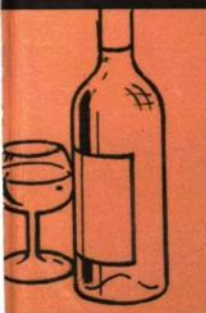


E. KIFFER et M. MORELET

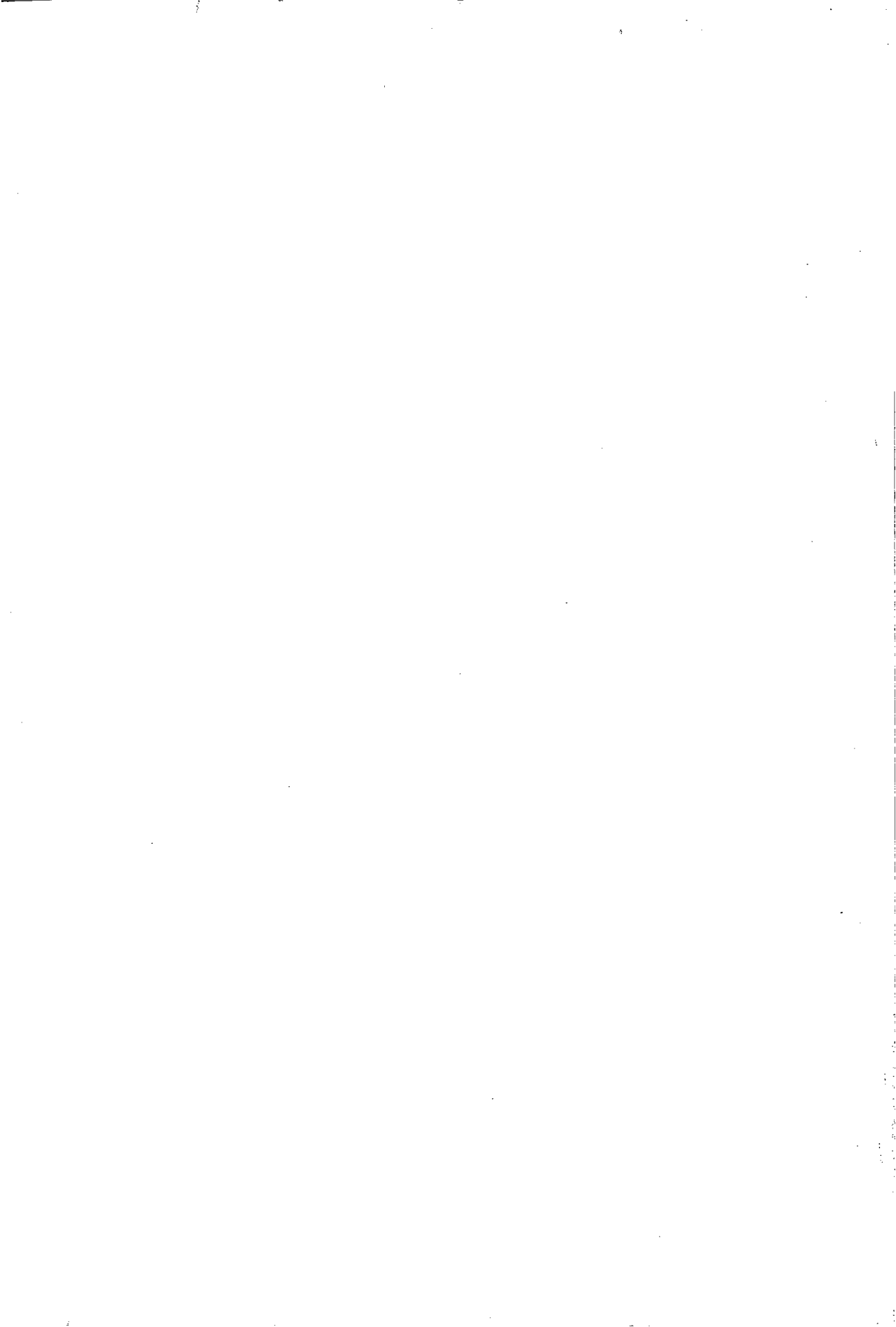
les deutéromycètes

classification
et clés d'identification générique



DU LABO AU TERRAIN

 **INRA**
EDITIONS



les deutéromycètes

**classification
et clés d'identification générique**

E. KIEFFER et M. MORELET

Préface du Professeur G.L. HENNEBERT

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université - 75338 Paris Cedex 07

DU LABO AU TERRAIN

Ouvrages parus dans la même collection

Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives

G. RIBA, Christine SILVY
1989, 230 p.

Ennemis et maladies des prairies

G. RAYNAL, J. GONDRAN,
R. BOURNOVILLE, M. COURTILLOT éd.
1989, 252 p., 39 pl., couleur

Cultures florales de serre en zone méditer- ranéenne française

Éléments climatiques et physiologiques
Coédition INRA-PHM Revue Horticole
E. BERNINGER
1990, 208 p.

