eau nécessaires à la production des autres protéines. Il suffit en effet de 2,5 m³ d'eau pour produire 1 kg de protéines de spiruline (FOX, 1999 p.93), soit 40 fois moins que pour la viande de boeuf, 20 fois moins que le porc, 10 fois moins que le poulet et les oeufs, et quatre à cinq fois moins que pour les végétaux (MEKONNEN M. & HOEKSTRA, 2012) (Figure 6).

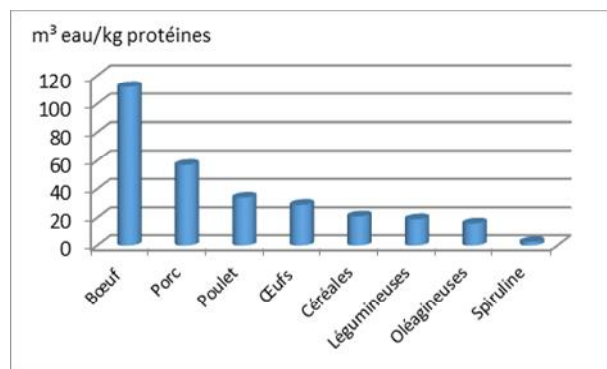


Figure 6 : Empreinte eau de la production de protéines

La production de protéines à partir de spiruline est donc particulièrement adaptée aux pays en développement souffrant de rareté d'eau de qualité. Il est cependant nécessaire de disposer d'un accès à cette eau propre. Cela prend généralement la forme de stockage d'eau de pluie (citernes ou retenues) (Figure 7) ou de puits pour extraire l'eau des nappes aquifères (Figure 8).

Dans le cas d'Haïti, la pluviométrie moyenne annuelle est similaire à celle de la Haute Belgique (1250mm), mais elle se concentre sur la saison des pluies qui va d'avril à octobre, sous forme d'orages intenses en soirée. En saison sèche, il ne tombe guère plus de 30 à 35 mm par mois de décembre à février. Il est donc nécessaire de capter cette ressource. C'est pourquoi une communauté religieuse, les Petits Frères de l'Incarnation (PFI), fondée en 1976, dirigée par le Frère Franklin Armand et composée aujourd'hui de 16 frères a mis en place, en collaboration avec le Ministère de l'agriculture, un programme de création de lacs collinaires, retenues à digue en terre plantée de graminées sur certaines petites rivières dont le bassin versant possède des caractéristiques appropriées (Programme National de Lac Collinaires – PLNC).

Le premier ouvrage des PFI fut réalisé à Pendiassou (Hinche, Plateau Central) en 1987, suivi par 11 autres dans la région. D'autres lacs furent construits sous divers financements ONU/UE et coopération espagnole. En 2008, le PLNC a démarré, financé par le Trésor Public de Haïti (ARMAND F., 2013). On compte aujourd'hui 217 lacs collinaires d'environ 50 000 m³ pour environ 1½ ha. Chaque lac a fait l'objet d'études préliminaires réalisées par la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV) de l'Université d'Etat de Haïti (UEH).

L'utilisation de l'eau de ces lacs collinaires est diverse. Ils servent tant à l'irrigation des terres cultivables qu'à l'abreuvement du bétail et pour divers besoins domestiques de la population, y compris la baignade. Les lacs ont été empoisonnés (artificiellement et naturellement), démarrant une activité économique nouvelle, la pêche.

Les lacs sont gérés par un comité de gestion incluant tous les bénéficiaires de l'eau du lac, afin d'optimiser la gestion de la ressource.



Figure 7 : Stockage de l'eau dans une citerne à Damien (P.M.).



Figure 8 : Puits creusé aux abords du lac Béthanie à Pendiassou (P.M.).



Figure 9 : Lac collinaire aux environs de Pendiassou (P.M.).

Il fallait également pouvoir fournir les populations locales en eau potable, c'est pourquoi la Fraternité a étudié et installé des unités d'ultra-filtration (Figure 10), afin d'assainir soit l'eau pompée dans les lacs collinaires, soit les captages de nappe sous forme de puits.



