

Les lichens et l'évolution de la classification des êtres vivants

par **Jean-Pierre GAVÉRIAUX**
14, les Hirsons ; F - 62800 LIEVIN
Jean-Pierre.Gaveriaux@wanadoo.fr

Cet article répond à une demande faite lors de la session lichénologique de Fontainebleau (février 2006), suite à l'exposé que j'ai présenté lors de la première journée principalement destinée à l'initiation des débutants.

Les premières classifications sont surtout des classifications utilitaires. Au premier siècle, un médecin grec, Dioscoride, dans son traité de botanique, distingue cinq groupes de plantes : aromatiques, alimentaires, médicinales, vineuses et vénéneuses. Il faut attendre la fin du XVII^e siècle pour voir apparaître la notion de genre (réunion d'espèces qui se ressemblent) avec Tournefort (1656-1708), puis les travaux de Linné (1707-1778) qui ajoute les notions de règnes, classes, ordres. Ces niveaux sont ensuite complétés pour arriver aux 7 rangs traditionnels : règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre et espèce, 7 étant considéré, à l'époque, comme le nombre parfait.

1. La classification en 2 règnes

Jusqu'aux environs des années 1970, les biologistes ont estimé que les êtres vivants pouvaient être placés dans deux règnes, soit parmi les animaux, soit parmi les végétaux. Les animaux se déplacent et se nourrissent en ingérant des proies, les végétaux sont immobiles et trouvent leur nourriture dans le sol (potassium, phosphore, azote, etc.) et dans l'air (dioxyde de carbone).

Règne animal	Vertébrés	Mammifères	
		Oiseaux	
		Reptiles	
		Batraciens	
		Poissons	
	Invertébrés	Insectes Vers etc. Protozoaires...	
Règne végétal	Phanérogames	Angiospermes (plantes supérieures)	
		Gymnospermes (conifères, cycas, ginkgo, etc.)	
	Cryptogames	Ptéridophytes (fougères, lycopodes, prêles, etc.)	
		Bryophytes (hépatiques, sphaignes, mousses)	
		Thallophytes	Algues
			Champignons
			Lichens*
Bactéries			

La classification en 2 règnes

(* les lichens y constituent un groupe autonome depuis les travaux d'Acharius)

L'homme est placé au sommet de la hiérarchie et les autres êtres vivants, s'éloignent de ce sommet en fonction de caractères qui semblent leur faire défaut. Les groupes sont

surtout définis négativement, par exemples : les invertébrés sont dépourvus de colonne vertébrale, les poissons dépourvus de membres (non tétrapodes), etc.

Dans le règne végétal, les **Cryptogames** (de *cryptos* = caché et *gamos* = mariage) sont dépourvus de fleurs, les **Thallophytes** (de *thallos* = rameau et *phyte* = végétal) ne possèdent pas de racines, pas de tiges et pas de feuilles, leur appareil végétatif est un thalle, quant aux **Champignons** ce sont des végétaux dépourvus de chlorophylle.

Le mot lichen est attribué pour la première fois par Théophraste (disciple d'Aristote) au IV^e siècle avant J.C. mais... pour désigner des Hépatiques. Les naturalistes de la Renaissance au XVI^e siècle, ont placé les lichens avec les mousses. C'est Tournefort, à partir de 1694 qui fait pour la première fois la distinction entre mousses et lichens, d'une façon relativement imparfaite cependant puisque l'on trouve dans ses lichens quelques hépatiques, mousses et fougères.

En 1741, l'allemand Dillenius propose une classification des lichens basée sur la forme du thalle ; la nomenclature binominale n'existait pas encore et il faut attendre le suédois Linné qui à partir de 1753, commence à désigner chaque lichen par un ensemble de deux mots (latins ou latinisés), le premier étant le nom de genre, le second le nom d'espèce ; il répartit les lichens dans sept groupes d'après la morphologie des thalles ; toutefois, Linné et ses disciples placent les lichens parmi les algues.

C'est le suédois Acharius (travaux de 1798 à 1814), qui a distingué pour la première fois les lichens des autres cryptogames ; ayant pour seul outil sa loupe, il étudie les thalles et les diverses structures qu'il porte. Il crée les termes d'apothécie, de sorédie, qu'il identifie comme étant des structures de reproduction, et jette les bases d'une classification, identifie de nombreux genres et espèces dont une partie importante est encore en usage actuellement.

