

Spiruline: quelques bases scientifiques...

Généralités sur les cyanobactéries

Les cyanobactéries forment l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène. Elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires; dans ce dernier cas, leurs cellules s'arrangent en amas de type colonies ou, le plus souvent, en filaments composés de cellules alignées (ces filaments sont appelés trichomes). La taille des cellules de cyanobactéries se situe généralement entre 1 et 10 microns. Leur paroi est de type Gram-négatif classique. Ce sont de vrais procaryotes (organismes dépourvus de membrane nucléaire), malgré leur système photosynthétique proche de celui des eucaryotes car contenant de la chlorophylle-a et un photosystème II (PS-II). Ce photosystème, ainsi que les pigments photosynthétiques, les pigments accessoires et les composants du transport d'électrons sont inclus dans des membranes thylacoïdes comportant des granules dites "phycobilisomes". Ces granules contiennent en particulier un pigment essentielle au transport de l'énergie vers le PS-II, la phycocyanine: une protéine contenant un groupement prostétique de type polypyrrrole qui lui confère une magnifique couleur bleue, ainsi qu'une fluorescence rouge exceptionnellement efficace. Les cyanobactéries assimilent le carbone à travers le cycle de Calvin et stockent énergie et carbone sous forme de glycogène. Les cyanobactéries varient considérablement dans leurs schémas métaboliques, elle ont en commun l'absence de cycle de Krebs complet. Beaucoup de cyanobactéries, surtout parmi les filamenteuses, sont capables de réduire ("fixer") l'azote de l'air, grâce à des structures spécialisées appelées hétérocystes.

La plupart des cyanobactéries sont capables de se déplacer, soit à l'aide de vésicules gazeuses (dans les liquides) soit, dans le cas des cyanobactéries filamenteuses, par glissement (jusqu'à 25 microns par seconde) grâce à des microfibrilles.

La reproduction s'effectue par scission simple ou multiple, par bourgeonnement ou encore par fragmentation au hasard. Chez certaines espèces, des cellules spécialisées (akinètes) peuvent résister à la dessiccation puis "germer" lorsque les conditions redeviennent favorables.

Spirulina ou Arthrospira ?

Il existe malheureusement un véritable méli-mélo entre les termes Spiruline, Spirulina et Arthrospira. Ces confusions proviennent à la fois d'erreurs de déterminations scientifiques dans les années 1950 et de la dénomination commerciale de certaines cyanobactéries alimentaires. Voici les définitions que nous utilisons:

Spiruline :

MALNUTRITION

Nom commercial d'une cyanobactérie alimentaire appartenant toujours au genre *Arthrospira*.

Spirulina :

1. Nom commercial anglais d'une cyanobactérie alimentaire appartenant toujours au genre *Arthrospira*.
2. Nom scientifique d'un genre de cyanobactérie assez éloigné des *Arthrospira*. On connaît par exemple *Spirulina subsalsa*, *Spirulina major*, etc. Aucune cyanobactérie du genre *Spirulina* n'a été testée scientifiquement sous l'angle de l'alimentation humaine. Il n'existe aucun commerce de cyanobactéries du genre *Spirulina*. Les *Spirulina* sont des cyanobactéries filamenteuses comportant plusieurs dizaines de cellules alignées d'une manière fortement spiralée. Ces spirales sont souvent si "serrées" qu'elle apparaissent comme des bâtonnets de longueurs assez variables (typiquement 200-300 microns) et d'un diamètre proche de 5-6 microns (le filament "déroulé" aurait lui 2-3 microns de diamètre).

Arthrospira :

Nom scientifique d'un genre de cyanobactérie assez éloigné du genre *Spirulina* (beaucoup plus proche par exemple du genre *Lyngbya*). Le genre *Arthrospira* comprend l'ensemble des cyanobactéries alimentaires vendues sous le nom de spiruline (*spirulina* en anglais). Les *Arthrospira* sont des cyanobactéries filamenteuses comportant une ou plusieurs dizaines de cellules alignées d'une manière rectiligne ou plus ou moins spiralée. Ces filaments sont de longueurs assez variables (typiquement 100 à 200 microns) et d'un diamètre proche de 8-10 microns.