Le canard de Barbarie

B. SAUVEUR, H. de CARVILLE éd.
1990, 182 p.

L'escargot *Hélix aspersa*

Biologie-élevage
J.C. BONNET, P. AUPINEL,
J.L. VRILLON
1990, 124 p.

Les herbicides : mode d'action et principes d'utilisation

R. SCALLA, éd.
1991, 464 p.

Les maladies des plantes maraîchères, 3^e édition

C.M. MESSIAEN, D. BLANCARD,
F. ROUXEL, R. LAFON
1991, 552 p.

Nutrition et alimentation des volailles

M. LARBIER, B. LECLERCQ
1992, 355 p.

Les Allium alimentaires reproduits par voie végétative

C.M. MESSIAEN, J. COHAT,
J.P. LEROUX, M. PICHON,
A. BEYRIES
1993, 244 p.

Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes

C. BALDY, C.J. STIGTER
1993, 250 p.

Écopathologie animale

Méthodologie, applications en milieu tropical
B. FAYE, P.C. LEFEVRE,
R. LANCELOT, R. QUIRIN
1994, 120 p.

Ravageurs des végétaux d'ornement

Arbres - Arbustes - Fleurs
D.V. ALFORD
Version française : M.C. COMMEAU,
R. COUTIN, A. FRAVAL
1994, 464 p.

Efficacité et sélectivité des herbicides

C. GAUVRIT
1996, 168 p.

Ecotoxicologie : théorie et applications

V.E. FORBES, T.L. FORBES
Traduit par J.L. RIVIÈRE

© INRA, 1997

ISBN : 2-7380-0729-5

ISSN : 1150-3564

© Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, Paris 6^e.

*Pour beaucoup de personnes, le mot de champignon évoque les fructifications de formes et de couleurs variées que l'on trouve principalement à l'automne dans les forêts et dans les prés. Ce sont les carpophores, essentiellement de **Basidiomycètes** (ex. : Amanites, Cèpes, Girolles...) parfois d'**Ascomycètes** (ex. : Morilles, Truffes...).*

En dehors de ces formes bien visibles, il existe beaucoup d'autres champignons, souvent microscopiques.

*Les **Deutéromycètes** en font partie et représentent la phase de multiplication asexuée (= anamorphe) des Champignons Supérieurs (Ascomycètes surtout, Basidiomycètes dans une moindre proportion).*

*Ils représentent le deuxième groupe de champignons en **importance numérique** (environ 2 400 genres et 20 000 espèces) après les Ascomycètes.*

Que l'on étudie la flore fongique de l'air, de la litière, du sol et de bien d'autres substrats (fèces, plantes malades...), ce sont eux, en majorité, que l'on observera in situ, ou isolera sur milieux nutritifs.

*De cette omniprésence, découle aussi leur **importance économique**. Nous pouvons citer à titre d'exemple, le cas du genre *Acremonium*, dont certaines espèces vivent en endophyte toxigène pour le bétail, dans les tiges de Graminées. Ces toxicoses conduisent à des pertes (moindre production de viande et de lait, voire avortement...) estimées à 760 millions de dollars par an aux USA.*

L'ouvrage que nous présentons, veut pallier une carence de la littérature francophone, en ce qui concerne les bases de la classification moderne de ce groupe. Il traite essentiellement, hormis quelques exceptions (tropicales), des genres présents dans la zone tempérée de l'hémisphère Nord, et conduit à leur identification.

Remerciements

Nous remercions Madame Monique Jacquemin (Université Nancy I) pour sa relecture critique et ses conseils judicieux concernant le chapitre I.