Figure 10 : Ultra-filtration : Petite unité pour filtrage d'eau de puits (PFI/PSI Saintard) et unité de filtrage du lac de Béthanie (PFI/PSI Pendiassou) ©P.M.

Sur le plan environnemental, les lacs collinaires servent d'habitat pour les oiseaux terrestres et aquatiques ainsi que les plantes aquatiques, ils contribuent à l'approvisionnement des réserves d'eau souterraine, ils sont utiles pour l'évapo-transpiration (une augmentation de la pluviométrie locale a été constatée par les agronomes de la FAMV).

Ces techniques permettent de régler le problème de la ressource en eau pour les fermes de spiruline.

DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Un projet financé par WBI (2010-2013), et mené par l'ULiège en partenariat avec Altech et la FAMV de l'UEH a permis la construction d'une ferme école de trois bassins de 30 m² à Damien, dans la banlieue de Port-Au-Prince (Figure 11). Une équipe de scientifiques de la FAMV menée par le Pr Jean Fenel Félix gère au jour le jour cette ferme. Il dirige une équipe de techniciens qui s'occupe du fonctionnement opérationnel de la ferme.

Un second projet (2015-2018) liant la FAMV à l'ULiège a pour but le renforcement du caractère pédagogique de la ferme, et outre la création d'un quatrième bassin de 30 m², de mettre sur pied une formation appelée « apprendre en le faisant » axée vers de futurs exploitants de fermes de culture de Spiruline.

Cette formation, qui s'adresse au monde associatif ainsi qu'au monde entrepreneurial, a pour but de former des personnes qui pourront créer et exploiter des fermes de spiruline artisanales opérationnelles et financièrement rentables (Figure 12).

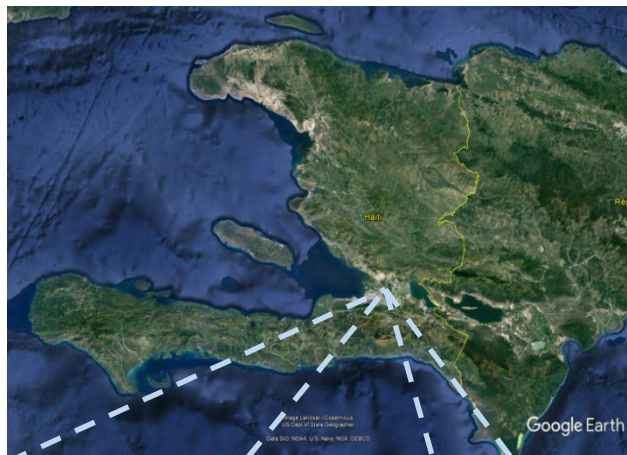


Figure 11 : Ferme FAMV de Damien à Port-Au-Prince, Haïti



Figure 12 : Bassins de la Ferme de Damien © P.M.

Si les associations comme les PFI et la Fondation des Cœurs Verts produiront vraisemblablement de la spiruline à vocation humanitaire ou sociale, les entrepreneurs visent le développement d'un marché local commercial de la spiruline, mais également le marché mondial de la spiruline qui est en train de se mettre en place.

Le projet a reçu l'appui du Ministère de l'Agriculture, dans le cadre de son plan d'appui à la création de micro-parcs industriels en production de biotechnologies. Il s'inscrit aussi dans la mise en place au sein de la FAMV d'une Halle Technologique visant à développer ces biotechnologies et à assurer la formation des universitaires dans ce domaine.

La première formation a eu lieu en décembre 2016 (DENGIS & MAGERMANS, 2016). Elle couvrait tous les aspects liés à l'exploitation d'une ferme : théoriques (la spiruline, biologie, conditions de croissance, milieu de culture, ...), opérationnels (mesure du pH, ajustement des intrants, récolte, ...) et économiques (rédaction de tableaux de budget d'exploitation, tenue des journaux, ...), ainsi que les démarches administratives à suivre. Le but final des projets liés à la Ferme Spiruline FAMV est d'amener l'équipe à l'autonomie financière.