Acharius a donc fait des lichens un groupe particulier au sein des Thallophytes ; une branche spéciale de la cryptogamie venait d'apparaître : la lichénologie.



Acharius (1757-1819)
le père de la Lichénologie

La nature double des lichens (algue/champignon) n'est proposée que 50 ans plus tard dans les travaux du suisse Schwendener (1867 à 1869) puis démontrée par le français Bornet (1828-1911) qui arrive à obtenir les phases initiales d'un symbiose en faisant germer des ascospores de lichens en présence d'algues (la démonstration est faite à nouveau par Bonnier en 1886 et 1889).

« On sait bien qu'aujourd'hui que la formule « les Lichens sont des champignons vivant en symbiose avec des algues » est une assertion de pure fantaisie ou une calomnie. Il est abondamment prouvé que les Lichens constituent une noble et vénérable classe autonome de végétaux n'ayant rien de sérieusement commun ni avec les Champignons ni avec les Algues. Subordonner les Lichens aux Champignons est encore plus absurde que de réunir les Characées aux algues... »

Texte publié par Nylander en 1896 (Les Lichens des environs de Paris)

Les lichens sont toujours considérés comme un groupe autonome au sein des Thallophytes et, au début du XX^e siècle, l'abbé Hue et surtout l'abbé Harmand proposent une classification des lichens, ces « nobles et vénérables végétaux », et publient plusieurs ouvrages de systématique entre 1905 et 1913.

2. La classification en 5 règnes

Dès la fin du XIX^e siècle, la conception dichotome du vivant commence à gêner de nombreux scientifiques. Si la distinction entre le règne animal et le règne végétal est facile pour les organismes multicellulaires visibles à l'œil nu, des difficultés apparaissent dès qu'il faut classer les espèces microscopiques et les organismes unicellulaires. Par exemple l'euglène possède des chloroplastes intracellulaires lui permettant la photosynthèse (caractère de végétal) et se déplace à l'aide de son flagelle (caractère d'animal).

Rapidement une nouvelle idée s'impose, la plus grande coupure dans le monde vivant n'est pas entre animaux et plantes mais entre **procaryotes** (cellules sans noyau = bactéries au sens large) et **eucaryotes** (cellules avec noyau). Cette distinction, proposée dans les années 1920 par Chatton (biologiste français) qui crée les termes de procaryotes et d'eucaryotes, commence à s'imposer dans les années 1960 suite aux publications du biologiste canadien Stanier.

Procaryotes (= bactéries s.l.)	Eucaryotes
cellules petites (moins de 10 µm)	cellules grandes (10 à 100 µm ou plus)
un ADN circulaire et des plasmides en vrac dans le cytoplasme (pas de noyau)	ADN associé à des protéines dans une enveloppe (présence d'un noyau)
division directe par scissiparité	division par mitose
pas de sexualité, pas de méiose ni de fécondation	participation de 2 partenaires (mâle et femelle) pour former l'œuf (ou zygote)
pas de différenciation cellulaire	différenciation cellulaire
certaines formes sont capables de vivre en absence de dioxygène	tous ont besoin de dioxygène pour se développer
des voies métaboliques extrêmement variées	production d'énergie par voie oxydative dans des mitochondries (cycle de Krebs)
simple flagelle bactérien (quand il existe)	cils et flagelles constitués de 9+1 groupes de 2 microtubules

Quelques différences importantes entre procaryotes et eucaryotes

Les **procaryotes** sont les premières formes vivantes apparues sur notre planète il y a plus de 4 milliards d'années. Ils ont progressivement mis au point des stratégies métaboliques de plus en plus performantes pour s'adapter à l'inhospitalité des milieux rencontrés. Vers -3,8 milliards d'années, certaines bactéries (les **cyanobactéries**) ont élaboré les pigments de photoconversion et inventé la photosynthèse, d'abord en utilisant les molécules d'H₂S, puis en utilisant les molécules d'H₂O ; c'est cette photosynthèse aérobie qui est à l'origine du dioxygène qui a commencé à se dégager dans l'atmosphère vers -2 milliards d'années.

Les bactéries et cyanobactéries vont continuer leur évolution et certaines vont réussir à s'associer, vivre en symbiose, former des cellules beaucoup plus grandes, acquérir des propriétés nouvelles qu'elles ne possèdent pas lorsqu'elles sont séparées. Progressivement les cellules eucaryotes vont prendre naissance, le matériel chromosomique s'enferme dans un noyau, les chloroplastes ayant pour origine les

cyanobactéries résultant de l'endosymbiose, les mitochondries provenant de bactéries ayant domestiqué la production d'énergie en phase aérobie.

