

**Colloque international : « Les Cyanobactéries pour la Santé,
la Science et le Développement »
3 – 6 mai 2004, Ile des Embiez (Var)**

Loïc Charpy¹, Marie José Langlade¹, Nardo Vicente²

¹ IRD, UR099 COM, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille lcharpy@com.univ-mrs.fr

² Aix-Marseille 3, Institut Océanographique Paul Ricard (IOPR) Nardo.Vicente@univ.u-3mrs.fr



CONTEXTE



Le groupe des cyanobactéries anciennement appelées algues bleues puis cyanophycées forme l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène. Une des caractéristiques des cyanobactéries est qu'elles possèdent des chloroplastes, siège de la photosynthèse, recouverts de granules protéiques associées à une partie pigmentaire, ce qui donne les phycobiliprotéines. Outre la photosynthèse, ils assurent deux autres fonctions: la respiration et, chez certaines espèces, la fixation de l'azote atmosphérique, propriété qui a fait utiliser certaines Cyanophycées (*Anabaena*, *Nostoc*) comme engrais verts au même titre que les Légumineuses.

Les Spirulines sont des cyanobactéries filamenteuses qui appartiennent au genre *Arthrospira* ou *Spirulina* selon les auteurs. Elles poussent naturellement dans les eaux alcalines de certains lacs de la zone inter-tropicale et sont consommées depuis des siècles par certaines populations.

Dans les années soixante-dix, l'ORSTOM (actuellement IRD) s'est intéressé à la Spiruline à l'occasion d'un programme portant sur les

lacs de la région du Kanem (Tchad). Les travaux de A. Ittis sont parmi les premiers à décrire son habitat et sa biologie. Un nutritionniste, F. Delpeuch, a analysé les qualités nutritionnelles de cet organisme.



L'ORSTOM ainsi que d'autres instituts français a abandonné ces recherches dans les années 80. La communauté scientifique internationale et des

industriels a pourtant continué à étudier la Spiruline, intéressée par son impressionnante teneur en protéines, ainsi que sa vitesse de croissance, dans des milieux totalement minéraux. Mais les Spirulines sont aussi riches en micronutriments, en bêta-carotène (à partir duquel est formée la vitamine A), en fer, en vitamine B12, en acides gras.

Compte tenu de ses caractéristiques, la culture de la Spiruline pourrait être une solution pour améliorer la santé humaine, la nutrition, notamment celle des pays du Sud et également pour développer des cultures industrielles.

Des ONG utilisent depuis de nombreuses années la Spiruline pour lutter contre la malnutrition sur tous les continents. Par contre, la Spiruline apparaît absente de la stratégie de

lutte contre la malnutrition des nutritionnistes français et internationaux (notamment de tous les organismes internationaux des Nations Unies comme l'OMS et l'UNICEF).

De grandes entreprises chinoises, indiennes, chiliennes et américaines se sont déjà lancées dans la culture industrielle de cet organisme.

C'était le moment opportun pour l'IRD et le l'institut Océanographique Paul Ricard (IOPR) de faire un point sur la question : La culture des cyanobactéries (en l'occurrence la Spiruline puisqu'elle est la seule reconnue comme aliment non traditionnel) pour la production de micronutriments est-elle une solution valable pour la santé humaine et le développement des pays du Sud ?

DEROULEMENT DU COLLOQUE

Date, lieu et financements

Ce colloque était organisé par Loïc Charpy directeur de l'UR099 (Cyano) de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et Nardo Vicente professeur à l'Université Aix Marseille 3 et directeur scientifique de l'Institut Océanographique Paul Ricard (IOPR). Il s'est déroulé du 3 mai 2004 à 9h au 6 mai à 12h dans la salle Marcel Pagnol sur l'île des Embiez (Var).



Les financements provenaient de l'IRD, de l'IOPR, de la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée, du Conseil Régional Provence Côte d'Azur (PACA) et des droits d'inscription.



Les participants

Environ 120 personnes dont près de la moitié d'étrangers ont assisté au colloque. Dix-neuf pays étaient représentés.

