

Classification phylogénétique des Ascomycètes lichénisés et non lichénisés (en 2008)

Jean-Pierre GAVÉRIAUX

14, résidence Les Hirsons ; F-62800 LIÉVIN

Jean-Pierre.Gaveriaux@wanadoo.fr

Avec plus de 60 000 espèces reconnues actuellement dans le monde, environ 75% des *Fungi*, les ascomycètes constituent le plus grand groupe de champignons ; leur caractéristique dominante, qui a permis de nommer le groupe, est la formation de spores à l'intérieur d'un **asque**, cellule qui est le siège de deux phénomènes fondamentaux de la reproduction sexuée, la fusion des noyaux suivie de la méiose qui permettra la production des **ascospores**, ces endospores étant le plus souvent au nombre de huit par asque grâce à une mitose postméiotique.

Certains apprécient les ascomycètes pour la casserole, ils contiennent en effet des comestibles très recherchés (morilles, truffes...), mais l'utilisation industrielle d'autres espèces (moisissures, levures par exemple) ne doit pas être oubliée : fabrication de médicaments (antibiotiques, cyclosporine qui empêche le rejet des greffes), d'aliments (pains, boissons alcoolisées, fromages), fourniture de modèles pour le génie génétique et la biologie moléculaire...

À côté de tous ces avantages considérables apportés à l'humanité, les Asco., c'est ainsi qu'on les nomme familièrement, ont également des effets négatifs ; attaques des plantes cultivées (oïdiums, fusariums, contamination de denrées alimentaires...), destructions d'arbres (ex. : maladie de l'orme, du châtaignier...), ergot des céréales donnant naissance à des mycotoxines particulièrement dangereuses (certaines cependant utilisées en pharmacie) ; certains même, s'attaquent à l'homme (teignes, candidoses...).

Dans les écosystèmes, on retrouve de nombreuses espèces **parasites** mais les Asco. jouent des rôles positifs importants, certains s'associent aux arbres (**symbiose mycorrhizique**), quelques-uns aux animaux, d'autres se comportent en **nécrotrophes** et font disparaître la matière organique morte (débris végétaux, excréments...) ; ils donnent également une biomasse non négligeable qui sert de nourriture à de nombreux animaux.

- Plus de 45% des ascomycètes forment des associations symbiotiques avec des algues et/ou des cyanobactéries. Ces êtres, sont appelés lichens. Actuellement, ce terme n'a plus aucune signification systématique, la **lichénisation** étant une des modalités de nutrition des ascomycètes qui constituent, à quelques exceptions près, le seul partenaire fongique des lichens.

Critères utilisés pour la classification traditionnelle des ascomycètes

Lorsqu'on classait les êtres vivants en 2 (animaux et végétaux) ou 5 règnes (procaryotes, protistes, animaux, végétaux et champignons), les Ascomycètes constituaient un taxon dans lequel on mettait les champignons produisant des endospores à l'intérieur d'une cellule

appelée asque (les champignons produisant des exospores sur des basides formaient la subdivision des Basidiomycètes).

Pour établir les diverses coupures systématiques, on prenait en compte la structure de l'ascome, des asques, de l'appareil apical et de ses réactions à quelques réactifs chimiques, de la présence ou non d'un opercule au sommet de l'asque, des modalités de déhiscence...

- Les Discomycètes regroupaient les Asco. avec **apothécies**,
- les Pyrénomycètes, les Asco. ayant des **périthèces**,
- les Plectomycètes, les Asco. formant des **cléistothèces** ("périthèce" dépourvu d'ouverture) et des asques prototuniqués (les spores n'étant pas éjectées),
- quant aux Loculoascomycètes, ils regroupaient les Asco. à asques bituniqués se formant dans des locules, sortes de loges préformées dans l'**ascostroma** avant la dicaryotisation (lorsque cet ascostroma ne présente qu'un locule on parle de **pseudothèce**).

Chez les Discomycètes, les *Pézizales* (morilles, helvelles, pézizes...) étaient caractérisées par des asques operculés (une sorte de clapet, l'opercule, s'ouvrait à maturité pour libérer les ascospores) tandis que d'autres ordres, *Phacidiales*, *Ostropales*, *Léotiales*... étaient classés dans les Discomycètes inoperculés. Les *Tuberales* regroupaient les Ascos à développement hypogé.

Cette classification, qui repose sur des critères essentiellement morphologiques et anatomiques (macro- ou microscopiques), constitue une **classification phénétique** ; elle n'est pas simple d'utilisation. La limite entre certains groupes n'est pas toujours facile à déterminer, les diverses autorités n'utilisent pas les mêmes critères pour établir leurs structures hiérarchisées, le vocabulaire utilisé par l'un est rejeté par l'autre, on arrive rapidement à une surabondance de termes, plus ou moins synonymes, ce qui embrouille les pistes et rend difficile la compréhension de la classification pour les mycologues non professionnels.

Autre complication : de nombreux ascomycètes (ce phénomène est très rare chez les Basidio.) possèdent la particularité de se reproduire sans former d'asques, sans avoir recours à la reproduction sexuée (pas de fécondation, pas de méiose mais production de conidies par mitoses). Il est donc difficile de les intégrer dans les catégories précédentes. Certains Asco. ne possèdent que cette reproduction asexuée tandis que d'autres sont capables de réaliser l'une et l'autre. La forme asexuée du champignon est appelée **anamorphe**, la forme sexuée **téléomorphe**.

Ces champignons se reproduisant à l'aide de conidies sont rassemblés dans un ensemble artificiel, dépourvu de toute signification systématique, les **champignons imparfaits** ou *Fungi Imperfecti* ou champignons mitosporiques (le terme de Deutéromycètes est à proscrire étant donné son suffixe qui pourrait faire penser à un groupe systématique).

Pourquoi changer la classification ?

Durant le XX^e siècle, la biologie a progressé à pas de géant, une véritable révolution s'est produite à la suite de découvertes et d'inventions qui nous ont donné une tout autre vision du monde vivant. Il est impossible de les citer toutes, mais rappelons quelques-unes d'entre elles.

- En 1931 invention du **microscope électronique** qui s'est progressivement perfectionné pour donner des images des cellules grossies plus d'un million de fois. C'est ainsi que l'on a

vu, dans les hyphes septées des Asco., au niveau des cloisons, un pore central qui peut être obturé en cas de besoin par un organite hexagonal ou sphérique, le corps de Woronin ; chez les Basidio., ce pore est retrouvé mais ses bords sont renflés, il donne un dolipore (en forme de tonneau) et, en outre, il est coiffé de chaque côté par une structure hémisphérique, le parenthosome. De nombreux *Fungi Imperfecti*, que l'on ne savait où classer, ont ainsi été placés très rapidement dans les Ascos (présence des corps de Woronin) ou (mais beaucoup plus rarement) dans les Basidio. (présence du dolipore).

- 1951 est l'année de la **découverte de l'ADN** (Acide **Dé**soxyribo**Nuclé**ique), constituant fondamental de nos chromosomes, molécule codée responsable de l'édification et du fonctionnement de toutes les cellules d'un être vivant. Chaque caractère (anatomique ou physiologique) d'un individu est programmé par des fragments d'ADN (les gènes). Le programme fait appel à 4 signes différents, 4 petites molécules appelées A (pour adénine), T (pour thymine), G (pour guanine) et C (pour cytosine). En informatique le codage n'utilise que 2 signes (0 et 1), la machine vivante a donc des possibilités de programmation bien plus grandes que celle de nos ordinateurs.

- En 1970 on met au point les premières techniques de **séquençage de l'ADN**, permettant de déterminer l'ordre d'agencement des 4 signes A, T, G et C dans une molécule d'ADN. La comparaison des caractères des individus par leurs molécules d'ADN pouvait commencer !

- Les techniques de chimie deviennent particulièrement performantes ; des molécules qui ne vivent que quelques fractions de seconde et présentes en quantité infinitésimale peuvent être détectées ; des sciences nouvelles se développent, en particulier la cladistique et la phylogénie.

La **cladistique** établit la classification des organismes vivants en se basant sur leur **phylogénie**, celle-ci étant l'étude de la formation et de l'évolution des organismes vivants en vue d'établir leurs parentés. Cette parenté est schématisée par un arbre (dit phylogénétique) ; chaque nœud de l'arbre représente l'ancêtre commun de ses descendants qui forment un clade.

Au début du XXI^e siècle, la puissance des ordinateurs favorisant l'analyse des données, les résultats commencent à arriver et montrent que dans de nombreux cas, ***des espèces morphologiquement proches, placées dans un même taxon, sont en réalité bien différentes au niveau moléculaire.*** Un piège existait, il était pratiquement impossible d'y échapper, celui de la ***convergence morphologique.***

Depuis Darwin nous nous sommes rendu compte que les espèces n'étaient pas immuables à la surface de notre planète. Il y a **évolution des espèces**. Les espèces actuelles proviennent d'espèces préexistantes qui se sont progressivement diversifiées et complexifiées au cours de temps géologiques. Lorsque les conditions de vie sont modifiées, suite à des variations d'environnement (déplacement des plaques portant les continents, fragmentation ou regroupement de plaques tectoniques, modifications climatiques, crises géologiques) les espèces doivent donner des descendants présentant des capacités nouvelles leur permettant de faire face à ces nouvelles contraintes environnementales.

Dans l'adaptation à un même problème environnemental, il y a eu souvent sélection naturelle des mêmes structures chez des espèces différentes. Des organismes ayant les mêmes dispositions morphologiques et anatomiques peuvent donc être très éloignés au point de vue

Sous-phylums	Classes	Sous-classes	Ordres	
Taphrinomycotina	Taphrinomycetes		Taphrinales	
	Neoelectomycetes		Neoelectales	
	Pneumocystidomycetes		Pneumocystidales	
	Schizosaccharomycetes		Schizosaccharomycetales	
Saccharomycotina	Saccharomycetes		Saccharomycetales	
Pezizomycotina	Arthoniomycetes		Arthoniales	
	Dothideomycetes	Dothideomycetidae	Capnodiales ■	
			Dothideales	
		Pleosporomycetidae	Pleosporales ■	
	<i>Dothideomycetes incertains</i>		Botryosphaeriales	
			Hysteriales	
			Patellariales	
			Jahnulales	
	<i>Dothideomycetes lichénisés incertae sedis - quelques familles et quelques genres</i>			
	Eurotiomycetes	Chaetothyriomycetidae	Chaetothyriales	
			Pyrenulales	
		Eurotiomycetidae	Verrucariales	
			Coryneliales	
	Mycocaliciomycetidae	Eurotiales		
		Onygenales		
	Laboulbeniomycetes		Mycocaliciales	
			Laboulbeniales	
	Lecanoromycetes	Acarosporomycetidae	Pyxidiophorales	
			Acarosporales	
		Lecanoromycetidae	Lecanorales	
			Peltigerales	
			Teloschistales	
		Ostropomycetidae	Agyriales	
			Baeomycetales	
	Ostropales			
	Pertusariales			
	<i>Lecanoromycetes incertae sedis</i>			Candelariales
			Umbilicariales	
	Leotiomycetes		Cyttariales	
			Erysiphales	
			Helotiales	
			Rhytismatales	
			Thelebolales	
Lichinomycetes		Lichinales		
Orbiliomycetes		Orbiliales		
Pezizomycetes		Pezizales		
Sordariomycetes	Hypocreomycetidae	Coronophorales		
		Hypocreales		
		Melanosporales		
		Microascales		
	Sordariomycetidae	Boliniales		
		Calosphaeriales		
		Chaetosphaeriales		
		Coniochaetales		
		Diaporthales		
		Ophiostomatales		
		Sordariales		
		Lulworthiales		
	<i>Sordariomycetes incertains</i>	Meliolales		
		Phyllachorales		
		Trichosphaeriales		
		Xylariales		
Xylariomycetida		Xylariales		
Pezizomycotina incertae sedis			Lahmiales	
			Medeolariales	
			Triblidiales	

Classification phylogénétique du phylum des Ascomycota (d'après D. Hibbett - 2007)
(en gris les taxons entièrement ou essentiellement lichénisés - les taxons partiellement lichénisés sont accompagnés d'un carré noir)

évolutif. La classification phénétique initiale est donc mise en défaut et une classification tenant compte des liens de parentés entre les espèces est en train de la remplacer.