Nous remercions également le Docteur Walter Gams (CBS, Baarn) pour ses précisions bibliographiques; le Professeur André Mourey (Université Nancy I) pour ses remarques concernant les deux premiers chapitres; Monsieur Otto Reisinger (Université Nancy I) pour d'utiles discussions sur l'Ultrastructure de la conidiogenèse, Monsieur Pascal Frey (INRA Nancy) qui a revu les lignes consacrées à la Biologie Moléculaire et Madame C.J.K. Wang (State University of New York, Syracuse NY) pour la communication d'un article avant publication.

Notre gratitude s'adresse aussi à Mesdames Lysiane Laviron (Université Nancy I) et Anne-Marie Meyer (INRA Nancy) pour leur aide dactylographique et à Monsieur Jean-Emmanuel Ménard (INRA Nancy) pour son assistance appréciée dans l'utilisation du matériel informatique.

SOMMAIRE

Préface	7
Impact et ubiquité des Deutéromycètes	13
Comment utiliser ce livre	17
I. Introduction	19
<i>Les différentes classifications</i>	24
La systématique adoptée : principes	26
La systématique adoptée : définitions	29
<i>La paroi fongique</i>	29
<i>Appareil conidien</i>	30
<i>Les conidiophores</i>	31
<i>Mode de groupement</i>	31
<i>Texture des conidiomes</i>	35
<i>Les conidies</i>	36
<i>La sécession conidienne</i>	41
La systématique adoptée : les différents types de conidies et les groupes de Deutéromycètes	43
<i>Thalloconidies (conidies thalliques)</i>	43
<i>Conidies vraies (blastiques)</i>	45
<i>Mycelia Sterilia ou Agonomycètes</i>	50
Conclusions	50
Bibliographie	53
Méthodes et techniques d'étude des champignons	55
II. Arthrosporés et arthrosporés méristématiques	57
Arthrosporés	57
<i>Quelques aspects ultrastructuraux de la conidiogenèse</i>	58
<i>Clé de détermination des Arthrosporés</i>	61
Arthrosporés méristématiques	68
<i>Clé de détermination des Arthrosporés méristématiques</i>	72
III. Blastosporés (<i>Sensu lato</i>)	73
Etude ultrastructurale de la conidiogenèse	75
Conclusion	85

IV. Aleuriosporés et monoblastosporés	87
Appareil sporifère.....	87
Aspect ultrastructural.....	89
Conclusion.....	89
Clé de détermination des aleurio- et monoblastosporés.....	89
V. Annellophorés et annelloblastosporés (annellosporés holoblastiques)	113
Clé de détermination des annellophorés et annelloblastosporés.....	114
VI. Sympodulosporés	129
Clé de détermination des sympodulosporés.....	131
VII. Acroblastosporés	161
Clé de détermination des acroblastosporés.....	163
VIII. Botryoblastosporés	171
Clé de détermination des botryoblastosporés.....	172
IX. Porosporés	177
Clé de détermination des porosporés.....	178
X. Phialosporés	183
Etude de quelques exemples d'ultrastructure.....	185
Conclusions.....	190
Clé de détermination des phialosporés.....	191
XI. Annélidés (Annellosporés entéroblastiques)	247
Clé de détermination des annélidés.....	249
XII. Deutéromycètes basauxiques	259
Clé de détermination des Deutéromycètes basauxiques.....	264
XIII. <i>Mycelia sterilia</i>	265
Clé de détermination des <i>Mycelia Sterilia</i>	266
Bibliographie	271
Abréviations de la bibliographie additionnelle	279
Glossaire	281
Index des taxa	291

PRÉFACE

Le monde des champignons, y compris ce qu'on appelle les moisissures et les levures, est vaste. On en connaît 76 000 espèces, mais leur nombre est estimé à 1 500 000 espèces.

Ce monde est reconnu, par le fait de caractères propres, comme un monde vivant à part, un règne à part parmi les règnes vivants, un règne qui n'est ni végétal, ni animal, mais fongique. Un des caractères importants qui le distingue des végétaux est la composition des ses parois cellulaires, faites en majeure partie de chitine, une chitine proche de celle des Arthropodes. Hétérotrophes comme les animaux, les champignons connaissent comme eux quatre modes de vie : le parasitisme d'autres êtres vivants (animaux, végétaux, champignons ou protistes), la symbiose avec plantes et animaux, l'association à d'autres êtres vivants pouvant devenir prédatrice, et la saprobie ou la vie grâce à la dégradation de matières organiques mortes.