Les premiers eucaryotes ne possèdent qu'une cellule (eucaryotes unicellulaires ou protistes) mais leur complexification va donner des organismes pluricellulaires ; rapidement les biologistes répartissent ces eucaryotes pluricellulaires dans 3 règnes différents (animaux, végétaux et champignons) selon leur modalité de nutrition et de production de l'énergie. Au total il y a donc 5 règnes :

1. Les **Procaryotes** : bactéries, archéobactéries et cyanobactéries, dépourvues de noyau.
2. Les **Protistes** : eucaryotes (la cellule possède un noyau) unicellulaires.
3. Les **Végétaux** : eucaryotes pluricellulaires réalisant la photosynthèse.
4. Les **Animaux** : eucaryotes pluricellulaires hétérotrophes qui ingèrent.
5. Les **Champignons** : eucaryotes pluricellulaires hétérotrophes qui absorbent.

pas de noyau	chromosomes enfermés dans un noyau (Eucaryotes)			
chromosomes en vrac dans le cytoplasme	- unicellulaires	presque toujours pluricellulaires (avec différenciation cellulaire)		
	- parfois pluricellulaires	autotrophes	hétérotrophes	
	- sans différenciation cellulaire	photosynthèse	ingestion	absorption
PROCARYOTES	PROTISTES	VÉGÉTAUX	ANIMAUX	CHAMPIGNONS

Vue d'ensemble simplifiée des caractères des 5 règnes

Les champignons ne sont donc plus placés parmi les Végétaux (en tant que Cryptogames, Thallophytes, non chlorophylliens) ; ils constituent un règne autonome, le **cinquième règne** ou **règne fongique** [du latin *fungus* = champignon].

Les algues unicellulaires, comme les algues vertes trouvées dans les lichens sont placées dans les végétaux, par exemple les *Trebouxia* et *Trentepohlia* dans les *Chlorophyta* (algues vertes).

Un lichen est donc constitué de partenaires appartenant à 3 règnes différents, champignon pour le mycosymbiote, végétal et/ou procaryotes pour le photosymbiote (algues vertes ou cyanobactéries).

3. L'intégration des lichens dans le règne fongique

La classification en 5 règnes a beaucoup de mal à se développer en France durant le XX^e siècle. Les structures d'enseignement (secondaire ou supérieur) l'ignorent et refusent bien souvent d'en entendre parler. Toutefois quelques biologistes résistent et vont même beaucoup plus loin en proposant des définitions des divers groupes en donnant cette fois des listes de critères bien précis.

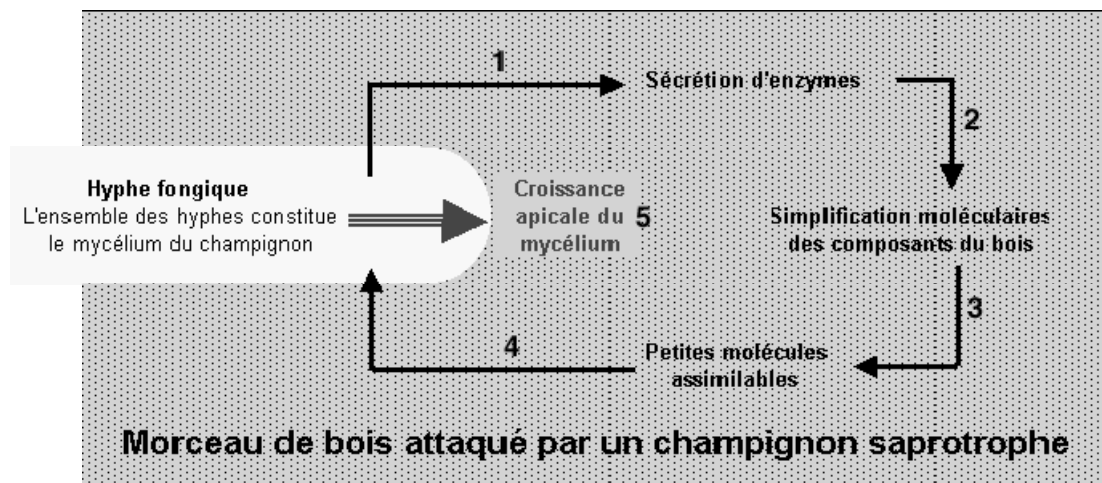
Les champignons ne sont plus définis comme des végétaux inférieurs dépourvus de chlorophylle ; ils correspondent à un règne ayant les caractères suivants :