Quelques aspects de la classification phylogénétique des Asco. en 2008

- En 2001, G. Lecointre et H. Le Guyader ont publié la "Classification phylogénétique du vivant", livre de 550 pages mais les champignons, eucaryotes dépourvus de cellules flagellées, étaient vraiment le parent pauvre, seules trois petites pages leur étaient consacrées avec seulement quelques lignes sur les Ascos.

- En 2004 une revue scientifique *American Journal of Botany* apporte les premières informations importantes "Assembling the Fungal Tree of Life" par F. Lutzoni & al.

- En 2007 deux nouvelles publications américaines apportent des informations capitales :

Le numéro 98 de *Mycologia* est entièrement consacré à la phylogénie des champignons et la revue *Mycological Research* publie "A higher-level phylogenetic classification of Fungi" article de D. Hibbett & al. qui présente les grandes lignes d'une nouvelle classification acceptée par la majorité des mycologues professionnels, en insistant bien sur le fait que toutes ces données sont incomplètes, non définitives et qu'il faudra encore attendre pour préciser la position de nombreux taxons.

- La classification des Asco. est en ligne sur internet, mise régulièrement à jour sur le site MYCONET (www.fieldmuseum.org/myconet), accessible gratuitement sans abonnement préalable. Un copier/coller de la liste des genres d'Asco. actuellement typifiés donne un document de 77 pages ! De nombreux nouveaux genres sont apparus.

- La 10^e édition 2008 du "Dictionary of the Fungi" de P. M. Kirk & al. tient compte de toutes ces nouveautés et présente, jusqu'au niveau du genre, tous les taxons actuellement rencontrés dans la classification phylogénétique, y compris les taxons lichénisés qui font partie intégrante des Asco.

La classification adopte une terminologie en accord avec le **code de nomenclature** internationale ; en fonction de l'importance on trouve :

- le **règne**,
- le **sous-règne**,
- le **phylum** ou **embranchement** (suffixe *-mycota*),
- le **sous-phylum** ou **sous-embranchement** (suffixe *-mycotina*),
- la **classe** (suffixe *-mycetes*),
- la **sous-classe** (suffixe *-mycetidae*),
- l'**ordre** (suffixe *-ales*),
- le **sous-ordre** (suffixe *-ineae*),
- la **famille** (suffixe *-aceae*),
- la **sous-famille** (suffixe *-oideae*).

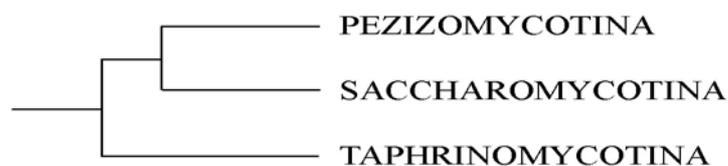
Les noms de taxons supérieurs à l'espèce sont dérivés du nom scientifique d'un champignon, de l'espèce-type qui a été choisie pour décrire et nommer le taxon en vue de sa publication. Les noms de taxons liés à un caractère morphologique n'étant plus utilisés, il n'y a plus de pyrénomycètes (Asco. possédant des périthèces) mais des *Sordariomycetes* typifiés par une espèce appartenant au genre *Sordaria* ; plus de discomycètes operculés mais des *Pezizomycetes* typifiés par une pézize (*Peziza*)... Depuis le 1/1/1958 toute dénomination ne peut être prise en compte que si elle est accompagnée de ce type nomenclatural. Ce spécimen

doit être conservé en herbier et être accessible aux scientifiques qui désirent l'examiner (ce type est l'holotype ; à défaut on utilise l'isotype, puis le lectotype ou finalement le néotype).

Dans la classification actuelle des Asco., de nombreux taxons n'ont pas encore de position systématique précise, le taxon est alors suivi des termes *incertae sedis* (du génitif latin *sedes incerta* = position incertaine) et divers auteurs ne sont pas d'accord avec les divisions proposées. N'ayant jamais séquencé la moindre molécule d'ADN et étant incapable de prendre position, je vais suivre les informations proposées par O. E. Eriksson sur Myconet, qui sont en accord avec celles de D. Hibbett et al, auteur de l'article publié dans *Mycological Research* et du numéro 98 de *Mycologia* (pages 996 à 1040) que la SMNF reçoit au titre des échanges avec les Documents mycologiques.

Le **phylum des Ascomycota** forme un groupe monophylétique, frère du **phylum des Basidiomycota**, avec lequel il forme le **sous-règne des Dikarya**. Ces *Dikarya*, la presque totalité des champignons auxquels les amateurs s'intéressent, ont la particularité de présenter dans leur cycle chromosomique, une phase pendant laquelle les 2 noyaux destinés à la fécondation restent l'un à côté de l'autre dans les cellules du mycélium ; ils attendent leur fusion pour former la cellule œuf qui sera le point de départ de l'asque ou de la baside. Les hyphes de ce mycélium, qualifié de secondaire, possèdent donc des cellules à 2 noyaux, d'où le terme de *Dikarya* [du grec *di* = deux et *karuon* = noyau].

On distingue actuellement 3 sous-phylums au sein des *Ascomycota*, les deux premiers, *Taphrinomycotina* et *Saccharomycotina*, constituaient dans les anciennes classifications le groupe des Hémiascomycètes à asques non protégés tandis que le sous-phylum des *Pezizomycotina* regroupait les Asco. qui édifiaient des structures (apothécies, périthèces, pseudothèces...) pour héberger leurs asques et qui étaient appelés les "vrais ascomycètes" ou Euascomycètes.



Les 3 sous-phylums du phylum monophylétique des Ascomycota

Dans la liste des taxons qui va suivre, seuls les classes, sous-classes et ordres seront cités et rapidement caractérisés ; pour chaque ordre nous essaierons de donner les quelques genres rencontrés fréquemment lors de nos sorties.

I. Sous-phylum *Taphrinomycotina* O. E. Erikss. & Winka - Myconet 1: 11 (1997)

Nommés autrefois Archéoascomycètes ou Archiascomycètes, ce sont les Asco. les plus primitifs ; les asques ne forment pas d'hyménium et ne sont pas dans un ascome mais disposés au hasard ; la libération des spores se fait par déchirure ou résorption de la paroi. Les cellules peuvent se présenter sous deux formes différentes, filaments ou le plus souvent

levures. Les parois des cellules ne possèdent pas de chitine et le cycle chromosomique (sauf chez les *Taphrinales*) est dépourvu de dicaryophase. Quatre classes sont admises.

1. Classe des *Taphrinomycetes* O. E. Eriksson & Winka, Myconet 1: 11 (1997).

Un seul ordre : les *Taphrinales*

Ces champignons s'attaquent à l'appareil aérien des plantes supérieures où ils provoquent des déformations parasitaires. Leurs asques forment une couche régulière à leur surface et leurs spores donnent au départ un thalle superficiel lévuriforme à cellules haploïdes, puis il y a formation d'un mycélium, à hyphes septées à dicaryon qui se propage entre les cellules de l'hôte.

Ex : *Taphrina populina* sur peuplier, *T. deformans* sur pêcher, *T. carpini* sur charme...

Les espèces du genre *Protomyces* s'attaquent aux plantes herbacées.

2. Classe des *Neoelectomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 8 (1997).

Un seul ordre : les *Neoelectales* avec une seule famille et un seul genre.

Les *Neoelecta* ressemblent à de gros *Geoglossum* jaunâtres, orangés ou jaune verdâtre vivant au contact des arbres ; leur comportement trophique (biotrophe ou saprotrophe) n'est pas encore connu.

3. Classe des *Pneumocystidomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 9 (1997).

Un seul ordre : les *Pneumocystidales*

Ex. : *Pneumocystis jirovecii* qui provoque des pneumonies chez les mammifères au système immunitaire affaibli, par exemple chez l'homme suite à une attaque du VIH ; ce sont les études en microscopie électronique et moléculaires qui ont permis de mettre ces formes unicellulaires parmi les Asco. ; autrefois les *Pneumocystis* étaient classés dans les Protozoaires.

4. Classe des *Schizosaccharomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 10 (1997).

Un seul ordre : les *Schizosaccharomycetales*

Les *Schizosaccharomyces* sont des petites cellules cylindriques de quelques μm , proches des levures mais ne se reproduisant pas par bourgeonnement ; elles sont appelées levures à fission et servent actuellement de modèle en biologie cellulaire et moléculaire.

Dans la nature on ne les trouve que sur des substrats très riches en sucre (exsudats des plantes, fruits, miel...).

II. Sous-phylum *Saccharomycotina* O. E. Erikss. & Winka - Myconet 1: 10 (1997).

Classe des *Saccharomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 10 (1997).

Un seul ordre : les *Saccharomycetales*

Les *Saccharomycetales* constituent une grande partie des levures.

Comme chez les *Taphrinomycotina* il n'y a pas d'hyménium, pas d'ascome, pas de chitine dans les parois et pas de dicaryons. Leur multiplication asexuée se fait par bourgeonnement.

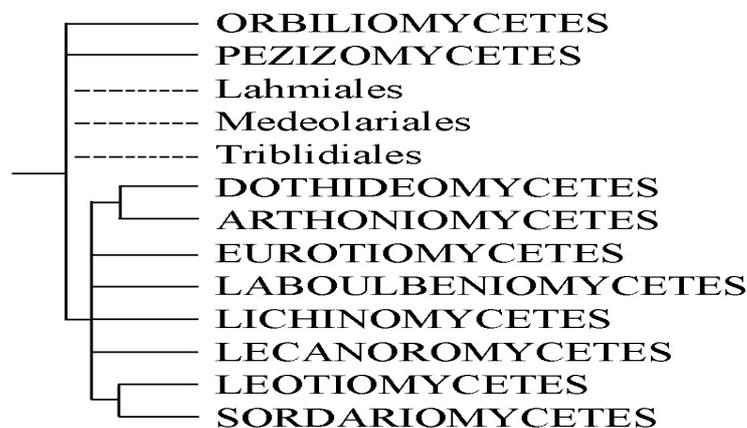
Ces nécrotrophes unicellulaires, à structure apparemment simple disposent d'un arsenal enzymatique considérable ; ils sont capables de produire de l'énergie en absence de dioxygène par fermentation et leurs applications industrielles sont nombreuses (panification, brasserie, vinification...).

Tout le monde connaît *Saccharomyces cerevisiae*, la levure de bière, mais il y a plus de 1000 espèces différentes de *Saccharomyces* et certaines peuvent provoquer des maladies (candidoses par exemple).

III. Sous-phylum *Pezizomycotina* O. E. Erikss. & Winka - Myconet 1: 9 (1997).

C'est le plus vaste sous-phylum d'Ascomycètes. Les hyphes filamenteuses ont des cloisons munies de pores et de corps de Woronin. Les asques se forment dans des réceptacles différenciés (apothécies, périthèces, cléistothèces, ascostromata) ; la dicaryophase est bien marquée. Ces Asco. étaient nommés autrefois Euscomycètes (du grec *eu* = vrai, *askos* = outre et *mukês* = champignon).

C'est dans ce sous-phylum que l'on trouve les ascomycètes lichénisés ou lichens ; le phénomène de lichénisation (possibilité de vivre en symbiose avec des algues et/ou des cyanobactéries capables de photosynthèse) a été acquis à plusieurs reprises au cours de l'évolution, parfois aussi perdu et certains Asco. "libres" sont d'anciens lichens ayant perdu leur photosymbiote. Les lichens sont polyphylétiques, répartis dans plusieurs ordres de *Pezizomycotina*, certains ne contenant que des espèces lichénisées.



