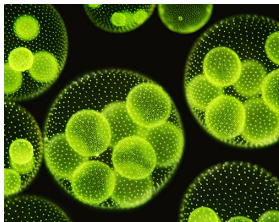


La spiruline : a star is born (a long time ago)

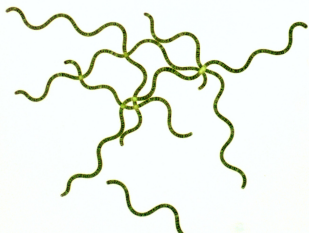
Thomas de Marchin

Laboratory of bioenergetics (F.Franck), ULg

06/05/14



- Organismes unicellulaires, parfois groupés en colonies
- Organismes eucaryotes ou procaryotes
- Produisent la moitié de l'oxygène atmosphérique
- Classification sur base de la couleur (contenu pigmentaire):
 - Chlorophycées (algues vertes)
 - Rhodophycées (algues rouges)
 - Cyanophycées (algues bleues, cyanobactéries)



- Spiruline : Filaments spiralés de couleur vert-bleu (phycocyanine)
- Cyanobactéries (3,5 milliards d'années)
- Genre *Arthrospira* *Spirulina*
- Spiruline : 1,3 milliards d'années
- Prospère naturellement dans les lacs alcalins salés des régions chaudes du globe ($T \simeq 35^{\circ}\text{C}$)
- $9 < \text{pH} < 11 \rightarrow$ avantage pour éviter les contaminations!

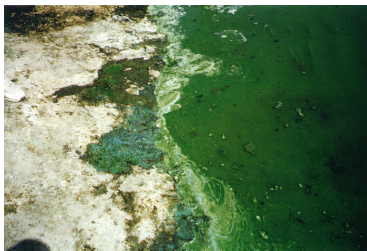
- Source de nourriture pour les Aztèques : Tecuitlatl²



Figure : Codex de Florence (16ème siècle) montrant comment les Aztèques récoltaient la spiruline et la séchaient pour en faire des gâteaux.

- Utilisation peut-être plus ancienne au Tchad (Empire du Kanem : 9ème siècle).
- Redécouverte par les européens en 1950 au Tchad.

La spiruline pousse spontanément dans certains lacs :



Récolte et transfert :



Photographies prises par Michel Brouers

Séchage au soleil :



Découpe et vente sur les marchés :



Photographies prises par Michel Brouers

Brandily (ethnologue cinéaste): « Depuis des lustres, une tribu primitive du Tchad exploite la nourriture de l'an 2000 ».

• Cultures industrielles
Earthrise (Californie) :



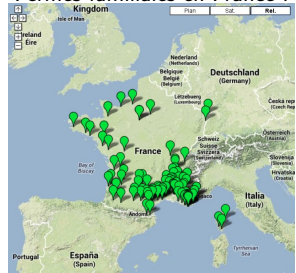
Cyanotech (Hawaï) :



• Cultures à moyenne échelle :
Fermes humanitaires (Haïti, ASBL Cubia) :



Fermes familiales en France :



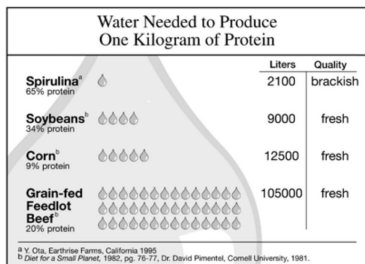
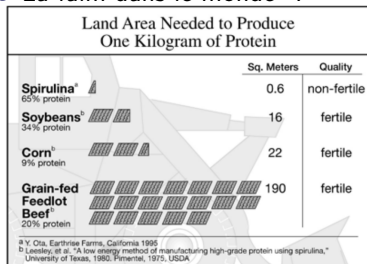
- Intérêt pour l'alimentation humaine³ :

Riche en :