1. **eucaryotes** (les chromosomes sont enfermés dans un noyau) ;
2. **hétérotrophes** vis-à-vis du carbone : incapables d'utiliser l'énergie solaire, ils utilisent de nombreuses molécules carbonées fabriquées par d'autres êtres vivants ;
3. **absorbotrophes** : ils réalisent leur nutrition par absorption ;

4. leur appareil végétatif est ramifié, diffus et tubulaire ; il est constitué de filaments fins enchevêtrés, les **hyphes**, à croissance apicale ;
5. ils produisent des substances qui leur sont propres (tréhalose, mannitol, etc.), leur paroi contient de la callose, de l'hémicellulose et de la **chitine** (voisine de la chitine des insectes) ; leur premier polymère glucidique est le glycogène ;
6. ils se reproduisent par des **spores** mitotiques ou méiotiques, issues d'une reproduction asexuée ou sexuée (et alors haploïdes après une phase à dicaryon plus ou moins longue) ; ils élaborent fréquemment des structures de formes très variables portant ces spores : les conidiomes, les ascomes et les basidiomes ;
7. ils produisent des **spores non flagellées** (ou uniflagellées chez les Chitridiomycota), jamais biflagellées.

Pour se développer les champignons vont exploiter (comme nous le faisons nous-mêmes) l'énergie provenant de la dégradation de la matière organique élaborée par d'autres êtres vivants. Ils sont hétérotrophes vis-à-vis du carbone et trouvent leur « nourriture » selon trois modalités différentes.

La **nécrotrophie** [ou saprophytisme] : Les champignons nécrotrophes (autrefois appelés saprophytes) se développent en absorbant la matière organique en décomposition (litière, bois mort, excréments, etc.). Ce mécanisme permet le recyclage des éléments à la surface de la planète.



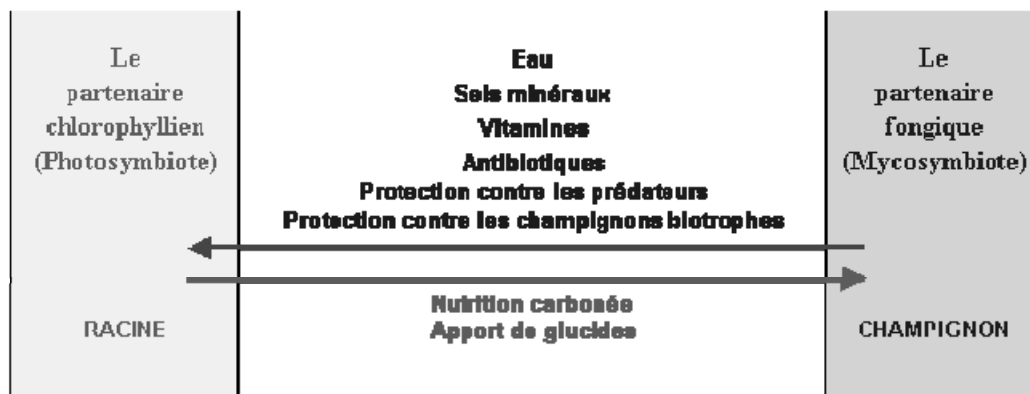
Schématisme du mécanisme de nutrition chez un champignon nécrotrophe

La **biotrophie** [ou parasitisme] : Les champignons biotrophes (ce terme est actuellement préféré à celui de « parasites ») puisent leur matière organique dans un être vivant (animal, champignon ou végétal) et provoquent diverses maladies dont les mycoses humaines. De nombreuses plantes cultivées sont ainsi la proie de champignons microscopiques (oïdiums, rouilles, etc.).

La **symbiose** :

1er cas : Les champignons s'associent à un partenaire chlorophyllien macroscopique, Spermaphyte, Ptéridophyte ou Bryophyte : il y a symbiose mycorhizique [exemple *Lactarius subdulcis* associé au hêtre (*Fagus sylvatica*)].