Les 10 classes du sous-phylum des Pezizomycotina selon D. Hibbett et al. (2007)

Classe des *Arthoniomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 4 (1997).

Un seul ordre : les *Arthoniales*

Les représentants de cet ordre sont lichénisés ou pour certains ont perdu secondairement leur aptitude à la lichénisation (ils sont qualifiés parfois de délichénisés), et sont associés à des algues vertes, surtout du genre *Trentepohlia* ; le thalle est crustacé, parfois à peine développé, les apothécies sont enfoncées dans le substrat, à peine saillantes, elles sont en forme d'apothécie arrondies ou, plus souvent, forment des petites lilles en étoiles ou ± allongées.

Les asques, de obpyriformes à claviformes, ± fissituniqués, ont une paroi épaisse, avec un dôme apical I+ (se colorant en bleu sous l'action du lugol), ou I- bien développé, des spores simples ou septées, hyalines, généralement cloisonnées. L'hamathécium est formé de paraphysoïdes.

Genres rencontrés fréquemment : *Arthonia*, *Chrysothrix*, *Dirina*, *Enterographa*, *Lecanactis*, *Opegrapha*, *Roccella*, *Schismatomma*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des Arthoniales

Arthoniaceae : *Amazonomyces*, *Arthonia*, *Arthothelium*, *Coniarthonia*, *Cryptothecia*, *Hehninthocarpon*, *Paradoxomyces*, *Sporostigma*, *Stirtonia*.

Chrysotrichaceae : *Byssocaulon*, *Chrysothrix*.

Roccellaceae : *Ancistrospora*, *Bactrospora*, *Camanchaca*, *Chiodecton*, *Combea*, *Cresponea*, *Dendrographa*, *Dichosporidium*, *Diplogramma*, *Dirina*, *Dolichocarpus*, *Enterodictyon*, *Enterographa*, *Erythrodecton*, *Feigeana*, *Follmanniella*, *Gorgadesia*, *Graphidastra*, *Haplodina*, *Hubbsia*, *Ingaderia*, *Lecanactis*, *Lecanographa*, *Llimonaea*, *Mazosia*, *Melampylidium*, *Minksia*, *Opegrapha*, *Pentagenella*, *Pseudolecanactis*, *Pulvinodecton*, *Roccella*, *Roccellaria*, *Roccellina*, *Roccellographa*, *Sagenidiopsis*, *Sagenidium*, *Schismatomma*, *Schizopelte*, *Sclerophyton*, *Sigridea*, *Simonyella*, *Streimannia*, *Syncesia*, *Tania*.

Arthoniales dont la position systématique n'est pas encore précisée : *Arthophacopsis*, *Catarraphia*, *Sipmania*, *Synarthonia*, *Tylophorella*, *Wegea*.

Classe des *Dothideomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1 (1997).

Cette classe regroupe une grande partie des ex-Loculoascomycètes (le reste a été placé chez les *Eurotiomycetes*) ; ils présentent deux caractéristiques principales.

- Les périthèces de petite taille sont rassemblés dans les locules d'un stroma ; ces locules sont des cavités creusées par dissolution partielle du stroma avant la formation des dicaryons (tandis que chez les Ascohyméniaux, la majorité des autres classes, c'est l'ascogone qui initie la formation des ascomes).

- Les asques, autrefois qualifiés de bituniqués (possèdent en réalité jusque 7 parois successives), présentent deux ensembles fonctionnels, l'exoascus externe, rigide, mince et l'endoascus interne, souple et relativement épais. À maturité, sous l'action de la pression osmotique qui augmente à l'intérieur de l'asque (une partie du glycogène étant très certainement transformée en glucose), l'exoascus se déchire et l'endoascus fait saillie à l'extérieur pour donner une sorte de canon capable d'expulser les ascospores. Ce type de déhiscence est nommé *Jack-in-the-box* par similitude de comportement avec un jouet dans lequel, un clown nommé Jack, fixé sur un ressort à l'intérieur d'une boîte, quitte brusquement celle-ci à l'ouverture de son couvercle). Les deux tuniques principales (endo- et exoascus) se séparant complètement lors de la déhiscence, ces asques sont dits fissituniqués.

Certaines espèces sont nécrotrophes, mais beaucoup sont biotrophes et parasitent des végétaux, ex. les *Venturia* responsables des tavelures chez les arbres fruitiers ou le *Guignardia bidwellii* qui est l'agent du black-rot de la vigne. Certaines familles (*Pleosporaceae*, *Mycosphaerellaceae*...) donnent de nombreuses anamorphes ; quelques espèces sont lichénisées.

Pour la distinction morphologique des taxons il est possible de faire appel aux modalités de formation des locules et à la structure de l'hamathécium (ensemble des hyphes se développant entre les asques : paraphyses, pseudoparaphyses, périphysoïdes, périphyses).

Sous-classe des *Dothideomycetidae* d'après Mycologia 98 (2007)

Dans les périthèces, entre les asques on ne trouve pas de pseudoparaphyses ; ces filaments interascaux sont anatomiquement assez semblables aux paraphyses, mais leur mode de formation est différent ; alors que les paraphyses se développent du bas vers le haut du périthèce, les pseudoparaphyses descendent vers les asques, se développent entre ceux-ci et peuvent même atteindre le plancher du périthèce.

Ordre des *Capnodiales*

Champignons associés aux sécrétions des insectes à la surface des feuilles (fumagines) ; leurs hyphes sont pigmentées (brun foncé ou noires), superficielles, réduisent considérablement la surface photosynthétisante. Présence de périphyses (filaments de petites dimensions situés dans le canal ostiolaire) au sommet du périthèce. Ex. *Capnodium silicinum* sur feuilles de saule. Cet ordre comprend une trentaine de genres actuellement répartis dans 7 familles, mais pour de nombreux genres les études moléculaires ne sont pas encore terminées. Certaines espèces possèdent plusieurs anamorphes (plus de 30 genres d'anamorphes sont associés au genre *Mycosphaerella*).

Une famille de l'ordre des *Capnodiales* est lichénisée, la famille des *Antennulariaceae* avec le genre *Antennularia* qui possède un représentant sous nos latitudes : *Antennularia lichenista* à périthèces dépourvus d'hamathécium.

Ordre des *Dothideales*

Le mycélium n'est pas superficiel mais inclus dans l'hôte, les ascotes peuvent être pluriloculaires (ex. *Dothidea sambuci* sur feuilles de sureau) ou uniloculaires (*Delphinella abietis* sur aiguilles de sapin). Il y a plus de 20 genres différents répartis en 2 familles.

Ordre des *Myriangiales*

Les locules, dépourvus d'ostiole, ne contiennent qu'un seul asque, globuleux. À maturité ces asques sont dispersés dans le stroma. Les anamorphes connues donnent souvent des acervules (conidiomes en forme de coupe largement ouverte dans laquelle se développent les conidies). Ex. : *Myriangium durieui*, parasite de cochenilles sur feuilles de frêne, orme, *Elsinoe veneta* qui provoque l'anthracnose des tiges et feuilles de ronce.

Sous-classe des *Pleosporomycetidae* d'après Mycologia 98 (2007)

Un seul ordre : les *Pleosporales*

Entre les asques on trouve des pseudoparaphyses qui prennent naissance à la partie supérieure du périthèce et qui descendent \pm entre les asques. Les ascotes sont des périthèces, des cléistothèces ou des hystérothèces (voir définition à *Hysteriales*) qui se développent sur débris ligneux, tiges herbacées, feuilles ; c'est l'ordre le plus riche en espèces de la classe des *Dothideomycetes* avec plus de 160 espèces réparties dans 19 familles. Plusieurs genres sont

désignés comme *genera incertae sedis* leur position systématique dans une famille précise n'étant pas encore établie.

Quelques genres présents dans notre région : *Cucurbitaria*, *Melalomma*, *Leptosphaeria*, *Ophiobolus*, *Venturia*, *Pleospora*, *Phaeosphaeria*, *Lophiostoma*, *Sporormiella*...

Trois familles d'Asco. lichénisés viennent d'être récemment placées dans les *Pleosporales* (Mycol. Research. 111 (2007)

- Les ***Arthopyreniaceae*** : *Arthopyrenia*, *Athrismidium*, *Mycomicrothelia*.
- Les ***Dacampiaceae*** : ?*Aaosphaeria*, *Clypeococcum*, ?*Cocciscia*, *Dacampia*, *Eopyrenula*, *Kalaallia*, *Leptocurthis*, *Munkovalsaria*, *Polycoccum*, *Pyrenidium*, *Weddellomyces*.
- Les ***Naetrocymbaceae*** : *Naetrocymba*, *Jarxia*, *Leptorhaphis*, ?*Tomasellia*.

Dothideomycetes incertae sedis (position systématique non encore précisée)

Ordre des *Botryosphaeriales* - une seule famille - *Botryosphaeriaceae*

Ascomés uni- ou multiloculaires, souvent enfoncés dans un stroma, avec des asques à chambre apicale bien développée et des pseudoparaphyses septées et hyalines.

Ex. : *Botryosphaeria quercinum* trouvé sur branche morte d'aubépine au terril Sainte-Marie d'Auberchicourt.

Ordre des *Hysteriales* - une seule famille - *Hysteriaceae*

Les hystérothèces s'ouvrent par une fente longitudinale et ressemblant donc \pm à une petite lirelle de *Graphidaceae*. Les asques sont allongés et leur plus grande largeur se trouve dans leur partie supérieure. Ce sont surtout des nécrotrophes se développant sur bois et sur écorce.

Ex. : *Hysterium pulicare* (sur écorce de bouleau), aux ascospores brunes, cloisonnées transversalement, et *Hysterographium fraxini* aux ascospores murales (sur rameaux de frêne).

Remarque : Deux autres ordres (*Patellariales* et *Jahnulales*), 37 familles (*Acrospermaceae*, *Moriolaceae*, *Tubefiaceae*...) et près de 200 genres (ex. : *Ropographus*) sont classés *incertae sedis* dans l'attente de résultats complémentaires.

Plusieurs autres champignons lichénisés sont également placés dans la classe des *Dothideomycetes*, mais leur position systématique précise n'est pas encore élucidée.

Deux familles de *Dothideomycetes* lichénisés sont classées *incertae sedis*

- Les *Lichenotheliaceae* : *Lichenothelia*
- Les *Mycoporaceae* : *Mycoporum*

Plusieurs genres de *Dothideomycetes* certainement lichénisés sont classés *incertae sedis* :
Mastodia, *Mycoporopsis*, *Thelenidia*.

Classe des *Eurotiomycetes* O. E. Eriksson & Winka, Myconet 1: 6 (1997)

Cette classe monophylétique regroupe des Asco. présentant la plupart des caractères morphologiques des ex-Plectomycètes.

- Asques non groupés dans un hyménium mais dispersés dans la cavité de l'ascome.

- Asque à paroi mince, prototuniqué, pouvant toutefois libérer les spores par rupture de l'asque mais sans éjection active par un pore apical.
- Ascospores unicellulaires.
- Ascome de morphologie variable du cléistothèce au gymnothèce (le péridium est dans ce cas simplement constitué d'un réseau d'hyphes peu serrées).
- Nombreuses anamorphes à développement rapide (parfois exubérant).

Cette classe est écologiquement très différenciée avec des nécrotrophes, des biotrophes et des espèces lichénisées. Trois sous-classes sont identifiées.