La connaissance de la diversité fongique se construit par l'observation, la taxonomie, la nomenclature, la classification et l'identification.

La taxonomie est la caractérisation et la distinction des taxons (espèces) basées sur l'observation de caractères précis. C'est reconnaître les individus qui se ressemblent au point de former un ensemble homogène par certains caractères communs et différant d'autres ensembles d'individus par d'autres caractères. Un individu est choisi dans cet ensemble homogène (taxon) comme spécimen de référence, le type. Une épithète propre est alors donnée à cet individu type représentant le taxon, et constituera la partie essentielle du nom de l'espèce.

La classification est le classement des espèces dans un système hiérarchique de ressemblance morphologique et biologique. L'espèce y est classée dans un genre et en reçoit le nom. L'épithète d'espèce jointe au nom de genre forme le binôme, nom qui désigne l'espèce.

La nomenclature règle la constitution des noms, leur validité, leur légitimité et leur priorité ou leur synonymie, retenant ainsi un seul nom correct par taxon.

L'identification est la décision de considérer un individu comme appartenant à un taxon connu et de lui attribuer le nom de ce taxon. Si aucune identification ne peut être atteinte, le spécimen peut représenter un taxon non encore décrit, une nouvelle espèce.

Taxonomie, classification, nomenclature et identification reposent donc sur l'observation des caractères des individus. Ces caractères sont morphologiques et

biologiques. Depuis Linné, la classification des plantes se base sur la morphologie des organes de reproduction sexuée.

Parmi les champignons, comme parmi d'autres cryptogames, la reproduction sexuée resta longtemps inconnue et l'est d'ailleurs encore pour un bon nombre. La taxonomie et la classification sont alors basées, dans un esprit linnéen, sur toutes autres formes de reproduction. La grande diversité des formes et organes de reproduction chez les champignons fut donc à l'origine de la distinction d'un grand nombre d'espèces. Après les premières découvertes de la sexualité chez les champignons dans les années 1860-70, les formes de reproduction purent être reconnues comme asexuées ou comme sexuées. Les espèces asexuées furent regroupées par Fuckel en 1869 dans la catégorie des *Fungi Imperfecti*, champignons imparfaits (« unvollständiger Pilze »), les espèces sexuées dans les *Fungi perfecti*, champignons parfaits (« Vollkommene Pilze »). Saccardo reprend la dénomination *Fungi Imperfecti* dès 1879, qu'il modifie en « *Imperfectae* Fuckel » ou en *Fungi inferiores*. En 1899, Saccardo introduit la dénomination *Deuteromycetae*, dont il est l'auteur, pour les *Fungi secundarii vel inferiores* (deuteros = secondaire), autrement dit les *Fungi imperfecti*.

A côté des Deutéromycètes, Saccardo classa les champignons sans aucun mode de reproduction connu si ce n'est des organes de survie mycélienne, dans une catégorie qu'il dénomma *Mycelia sterilia* en 1881. Ce groupe fut plus tard dénommé Agonomycétales et considéré comme partie des Deutéromycètes.

Les frères Louis-René et Charles Tulasne de 1851 à 1865 et Anton de Bary de 1866 à 1884 démontrèrent alors que les deux types de reproduction, sexuée et asexuée, pouvaient coexister, associées ou successives, chez beaucoup de champignons. On réalisa dès lors que des noms d'espèces asexuées n'étaient que des noms donnés à des formes secondaires de reproduction (formes imparfaites) appartenant à des champignons autrement dénommés par un nom typifié par la reproduction sexuée (forme parfaite). Se construisait ainsi deux nomenclatures parallèles pour ces champignons à la fois sexués et asexués et les champignons sexués d'une part asexués d'autre part.

Cette double nomenclature fut acceptée par le Code International de Nomenclature Botanique dès 1906, par tolérance et comme exception au principe « un organisme, un nom et un seul ». Cette tolérance fut motivée par deux raisons. L'une était la nécessité de classer de manière cohérente tous les champignons connus seulement comme asexués (*fungi imperfecti*), dans l'impossibilité de les classer parmi les champignons supérieurs (dits « parfaits ») et, afin d'aider à leur diagnose, de les classer ensemble avec les formes asexuées déjà dénommées de champignons supérieurs. L'autre raison, d'ordre pratique, voulait assurer une classification permettant l'identification de tout champignon, parfait ou imparfait, ne présentant au moment de son observation que la reproduction asexuée. Cette tolérance d'une double nomenclature est présentement réglée par l'article 59 du Code de Nomenclature Botanique.