2^e cas : Les champignons capturent un « partenaire » chlorophyllien microscopique, algue ou cyanobactérie : il y a symbiose lichénique. Cette capacité de s'associer à un photosynthétisant microscopique constitue le phénomène de lichénisation.



Schématisme des échanges entre les partenaires de la symbiose mycorrhizique

Les lichens ne constituent donc plus une unité systématique.

La lichénisation est une stratégie nutritionnelle, le champignon absorbe les molécules produites par le photosymbiote qu'il emprisonne dans son réseau d'hyphes au lieu d'envoyer ses hyphes dans un substrat qu'il doit ensuite décomposer. Ce phénomène de lichénisation s'est produit à plusieurs reprises au cours de l'évolution des champignons.

Les lichens n'existent plus dans la classification en 5 règnes, mais ils sont entièrement intégrés aux champignons. Il n'y a que quelques basidiomycètes associés aux algues par contre, plus de 40 % des ascomycètes sont lichénisés.

Un champignon lichénisé acquiert des propriétés nouvelles :

- la reviviscence : capacité de passer rapidement, réversiblement et répétitivement de l'état sec à l'état hydraté ;
- la résistance aux températures extrêmes : l'activité assimilatrice peut encore être active à - 40 C ;
- la capacité de croître sur ou dans des milieux difficiles : rochers, écorces, déserts, etc. ;
- la capacité de fabriquer des substances que ni le champignon, ni l'algue ne sont capables de synthétiser seuls (pigments et acides lichéniques).
- La capacité d'élaborer une structure fongique plus ou moins volumineuse et pérenne, le thalle lichénique (alors que les champignons non lichénisés ne possèdent qu'un mycélium diffus et que leur conservation est toujours très limitée).

Un lichen est constitué d'un assemblage d'hyphes emprisonnant un ou plusieurs photosynthétisants microscopiques (algue et/ou cyanobactérie) sur ou dans lesquels certaines hyphes développent des structures d'absorption pour assurer leur nutrition.

À chaque lichen correspond un Ascomycète particulier et **le nom attribué au lichen est celui du mycosymbiote** ; les algues ne jouent aucun rôle dans la systématique actuelle des lichens. Les champignons lichénisés exploitent un nombre limité d'algues et une même espèce d'algue peut être utilisée par plusieurs ascomycètes différents.

Parfois un même champignon peut s'associer avec deux algues différentes, l'association avec la première algue donnant une morphologie différente de celle réalisée avec la deuxième algue ; ces 2 lichens différents vont pourtant porter le même nom, celui du champignon ; ce sont des **phycotypes** (ils diffèrent par la nature de l'algue).

Champignons à part entière, les lichens ne sont toutefois pas (ou rarement) étudiés par les mycologues. Leur étude ainsi que celle des champignons microscopiques qu'ils hébergent (champignons lichénicoles) restent l'objet d'une science autonome : la lichénologie.

4. Les subdivisions et les exclus du règne fongique

Suivant les grandes lignes de la classification publiée par Ainsworth (1905-1998), les mycologues distinguent traditionnellement six grands groupes de champignons.

1. Les **Myxomycota**, plus connus sous le terme de myxomycètes, passent une partie de leur cycle sous forme d'un plasmode mobile assurant sa nutrition par phagocytose.
2. Les **Mastigomycotina** présentent un thalle formé d'hyphes non cloisonnées (thalle siphonné), des spores mobiles. Certains, principalement les Oomycota appartiennent aux **Chromista** et sont caractérisés par des spores biflagellées et une paroi cellulosique ; on y trouve des parasites redoutables (mildious, hernie du chou, galle spongieuse, etc.) ; d'autres, les **Chytridiomycota** ont des spores uniflagellées et une paroi riche en chitine.
3. Les **Zygomycotina** à hyphes non cloisonnées et spores non flagellées. Ex : les Mucorales, Endogonales, Entomophtorales, etc.
4. Les **Ascomycotina** ou ascomycètes, à hyphes cloisonnées, qui fabriquent leurs méiospores à l'intérieur d'asques (endospores) qui s'ouvrent à maturité. Ex : les pézizes, truffes, xylaires, etc.
5. Les **Basidiomycotina** ou basidiomycètes, à hyphes cloisonnées, qui forment des exospores portées par des basides. Ex : les chanterelles, russules, polypores...
6. Les **Deuteromycotina** ou deutéromycètes ou champignons imparfaits (groupe artificiel) regroupent les champignons dont on ne connaît pas de formes de reproduction sexuée (jamais d'asques ni de basides) ; leur reproduction sexuée a été perdue lors de l'évolution ou la liaison avec une forme parfaite sexuée connue (le téléomorphe) n'a pas encore été établie.