Sous-classe des *Chaetothyriomycetidae*

Créée en 2001 par Kirk & al., cette sous-classe regroupe des champignons à ascomes en forme de périthèce contenant des asques bituniqués dont la déhiscence est intermédiaire entre les modes fissituniqué et évanescent ; l'hamathécium a des pseudoparaphyses et souvent des périphyses et même des paraphyses souvent non persistantes. Deux ordres, les *Pyrenulales* et les *Verrucariales*, renferment des espèces lichénisées (que la classification phénétique avait placées, en 1955, dans les *Xylariales*, étant donné la structure de leur asque).

Ordre des *Chaetothyriales*

Les espèces de cet ordre, non lichénisées, présentent des téléomorphes se développant en régions tropicales, mais les anamorphes sont cosmopolites et peuvent pour certaines d'entre elles présenter une pathogénicité pour l'homme et les animaux (infections de la peau et du système nerveux d'individus immunodéficients).

Principaux genres : *Capronia*, *Ceramothyrium*, *Chaetothyrium*.

Ordre des *Pyrenulales*

Les représentants de cet ordre sont lichénisés, ils sont exclusivement associés à des algues vertes (*Trentepohlia*) ; le thalle est souvent endosubstratique, les isidies et soralies sont absentes. Présence de périthèces s'ouvrant par un ostiole ; l'hamathécium contient des pseudoparaphyses, des paraphysoïdes ou des paraphyses, les asques sont fissituniqués ; les ascospores hyalines ou pigmentées, de simples à murales (cloisonnées dans les 2 sens).

Genres rencontrés fréquemment : *Acrocordia*, *Anisomeridium*, *Pyrenocollema*, *Pyrenula*, *Strigula*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Pyrenulales*

Monoblastiaceae : *Acrocordia*, *Anisomeridium*, *Monoblastia*.

Pyrenulaceae : *Anthracothecium*, *Lithothelium*, *Pyrenula*, *Pyrgillus*, *Sulcopyrenula*.

Strigulaceae : *Oletheriostrigula*, *Phylloblastia*, *Strigula*.

Trypetheliaceae : *Astrothelium*, *Campylothelium*, *Exiliseptum*, *Laurera*, *Polymeridim*, *Pseudopyrenula*, *Trypetheliopsis*, *Trypethelium*.

Xanthopyreniaceae : *Collemopsidium*, *Pyrenocollema*.

Ordre des *Verrucariales*

Les représentants de cet ordre sont lichénisés, ils sont associés à des algues vertes (très rarement à des *Phaeophyceae* ou des *Xanthophyceae*) ; le thalle est généralement crustacé,

parfois foliacé ou squamuleux. Les structures de multiplication végétative sont essentiellement des isidies et des soralies, mais il y a aussi des conidies ou même les pseudoparaphyses courtes chez certains *Bagliettoa* (Gueidan et al., 2007), mode de reproduction semble-t-il unique. Les périthèces sont superficiels ou immergés, leur canal ostiolaire présente des périphyses, remplacées au-dessous du canal ostiolaire par des pseudoparaphyses courtes ; des paraphyses se formant au début du développement disparaissent avant maturité des périthèces par gélification. Chez certains *Bagliettoa*, les spores ne se développent pas toujours (*B. parmigera*), pas du tout (*B. cazzae*) ; ce sont les pseudoparaphyses qui se cloisonnent pour donner des propagules de multiplication végétative. Les *Verrucariales* ont une grande amplitude écologique et sont capables de se développer sur les substrats les plus divers, dans des milieux très variés ; par exemple certaines espèces sont aquatiques (eau douce ou eau salée).

Genres rencontrés fréquemment : *Agonimia*, *Bagliettoa*, *Catapyrenium*, *Dermatocarpon*, *Normandina*, *Placidium*, *Placidiopsis*, *Placopyrenium*, *Polyblastia*, *Thelidium*, *Staurothele*, *Verrucaria*, *Verrucula*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Verrucariales* (une seule famille)

Verrucariaceae : *Agonimia*, *Anthracarpon*, *Awasthiella*, *Bagliettoa*, *Bellemerella*, *Bogoriella*, *Catapyrenium*, *Clauzadella*, *Clavascidium*, *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Haleomyces*, *Henrica*, *Heterocarpon*, *Heteroplacidium*, *Involucropyrenium*, *Kalbiana*, *Leucocarpia*, *Macentina*, *Neocatapyrenium*, *Normandina*, *Placidiopsis*, *Placidium*, *Placocarpus*, *Placopyrenium*, *Placothelium*, *Polyblastia*, *Psoroglaena*, *Rhabdopsora*, *Scleropyrenium*, *Speheconisca*, *Staurothele*, *Thelidiopsis*, *Thelidium*, *Trimmatothele*, *Verrucaria*, *Verrucula*, *Verruculopsis*.

Sous-classe des *Eurotiomycetidae*

Cette sous-classe contient la majorité des ex-Plectomycètes dépourvus de pseudoparaphyses, paraphysoïdes ou paraphyses. Les espèces sont nécrotrophes, biotrophes ou mycorrhizogènes. L'ascome est de type cléistothèce/gymnothèce, les asques sont lysés à maturité et les spores dispersées dans l'ascome, il n'y a pas d'hyménium. Les anamorphes sont nombreuses, elles produisent des phialoconides et des arthroconidies ; certains sont très connus comme les *Aspergillus* et les *Penicillium*.

Ordre des *Coryneliales*

Les études en microscopie électronique montrent que les asques des *Coryneliales* sont bituniqués au début du développement puis il y a régression de la paroi externe et ils deviennent prototuniqués ; à maturité, les ascospores unicellulaires et sphériques sont libérées dans l'ascome. La plupart des espèces parasitent des plantes ligneuses, en particulier les *Podocarpaceae* dans l'hémisphère sud.

Principaux genres : *Corynelia*, *Caliciopsis*.

Ordre des *Eurotiales*

Les ascomes sessiles, dépourvus d'ostiole, contiennent des asques disposés en désordre ; les ascospores lenticulaires présentent souvent des anneaux équatoriaux caractéristiques. Les espèces sont généralement nécrotrophes et acceptent de se développer dans des milieux peu favorables, très secs ou très chauds. Beaucoup développent des anamorphes bien connues.

- Les *Aspergillus* (anamorphe du genre *Eurotium*) qui correspondent à plus de 150 moisissures ubiquistes se développent sur les fruits, les végétaux, les substances sucrées (confitures), dans le sol et parfois même dans l'organisme humain, à l'intérieur des poumons où ils provoquent l'aspergillose.
- Les *Penicillium* (anamorphe du genre *Eupenicillum*) permettent la fabrication de fromages ou d'antibiotiques.
- C'est dans les *Eurotiales* que l'on trouve également les *Elaphomyces* aux ascomes hypogés volumineux (truffe des cerfs), souvent parasité par des *Cordiceps*.

Ordre des *Onygenales*

Les ascomes, nettement pédicellés, contiennent des asques disposés sans ordre, à paroi mince et évanescence. Des chlamydospores couvrent parfois le sommet des ascomes avant le développement des asques.

Les *Onygenales* ont la capacité de se nourrir de la kératine ; les espèces de cet ordre se développent sur les phanères d'animaux morts (plumes, cornes) ; plusieurs espèces s'attaquent à l'homme et provoquent des maladies de la peau (blastomycose), des cheveux (teigne tondante) ou des poumons (histoplasmosse).

Genres ayant permis de nommer quelques familles : *Arthroderma*, *Gymnoascus*, *Onygena*.

Sous-classe des *Mycocaliciomycetidae* Tibell. subclass nov. MycoBank n° 501288

Un seul ordre : les *Mycocaliciales*

Quelques espèces lichénicoles non lichénisées à ascome stipité, assez semblables aux lichens du groupe des ex-Caliciales dans lequel elles étaient placées, sont en réalité phylogénétiquement proches des *Eurotiales*. Pour les placer dans la classe des *Eurotiomycetidae*, Tibell & Wedin ont créé la sous-classe des *Mycocaliciomycetideae* (*Mycologia* 92 - 2000).

Ces lichens peuvent vivre en parasites ou en commensaux sur des lichens, ils sont alors des lichens lichénicoles ; dans certains cas ils peuvent vivre en nécrotrophes.

Lorsqu'ils sont parasites, ils prélèvent dans le lichen hôte les substances nécessaires à leur nutrition. Lorsqu'ils sont commensaux, ils s'installent sur un lichen sans prélever de substances.

Leurs asques sont unituniqués, muni d'un épaissement apical, leurs spores simples à septées (1-7 cloisons transversales), leurs anamorphes morphologiquement très variés (hyphomycètes et coelomycètes).

Liste des familles et genres lichénicoles de l'ordre des *Mycocaliciales*

Mycocaliciaceae : *Chaenothecopsis*, *Mycocalicium*, *Phaeocalicium*, *Stenocybe*.

Sphinctrinaceae : *Sphinctrina*.

Classe des *Laboulbeniomycetes* Engl., Syll. Pflanzenfam. (2^e éd.) :46 (1898)

La plupart des espèces parasitent essentiellement des insectes aquatiques et autres arthropodes. Leur thalle millimétrique présente un cône basilaire (permettant l'implantation dans la carapace), une zone de formation de périthèces et une zone de formation de spermaties qui seront captées par les trichogynes pour assurer la dicaryotisation. Leur position

systématique précise n'est pas encore connue et leur place dans les *Pezizomycotina* est un peu hasardeuse. On distingue 2 ordres d'importance inégale.

Ordre des *Laboulbeniales*

Avec plus de 1500 espèces différentes, ces ectoparasites d'arthropodes sont répartis dans 4 familles. Principaux genres : *Laboulbenia*, *Rickia*, *Ceratomyces*.

Ordre des *Pyxidiophorales*

Cet ordre ne possède qu'une seule famille, les *Pyxidiophoraceae* comprenant 2 genres, parasite des champignons ou vivant en nécrotrophe sur des excréments.

Classe des *Lecanoromycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 7(1997).

Avec plus de 65 familles, cette classe, **essentiellement lichénisée**, regroupe plus de 90% des ascolichens, dont l'ascome est constitué d'apothécies, dans quelques rares familles d'apothécies périthécoïdes, presque refermées, faisant penser à première vue à un périthèce, parfois seulement ouverte au niveau d'une petite fente (apothécies en lirelles) mais il n'y a jamais de périthèces.

Les asques sont bituniqués mais fonctionnellement unituniqués, aucun n'est operculé et la déhiscence est le plus souvent de type rostrale ou bivalve, rarement les asques sont semi-fissituniqués et la déhiscence se fait avec extrusion partielle de l'endoascus.

Les métabolites secondaires sont nombreux et interviennent dans la protection de la couche d'algues et l'optimisation de leur photosynthèse en régulant le passage du rayonnement solaire.

Certains groupes, autrefois bien définis par leurs caractères morphologiques ont été pulvérisés, exemple dans les ex-Caliciales : le genre *Calicium* est placé dans les *Physciaceae*, le genre *Chaenotheca* dans les *Coniocybaceae*, le genre *Stenocybe* dans les *Mycocaliciaceae*...

Les données moléculaires ont permis de grouper les lichens selon leur phylogénie, mais il n'est pas toujours facile de leur attribuer des caractères morfo-anatomiques propres.

Il est toutefois possible de faire appel aux critères suivants : forme du thalle, nature du ou des photosymbiotes, structure des apothécies, nature de l'hamathécium, structure des asques et de leur appareil apical, du tholus et de ses propriétés vis-à-vis des réactifs iodés, caractéristiques des spores, des conidies et de leurs modalités de formation, présence de métabolites secondaires...

Dans quelques cas, les publications de 2004 à 2008 présentaient des divergences avec celles de 2008. À quelques exceptions près, la classification proposée ci-dessous est celle qui est adoptée dans la dernière version (octobre 2008), du *Dictionary of the Fungi (10th edition)*.

Sous-classe des *Acarosporomycetidae* Reeb, Lutzoni & Cl. Roux, Mol. Phyl. Evol. 32 (2004).