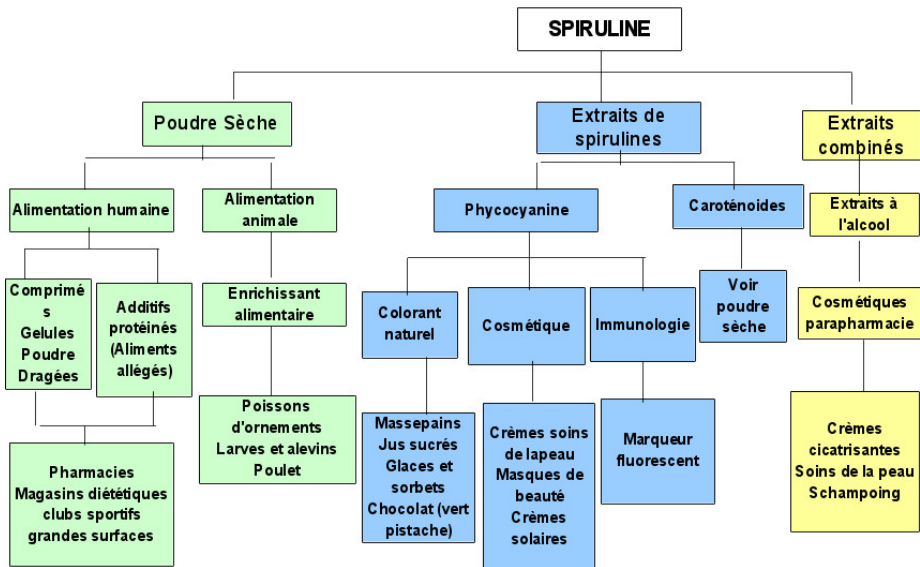
- vitamines et bêta-carotène
- sels minéraux et oligo-éléments
- acide γ -linoléinique (vieillesse cutané et l'hydratation de la peau)
- Phycocyanine (activateur du système immunitaire et anti-vieillesse)
- chlorophylle (favorise l'absorption du fer)
- SOD (anti-oxydant)

aliment	% protéines
spiruline	65
oeuf	47
levure	45
boeuf	22
poisson	22

- La faim dans le monde⁴ :



VOIES DE VALORISATION ACTUELLES DE LA SPIRULINE



Reproduit avec l'aimable autorisation du Dr. Fabrice Franck



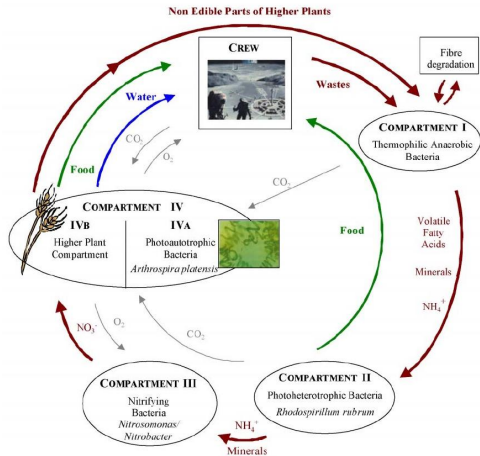
Produits commercialisés par la société Bioprex (ULg) dans les années 80-90

Lady cyclic → préserve l'harmonie et le bien-être

Hair food → facteur nourrissant des cheveux et des ongles

Mission to Mars : aller-retour (360 jours) + séjour sur place (550 jours) = 910 jours.

Que faire des déchets et comment nourrir les astronautes?
 → MELiSSA (The European project of Closed Life Support System)⁵



Pourquoi la Spiruline?

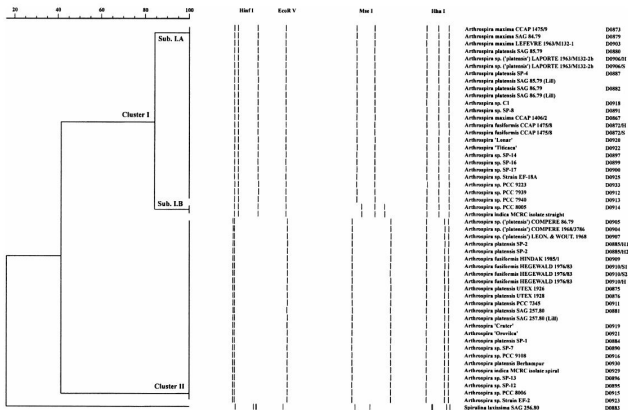
- facilité de culture
- croissance rapide
- vertus alimentaires
- résistance aux radiations¹ = 5000 Gy. Bactéries = 150 Gy. Homme = 8 Gy.

- Confusion sur l'existence de plusieurs espèces ou sous-espèces : *A. fusiformis*, *A. geitleri*, *A. indica*, *A. jenneri*, *A. maxima*, *A. platensis*
- Apparition spontanée de Spirulines droites :



Photographies prises par Besma Baccouche

Annick Wilmotte : analyse phylogénétique de 51 souches provenant de 4 continents⁸ :



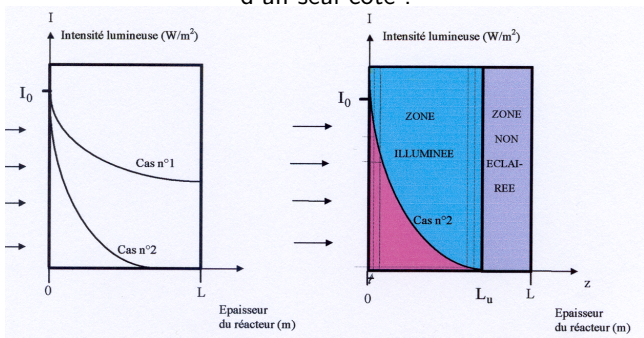
Malgré la dispersion géographique :

- 16s rRNA : une espèce
- ITS : deux espèces

Quels sont les paramètres importants pour réaliser une bonne culture?