En fonction de la disposition des conidiophores et des conidies on distingue les **Hyphomycètes** à conidiophores \pm isolés et les **Cœlomycètes** qui produisent leurs conidies dans des acervules, des pycnides (aspect de périthèces) ou des sporodochies (aspect d'apothécies).

Beaucoup de **champignons lichénicoles** sont (outre les Ascomycètes) des Hypho- ou des Cœlomycètes, qui sont généralement des formes imparfaites (anamorphes) d'Ascomycètes.

Parmi ces 6 groupes, le premier et certains représentants du deuxième ne possèdent pas les 7 caractères énumérés précédemment et ne peuvent plus être considérés comme des champignons au sens strict.

- Les Myxomycètes sont placés dans les Protistes.

- Les Mastigomycota à spores uniflagellées et paroi chitineuse (Chytridiomycota) sont conservés dans les Fungi, par contre les autres (surtout les Oomycota) à spores biflagellées et paroi cellulósique sont éliminés des Fungi et classés dans les Chromista avec les algues brunes et les diatomées.

Les Oomycota (et deux phylums voisins moins importants) et les Myxomycètes deviennent donc les délocalisés du règne fongique.

Ils sont toutefois par tradition et aussi attachement sentimental, toujours étudiés par les mycologues.

- Les Deuteromycota ne sont plus reconnus en tant qu'unité systématique depuis 1992. Si on ne sait pas actuellement à quelle forme sexuée est liée la forme imparfaite, deux possibilités sont offertes :

1^{er} cas) on fait appel aux données biochimiques, moléculaires ou aux électrographies (présence de dolipores chez les basidiomycètes), ce qui permet parfois de les placer dans les Asco- ou dans les Basidiomycètes ;

2^e cas) on les conserve provisoirement dans un ensemble artificiel, dépourvu de toute valeur systématique, dénommé les champignons anamorphes encore appelés ensemble des champignons mitosporiques.

5. Vers une classification phylogénétique

Jusqu'au milieu du XX^e siècle, pour établir les grandes divisions du vivant et hiérarchiser les taxons, les biologistes font appel à un petit nombre de critères, essentiellement des critères morphologiques ; de nombreux taxons (genres, familles, ordres, etc.) réunissent des êtres qui partagent surtout les mêmes contraintes écologiques.