Un seul ordre : les *Acarosporales*

Les espèces ont été regroupées par V. Reeb et al. (2004) dans une seule famille, les *Acarosporaceae* qui présentent les caractéristiques suivantes : photosymbiotes chlorococcoïdes, paraphyses septées souvent peu ramifiées-anastomosées, asques à tholus I-

ou faiblement I+, et contenant de très nombreuses spores, jusque 200 par asque, ces spores étant de très petite taille (3 x 1,5-2 µm).

Genres rencontrés fréquemment : *Acarospora*, *Polysporina*, *Sarcogyne*.

Liste des genres lichénisés de la famille des *Acarosporaceae* : *Acarospora*, *Glypholecia*, *Lithoglyphia*, *Pleopsidium*, *Polysporina*, *Sarcogyne*, *Thelocarpella*, ?*Timdalia*.

Genre incertain de l'ordre des *Acarosporales* : *Pycnora*.

Sous-classe des *Lecanoromycetidae*

Le *typus* de cette sous-classe *Lecanora* Acharius (1809) est très ancien (2 siècles).

Les photosymbiotes sont des algues vertes et/ou des cyanobactéries. Les ascomes sont en général des apothécies, sessiles ou stipitées, enveloppées d'un excipulum en forme de cupule ou d'anneau. Paraphyses simples ou peu ramifiées, parfois anastomosées ; asques bituniqués mais fonctionnellement unituniqués, le plus souvent octosporés, ascospores simples ou cloisonnées transversalement, parfois murales. Depuis 2004, les *Peltigerales* et les *Teloschistales* sont acceptées, à côté des *Lecanorales*, comme ordres au sein de cette sous-classe.

Ordre des *Lecanorales* [26 familles - 269 genres - 5700 espèces]

C'est le plus grand ordre de champignons lichénisés ; les photosymbiotes sont des algues vertes ; les apothécies possèdent ou non un rebord thallin, les paraphyses sont présentes, simples ou peu ramifiées, renflées à l'extrémité, souvent pigmentées ou entourées de pigments. Les asques ont souvent une chambre oculaire, des structures apicales sont généralement I+.

Genres rencontrés fréquemment :

Bacidia, *Biatora*, *Brodoa*, *Bryoria*, *Cladonia*, *Evernia*, *Fellhanera*, *Alectoria*, *Hypogymnia*, *Lepraria*, *Letharia*, *Myxobilimbia*, *Parmelia* (s.l.), *Protoblastenia*, *Ramalina*, *Rhizoplaca*, *Sphaerophorus*, *Squamarina*, *Stereocaulon*, *Tephromela*, *Toninia*, *Usnea*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Lecanorales*

Aphanopsidaceae : *Aphanopsis*, *Steinia*.

Biatoraceae : *Biatorella*, *Maronella*, *Piccolia*.

Brigantiaeaceae : *Argopsis*, *Brigantiaea*.

Cladoniaceae : *Calathaspis*, *Cladia*, *Cladonia*, *Gymnoderma*, *Heterodea*, *Heteromyces*, *Metus*, *Myelorrhiza*, *Notodadonia*, *Pilophorus*, *Pycnothelia*, *Ramalea*, *Sphaerophoropsis*, *Squamella*, *Thysanothecium*.

Crocyniaceae : *Crocynia*.

Dactylosporaceae : *Dactylospora* (non lichénisé).

Gypsoplacaceae : *Gypsoplaca*.

Haematommaceae : *Haematomma*.

Helocarpaceae : *Helocarpon*.

Lecanoraceae : *Arctopeltis*, *Bryodina*, *Bryonora*, *Carbonea*, *Cladidium*, *Claurouxia*, *Clauzadeana*, *Diomedella*, *Edrudia*, *Japewia*, *Lecanora*, *Lecidella*, *Maronina*, *Miriquidica*, *Myrionora*, *Protoparmeliopsis*, *Psorinia*, *Punctonora*, *Pyrrhospora*, *Ramalinora*, *Ramboldia*, *Rhizoplaca*, *Sagema*, *Traponora*, *Tylothallia*, *Vainionora*.

Miltideaceae : *Miltidea*.

Mycoblastaceae : *Mycoblastus*.

Parmeliaceae : *Ahtia*, *Ahtiana*, *Alectoria*, *Allantoparmelia*, *Allocetraria*, *Almbornia*, *Anzia*, *Arctocetraria*, *Arctoparmelia*, *Asahinea*, *Brodoa*, *Bryocaulon*, *Bryoria*, *Bulborrhizina*, *Bulbothrix*, *Canoparmelia*, *Cavernularia*, *Cetraria*, *Cetrariastrum*, *Cetrariella*, *Cetrariopsis*, *Cetrelia*, *Coelopogon*, *Cornicularia*, *Coronoplectrum*, *Dactylina*, *Esslingeriana*, *Evernia*, *Everniopsis*, *Flavocetraria*, *Flavoparmelia*, *Flavopunctelia*, *Himantormia*, *Hypogymnia*, *Hypotrachyna*, *Imshaugia*, *Kaernefeltia*, *Karoorwia*, *Letharia*, *Lethariella*, *Masonhalea*, *Melanelia*, *Melanelixia*, *Melanohalea*, *Menegazzia*, *Myelochroa*, *Namakwa*, *Neoporsomopsis*, *Nephromopsis*, *Nesolechia*, *Nimisia*, *Nodobryoria*, *Omphalodiella*, *Omphalodium*, *Omphalora*, *Oropogon*, *Pannoparmelia*, *Parmelia*, *Parmelina*, *Parmeliopsis*, *Parmotrema*, *Parmotremopsis*, *Phacopsis*, *Placoparmelia*, *Platismatia*, *Pleurosticta*, *Protoparmelia*, *Protousnea*, *Pseudephebe*, *Pseudevemia*, *Pseudoparmelia*, *Psiloparmelia*, *Psoromella*, *Punctelia*, *Relicina*, *Relicinopsis*, *Sulcaria*, *Tuckermanella*, *Tuckermanopsis*, *Usnea*, *Vulpicida*, *Xanthomaculina*, *Xanthoparmelia*.

Pilocarpaceae : *Badimia*, *Badimiella*, *Bapalmuia*, *Barubria*, *Bryogomphus*, *Byssolecania*, *Byssoloma*, *Calopadia*, *Calopodiopsis*, *Fellhanera*, *Fellhaneropsis*, *Kantvilasia*, *Lasioloma*, *Lobaca*, *Loflammia*, *Logilvia*, *Micarea*, *Psilolechia*, *Roccellinastrum*, *Sporopodiopsis*, *Sporopodium*, *Szczawinskia*, *Tapellaria*.

Psoraceae : *Eremastrella*, *Glyphopeltis*, *Protoblastenia*, *Protomicarea*, *Psora*, *Psorula*.

Ramalinaceae : *Adelolecia*, *Arthrosporium*, *Bacidia*, *Bacidina*, *Bacidiopsora*, *Biatora*, *Catinaria*, *Cliostomum*, *Compsocladium*, *Crocynia*, *Crustospathula*, *Echidnocymbium*, *Frutidella*, *Heppsora*, *Herteliana*, *Jarmania*, *Krogia*, *Lecania*, *Megalaria*, *Myxobilimbia*, *Niebla*, *Phyllopsora*, *Physcidia*, *Ramalina*, *Ramalinopsis*, *Rolfidium*, *Schadonia*, *Scutula* (non lichénisé), *Speerschneidera*, *Squamacidia*, *Stirtoniella*, *Thamnolecania*, *Tibellia*, *Toninia*, *Toniniopsis*, *Trichoramalina*, *Vermilacina*, *Waynea*.

Scoliciosporaceae : *Scoliciosporum*.

Sphaerophoraceae : *Austropeltum*, *Bunodophoron*, *Leifidium*, *Neophyllis*, *Sphaerophorus*.

Stereocaulaceae : *Hertelidea*, *Lepraria*, *Stereocaulon*. *Squamarina* (parfois placé dans la famille monogénérique des *Squamarinaceae*).

Tephromelataceae : *Calvitimela*, *Tephromela* (placés jusque 2007 dans les **Mycoblastaceae**)

Vezeae : *Vezeae*.

Lecanorales dont la position systématique n'est pas encore précisée :

Genres *Ramalea* et *Strangospora*.

Ordre des *Peltigerales* [8 familles - 50 genres - 1200 espèces]

Ces lichens possèdent tous des cyanobactéries, ce sont des cyanolichens ; ces bactéries peuvent être le seul photosymbiote mais il est fréquent qu'elles constituent le photosymbiote secondaire localisé dans des céphalodies internes ou externes, le photosymbiote primaire étant une algue verte. Dans ce groupe on trouve des grands lichens foliacés (ex. : les *Peltigera* ou les *Lobaria*) mais également de nombreux petits lichens discrets, gélatineux après les pluies, noirs, secs et cassants en période de sécheresse (*Collema* et *Leptogium*). Les asques présentent un anneau apical I+, une chambre oculaire bien développée ; les ascospores sont souvent allongées et multiseptées. La reproduction végétative est présente et de nombreux thalles portent des pycnides.

Genres rencontrés fréquemment : *Collema*, *Degelia*, *Leptogium*, *Lobaria*, *Nephroma*, *Pannaria*, *Parmeliella*, *Peltigera*, *Placynthium*, *Protopannaria*, *Pseudocyphellaria*, *Psoroma*, *Solorina*, *Sticta*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Peltigerales*

Coccocarpiaceae : *Coccocarpia*, *Peltularia*, *Spilonema*, *Spilonemella*, *Steinera*.

Collemataceae : *Collema*, *Homothecium*, *Leciophysma*, *Leightoniella*, *Leptogium*, *Physma*, *Ramalodium*, *Staurolemma*.

Lobariaceae : *Lobaria*, *Pseudocyphellaria*, *Sticta*.

Massalongiaceae : *Leptochidium*, *Massalongia*, *Polychidium*.

Nephromataceae : *Nephroma*.

Pannariaceae : *Austrella*, *Degelia*, *Degeliella*, *Erioderma*, *Fuscoderma*, *Fuscopannaria*, *Kroswia*, *Leioderma*, *Lepidocollema*, *Moelleropsis*, *Pannaria*, *Parmeliella*, *Protopannaria*, *Psoroma*, *Psoromidium*, *Santessoniella*, *Siphulastrum*.

Peltigeraceae : *Peltigera*, *Solorina*.

Placynthiaceae : *Hertella*, *Hueella*, *Koerberia*, *Placynthiopsis*, *Placynthium*, *Vestergrenopsis*.

Ordre des *Teloschistales* [4 familles - 66 genres - plus de 1950 espèces]

Ces champignons lichénisés vivent tous en symbiose avec des algues vertes et beaucoup prennent une extension importante lorsque le support est riche en azote (espèces nitrophiles). De nombreuses espèces sont très courantes et réagissent bien aux tests chimiques, K+ rouge pour beaucoup de *Teloschistaceae* qui contiennent des anthraquinones, K + violet clair pour d'autres *Teloschistaceae* à gris de *sedifolia* (*Caloplaca* gr. *pyrenodesmia*) et K+ jaune pour de nombreuses *Physciaceae* riches en atranorine. Leurs spores ont généralement une zone équatoriale particulière, munie d'un tore (anneau noir ± développé entourant l'équateur) chez les *Rinodina*, un épaississement de la cloison chez les *Physcia*, *Physconia*, *Rinodina*, la formation d'un canal au centre de cet épaississement chez les *Caloplaca*, *Xanthoria*, *Teloschistes* donnant ainsi une spore polariloculaire. C'est dans cet ordre que se place le lichen foliacé connu de tous *Xanthoria parietina* (la xanthorie des murailles).

