

Etude des grands groupes bactériens

Phylum *Cyanobacteria* (*Cyanobacteriota*)

Les cyanobactéries forment le groupe le plus vaste et le plus diversifié de bactéries photosynthétiques. Le site officiel <http://www.cyanodb.cz/> contenant une base de données sur les tous les genres identifiés décrit jusqu'à maintenant en se basant sur la taxonomie polyophsique. Cette base de données contient la description de 447 genres dont 427 sont valides et 1710 espèces dont 1640 sont validés sous International Code of Nomenclature of Prokaryotes (ICNP).

La diversité des cyanobactéries est reflétée dans la teneur en GC du groupe qui varie de 35 à 71%. Bien que les cyanobactéries soient des bactéries Gram-négatives, leur système photosynthétique ressemble étroitement à celui des eucaryotes parce qu'elles possèdent de la chlorophylle a et les photosystèmes I et II effectuant ainsi une photosynthèse oxygénique.

Tableau: taxonomie des cyanobacteries selon HAUER, T. & KOMÁREK, J. (2022): CyanoDB 2.0 - On-line database of cyanobacterial genera. - World-wide electronic publication, Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, <http://www.cyanodb.cz>.

	Phylum. <i>Cyanobacteria</i>	
	Classe. <i>Cyanobacteria</i>	
Ordre I. <i>Gloeobacterales</i>	Radiocystis	<i>Baradlaia</i>
Famille. <i>Gloeobacteraceae</i>	Famille. Microcystaceae	<i>Brachytrichiopsis</i>
Genre. <i>Anthocerotibacter</i>	Cyanocomperia	<i>Colteronema</i>
<i>Gloeobacter</i>	Microcystis	<i>Dictyophoron</i>
Ordre II. <i>Chroococcales</i>	Planktocyanoapsa	<i>Fischerella</i>
Famille. <i>Aphanothecaceae</i>	Sphaerocavum	<i>Fischerellopsis</i>
<i>Aphanothece</i>	Famille. Stichosiphonaceae	<i>Handeliella</i>
<i>Crocospaera</i>	Stichosiphon	<i>Hapalosiphon</i>
<i>Cyanoaggregatum</i>	Ordre III. <i>Chroococciopsidales</i>	<i>Chondrogloea</i>
<i>Dzensia</i>	Famille. Aliterellaceae	<i>Leptopogon</i>
<i>Halothece</i>	<i>Aliterella</i>	<i>Loefgrenia</i>
<i>Myxobaktron</i>	<i>Sinocapsa</i>	<i>Loriella</i>
<i>Picosynechococcus</i>	Famille. Chroococciopsidaceae	<i>Mastigocladus</i>
<i>Rippkaea</i>	<i>Chroococciopsis</i>	<i>Mastigocoleopsis</i>
<i>Rubidibacter</i>	<i>Pseudocyanosarcina</i>	<i>Mastigocoleus</i>
<i>Zehria</i>	<i>Haliplanktos</i>	<i>Matteia</i>
Famille. <i>Cyanothrichaceae</i>	<i>Speleotes</i>	<i>Neowestioellopsis</i>
<i>Johannesbaptistia</i>	Ordre IV. <i>Nostocales</i>	<i>Nostochopsis</i>
Famille. <i>Entophysalidaceae</i>	Famille. Aphanizomenonaceae	<i>Pelatocladus</i>
<i>Cyanoarbor</i>	<i>Amphiheterocytum</i>	<i>Reptodigitus</i>
<i>Cyanoplacoma</i>	<i>Anabaenopsis</i>	<i>Schmidleinema</i>
<i>Entophysalis</i>	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Spelaepogon</i>
<i>Chlorogloea</i>	<i>Cuspidothrix</i>	<i>Thalpophila</i>
<i>Paracapsa</i>	<i>Cyanospira</i>	<i>Westiella</i>
<i>Siphononema</i>	<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Westiellopsis</i>