Les participants se répartissaient en :



✓ Une quarantaine de scientifiques appartenant à 16 laboratoires dont 2 UR de l'IRD (99 et 106) et 4 scientifiques de l'IOPR

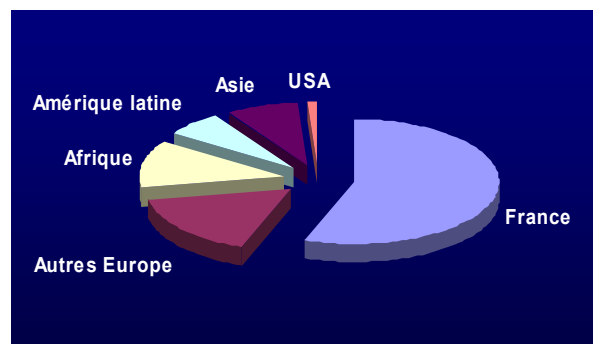
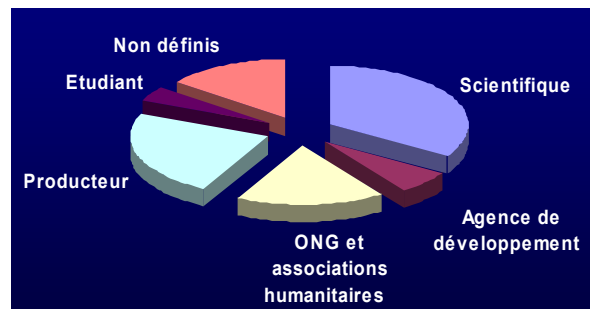
✓ Une dizaine de professionnels de la santé,

✓ Une vingtaine de membres d'ONG appartenant à 9 ONG,

✓ Une vingtaine de producteurs déclarés appartenant à une dizaine d'entreprises ou de personnes intéressées par la production commerciale,

✓ Une dizaine d'étudiants,

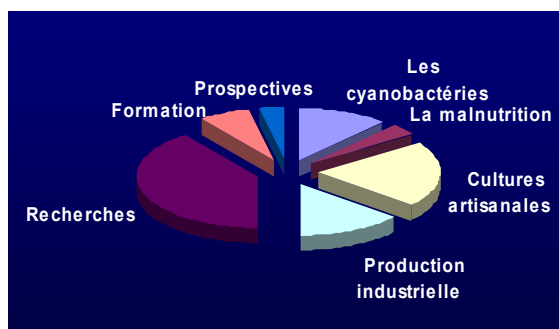
✓ Une vingtaine de personnes sans étiquette déclarée.



Les thèmes abordés

La très grande majorité des résumés envoyés avant le colloque portaient sur la Spiruline. Sept thèmes ont été abordés sous forme de 24 communications orales, de 27 affiches, de 4 tables rondes, de présentations de 3 ouvrages et d'un logiciel :

- ✓ Les cyanobactéries : systématique, génétique, métabolisme, toxicité
- ✓ La malnutrition
- ✓ Cultures artisanales
- ✓ Production industrielle et semi industrielle
- ✓ Exemples de recherches scientifiques sur la Spiruline
- ✓ Formation
- ✓ Prospectives



Les tables rondes ont porté sur :

- ✓ La Spiruline comme outil pour lutter contre la malnutrition des pays du Sud
- ✓ La Spiruline comme complément alimentaire pour la santé
- ✓ Echange d'expériences sur les procédés de cultures artisanales de Spiruline
- ✓ Implications potentielles de l'IRD et de l'IOPR dans le développement



SYNTHESE

Quels sont les apports de ce colloque pour la Santé, la Science et le Développement ?

Science et santé

Le génome de la Spiruline

A. Wilmotte (Belgique) a étudié la diversité génétique du génome d'*Arthrospira* sur 50 souches provenant de 4 continents. En utilisant les outils moléculaires, elle arrive à la conclusion qu'il existe seulement une ou deux espèces génétiques parmi ces souches. Cela laisse supposer que le nombre d'espèces de ce genre est réduit.



Cheng Cai Zhang rapporte les avancées du Beijing Genomics Institute sur le séquençage partiel du génome d'une souche de Spiruline. Les informations génomiques obtenues (95% de l'information) fournissent des données utiles pour une meilleure compréhension du potentiel biotechnologique de cette cyanobactérie.

Composition de la Spiruline

La présentation orale d'E. Gaydou (France) et les affiches présentées confirment la richesse de la Spiruline en protéines, micronutriments et autres molécules particulièrement intéressantes pour la santé. E. Gaydou constate que la composition de la Spiruline varie selon la souche et le milieu de croissance.