Genres rencontrés fréquemment : *Amandinea*, *Anaptychia*, *Buellia*, *Calicium*, *Caloplaca*, *Fulgensia*, *Dimelaena*, *Diploicia*, *Diplotomma*, *Hyperphyscia*, *Phaeophyscia*, *Physcia*, *Physconia*, *Rinodina*, *Teloschistes*, *Xanthoria*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Teloschistales*

Letrouitiaceae : *Letrouitia*.

Megalosporaceae : *Austroblastenia*, *Megaloblastenia*, *Megalospora*.

Microcaliciaceae : ?*Microcalicium*.

Physciaceae (inclus *Caliciaceae*) : *Acolium*, *Acrosyphus*, *Amandinea*, *Anaptychia*, *Australiena*, *Buellia*, *Calicium*, *Coscinocladium*, *Cratiria*, *Culbersonia*, *Cyphelium*, *Dermatiscum*, *Dermiscellum*, *Dimelaena*, *Diploicia*, *Diplotomma*, *Dirinaria*, *Gassicurtia*, *Hafellia* (généralement non accepté ; = *Buellia*), *Heterodermia*, *Hyperphyscia*, *Hypoflavia*, *Mischoblastia* (généralement non accepté ; = *Rinodina*) (, *Mobergia*, *Monerolechia*, *Phaeophyscia*, *Phaeorrhiza*, *Physcia*, *Physciella*, *Physconia*, *Pyxine*, *Redonia*, *Rinodina*, *Rinodinella*, *Santessonia*, *Stigmatochroma*, *Tetramelas*, *Texosporium*, *Thelomma*, *Tholurna*, *Tornabea*, *Tylophoropsis*.

Teloschistaceae : *Caloplaca*, *Cephalophysia*, *Fulgensia*, *Huea* (généralement non accepté ; = *Caloplaca* gr. *Pyrenodesmia*), *Ioplaca* (généralement non accepté ; = *Caloplaca*), *Josefpoeltia* (généralement inclus dans *Teloschistes* s.l.), *Seiophora* (généralement inclus dans *Teloschistes* s.l.), *Teloschistes*, *Xanthodactylon*, *Xanthomendoza* (généralement inclus dans *Teloschistes* s.l.), *Xanthopeltis*, *Xanthoria*.

■ Familles de *Lecanoromycetidae* en attente de classification :

Calycidiaceae : *Calycidium*.

Catillariaceae : *Austrolecia*, *Catillaria*, *Halecania*, *Placolecis*, *Solenopsora*, *Sporastatia*, *Xanthopsorella*.

Cetradoniaceae : *Cetradonia*.

Lecideaceae : *Bahianora*, *Cecidonia*, *Cryptodictyon*, *Lecidea*, *Lecidoma*, *Lopacidia*, *Pseudopannaria*, *Rhizolecia*.

Miltideaceae : *Miltidea*.

Pachyascaceae : *Pachyascus*.

Porpidiaceae : *Amygdalaria*, *Bellemerea*, *Catarrhospora*, *Clauzadea*, *Farnoldia*, *Immersaria*, *Koerberiella*, *Labyrintha*, *Paraporpidia*, *Poeltiaria*, *Poeltidea*, *Porpidia* (incl. *Stenhammarella*), *Schizodiscus*, *Stephanocyclos*, *Xenolecia*.

Rhizocarpaceae : *Catolechia*, *Epilichen*, *Poeltinula*, *Rhizocarpon*.

Thelocarpaceae : *Melanophloea*, *Sarcosagium*, *Thelocarpon*.

■ **Genres de Lecanoromycetidae incertae sedis** (en attente de classification) :

Auriculora, *Bartlettella*, *Botryolepraria*, *Buelliastrum*, *Helocarpon*, *Leprocaulon*, *Lopadium*, *Lopezaria*, *Nimisistella*, *Notolecidea*, *Psorotichiella*, *Ravenelula*, *Scoliciosporum*, *Sporacestra*, *Strangospora*, *Wadeana*.

Sous-classe des Ostropomycetidae

Cette sous-classe regroupe un grand nombre d'espèces lichénisées ; les hyphes vivent en symbiose avec des algues vertes, principalement des *Trentepohlia*, *Coccomyxa*, *Trebouxia*. Les ascomes sont des apothécies, parfois urcéolées ou périthécoïdes, ± enfoncées dans le thalle ; les asques ne présentent pas de tholus I+ différencié ; les ascospores sont simples, septées ou murales, elles peuvent parfois atteindre des tailles considérables mais dans ce cas le nombre de spores par asque est réduit (ex. : chez *Pertusaria multipuncta*, l'asque ne contient qu'une spore, mais elle peut atteindre 170 µm de longueur).

Ordre des Agyriales

Chez la plupart de ces espèces le tholus est bien développé, mais il très faiblement amyloïde. Le genre *Placopsis* possède des céphalodies contenant des cyanobactéries appartenant aux genres *Stigonema* et *Scytonema* ; ce genre est surtout bien représenté dans l'hémisphère sud (plus de 40 espèces différentes en Australie, deux en France).

Principaux genres : *Agyrium*, *Placopsis*, *Trapelia*, *Trapeliopsis*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des Agyriales

Agyriaceae : *Agyrium*, ?*Anzina*, *Ptychographa*, *Trapeliopsis*, *Xylographa* (de nombreux genres de ce groupe ont été placés dans les *Trapeliaceae*).

Anamylopsoraceae : *Anamylopsora*.

Ordre des Baeomycetales

Cet ordre créé en 2002 (Kauff & Lutzoni) confirmé en 2007 (Lumbsch & al.) regroupe quelques genres qui étaient encore très récemment placés dans les Agyriales. Les asques sont unitoniques, à tholus non ou à peine amyloïde, ils contiennent 8 ascospores hyalines.

Genres rencontrés fréquemment : *Baeomyces*, *Placopsis*, *Placynthiella*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des Baeomycetales

Baeomycetaceae : *Ainoa*, *Baeomyces*, *Phyllobaeis*.

Trapeliaceae : *Amylora*, *Aspiciliopsis*, *Coppinsia*, *Lithographa*, *Orceolina*, *Placopsis*, *Placynthiella*, *Rimularia*, *Trapelia*.

Ordre des *Ostropales*

Le thalle des *Ostropales* est endosubstratique, très souvent réduit à quelques hyphes, les apothécies sont ± profondément enfoncées dans le thalle et prennent parfois un aspect de périthèce. Les paraphyses sont simples, ± gélatineuses ; les asques étroits, avec une partie apicale bien développée, I-, présentant le plus souvent un pore pour l'expulsion des spores à maturité. La symbiose se fait avec des algues vertes.

Cet ordre inclut actuellement les familles pourtant placées il y a peu de temps dans les *Gomphillales*, *Graphidales*, *Gyalectales* et *Trichotheliales* ; ces ordres sont actuellement obsolètes et la systématique de ce groupe est en plein remaniement.

Genres rencontrés fréquemment : *Coenogonium* (syn. *Dimerella*), *Diploschistes*, *Graphis*, *Gyalecta*, *Phaeographina*, *Phaeographis*, *Pachyphiale*, *Petractis*, *Phlyctis*, *Porina*, *Stictis*, *Thelotrema*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Ostropales*

Coenogoniaceae : *Coenogonium*.

Gomphillaceae : *Actinoplaca*, *Aderkomyces*, *Aplanocalenia*, *Arthotheliopsis*, *Asterothyrium*, *Aulaxina*, *Calenia*, *Caleniopsis*, *Diploschistella*, *Echinoplaca*, *Ferraroa*, *Gomphillus*, *Gyalectidium*, *Gyalideopsis*, *Hippocrepidea*, *Jamesiella*, *Lithogyalideopsis*, *Paratracharia*, *Psorotheciopsis*, *Rubrotricha*, *Sagiolechia*, *Tricharia*.

Graphidaceae : *Acanthothecis*, *Anomalographis*, *Carbacanthographis*, *Diorygma*, *Dyplolabia*, *Fissurina*, *Glaucinarina*, *Glyphis*, *Graphis*, *Gymnographa*, *Gymnographopsis*, *Hemithecium*, *Leiorreuma*, *Phaeographina*, *Phaeographis*, *Platygramme*, *Platythecium*, *Sarcographa*, *Solenographa*, *Thalloloma*, *Thecaria* - peut-être également le genre *Schistophoron*.

Gyalectaceae : *Belonia*, *Bryophagus*, *Cryptolechia*, *Gyalecta*, *Pachyphiale*, *Ramonia*, *Semigyalecta*.

Myeloconidaceae : *Myeloconis*.

Phlyctidaceae : *Phlyctis*.

Porinaceae : *Clathroporina*, *Polycornum*, *Porina*, *Segestria*, *Trichothelium*.

Solorinellaceae : *Gyalidea*, *Solorinella*.

***Stictidaceae* (= *Ostropaceae*)** : *Absconditella*, *Acarosporina*, *Biostictis*, *Carestiella*, *Conotremopsis*, *Cryptodiscus*, *Cyanodermella*, *Delpontia*, *Lillicoa*, *Nanostictis*, *Ostropa*, *Petractis*, *Propoliopsis*, *Robergea*, *Schizoxylon*, *Stictis* (incl. *Conotrema*), *Stictophacidium*, *Thelopsis*, *Topelia*.

Thelotremataceae : *Ampliotrema*, *Chroodiscus*, *Diploschistes*, *Ingvariella*, *Myriotrema*, *Nadvornikia*, *Ocellularia*, *Phaeotrema*, *Platygrapha*, *Polistroma*, *Pseudoramonia*, *Reimnitzia*, *Thelotrema*, *Topeliopsis*, *Tremotylum*.

Genre incertain dans l'ordre des *Ostropales* : *Amphorotheceum*

Ordre des *Pertusariales*

Les lichens crustacés de cet ordre sont très souvent rencontrés sur roches ou écorces et certaines espèces sont particulièrement photogéniques. Au microscope on y trouve des algues vertes, principalement des *Trebouxia*, des asques à parois épaisses, avec des ascospores simples, hyalines, souvent de grande taille. De nombreuses espèces donnent des isidies ou des soralies remarquablement bien typées et très utiles pour la détermination des espèces.

Genres rencontrés fréquemment : *Aspicilia*, *Dibaeis*, *Icmadophila*, *Ochrolechia*, *Pertusaria*, *Thamnolia*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Pertusariales*

Coccotremataceae : *Coccotrema*, *Parasiphula*.

Icmadophilaceae : *Dibaeis*, *Icmadophila*, *Pseudobaeomyces*, *Siphula*, *Siphulella*, *Thamnolia*.

Megasporaceae : *Aspicilia* (incl. *Lobothallia*, *Megaspora*),

Ochrolechiaceae : *Ochrolechia*, *Varicellaria*.

Pertusariaceae : *Loxosporopsis*, *Monoblastia*, *Pertusaria*, *Thamnochrolechia*.

■ **Familles d'Ostropomycetidae classées incertae sedis :**

Arctomiaceae : *Arctomia*, *Gregorella*, *Wawea*.

Arthrorhaphidaceae : *Arthrorhaphis*.

Hymeneliaceae : *Biglera*, *Hymenelia*, *Ionaspis*, *Tremolecia*.

Protothelenellaceae : *Protothelenella*, *Thrombium*.

Schaereriaceae : *Schaereria*.

Thelenellaceae : *Chromatochlamys*, *Thelenella*.

■ **Ordes de Lecanoromycetes incertae sedis** (non encore placés dans une sous-classe)

Ordre des Candelariales - une seule famille - *Candelariaceae*

Les études de biologie moléculaires (Wedin et al. en 2005 - Hofstetter et al. en 2007) sur les *Candelaria* et *Candelariella* ont donné des résultats surprenants au terme desquels ces espèces ne pouvaient être placées dans l'ordre des Lecanorales mais formaient un clade à part parmi les *Lecanoromycetes*.