<i>Trypanema</i>	<i>Dolichospermum</i>	Famille. <i>Heteroscytonemataceae</i>
Famille. <i>Geminocystaceae</i>	<i>Chryso sporum</i>	<i>Heteroscytonema</i>
<i>Annamia</i>	<i>Neocyanospira</i>	Famille. <i>Chlorogloeopsidaceae</i>
<i>Geminobacterium</i>	<i>Nodularia</i>	Heterocyanococcus
<i>Geminocystis</i>	<i>Raphidiopsis</i>	Chlorogloeopsis
Famille. <i>Gomphosphaeriaceae</i>	<i>Sphaerospermopsis</i>	Famille. <i>Microchaetaceae</i>
<i>Gomphosphaeria</i>	<i>Umezakia</i>	Calochaete
Famille. <i>Chroococcaceae</i>	Famille. <i>Calotrichaceae</i>	Camptylonemopsis
<i>Alborzia</i>	<i>Calothrix</i>	Microchaete
<i>Asterocapsa</i>	<i>Dulcicalothrix</i>	Famille. <i>Nostocaceae</i>
<i>Cryptococum</i>	<i>Capsosiraceae</i>	Aliinostoc
<i>Cryptochroococcus</i>	<i>Capsosira</i>	Amazonocrinis
<i>Cyanobacterium</i>	<i>Desmosiphon</i>	Anabaena
<i>Cyanokybus</i>	<i>Hyphomorpha</i>	Atlanticothrix
<i>Cyanosarcina</i>	<i>Letestuinema</i>	Aulosira
<i>Cyanostylon</i>	<i>Nematoplaca</i>	Compactonostoc
<i>Gloeocapsa</i>	<i>Stauromatonema</i>	Constrictifilum
<i>Gloeocapsopsis</i>	Famille. <i>Cyanomargaritaceae</i>	Cronbergia
<i>Gloeotheca</i>	<i>Cyanomargarita</i>	Cyanocohniella
<i>Hormotheca</i>	Famille. <i>Dapisostemonaceae</i>	Cylindrospermum
<i>Chalicogloea</i>	Dapisostemon	Dendronalium
<i>Chondrocystis</i>	Famille. <i>Fortiaceae</i>	Desikacharya
<i>Chroococcus</i>	Fortia	Desmonostoc
<i>Chroogloeocystis</i>	Famille. <i>Geitleriaceae</i>	Goleter
<i>Inacoccus</i>	Geitleria	Halotia
<i>Lightfootiella</i>	Famille. <i>Gloeotrichiaceae</i>	Hormothamnion
<i>Neochroococcus</i>	<i>Gloeotrichia</i>	Hydrocoryne
<i>Nephrococcus</i>	Famille. <i>Godleyaceae</i>	Isocystis
<i>Pseudocapsa</i>	<i>Godleya</i>	<i>Baradlaia</i>
<i>Pseudochroococcus</i>	<i>Toxopsis</i>	<i>Brachytrichiopsis</i>
<i>Pseudoncobyrsa</i>	Famille. <i>Hapalosiphonaceae</i>	<i>Colteronema</i>
Johanseniella	<i>Symphyonemopsis</i>	Famille. <i>Microcoleaceae</i>
Komarekiella	<i>Voukiella</i>	<i>Ammassolinea</i>
Macrospermum	Famille. <i>Tolypotrichaceae</i>	<i>Ancylothrix</i>
Minunostoc	Borzinema	<i>Arthrospira</i>
Mojavia	Coleodesmium	<i>Caldora</i>
Neowollea	Croatella	<i>Hydrocoleum</i>
Nostoc	Dactylothamnos	<i>Kamptonema</i>
Parakomarekiella	Hassallia	<i>Klisinema</i>
Pseudoaliinostoc	Kryptousia	<i>Lyngbyopsis</i>
Purpureonostoc	Rexia	<i>Microcoleus</i>
Richelia	Seguenzaea	<i>Oxynema</i>
Roholtiella	Spirirestis	<i>Planktothricoides</i>
Thiochaete	Streptostemon	<i>Planktothrix</i>
Trichormus	Tolypothrix	<i>Porphyrosiphon</i>
Violetonostoc	Parthasarathiella	<i>Pseudophormidium</i>
Wollea	Ordre V. <i>Oscillatoriales</i>	<i>Pseudoscillatoria</i>