Afin d'éviter cet anthropomorphisme de dénommer comme imparfaits certains champignons parce qu'ils ne manifestent pas de sexualité dans leur production sporale ou plus honnêtement parce qu'imparfaitement connus, les termes anamorphe, holomorphe et téléomorphe ont été introduits en 1977 ; Anamorphe pour désigner cette forme secondaire (éthym. ana = à côté de) du champignon dénommé comme Deutéromycète pour sa reproduction asexuée, dite imparfaite ; téléomorphe pour la forme de reproduction sexuée du même champignon et holomorphe pour désigner le champignon dénommé comme Ascomycète ou Basidiomycète dans son entièreté. Déjà les frères Tulasne en 1863 distinguaient les différents noms donnés au même champignon en noms désignant « le champignon imparfait, conidien » d'une part, ceux désignant « le champignon parfait, ascophore » d'autre part et le nom du « champignon complet ».

Depuis, de plus en plus d'espèces d'Ascomycètes et d'espèces de Deutéromycètes ont été reconnues comme organiquement connectées et constituant dès lors une seule espèce (holomorphique) au lieu de deux ou trois, et devant dès lors n'avoir qu'un seul nom. Ces connections organiques des formes de reproduction sont maintenant confortées par l'identité génomique du téléomorphe et du ou des anamorphes correspondants.

Aussi la tendance actuelle est l'analyse des possibilités techniques d'intégration des deux taxonomies fongiques parallèles, celle des champignons sexués (Ascomycètes et Basidiomycètes) et celle des champignons asexués et des formes anamorphiques de champignons sexués (Deutéromycètes) en une seule taxonomie et une seule nomenclature.

Néanmoins, cette perspective d'intégration n'enlève rien à la valeur intrinsèque et pratique de la taxonomie des Deutéromycètes basée sur une caractérisation des formes asexuées de reproduction. Bien au contraire, que se réalise ou non cette intégration taxonomique et nomenclaturale, meilleure sera la caractérisation des formes asexuées, meilleur sera l'apport des critères taxonomiques des Deutéromycètes à la taxonomie et la classification des formes sexuées ascomycètes et basidiomycètes.

Aussi importe-t-il d'élaborer des ouvrages comme celui-ci qui, par une vue aussi étendue et aussi profonde que possible dans la caractérisation morphologique des formes de reproduction asexuée des champignons, peuvent contribuer à la taxonomie des champignons supérieurs eux-mêmes. Cet ouvrage d'autre part mérite un intérêt particulier par le fait qu'il est le premier et le seul de langue française traitant de cette manière de la taxonomie des Deutéromycètes.

Les Deutéromycètes comprennent quelque 1 700 genres d'Hyphomycètes et 700 genres de Coelomycètes pour le classement des quelque 20 000 espèces connues. Leur distinction, traditionnellement assurée par des critères tirés de la morphologie des conidiomes et des conidies, s'est beaucoup affinée par l'observation des modes conidiogénétiques.

Les caractères morphologiques des conidiomes et des conidies sont d'utilisation ancienne, et ont été fort bien exploités par Saccardo. Mais ils ne suffisent pas. Déjà Vuillemin, en 1910, chercha à affiner la taxonomie de Saccardo par l'observation et la caractérisation de la conidiogenèse dont il reconnaît plusieurs modes. Hughes en 1953 décrivit, en un système cohérent de classification des Hyphomycètes, 8 modes génériques de conidiogenèse, certains avec plusieurs modalités. Tubaki, en 1958, y ajoute un neuvième mode. Depuis, bien que des conidiogenèses intermédiaires aient été mises en évidence, ce système de caractérisation reste d'importance majeure. Il fut utilisé par Sutton, pour les Coelomycètes et par Samson pour les levures (Blastomycètes).

Comme l'ont montré des auteurs récents, ce système peut encore être affiné. Cela nécessite une étude détaillée des événements successifs qui font une conidiogenèse et l'établissement d'une terminologie appropriée pour la description de chacun de ces événements particuliers et unitaires. Mais c'est là du domaine de la recherche.