Les thalles de couleur vive, jaune à orangé (présence d'acide pulvinique), ont une algue associée de type chlorococcoïde. Les parois des ascomes renferment des hyphes contournées à nombreuses cloisons. Les asques possèdent un large dôme apical I+ traversé par un canal permettant, à maturité, le passage des spores, dont le nombre dépasse assez souvent 8 par asque.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des **Candelariales**

Candelariaceae : *Candelaria*, *Candelariella*, *Candelina*, *Placomaronea*.

Ordre des Umbilicariales

Les lichens possèdent des algues chlorococcoïdes ; les ascomes généralement sessiles, sont noirs ; les asques unituniqués, octosporés, avec un tholus légèrement amyloïde, les paraphyses sont septées et renflées au sommet ; les ascospores sont variables, de simple à murales. Les *Umbilicaria* ne se rencontrent que sur roches siliceuses, jamais sur roches calcaires.

Genres rencontrés fréquemment : *Fuscidea*, *Hypocenomyce*, *Lasallia*, *Umbilicaria*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des **Umbilicariales**

Elixaceae : *Elixia*.

Fuscideaceae : *Fuscidea*, *Hueidia*, *Loxospora*, *Maronea*, *Orphniospora*, *Ropalospora*, *Sarrameana*.

Ophioparmaceae : *Boreoplaca*, *Hypocenomyce*, *Ophioparma*.

Rhizoplacopsidaceae : *Rhizoplacopsis*.

Umbilicariaceae : *Lasallia*, *Umbilicaria*.

■ **Famille de la classe des Lecanoromycetes** classée *incertae sedis*

Coniocybaceae : *Chaenotheca*, *Sclerophora*.

■ **Genres de la classe des Lecanoromycetes** classés *incertae sedis*

Auriculora, Bartlettella, Biatoridium, Bilimbia, Botryolepraria, Bouvetiella, Buelliastrum, Collolechia, ?Corticifraga, Corticiruptor, ?Eschatogonia, ?Haploloma, Hosseusia, Korfiomyces, Leprocaulon, Maronella, Mattickiolichen, Nimisiostella, Notolecidea, Piccolia, Podotara, ?Psorotichiella, ?Ravenelula, Roccellinastrum, Timdalia.

Classe des *Leotiomyces* O. E. Eriksson & Winka, Myconet 1 : 7 (1997).

Ce vaste ensemble regroupe des discomycètes non lichénisés, à asques unituniqués et inoperculés. Parmi ces nombreuses espèces nécrotrophes, les structures observées sont très variables, on y trouve des espèces à petites apothécies, d'autres à cléistothèces, certaines en forme de clavules..., pourtant les études moléculaires confirment leur parenté. Par contre certaines espèces (*Geoglossum, Trichoglossum...*) ne font plus partie de la classe des *Leotiomyces* et la position systématique des *Geoglossaceae* n'est pas encore précisée au sein du sous-phylum des *Pezizomycota*.

Quatre ordres sont actuellement définis.

Ordre des *Cyttariales*

Avec une seule famille et un seul genre, le genre *Cyttaria* dont la douzaine d'espèces parasite les *Nothofagus* provoquant des tumeurs sur les branches et le tronc. Ces espèces sont inféodées au *Nothofagus* et ne se rencontrent qu'en zone subantarctique (sud du Chili).

Ordre des *Erysiphales*

La famille unique des *Erysiphaceae* avec une quinzaine de genres regroupe des parasites essentiellement foliaires, les oïdiums. Le "blanc" observé en été sur les feuilles correspond aux productions de conidies par l'anamorphe tandis que les cléistothèces munis de fulcres correspondent à la morphe méiotique (téleomorphe) qui apparaît en fin de saison.

L'oïdium de la vigne (*Uncinula necator*) est le plus connu.

Lors de nos sorties nous trouvons régulièrement *Microspheria alphitoides* sur feuilles de chêne, *Uncinula bicornis* sur feuilles d'érable...

Ordre des *Leotiales* (= *Helotiales*)

C'est le plus grand groupe de discomycètes non operculés contenant près de 500 genres différents. Les études moléculaires montrent qu'il y a au moins cinq phylums différents et l'étude de ce groupe pose de nombreux problèmes aux chercheurs.

Dans l'attente d'une révision complète du groupe, pour lequel on nous annonce déjà la création d'ordre supplémentaires, plusieurs familles peuvent être citées :

Bulgariaceae, Dermateaceae, Helotiaceae, Hemiphacidiaceae, Hyaloscyphaceae, Leotiaceae, Loramyctaceae, Rutstroemiaceae, Sclerotiniaceae, Vibrissaceae.

Près d'une centaine de genres ne peuvent pas être placés actuellement dans une famille précise.

Ordre des *Rhytismatales*

La plupart des espèces forment des ascomes immergés dans les tissus de l'hôte, avec des apothécies à excipulum réduit se développant dans un stroma sombre. Les asques ont des

parois minces, sans appareil apical différencié, I- et des ascospores filiformes disposées parallèlement les unes aux autres à l'intérieur de l'asque. L'espèce la plus connue est *Rhytisma acerinum* très commune sur feuilles d'érable. Les genres *Spathularia* et *Cudonia* macroscopiquement proches des Leotiales viennent d'être placés dans cet ordre, leur hyménium est d'ailleurs couvert d'une couche stromatique dans les premières phases de son développement.

Genres rencontrés assez fréquemment : *Colpoma*, *Cudonia*, *Lophodermium*, *Propolis*, *Rhytisma*, *Spathularia*.

Ordre des *Thelebolales*

Cet ordre est constitué d'une seule famille d'espèces essentiellement coprophiles placée dans les Leotiomycetes suite aux études moléculaires ; il est très certainement polyphylétique et est en attente d'études complémentaires. L'espèce la plus fréquente est *Thelebolus stercoreus* ayant des apothécies très petites (moins de 0,5 mm), à asque unique muni de parois épaisses, contenant plusieurs centaines de spores.

Principaux genres : *Ascophanus*, *Ascozonus*, *Coprotus*, *Thelebolus*.

Classe des *Lichinomycetes* Reeb, Lutzoni & Cl. Roux., Mol. Phylogen. Evol. 32 (2004).

Un seul ordre : les ***Lichinales***

Les représentants de cet ordre, tous lichénisés, sont associés à des cyanobactéries (genre *Nostoc*, *Stigonema*, *Calothrix*) ; ils ont un thalle crustacé, squamuleux, foliacé ou fruticuleux, souvent pelté, qui porte souvent des pycnides ; les apothécies sont \pm périthécoïdes ; les asques sont dépourvus d'appareil apical bien défini et souvent entourés d'une couche gélatineuse I+ ; les ascospores simples et hyalines.

Genres rencontrés fréquemment : *Ephebe*, *Lichina*, *Psorotichia*, *Synalissa*.

Liste des familles et genres lichénisés de l'ordre des *Lichinales*

Gloeoheppiaceae : *Gloeoheppia*, *Gudelia*, *Pseudopeltula*.

Heppiaceae : *Corynecystis*, *Epiphloea*, *Heppia*, *Pseudoheppia*, *Solorinaria*.

Lichinaceae : *Anema*, *Calotrichopsis*, *Cryptothele*, *Digitothyrea*, *Edwardiella*, *Ephebe*, *Euopsis*, *Finkia*, *Gonohymenia*, *Gyrocollema*, *Harpidium*, *Jenmania*, *Lecidopyrenopsis*, *Lemmopsis*, *Lempholemma*, *Leprocollema*, *Lichina*, *Lichinella*, *Lichinodium*, *Mawsonia*, *Metamelanea*, *Paulia*, *Peccania*, *Phloeopeccania*, *Phylliscidiopsis*, *Phylliscidium*, *Phyllisciella*, *Phylliscum*, *Porocyphns*, *Pseudopaulia*, *Psorotichia*, *Pterygiopsis*, *Pyrenocarpon*, *Pyrenopsis*, *Stromatella*, *Synalissa*, *Thelignya*, *Thermutis*, *Thermutopsis*, *Thyrea*, *Zahbrucknerella*.

Peltulaceae : *Neoheppia*, *Peltula*, *Phyllopeltula*.

Classe des *Orbiliomycetes* O. E. Eriksson & Baral, Myconet 9: 96 (2003).

Un seul ordre : les ***Orbiliales*** et une seule famille, les *Orbiliaceae*

Ces discomycètes ont des petites apothécies (0,2 - 2 mm de diamètre) cireuses, à asques unituniqués, inoperculés, montrant sous le microscope des paraphyses simples brusquement élargies au sommet. Ils sont généralement nécrotrophes et donnent naissance à de nombreuses

anamorphes parmi lesquels existent des espèces capables de capturer des nématodes à l'aide de diverticules adhésifs (champignons nématophages).

Deux genres principaux : *Orbilina* et *Hyalorbilia*.

Classe des *Pezizomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 8 (1997).

Un seul ordre : les *Pezizales*

Les ascomes ± charnus, parfois de grande taille et stipités, portent des apothécies en forme de disque ± cupuliforme, exposant l'hyménium dont les asques s'ouvrent à maturité par un opercule pour libérer les ascospores ; ils correspondent à l'essentiel des ex-Discomycètes operculés, bien que l'opercule fonctionnel ait été perdu dans certains taxons. Les ascospores sont simples, globuleuses à ellipsoïdales, parfois ornementées.

De nombreuses espèces présentent des anamorphes mais aucune espèce n'est lichénisée.

Il y a plus de 1100 espèces classées en 15 familles.

Genres rencontrés fréquemment : *Aleuria*, *Anthracobia*, *Ascobolus*, *Cheilymenia*, *Choiromyces* (hypogé), *Geopora*, *Geopyxis*, *Gyromitra*, *Helvella*, *Humaria*, *Morchella*, *Otidea*, *Peziza*, *Pseudoplectania*, *Pulvinula*, *Pyronema*, *Saccobolus*, *Sarcoscypha*, *Scutellinia*, *Tazzetta*, *Tuber* (hypogé), *Verpa*...

Classe des *Sordariomycetes* O. E. Erikss. & Winka, Myconet 1: 10 (1997).

Avec plus de 600 genres et 3000 espèces, cette classe monophyétique est l'une des plus vastes du règne fongique. Elle correspond à la presque totalité des ex-Pyrénomycètes (amputés des Loculoascomycètes). Les ascomes sont des périthèces (les cléistothèces parfois observés seraient des périthèces ayant perdu leur ostiole) à asques inoperculés, unituniqués, disposés dans un hyménium qui tapisse l'intérieur du périthèce. L'hamathécium contient des paraphyses (chez les Sordariomycetidae et les Xylariomycetidae) ou des pseudoparaphyses (chez les Hypocreales).

De nombreuses espèces sont nécrophages et jouent un rôle important dans la dégradation de la matière organique morte et le recyclage des éléments. D'autres sont biotrophes, provoquent des dégâts importants (chancre du châtaignier ou maladie de l'orme) ou vivent en symbiose avec des Arthropodes ; certaines sont endophytes et apportent aux plantes une protection contre les infections dues aux agents pathogènes.

Sous-classe des *Hypocreomycetidae*

Sous-classe créée en 2006 par Eriksson pour placer 4 ordres phylogénétiquement proches, ayant en général des périthèces de couleur claire ; les vraies paraphyses sont rares, mais il y a des périphyses, qui sont des pseudoparaphyses courtes, n'atteignant jamais la base de la cavité du périthèce.

Ordre des *Coronophorales*

Regroupe des espèces essentiellement lignicoles à ascomes superficiels ou érupants, c'est-à-dire perçant la surface pour exposer leurs structures après une période de développement endosubstratique ± longue. Les périthèces sont parfois disposés en couronne (chez

Coronophora) ou simulent l'aspect d'une mûre (chez *Bertia*). Les asques sont dépourvus d'anneau apical ; les spores sont hyalines et allantoïdes.