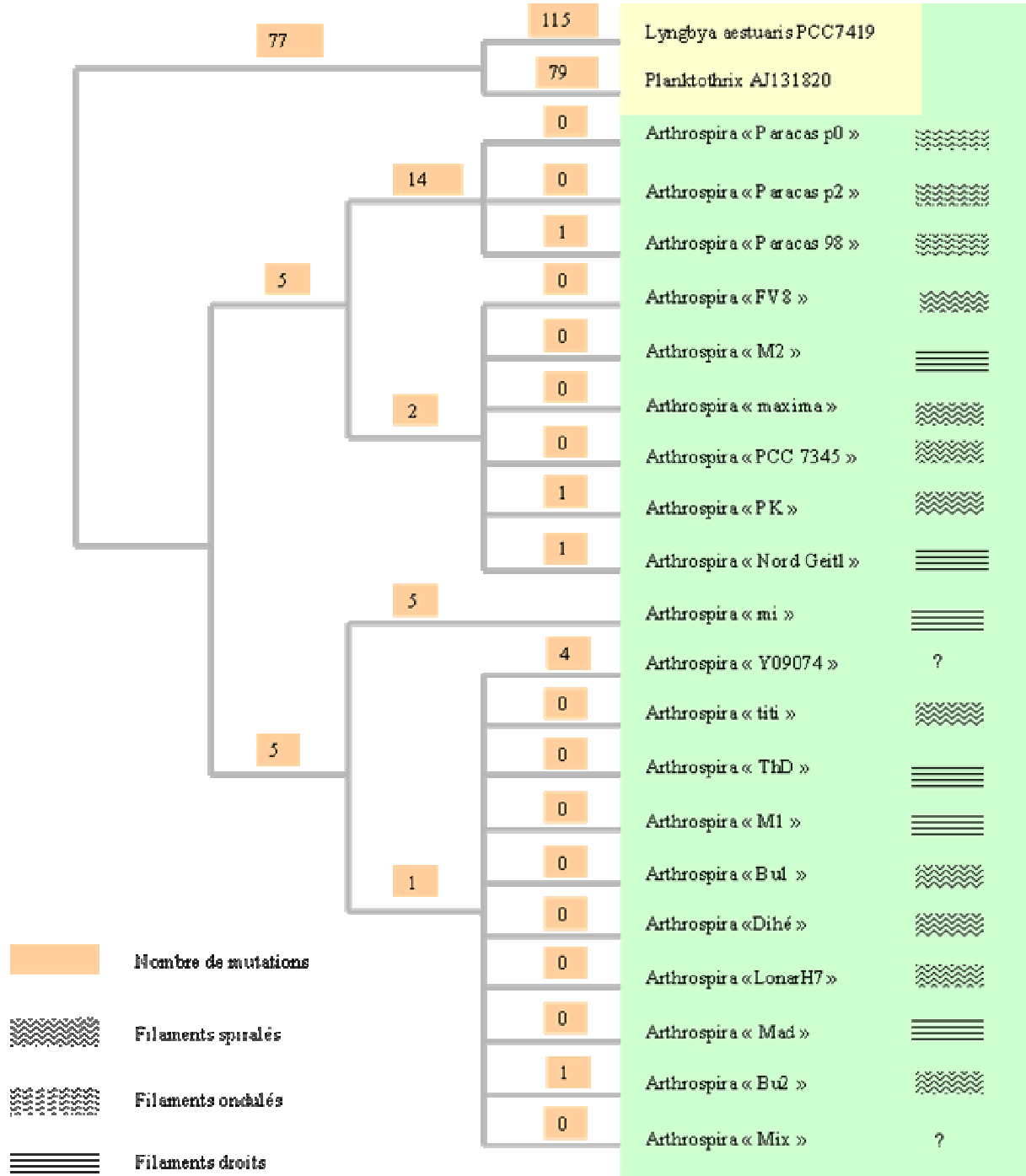
Taxonomie du genre *Arthrospira* parmi les cyanobactéries