Famille. Rhizonemataceae	Famille. Borziaceae	<i>Pseudoscytonema</i>
<i>Rhizonema</i>	<i>Borzia</i>	<i>Sirocoleum</i>
Famille. Rivulariaceae	<i>Proterendothrix</i>	<i>Symploca</i>
<i>Amphithrix</i>	<i>Sinaiella</i>	<i>Symplocastrum</i>
<i>Dichothrix</i>	Famille. Coleofasciculaceae	<i>Trichodesmium</i>
<i>Gardnerula</i>	<i>Allocoleopsis</i>	<i>Tychonema</i>
<i>Isactis</i>	<i>Anagnostidinema</i>	Famille. Oscillatoriaceae
<i>Kyrtuthrix</i>	<i>Arizonema</i>	<i>Aerosakkonema</i>
<i>Macrochaete</i>	<i>Coleofasciculus</i>	<i>Baaleninema</i>
<i>Nunduva</i>	<i>Crassifilum</i>	<i>Blennothrix</i>
<i>Phylonema</i>	<i>Crustifilum</i>	<i>Cephalothrix</i>
<i>Physactis</i>	<i>Edaphophycus</i>	<i>Dapis</i>
<i>Rivularia</i>	<i>Funiculus</i>	<i>Hillbrichtia</i>
<i>Sacconema</i>	<i>Gracilinea</i>	<i>Koinonema</i>
Famille. Scytonemataceae	<i>Kastovskya</i>	<i>Lyngbya</i>
<i>Brasilonema</i>	<i>Konicacronema</i>	<i>Microseira</i>
<i>Cyanopiothrix</i>	<i>Marmoreocelis</i>	<i>Moorena</i>
<i>Ewamiania</i>	<i>Olisthonema</i>	<i>Okeania</i>
<i>Chakia</i>	<i>Parifilum</i>	<i>Oscillatoria</i>
<i>Iningainema</i>	<i>Pycnacronema</i>	<i>Phormidium</i>
<i>Petalonema</i>	<i>Ramsaria</i>	<i>Plectonema</i>
<i>Scytonema</i>	<i>Roseofilum</i>	<i>Polychlamydom</i>
<i>Scytonematopsis</i>	<i>Wilmottia</i>	<i>Potamolinea</i>
Famille. Stigonemataceae	Famille. Cyanothecaceae	<i>Potamosiphon</i>
<i>Caeruleovitis</i>	Famille. Desertifilaceae	<i>Sodaleptolyngbya</i>
<i>Cyanobotrys</i>	<i>Desertifilum</i>	<i>Sodalinema</i>
<i>Doliocatella</i>	<i>Jacksonvillea</i>	<i>Tenebriella</i>
<i>Homoeoptycha</i>	Famille. Gomontiellaceae	Famille. Sirenicapillariaceae
<i>Pulvinularia</i>	<i>Crinalium</i>	<i>Affixifilum</i>
<i>Stigonema</i>	<i>Cyanothece</i>	<i>Capilliphycus</i>
Famille. Symphyonemataceae	<i>Gomontiella</i>	<i>Limnoraphis</i>
<i>Adrianema</i>	<i>Hormoscilla</i>	<i>Limnospira</i>
<i>Brachytrichia</i>	<i>Katagnymene</i>	<i>Neolyngbya</i>
<i>Herpyzonema</i>	<i>Komvophoron</i>	<i>Sirenicapillaria</i>
<i>Iphanassa</i>	<i>Starria</i>	<i>Tigrinifilum</i>
<i>Iphinoe</i>	Famille. Homoeotrichaceae	Famille. Vermifilaceae
<i>Iyengariella</i>	<i>Ammatoidea</i>	<i>Leptochromothrix</i>
<i>Loriellopsis</i>	<i>Homoeothrix</i>	<i>Ophiophycus</i>
<i>Mastigocladopsis</i>	<i>Phormidiochaete</i>	<i>Vermifilum</i>
<i>Parenchymorpha</i>	Famille. Laspinemaceae	<i>Hypheothrix</i>
<i>Spelaeonaias</i>	<i>Laspinema</i>	Ordre VI. Pleurocapsales
<i>Symphyonema</i>	<i>Perforafilum</i>	Dermocarpellaceae
<i>Cyanocystis</i>	Famille. Acaryochloridaceae	<i>Cyanotetras</i>
<i>Dermocarpella</i>	<i>Acaryochloris</i>	<i>Eucapsis</i>
<i>Stanieria</i>	Famille. Coelosphaeriaceae	<i>Limnococcus</i>
Famille. Hydrococcaceae	<i>Coelomoron</i>	<i>Mantellum</i>
<i>Cyanodermatium</i>	<i>Coelosphaeriopsis</i>	<i>Merismopedia</i>
<i>Dalmatella</i>	<i>Coelosphaerium</i>	<i>Microcrocis</i>