Genres ayant servi pour la dénomination des quatre familles : *Bertia*, *Chaetosphaerella*, *Nitschkia*, *Scortechinia*.

Ordre des *Hypocreales*

Les ascomes sont petits, charnus, avec des périthèces de couleur vive, les asques sont souvent allongés et les paraphyses disparaissent à maturité ; les spores hyalines sont simples à pluriseptées, expulsées au niveau d'un pore apical. Les conidies sont entéroblastiques et produites à partir de phialides. On dénombre plus de 70 genres différents actuellement regroupés dans 4 familles. C'est dans cet ordre que l'on trouve les *Cordyceps* parasites d'insectes, les *Claviceps* parmi lesquels le responsable de l'ergot du seigle, de nombreux parasites de vieux champignons (*Hypocrea*, *Hypomyces*, *Peckiella*...) ; l'espèce la plus courante est *Nectria cinnabarina* (et son anamorphe *Tubercularia vulgaris*) trouvée très régulièrement lors de nos sorties mycologiques.

Genres fréquemment rencontrés : *Bionectria*, *Calonectria*, *Claviceps*, *Cordyceps*, *Cosmopora*, *Epichloë*, *Hypocrea*, *Hypomyces*, *Nectria*, *Niesslia*, *Ophiocordiceps*, *Peckiella*.

Ordre des *Melanosporales*

Ordre créé pour quelques espèces formant un clade proche mais différent des *Hypocreales* afin de placer ces quelques espèces fungicoles. La paroi des asques se gélifie à maturité et les ascospores noirâtres, possèdent un pore germinatif à chaque extrémité.

Le genre le plus important est le genre *Melanospora* qui est placé dans l'unique famille des *Ceratostomaceae*, le terme de *Melanosporaceae* étant invalide.

Ordre des *Microascales*

Ordre contenant de nombreuses espèces nécrotrophes, se développant sur débris ligneux et excréments, et biotrophes particulièrement néfastes car, parasitant des arbres et des plantes (surtout dans l'hémisphère sud : caféier, cacaoyer, hévéa, canne à sucre).

Il n'y a pas de stroma, les périthèces sont noirs, munis d'un long col, les asques évanescents, les spores simples, hyalines, souvent ornementées.

Principaux genres : *Chadefaudiella*, *Microascus*, *Petriella*, *Halosphaeria*, *Lignincola*, *Nimbospora*.

Sous-classe des *Sordariomycetidae*

Cette sous-classe contient 6 ordres monophylétiques. Les asques sont inamyloïdes, ou amyloïdes ou dépourvus d'anneau apical ; les paraphyses sont présentes chez quelques espèces.

Ordre des *Bolinales* - une seule famille - *Boliniaceae*

Les espèces sont lignicoles, présentent un stroma carbonacé contenant des périthèces allongés dans le sens vertical ; les ascospores sont brunes, elliptiques, souvent aplaties et munies d'un pore germinatif.

Principaux genres : *Camarops*, *Apiocamarops*.

Ordre des *Chaetosphaeriales* - une seule famille - *Chaetosphaeriaceae*

Espèces lignicoles avec des périthèces sombres de très petite taille (0,2 mm chez *Chaetosphaeria myriocarpa*), globuleux ou en forme de poire inversée ; les paraphyses sont rarement présentes, les ascospores hyalines et parfois septées. Les anamorphes sont fréquentes et accompagnent souvent les téléomorphes sur le même support.

Principaux genres : *Chaetosphaeria*, *Melanochaeta*, *Striatosphaeria*, *Zignoella*.

Ordre des *Coniochaetales* - une seule famille - *Coniochaetaceae*

Périthèces de petite taille, endo- ou épisubstratiques, venant sur sol, bois ou excréments. Les asques ± clavés sont dépourvus d'anneau apical ; les ascospores brunes possèdent une fente germinative. Les anamorphes constituent le genre *Lecydophora*.

Principaux genres : *Coniochaeta*, *Coniochaetidium*.

Ordre des *Diaporthales*

Cet ordre très vaste contient de nombreuses espèces associées aux plantes ; ces Asco. possèdent des périthèces sombres, souvent inclus dans le substrat, munis d'un canal ostiolaire amenant les spores à la surface ; les asques ont un appareil apical bien différencié ; les paraphyses se gélifient à maturité, les asques se détachent de l'hyménium et les spores sont libérées au niveau de l'ostiole souvent entouré d'une petite proéminence appelée bec.

Principaux genres : *Diaporthe*, *Diaporthella*, *Melogramma*, *Pseudovalsa*, *Sydowiella*, *Gnomonia*, *Cryphonectria*, *Valsa*.

Ordre des *Ophiostomatales*

Cet ordre renferme de redoutables destructeurs de végétaux parmi lesquels :

- *Ophiostoma ulmi* (et sa mutation *Ophiostoma novo-ulmi* beaucoup plus agressive) responsable de la disparition de millions d'ormes sur notre planète ; les spores collantes sont dispersées par des insectes, les scolytes qui creusent des galeries dans ces arbres pour se reproduire.

- *Ophiostoma piliferum* qui provoque des taches bleues dans le bois des conifères.

Principaux genres : *Ophiostoma* (ancien nom : *Ceratocystis*), *Fragosphaeria*.

Ordre des *Sordariales*

Il n'y a pas de ravageurs dangereux dans cet ordre, mais on y a trouvé des espèces très utilisées comme modèle de laboratoire (ex. : les *Sordaria* et les *Neurospora*). Il n'y a pas de

stroma, les asques souvent groupés en petits bouquets sont libres. L'anneau apical est I- (non coloré par les dérivés iodés) ; les spores mûres sont de couleur brun-noir. Chez quelques espèces les périthèces sont velus ou strigeux (chez les *Lasiosphaeria*), chez d'autres (genre *Podospora*) certaines spores ont des appendices filamenteux.

Principaux genres : *Sordaria*, *Podospora*, *Neurospora*, *Lasiosphaeria*, *Chaetomium*.

Sous-classe des Xylariomycetidae

Un seul ordre : les *Xylariales*

Ces Asco. ont des périthèces sombres, durs, fréquemment inclus dans un stroma parfois endosubstratique (certains *Anthostomella*, *Eupepoxylon*), érupant (*Entoleuca*), le plus souvent épisubstratique (dans la majorité des cas), à zones concentriques et resserré à la base (*Daldinia*) ou stipité et dressé (*Xylaria*).

Les asques ont un appareil apical souvent I+ (amyloïde), les ascospores sont unicellulaires, sombres à maturité, présentent deux faces d'inégales convexités et sont munies d'une fente germinative.

La plupart vivent en nécrotrophes sur des végétaux, parfois sur des excréments ; quelques uns sont parasites, ex. : *Rosellinia necatrix* qui développe un mycélium laineux autour des racines de plus de 160 espèces de plantes différentes, en particulier les racines de la vigne.

Quelques genres courants : *Annulohypoxylon*, *Anthostomella*, *Daldinia*, *Diatrype*, *Diatrypella*, *Eutypa*, *Eutypella*, *Graphostroma*, *Hypnectria*, *Hypoxylon*, *Kretzschmaria*, *Nemania*, *Porina*, *Quaternaria*, *Rosellinia*, *Xylaria*.

■ *Sordariomycetes incertae sedis* (actuellement non placés dans une sous-classe)

Plusieurs ordres de *Sordariomycetes* n'ont pas encore reçu de position systématique précise, nous pouvons citer les ***Calosphaeriales*** (genres *Calosphaeria*, *Togniniella*, *Pleurostoma*), les ***Lulworthiales*** (genres *Lulworthia*, *Lindra*), les ***Meliolales*** (genre *Meliola*), les ***Phyllachorales*** (genre *Phyllachora*) et les ***Trichosphaeriales*** (genre *Trichosphaeria*).

Ex. : l'ordre des *Lulworthiales* (sur lequel nous n'avons que quelques précisions).

Les espèces dégradent le bois ou les plantes aquatiques dans les zones maritimes ou les estuaires. Les ascomes sont ostiolés, les asques déliquescents, les spores filamenteuses avec des appendices ou des chambres apicales contenant du mucus. Récemment 2 espèces parasitant les algues rouges ont été placées dans cet ordre à la suite d'étude moléculaires.

■ *Pezizomycotina incertae sedis* (non encore classés actuellement)

- Dans le sous-phylum des *Pezizomycotina* plusieurs ordres ne peuvent être placés dans aucune classe, il faut attendre les études complémentaires ; nous citerons les ordres des ***Lahmiales*** (genre *Lahmia*), des ***Medeolariales*** (genre *Medeolaria*) et ***Triblidiales*** (genres *Huangshania*, *Pseudographis* et *Triblidium*).

- De même la famille des ***Geoglossaceae*** n'a pas encore trouvé sa place parmi les *Pezizomycotina*.

■ *Ascomycota incertae sedis*

Pour 21 familles et plus de 120 genres, on peut affirmer que ce sont des ascomycètes (phylum des *Ascomycota*) mais il est impossible de les placer dans un sous-phylum ou un ordre précis.

Conclusion

Beaucoup d'inconnues et d'imprécisions persistent encore dans la classification des *Ascomycota* ; cette petite synthèse, essentiellement bibliographique, est une première entrée dans une classification phylogénétique qui perturbe beaucoup nos habitudes, mais avec laquelle il faut progressivement s'habituer.

Ces nouvelles classifications ne pourront pas se substituer à nos clés de détermination, nos seules possibilités d'identification des espèces récoltées faisant obligatoirement appel aux caractères macro- et microscopique souvent aidés de test chimiques, les seules techniques qui soient accessibles à notre niveau de lichénologues et/ou de mycologues amateurs.

Elles nous permettront cependant de ranger nos récoltes selon une hiérarchie plus naturelle et de comprendre les modifications qui sont et seront encore apportées dans les prochaines années.

Remerciements

à Claude Roux pour la relecture des textes, les compléments apportés et l'actualisation de la liste des genres au sein des diverses familles d'ascomycètes lichénisés.

Bibliographie utilisée

- Alexopoulos C.J., Mims C.W. & Blackwell M., 1996. *Introductory Mycology*, 870 p.
- Cannon P.F. & Kirk P.M., 2007. *Fungal Families of the World*, CABI UK, 456 p.
- Conrad L. & al., 2009. *The Ascomycota Tree of Life : A phylum-wide Phylogeny Clarifies the origin and Evolution of Fundamental Reproductive and Ecological Traits*, Syst. Biol. 58(2) : 224-239.
- Eriksson O.E., 2008. *Outline of Ascomycota - MYCONET* - www.fieldmuseum.org/myconet - accessible gratuitement sans abonnement préalable.
- Gavériaux J.P., 2006. Les lichens et l'évolution de la classification des êtres vivants, bull. d'inf. de l'Asso. fr. Lichénologie, 31:2 71-80.
- Gavériaux J.P., 2008-2009. Lexique des principaux termes de lichénologie, bull. d'inf. de l'Asso. fr. Lichénologie, 33:1 27-54, 33:2 211-231, 34:1 63-80, 34:2 213-226, lettres A à L (94 pages actuellement publiées).
- Gavériaux J.P., 2009. Principaux critères actuels utilisés pour l'identification des lichens, actes du colloque "lichens de Normandie", 19 p. (à paraître).
- Hibbett D. & al., 2007. *A higher-level phylogenetic classification of Fungi*, *Mycological Research* 111 : 509-547.
- Kirk P. M. & al, 2008. *Dictionary of the Fungi*, 10th edition, 771 p.
- Lutzoni F. & al., 2004. *Assembling the Fungal Tree of Life : Progress, Classification and Evolution*, *American Journal of Botany* 91(10) : 1446-1480.
- Spatafora J.W., Hughes K.W. & Blackwell M., 2006. *A phylogeny for kingdom Fungi*, *Mycologia* 98(6) : 829-1040.