Non toxicité de la Spiruline

La Spiruline n'est pas toxique. En effet, elle ne possède pas les gènes qui assurent la synthèse des toxines de cyanobactéries. Par contre, de nombreuses autres cyanobactéries sont toxiques mais le milieu très alcalin dans lequel pousse la Spiruline, ne leur permet pas de se développer. Aucun cas avéré d'intoxication par la Spiruline n'a été rapporté.



Amélioration des systèmes de culture

Des recherches visant à optimiser les systèmes de culture et à les adapter aux pays du Sud en simplifiant la technologie et diminuant les coûts ont été présentés dans différentes communications. Ainsi, l'utilisation de l'eau de mer comme base du milieu de culture a été étudiée dans le sud de Madagascar par T. Jarisoa. Ses résultats montrent que ce type de culture est parfaitement viable et pourrait être utilisé dans des régions côtières à faible ressource en eau douce. H. Ben Ouada (Tunisie) analyse la physiologie de la Spiruline

cultivée expérimentalement en eau de mer. Malgré une baisse de la productivité il constate une augmentation de la teneur en β -carotène et phycobiliprotéines. T. Sotiroudis (Grèce) lance un projet industriel basé sur l'utilisation de l'eau de mer mélangée à des eaux géothermiques pour obtention de phycocyanine.



Au Chili, F. et A. Ayala proposent des systèmes modulaires qui permettent à de petites exploitations de se développer progressivement.

Au Brésil, l'équipe de J. Costa présente un système performant constitué d'un photobioréacteur fermé à récoltes partielles. Cette équipe propose aussi l'utilisation du glucose comme source de carbone pour la Spiruline ainsi qu'une production en bassin ouvert avec ajout de 20 % de milieu de culture Zarrouk. Elle observe aussi que l'éclairage en milieu naturel est préférable à l'éclairage aux UV quelque soit leur longueur d'onde.



En France, J.B. Gros analyse les besoins en minéraux pour la croissance de la Spiruline et suggère un milieu minimum en simplifiant le milieu de Zarrouk.

Effet de l'ingestion de Spiruline

De nombreuses expériences présentées concluent à l'effet positif de la Spiruline sur :

- ✓ La lutte contre la malnutrition des enfants (Dr Degbey, Niger ; R. Adoukpe, Bénin ; Antenna, Inde), Madagascar (Mme Ravelo) ; Burkina Faso (D. Oudraogo)
- ✓ La diminution du cholestérol (J. Costa, Brésil ; Jian-Hong LI, Chine)
- ✓ Le renforcement du système immunitaire (A. Belay, USA ; Jian-Hong LI, Chine)
- ✓ La réduction du diabète (Jian-Hong LI, Chine)
- ✓ La réduction de l'obésité (S. Thomas, Inde)
- ✓ L'amélioration des capacités sportives (Dr J.L. Vidalo)

Cependant, beaucoup d'expériences, notamment sur la malnutrition, n'ont pas donné lieu à des publications dans des revues spécialisées. Ceci, en raison des difficultés pour les ONG à publier dans de telles revues et

par manque de moyens humains et financiers pour appliquer des protocoles expérimentaux adaptés. La conséquence est le scepticisme des chercheurs nutritionnistes sur l'intérêt de la Spiruline comme moyen de lutte contre la malnutrition et les carences en micronutriments dans les pays en développement.

La Spiruline dans la pharmacopée

La Spiruline fait déjà partie de la pharmacopée de plusieurs pays. Plusieurs présentations orales et affiches développent les résultats de la recherche portant sur l'activité bénéfique de certains composants de la Spiruline.

Ainsi, la présentation de A. Belay (USA) rapporte que la Spiruline semble réguler favorablement le système immunitaire en augmentant l'activation macrophage, l'activité des cellules T et l'activité des cellules naturellement destructrices. Il a aussi été démontré que la Spiruline augmente la production de gamma interféron, ce qui peut éventuellement rendre les virus inactifs, que l'eau extraite de la Spiruline avait une activité antivirale contre notamment le virus humain immunodéficient (HIV-1) et le virus simplex de l'herpes (HSV-1). Les polysaccharides sulfatés polyanioniques de la Spiruline sont aussi des candidats potentiels aux microbicides anti-HIV

E. Gaydou (France) fait ressortir l'intérêt biologique relatif aux phycocyanines et allocyanines en raison de leurs propriétés anti-oxydantes. Pour ce qui est de la teneur en vitamines, une douzaine d'entre elles ont été quantifiées. Cet ensemble de résultats est en faveur d'une utilisation de *S. platensis* comme supplément aux aliments en protéines, acides gras essentiels et en vitamines. De nombreux brevets ont été déposés dans ce domaine.