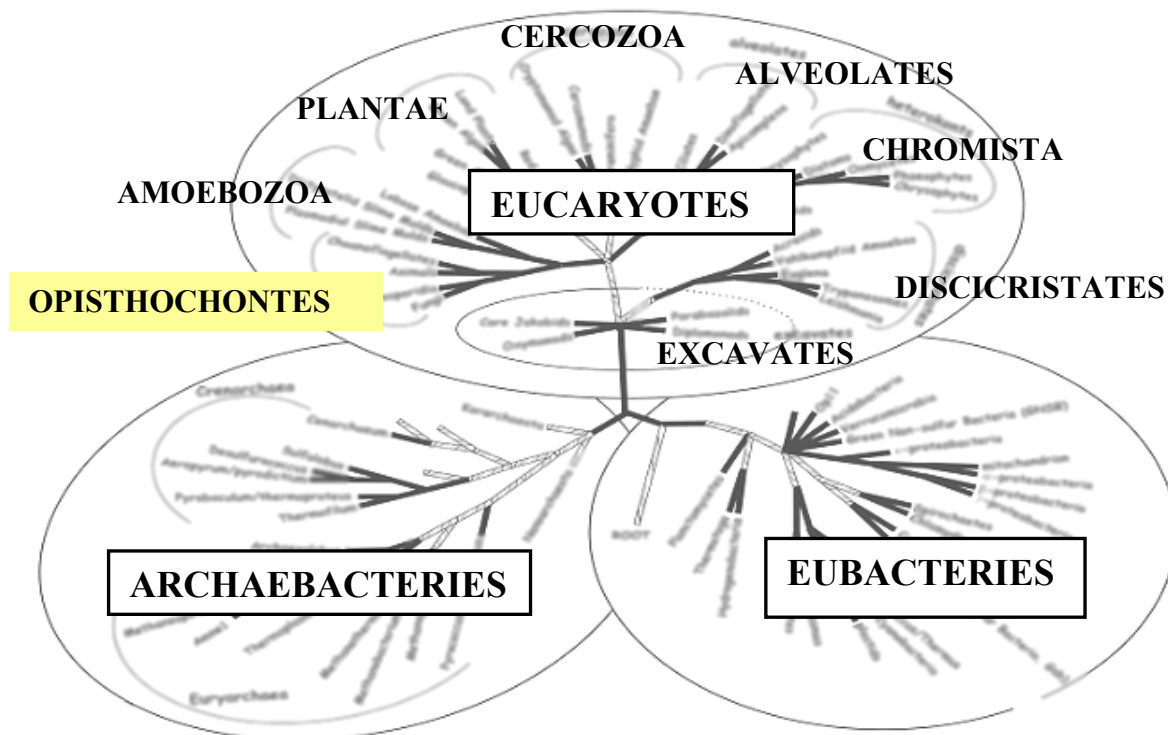


Schéma très simplifié des grandes divisions actuelles du monde vivant d'après Baldauf, Hugenholtz, Cockrill, Bhattacharya, Pawlowski et Simpson (2004)

Avec l'arrivée de technologies nouvelles, microscope électronique, biochimie, biologie moléculaire, cladistique, on s'aperçoit à la fin du XX^e siècle :

- Que de nombreux groupes systématiques sont le résultat de convergences morphologiques et qu'ils rassemblent des taxons n'ayant aucun lien de parenté entre eux.
- Qu'il est possible d'intégrer le fait que les espèces se sont modifiées au cours des temps géologiques, de les classer non plus en fonction des attributs qui leur manquent mais en fonction de leurs transformations successives à partir d'un ancêtre commun, d'entrer dans la systématique phylogénétique.
- Que cinq règnes sont tout à fait insuffisants pour classer les ensembles monophylétiques découverts avec l'étude des ADN.
- Qu'il est indispensable de remanier la classification traditionnelle des êtres vivants en essayant d'intégrer les relations de parenté évolutive entre les divers groupes d'organismes.

Les études phylogénétiques montrent que les Eucaryotes contiennent au moins 8 lignées indépendantes (voir tableau en bas de la page 78).

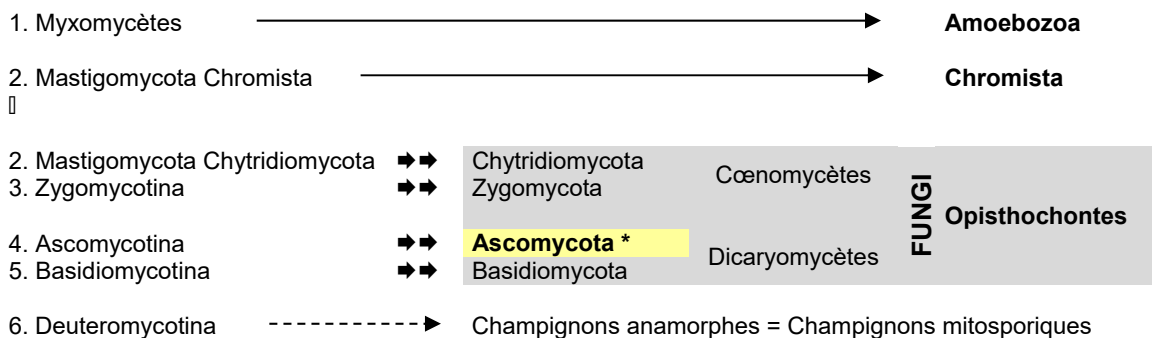
Les **Fungi**, champignons véritables, Cœnomycètes à hyphes siphonnées (Chytridiomycota + Zygomycota) et Dicyariomycètes à hyphes cloisonnées (Ascomycota + Basidiomycota), sont placés avec les animaux, les choanoflagellés, les microsporidies et les mésomycétozoaires dans la lignée des Opisthochontes (du grec *opistho* = derrière et *chonte* = flagelle).

Les **Opisthochontes** sont définis par de nombreux critères parmi lesquels :

- un flagelle situé à l'arrière qui propulse les cellules (les autres lignées ont des flagelles antérieurs qui tractent les cellules),
- la chitine métabolisée pour renforcer les structures,
- le stockage des molécules carbonées sous forme de macromolécules de glycogène,
- le codon UGA programmant, dans la mitochondrie, la synthèse d'un acide aminé, le tryptophane alors que dans les autres lignées il correspond à un signal stop, etc.