Epilithia	<i>Siphonosphaera</i>	<i>Pannus</i>
Hormathonema	<i>Snowella</i>	<i>Synechocystis</i>
Hydrococcus	<i>Woronichinia</i>	<i>Oculatellaceae</i>
Myxohyella	Famille. <i>Heteroleibleiniaceae</i>	<i>Aerofilum</i>
Onkonema	<i>Heteroleibleinia</i>	<i>Amphirytos</i>
Famille. <i>Hyellaceae</i>	<i>Sokolovia</i>	<i>Cartusia</i>
Cyanoderma	<i>Tapinothrix</i>	<i>Drouetiella</i>
Cyanosaccus	Famille. <i>Chamaesiphonaceae</i>	<i>Kaiparowitsia</i>
Ercegovicia	<i>Clastidium</i>	<i>Komarkovaea</i>
Hyella	<i>Cyanophanon</i>	<i>Metis</i>
Chamaecalix	<i>Geitleribactron</i>	<i>Oculatella</i>
Pascherinema	<i>Chamaesiphon</i>	<i>Pegethrix</i>
Pleurocapsa	Famille. <i>Leptolyngbyaceae</i>	<i>Siamcapillus</i>
Podocapsa	<i>Albertania</i>	<i>Tildeniella</i>
Radaisia	<i>Alkalinema</i>	<i>Timaviella</i>
Solentia	<i>Amazoninema</i>	<i>Trichotorquatus</i>
Waterburya	<i>Cymatolege</i>	Famille. <i>Petrachlorosaceae</i>
Famille. <i>Xenococcaceae</i>	<i>Elainella</i>	<i>Petrachloros</i>
<i>Foliisarcina</i>	<i>Euryhalinema</i>	Famille. <i>Prochloraceae</i>
<i>Chroococcidium</i>	<i>Haloleptolyngbya</i>	<i>Prochloron</i>
<i>Chroococcopsis</i>	<i>Halomicronema</i>	Famille. <i>Prochlorococcaceae</i>
<i>Myxosarcina</i>	<i>Chamaethrix</i>	<i>Cyanobium</i>
<i>Xenococcus</i>	<i>Chroakolemma</i>	<i>Parasynechococcus</i>
<i>Xenotholos</i>	<i>Kovacikia</i>	<i>Prochlorococcus</i>
<i>Cyanocystopsis</i>	<i>Lagosinema</i>	Famille. <i>Romeriaceae</i>
<i>Odorella</i>	<i>Leibleinia</i>	Famille. <i>Cyanocatenula</i>
Ordre VII. <i>Prochlorococcales</i>	<i>Leptodesmis</i>	<i>Romeria</i>
Ordre VIII. <i>Pseudanabaenales</i>	<i>Leptoelongatus</i>	<i>Tubiella</i>
Famille. <i>Pseudanabaenaceae</i>	<i>Leptolyngbya</i>	<i>Wolskyella</i>
<i>Allysophoron</i>	<i>Leptothermofonsia</i>	Famille. <i>Schizotrichaceae</i>
<i>Arthronema</i>	<i>Leptothoe</i>	<i>Dasygloea</i>
<i>Calenema</i>	<i>Limnolyngbya</i>	<i>Inactis</i>
<i>Geitlerinema</i>	<i>Marileptolyngbya</i>	<i>Schizothrix</i>
<i>Jaaginema</i>	<i>Myxacorys</i>	<i>Synechococcaceae</i>
<i>Johanseninema</i>	<i>Nodosilinea</i>	<i>Aegeococcus</i>
<i>Limnothrix</i>	<i>Onodrimia</i>	<i>Alternantia</i>
<i>Lusitaniella</i>	<i>Pantanalinema</i>	<i>Anathece</i>
<i>Palikiella</i>	<i>Persinema</i>	<i>Bacularia</i>
<i>Pinocchia</i>	<i>Phormidesmis</i>	<i>Borziella</i>
<i>Pseudanabaena</i>	<i>Planktolyngbya</i>	<i>Cyanocatena</i>
<i>Thalassoporum</i>	<i>Plectolyngbya</i>	<i>Cyanodictyon</i>
<i>Toxifilum</i>	<i>Prochlorothrix</i>	<i>Cyanogranis</i>
<i>Yonedaella</i>	<i>Rhodoploca</i>	<i>Cyanonephron</i>
Famille. <i>Thermosynechococcaceae</i>	<i>Salileptolyngbya</i>	<i>Cyanothamnus</i>
<i>Thermosynechococcus</i>	<i>Scytolyngbya</i>	<i>Epigloeosphaera</i>
Ordre IX. <i>Spirulinales</i>	<i>Speos</i>	<i>Gloeomargarita</i>
Famille. <i>Spirulinaceae</i>	<i>Stenomitos</i>	<i>Lemmermanniella</i>
<i>GlaucoSPIra</i>	<i>Thainema</i>	<i>Lithococcus</i>