Pour Jian-Hong LI (Chine), les polysaccharides provenant de la Spiruline sont des composants très efficaces. Parmi ses nombreuses fonctions il cite l'amélioration de l'immunité, l'affection directe les cellules non spécialisées hématopoïétiques, l'inhibition du développement des tumeurs et des cellules de Hela.

S. Thomas (Inde) nous a présenté des études sur les animaux qui ont porté sur l'action de la Spiruline sur l'hyperlipidémie, l'hépatotoxicité induite par l'ingestion d'alcool ou les médicaments anti-tuberculose et ses effets anti-stress. Sur le marché local (Inde), plus de 50 compagnies pharmaceutiques assurent la promotion de la Spiruline comme complément de régime.

J. Costa (Brésil) a étudié l'ajout de Spiruline dans l'alimentation des lapins. Il observe une

diminution du taux de sérum cholestérol. En outre, il suppose que *S. platensis* a un rôle régulateur au regard de la surexpression de la P-glycoprotéine de cellules tumorales humaines.

Autres utilisations de la Spiruline

La Spiruline est utilisée en Asie dans la cosmétique (rouge à lèvres, crayons pour souligner les yeux) et comme colorants alimentaires (chewing-gums, produits laitiers, sorbets et gelées). Les phycobiliprotéines qui sont impliqués dans cet usage et des expériences d'extraction de ces protéines à partir de la Spiruline ont été réalisées au Brésil par J. Costa.

La Spiruline peut être utilisée pour épurer des eaux usées au Brésil (J. Costa).

Certaines protéines de l'excrétât de Spiruline possèdent une activité bactéricide (L. Trabelsi, Tunisie).

Le médecin J.L. Vidalo (Institut Hippocrate) explique que la structure moléculaire de la phycocyanine présente une structure quasi similaire à l'érythropoïétine, le cœur de l'hémoglobine sanguine humaine. Elle permet à l'organisme de conserver des réserves d'oxygène suffisantes au sein du globule rouge et lui assure un fonctionnement plus "confortable" même dans des situations d'effort intense.

La Spiruline et le développement

Le développement d'un pays passe par la santé, la formation, et l'amélioration de son économie. Nous avons vu précédemment les recherches portant sur la Spiruline et ses effets bénéfiques sur la santé. Nous posons la question : La culture de la Spiruline peut-elle être un outil pour le développement ?

Lutte contre la malnutrition



La lutte contre la malnutrition est logiquement réalisée par les Etats qui s'appuient sur les recommandations d'experts internationaux. Ces experts développent des recherches sur les stratégies d'intervention permettant d'améliorer le statut en micronutriments des populations. Si l'enrichissement d'aliments en micronutriments est une des approches évaluée c'est loin d'être la seule et l'approche alimentaire notamment la diversification visant à la bonne utilisation des disponibilités alimentaires fait aussi partie de leurs préoccupations.

Cependant, les difficultés financières et humaines des états font que des urgences apparaissent et suscitent l'action des ONG. Celles présentes à ce colloque préconisent l'ajout de quelques grammes de Spiruline dans les aliments traditionnels. Cette Spiruline est généralement cultivée au voisinage de dispensaires.

Quelle stratégie choisir ? Assurément la plus efficace. La Spiruline peut-elle être une solution ?

La Spiruline peut être légalement commercialisée comme aliment ou complément alimentaire tant qu'elle est étiquetée correctement et qu'elle ne contient pas de substances contaminées ou altérées (Food Drug Administration, Etats Unis).



Ses avantages sont :

- ✓ une production naturelle, locale, à échelle variable, possédant l'essentiel des micronutriments,
- ✓ une très bonne conservation du produit une fois séché, sans chaîne de froid.

Les inconvénients sont :

- ✓ la relative difficulté de la technique de culture d'où nécessité d'une assistance au moins au départ,
- ✓ la difficulté à s'approvisionner en intrants (urée, phosphate, fer) dans certains pays,
- ✓ le coût de la culture.

Des exemples de réussite de culture pérennes ont été rapportés par des ONG dans des camps de réfugiés tibétains (P. Calamand) et dans différents pays d'Afrique (C. Darcas, R. Adoukpe, D. Oudraogo, V. Ravelo). Le prix de revient du Kg de Spiruline varie entre 2 € aux Indes (Madras) et 10 € à Madagascar (Toliara).