Les **Myxomycètes** mis dans le règne (fourre-tout) des protistes, sont dans une lignée différente, celle des **Amoebozoa** qui regroupe des organismes amiboïdes, certains possédant des flagelles, mais qui sont antérieurs et tracteurs.

Les **Oomycètes** ("champignons" type mildiou) sont placés dans les **Chromista** avec les algues brunes, les diatomées, les coccolithophoridés, etc.



Les champignons sont maintenant répartis dans 3 lignées différentes. Seuls les Fungi appartenant aux Opisthochontes sont considérés comme des vrais champignons ou Eumycètes.

Les Ascomycotina renferment la presque totalité des espèces lichénisées.

Ce sort est également réservé à de nombreux autres groupes. Les algues sont elles aussi réparties dans 3 lignées, les algues brunes sont dans la lignée des **Chromista**, les algues rouges dans celle des **Alveolates**, seules les algues vertes (celles que l'on trouve dans les champignons lichénisés) sont restées dans la lignée des **Plantae** (ex règne végétal). Les algues bleues, quant à elles, avaient déjà été placées dans les Procaryotes, dans les **Eubactéries**.

Algues (Thallophytes)	Algues vertes	→→→→→	Plantae
	Algues brunes	→→→→→	Chromista
	Algues rouges	→→→→→	Alveolates
	Algues bleues	→→→→→	Eubactéries (Cyanobactéries)

Les algues sont actuellement réparties dans 4 lignées différentes

Les partenaires de la symbiose lichénique appartiennent donc à trois grandes lignées : Opisthochontes avec le mycosymbiote, Eubactéries avec les cyanobactéries et Plantae avec les algues vertes microscopiques.

Les solutions apportées pour nommer et classer les êtres vivants évoluent continuellement en fonction des techniques utilisées.

Depuis une trentaine d'années, des nouveaux outils, particulièrement performants, sont à la disposition des biologistes, en particulier le séquençage de l'ADN avec la possibilité de prendre, pour les reconstitutions phylogénétiques, un nombre très élevé de caractères pour chaque taxon.

Les résultats obtenus avec la biologie moléculaire et la cladistique permettent d'établir une classification tenant compte de l'histoire évolutive des espèces (bien que pour l'instant on soit limité aux grandes charnières évolutives).

Il suffit toutefois de regarder les livres de classe et les définitions archaïques perpétuées dans la plupart dictionnaires (même les plus récents) pour se rendre compte que de nombreuses années seront nécessaires pour arriver à diffuser tous ces changements qui seront alors déjà dépassés !

[Remerciements à Claude ROUX pour la relecture du document]

Bibliographie

- COURTECUISSÉ Régis & Chantal VAN HALUWYN - 1991 - La classification des champignons, fascicule double 49/50 de la Société Mycologique du Nord de la France, 83 pages.
- COURTECUISSÉ Régis - 2001 - Définition et systématique du règne fongique, bull. de la Société Mycologique du Nord de la France, 69:3-31.
- ERIKSSON O.E. - Site Web MYCONET - 1998-2006 - Systématique des Ascomycètes (ascomycètes lichénisés compris), 12 volumes en téléchargement libre sur la page suivante : <http://www.fieldmuseum.org/myconet/printed.asp>
- KENDRICK Bryce - 1993 - The Fifth Kingdom (Le cinquième règne). University of Waterloo, Ontario, Canada, 406 pages.
- KIRK P.M., P.F. CANNON, J.C. DAVID & J.A. STALPERS - 2001 - Dictionary of the Fungi, CABI Publishing, 655 pages.
- LECOINTRE Guillaume & Hervé LE GUYARDER - 2001 - Classification phylogénétique du vivant, éditions Belin, 543 pages et 15 tableaux (Il n'y a que quelques pages consacrées à la nouvelle classification des champignons).
- MARGULIS Lynn & Karlene V. SCHWARTZ - 1982 - Five Kingdoms. Freeman, San Francisco.
- MARGULIS Lynn & Dorton SAGAN - 1985 - L'origine des cellules eucaryotes, La Recherche 163:200-208.
- SELOSSE Marc-André & Guy DURRIEU - 2004 - Une classification mycologique phylogénétique francophone, Acta Bot. Gallica, 151(1) :73-102.