<i>Halospirulina</i>	<i>Thermoleptolyngbya</i>	<i>Lithomyxa</i>
<i>Spirulina</i>	Famille. Merismopediaceae	<i>Neosynechococcus</i>
Ordre X. <i>Synechococcales</i>	<i>Altericista</i>	<i>Rhabdoderma</i>
<i>Rhodostichus</i>	Cocopedia	<i>Rhabdogloea</i>
<i>Synechococcus</i>		
Famille. Trichocoleaceae		
<i>Trichocoleus</i>		
Ordre XI. <i>Thermostichales</i>		
Famille. Thermostichaceae		
<i>Thermostichus</i>		

Structure et physiologie

La structure des Cyanobacteria est typique des autres Gram-négatives par l'existence d'une paroi cellulaire multicouche contenant du peptidoglycane et par la présence d'une membrane externe. Cependant, en plus de ces structures leur paroi contient aussi des couches supplémentaires. Les cyanobactéries possèdent la chlorophylle a, cytochromes et des pigments caractéristiques uniques, appelés phycobilines, dont l'allophycocyanines, la phycocyanine, et la phycoerythrine. Les cyanobacteria fixent le CO₂ via **le cycle de Calvin-Benson**. La plupart des Cyanobacteria ne requièrent pas de vitamine et n'utilisent pas de composés organiques. Une des caractéristiques uniques des Cyanobacteria est qu'elles peuvent accumuler un composé appelé cyanophycine. Ce dernier est un polymère de l'acide aspartique dont chaque résidu contient un résidu latéral d'arginine. La cyanophycine constitue un granule de réserve qui contient de l'azote chez les procaryotes. Elle peut être utilisée comme source d'énergie (ATP) pendant sa dégradation.

Principaux taxons de cyanobactéries

Le Bergey divise les cyanobactéries en cinq sous sections. Différents ordres de cyanobactérie ont reçu leur nom et ont été classés en fonction de leurs caractéristiques morphologiques. Quelques autres propriétés importantes pour la caractérisation des cyanobactéries sont l'ultrastructure, les caractéristiques génétiques, la physiologie et la biochimie et l'habitat/écologie.

Actuellement, la taxonomie polyphasique a été menée pour bien identifier et classifies les cyanobactéries (voir tableau 1). Les tableaux ci-dessous décrivent quelques caractéristiques de certains ordres des cyanobactéries.

Table 21.6 Cyanobacterial orders

Order	Distinctive Features
<i>Chroococcales</i>	Unicellular or multicellular, nonfilamentous
<i>Pleurocapsales</i>	Baeocytes formed
<i>Oscillatoriales</i>	Straight filaments without specialized cells
<i>Nostocales</i>	Straight filaments with heterocysts
<i>Stigonematales</i>	Branching filaments

Table 21.7 Important genera of *Chroococcales*

Genus	Mol % G + C	Characteristics
<i>Chaemosiphon</i>	46–47	Divide by budding
<i>Synechococcus</i>	47–56	Rods of freshwater, marine, and hot spring origin
<i>Gloeotheca</i>	40–43	Cocci in common sheath; nitrogen fixer
<i>Microcystis</i>	45	Cocci; gas vacuolate; may cause toxic water blooms

Table 21.8 Common genera of *Oscillatoriales*

Genus	Mol % G + C	Description
<i>Oscillatoria</i>	40–50	Straight trichomes; some gas vacuolate; freshwater or hot springs
<i>Trichodesmium</i>	Unknown	Resemble <i>Oscillatoria</i> , but marine origin; fix nitrogen
<i>Lyngbya</i>	42–49	Sheathed; resembles <i>Oscillatoria</i>
<i>Spirulina</i>	54	Helical trichomes

Table 21.9 Important genera of *Nostocales*

Genus	Mol % G + C	Distinctive Features
<i>Anabaena</i>	35–47	Untapered trichomes, most gliding; many gas vacuolate
<i>Aphanizomenon</i>	Unknown	Like <i>Anabaena</i> ; however, trichomes aggregate to form colonies; gas vacuolate
<i>Nostoc</i>	39–45	Like <i>Anabaena</i> , but sheathed
<i>Rivularia</i>	Unknown	Tapering filaments with polar heterocysts
<i>Gleotrichia</i>	Unknown	Tapering filaments with polar heterocysts in microcolonies