L'acceptation de la Spiruline par les humains peut être augmentée en l'utilisant mélangée avec de la nourriture (soupes instantanées, pâtes, dessert chocolatés, gelée, boissons et gâteaux). Ajoutée à une dose de 1g par portion, elle n'altère pas le goût (J. Costa). Cependant, la quantité de micronutriments présents dans 1 g de Spiruline est insuffisante pour le Fer.

Il appartient aux nutritionnistes de répondre à la question posée. En effet, ils ont les moyens d'évaluer les coûts et les effets des programmes de nutrition en prenant en compte les spécificités locales. Notre objectif est d'attirer leur attention sur cet organisme comme candidat potentiel à une stratégie d'amélioration de la nutrition.

Formation



La culture de la Spiruline n'est pas traditionnelle et requiert des connaissances donc de la formation. Les différentes échelles de cultures possibles de la Spiruline ont porté la formation à différents niveaux : par des chimistes et biologistes (JP Jourdan et R Fox), par des ONG à l'intention des personnes sans aucune formation (Idées Bleues, Antenna, Technap, Targuinca), par un paysan producteur (P. Calamand), par un lycée agricole (CFPPA, G. Grillet). Un projet expérimental en Camargue (N. Vicente, IOPR).



Des grands producteurs de pays émergents comme la famille Ayala (Chili) propose une aide technique aux pays du Sud pour développer leur production de Spiruline, dans l'esprit d'une « coopération Sud-Sud ».

Toutes ces formations vont élever le niveau des ressortissants du Sud qui pourront transmettre leur savoir faire dans leurs communautés.

Développement économique

La culture de Spiruline est particulièrement adaptée aux pays du Sud en raison de son optimum de température de 35°C.

Les systèmes de cultures peuvent être simples (bâches de camion sur des remblais en terre) ou sophistiqués (photobioréacteurs). Les recherches entreprises pour optimiser les cultures devraient permettre de diminuer fortement les coûts.

L'action multipliée des ONG sur le terrain a fait connaître et accepter la culture de la Spiruline à un certain nombre de paysans du Sud, sur tous les continents.

On peut envisager que les productions de Spiruline dans les pays du Sud puissent être exportées vers les pays riches dont les besoins semblent ne pas être satisfaits par la production mondiale actuelle (estimée entre 2000 et 3000 tonnes par an).

CONCLUSIONS



La Spiruline, de par sa composition (en micronutriments, pigments, vitamines, fer, acides gras essentiels), la biodisponibilité de ces composants, son acceptabilité et sa non toxicité, est utilisable pour l'alimentation

humaine et, de fait, depuis longtemps utilisée en tant que telle à petite échelle.

Sa culture, particulièrement adaptée aux conditions climatiques des pays du Sud, est réalisable à plusieurs échelles. Les systèmes de culture peuvent être adaptés aux ressources locales (eau de mer, type d'engrais, degré de technicité, facteur humain).

Ces avantages ont incité plusieurs ONG à créer avec succès de nombreuses unités de cultures dans différents continents et à promouvoir la Spiruline.

Son utilisation dans une stratégie de lutte contre la malnutrition est de la responsabilité des gouvernements et des nutritionnistes.

Les exemples de réussite des cultures industrielles réalisées dans des pays émergents (Inde, Chili, Chine) démontrent la faisabilité et la rentabilité de telles entreprises. Les niveaux de technicité requis sont à la portée d'autres pays du Sud. La demande mondiale en Spiruline apparaît en pleine expansion. Toutes les conditions semblent réunies pour que les pays du Sud se lancent dans ce type de production.

Les recommandations qui ont émergé des tables rondes et de la discussion finale sont :

- ✓ Continuer les recherches sur :
 - Les composants de la Spiruline, leur extraction et leur biodisponibilité.
 - L'amélioration des systèmes de culture
- ✓ Développer la formation
- ✓ Promouvoir la coopération Sud-Sud
- ✓ Convaincre les nutritionnistes de l'intérêt de la Spiruline, notamment en rédigeant une synthèse bibliographique critique des effets de la spiruline sur la santé et l'état nutritionnel des populations ainsi que sur la faisabilité de sa culture.
- ✓ Encourager la culture industrielle dans les pays du Sud

Les actes de ce colloque seront publiés dans "Mémoires de l'Institut Océanographique Paul Ricard", rattaché à la revue "Marine Life".