Il est généralement admis que cette autonomie est accessible par la commercialisation du produit à partir de 400 m² de bassins. Nous n'en avons que 120 à Damien et il est donc nécessaire de compléter les revenus. C'est pourquoi les formations prodiguées sont payantes, le plan actuel étant de donner deux formations par an. La FAMV entend également devenir une référence incontournable pour la culture de spiruline à Haïti.

Il faut également considérer l'apport « en nature » à la FAMV sous la forme de sujets de mémoire pour les étudiants en licence et en master, ainsi que des thèses de doctorat qui pourraient en découler.

Quoi qu'il en soit, on se rend compte avec un tel projet qu'il existe, dans les pays en développement, une série de difficultés pratiques, liées à des formalités administratives, à des difficultés de transport ou d'approvisionnement, parfois de malveillance (vol ou vandalisme), et même simplement liées à la nature (tremblement de terre en 2010, Ouragan Matthew en 2016).

Des difficultés techniques pratiques subsistent aussi, par exemple pour l'approvisionnement en eau qui est intermittent (alimentation électrique intermittente, en bout de canalisation pour l'eau), ou même pour installer un système d'agitation permanente des bassins de spiruline, lequel requiert aussi une alimentation électrique stable.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les projets menés dans le domaine de la culture de la spiruline à Port-Au-Prince montrent que cette culture représente un atout pour les pays en développement situés entre les 35^{ème} parallèles au niveau :

- De la santé (malnutrition), notamment pour les enfants
- De la gestion des ressources en eau, par la production de protéines à basse consommation d'eau
- Du développement économique local par le développement d'un marché et d'emplois créés
- Du développement de l'exportation par le commerce international

Ils mettent cependant en évidence la difficulté de travailler avec les pays en développement, tant du point de vue de l'organisation que du point de vue opérationnel.

En découle le besoin en formations pratiques afin d'amener les entrepreneurs potentiels à un niveau qui leur permettra une mise en place et une exploitation fructueuse de fermes de spiruline.

Une autre voie se situe au niveau du développement de la recherche, en promouvant des thèses de doctorats de chercheurs haïtiens sur le sujet, ainsi que, in fine, l'instauration d'une école doctorale à la FAMV, qui permettra à l'UEH de former ses propres doctorants, notamment sur les thèmes ouverts par la culture de spiruline.

RÉFÉRENCES

- ARMAND F., 2013. Les lacs collinaires : une composante essentielle dans le système de contrôle du processus de tarissement des sources de Saut-d'Eau. Journées Portes ouvertes de PAFHA, 12 octobre 2013. slide 8
- DENGIS C. & MAGERMANS P., 2016 (1^{ère} éd.). Formation Ferme Artisanale de Culture de Spiruline. Aquapôle-ULg, FAMV-UEH.
- FOX R.D., 1999 (2^{ème} éd.). Spiruline, Technique pratique et promesse, Ed. Édisud, Saint-Rémy-de-Provence.
- JOURDAN J.P., 2016. Cultivez votre spiruline, Manuel de culture artisanale de la spiruline. Téléchargeable depuis <http://spirulinefrance.free.fr/lespetitesnouvel.html>.
- MEKONNEN M. & HOEKSTRA A., 2012. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products, *Ecosystems*, 15: 401-415 DOI: 10.1007/s10021-011-9517-8.
- OGATO T., KIFLE D., FETAHI T. & SITOTAW B., 2013. Evaluation of growth and biomass production of *Arthrospira* (*Spirulina*) *fusiformis* in laboratory cultures using waters from the Ethiopian soda lakes Chitu and Shala, *J. Appl. Phycol.* 26 : 2273-2282, DOI 10.1007/s10811-014-0251-4
- PLANCHON G. & FUENTES C., 2003 (éd. 2014). *La spiruline pour tous, culture familiale*, Ed. Passerelle Éco, La Chapelle-sous-Uchon.
- SILI C., TORZILLO G. & VONSHAK A., 2012. Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time, B.A. Whitton (ed.), DOI: 10.1007/978-94-007-3855-3_25 through ResearchGate.net, pp. 677-705
- ZARROUK C., 1966. Contribution à l'étude d'une cyanophyceae. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et photosynthèse de *Spirulina maxima* Geitler. Thèse de Doctorat en Sciences Appliquées. Université de Paris. pp. 4-5