Antenna Technology, en collaboration avec l'Université de Genève, a effectué un travail de classification de différentes souches d'*Arthrospira* connues, cultivées et parfois consommées à travers le monde. Ce travail, qui s'appuie sur l'analyse d'un fragment d'ADN hypervariable mais spécifique des cyanobactéries, démontre la très forte homogénéité du genre *Arthrospira*, même dans le cas de souches d'origines très éloignées ou de morphologies variées. Nous avons pu également démontrer que les genres les plus proches des *Arthrospira* étaient les genres *Planktothrix* puis *Lyngbya*.

La méthode développée pour cette recherche fournit également un excellent outil pour le contrôle de qualité des productions de "spiruline". L'analyse systématique d'échantillons cultivés en différents points du globe n'a jusqu'ici détecté aucune contamination par d'autres cyanobactéries, ce qui tendrait à démontrer l'efficacité du milieu de culture (très alcalin) comme barrière contre d'éventuels contaminants. Même certains échantillons de "spiruline" prélevés en milieu naturel, par exemple le "dihé" du Tchad (voir "historique de la spiruline"), se montrent remarquablement homogènes et ne comportent pas d'autres cyanobactéries que les *Arthrospira*...

MALNUTRITION

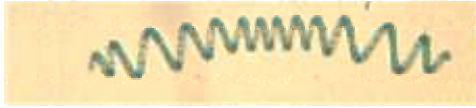
Classification d'une vingtaine de souches de "spiruline" (*Arthrospira* sp) d'après la séquence génétique d'un fragment d'ADN comprenant la région située entre deux gènes de phycocyanine (cpcB-cpcA spacer) :



MALNUTRITION

Morphologies typiques des Arthrospira :

Forme spiralee (type "Lonar")



Forme ondulée (type "Paracas")



Forme droite (type M2)



_____ : 0.1 mm

Biologie des Arthrospira :

Ce qui distingue le genre *Arthrospira* du reste des cyanobactéries, c'est sa niche écologique très particulière: ces microorganismes prolifèrent dans des eaux très minéralisées, extrêmement alcalines et chaudes. Ce sont des conditions qui excluent la plupart des autres êtres vivants. Le développement des *Arthrospira* dans de tels milieux renforce encore cet effet d'exclusion par trois phénomènes:

En consommant les carbonates et bicarbonates de son milieu, les *Arthrospira* tendent à augmenter encore l'alcalinité du liquide (jusqu'à frôler un pH de... 12.5 !)

Très pigmentée et souvent flottants, les filaments d'*Arthrospira* forment un écran très efficace privant de lumière solaire les rares algues qui pourraient s'accommoder de leur milieu de culture (comme la chlorelle, par exemple, une microalgue comestible qui prolifère parfois dans des cultures de spiruline trop peu concentrées)

Enfin, il a été démontré que les *Arthrospira* sont capables de sécréter des molécules de défense dans leur milieu de culture. Parmi ces molécules, l'une s'est montrée très active contre une vaste gamme de bactéries... Ce qui pourrait expliquer l'usage traditionnel d'emplâtres de "spiruline" sur des plaies gangrénées (Tchad).

Constituants physico-chimiques des Arthrospira

MALNUTRITION

N'étant pas une algue mais bien une bactérie, la "spiruline" est dépourvue de paroi cellulosique. D'un point de vue nutritionnel, c'est un énorme avantage car cela signifie que ce microorganisme est très facile à digérer par l'homme: ses constituants sont parfaitement assimilables sans qu'il soit besoin de le cuire ou de le traiter de quelque manière que ce soit. De cette façon, même les constituants les plus fragiles (vitamines, acides gras essentiels, etc) sont disponibles sans dégradation, surtout si la "spiruline" est consommée crue, ce qui est fortement conseillé (lorsque c'est possible, c'est-à-dire sur les lieux de production uniquement).

Plus de détails dans "Spiruline, aspects nutritionnels"