- **La pénétration de la lumière**
- L'activité photosynthétique
- La température
- **La densité cellulaire**
- La vitesse d'agitation
- **La composition du milieu**

Modélisation de la pénétration de la lumière dans un réacteur rectangulaire éclairé d'un seul côté :



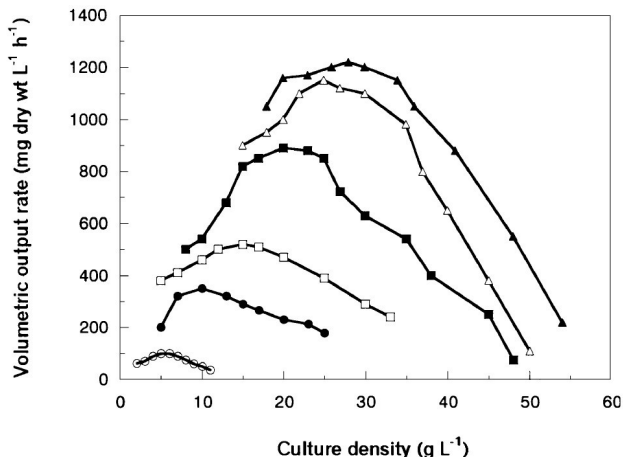
Gauche:

- Cas n°1: faible densité cellulaire → excès de lumière.
- Cas n°2: forte densité cellulaire → manque de lumière

Droite: en cas de limitation par le transfert de lumière (cas n°2) → les algues non exposées ne photosynthétisent pas et respirent → perte de biomasse

La densité cellulaire optimale augmente avec l'intensité lumineuse :

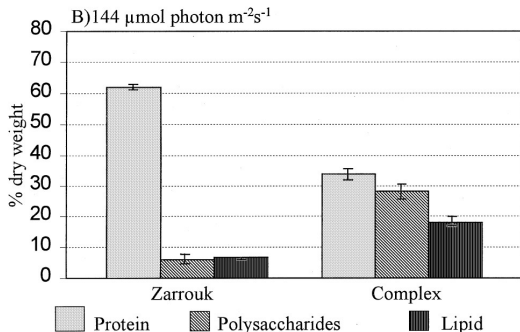
Qiang et al. 1998⁷ :



Intensités lumineuses: 270, 740, 1200, 2000, 6000, 8000 μmol.m⁻².s⁻¹

La composition du milieu de culture influence la composition en protéines, polysaccharides et lipides

Olguín et al. 2001⁶ :



Milieu complexe : eau de mer + déchets d'élevages de porcs → Carence en N.

Remerciements :

- Les tribus Tchadiennes et les Aztèques
- Dr. Franck, F.
- Dr. Dangeard, P.J.L. : botaniste français
- Dr. Léonard, J. : botaniste bruxellois
- Dr. Compère, P. : botaniste bruxellois
- Dr. Farrar, W. V. : botaniste Anglais
- Dr. Ripley D. et Denise Fox : vie dédiée au à la Spiruline pour lutter contre la malnutrition.

- [1] Hanene Badri, N. Leys, and Ruddy Wattiez. “Effects of artificial light and ionizing radiation on photosynthetic cyanobacterium *Arthrospira* sp. PCC 8005 used for oxygen and food production in space”. In: (2011).
- [2] Bernal Díaz del Castillo. La découverte et la conquête du Mexique, 1517-1521. London: Routledge, 1928, p. 300.
- [3] Jean Dupire. La spiruline : Un superaliment. Français. Paris: Guy Trédaniel éditeur, Jan. 2011. ISBN: 9782813202154.
- [4] Robert Henrikson. “Earth food spirulina”. In: Laguna Beach, CA: Ronore Enterprises, Inc (1989).
- [5] Ch Lasseur et al. “MELiSSA: the European project of closed life support system”. In: Gravitational and Space Research 23.2 (2011).
- [6] Eugenia J. Olgúin et al. “The effect of low light flux and nitrogen deficiency on the chemical composition of *Spirulina* sp.(*Arthrospira*) grown on digested pig waste”. In: Bioresource technology 77.1 (2001), pp. 19–24.
- [7] Hu Qiang, Yair Zarmi, and Amos Richmond. “Combined effects of light intensity, light-path and culture density on output rate of *Spirulina platensis* (Cyanobacteria)”. en. In: European Journal of Phycology 33.2 (May 1998),

pp. 165–171. ISSN: 0967-0262, 1469-4433. DOI:
10.1080/09670269810001736663.

- [8] Patsy Scheldeman et al. “Arthrospira (‘Spirulina’) strains from four continents are resolved into only two clusters, based on amplified ribosomal DNA restriction analysis of the internally transcribed spacer”. In: FEMS microbiology letters 172.2 (1999), pp. 213–222.