Cet ouvrage, qui intègre les progrès de la recherche, se veut cependant être un outil à la portée de ceux devant assurer l'identification de ce monde si diversifié des microchampignons. Aussi est-il un manuel excellemment didactique proposant un système taxonomique unifié de l'ensemble des Deutéromycètes, intégrant Hyphomycètes et Coelomycètes, et basé sur la morphologie de l'appareil conidien et la conidiogenèse en vue de leur identification générique. Ce système reflète aussi les vues personnelles des auteurs sur les phénomènes conidiogénétiques et par là même acquiert un caractère d'originalité par rapport aux interprétations d'autres auteurs.

Le système conidiogénétique proposé a aussi quelques particularités. Il distingue les deux modes conidiogénétiques de base, le mode blastique et le mode arthrique, et reconnaît un mode intermédiaire couramment dénommé «arthroblastique» comme «arthrosporé méristématique». Par ce fait les auteurs étendent le concept de mode arthrosporé méristématique de Hughes, produisant une chaîne basipète progressive, aux conidies arthroblastiques à conidiogénèse rétrogressive à partir d'une hyphe conidiogène préformée. Il est vrai en effet que dans la conidiogenèse rétrogressive, une certaine croissance progressive s'observe du fait du gonflement de la future conidie.

Une autre particularité est le regroupement sous la dénomination de acroblastosporés (blastosporés *sensu stricto*) des champignons blastosporés produisant des conidies blastiques en chaînes acropètes, comme le faisait Hughes, sans en distinguer ceux qui produisent plusieurs chaînes et des chaînes ramifiées par un processus sympodial de ceux qui produisent une chaîne unique et non ramifiée.

Enfin, une autre particularité du système est la distinction entre annellosporés et annelloblastosporés (holoblastiques) et annélidés (entéroblastiques), les premiers produisant une succession de conidies holoblastiques sur une cellule conidiogénétique chaque fois renouvelée par prolifération percurrente, les seconds produisant des conidies entéroblastiques par renouvellement du seul apex de la même cellule conidiogénétique. Il est vrai, d'après les genres classés, et de l'avis même des

auteurs, qu'il apparaît difficile en certains cas de distinguer ce qui est appelé ici un annellophore d'un annélide d'une part et de reconnaître la conidiogénèse par percurrence lorsque les conidies restent attachées par un lambeau latéral de paroi de la cellule-mère donnant l'aspect d'un sympode. Le microscope photonique en effet ne permet pas toujours d'élucider la mystérieuse plasticité de la conidiogénèse. Mais cette difficulté n'enlève rien à la valeur de la tentative des auteurs de présenter un système affiné.

L'intérêt de cet ouvrage réside aussi dans l'intégration dans un système conidiogénétique unique de tous les champignons asexués, sans donner une priorité discriminative à l'organisation du conidiome qui séparerait les groupes classiques d'Hyphomycètes et de Coelomycètes. Le système proposé met en effet en second plan l'organisation des hyphes conidiophores en conidiomes. Les auteurs présentent les divers appareils conidiens du plus simple (hyphal) au plus complexe (conidional) en une série quasi continue : du conidiophore micronémé, en passant par le conidiophore macronémé, la corémie, la sporodochie, l'acervule, la cupule, la thyriopycnide et la pseudopycnide, à la pycnide. Une telle option ne justifie plus vraiment la distinction de ces groupes taxonomiques Hyphomycètes-Coelomycètes, d'autant plus qu'en des conditions particulières, de culture par exemple, la complexité du conidiome peut se simplifier.

La reconnaissance des phénomènes complexes de la conidiogénèse est certainement un grand pas en avant vers une classification plus naturelle de ces formes secondaires de reproduction. Ce ne peut être que par la présentation de systèmes de classification de plus en plus étendus comme celui présenté dans cet ouvrage que des progrès peuvent être réalisés vers une phylogénie naturelle de ces formes de champignons et leur relation aux champignons sexués.

Enfin l'attrait certain de cet ouvrage réside dans la production de clés et de schémas simples pour la reconnaissance des très nombreux genres pris en compte. Ainsi les auteurs atteignent leur objectif de présenter un outil d'identification accessible et pratique.

Cet ouvrage, parce qu'abondamment illustré, ne peut que stimuler et encourager des observations plus minutieuses et leur représentation précise par le dessin autant, sinon plus, que par les mots. Le Suédois Elias Fries disait déjà en 1849 qu'« il est grandement désirable que des [mycologues] artistes illustrent clairement à nos yeux les métamorphoses de tous ces genres de champignons, puisque les mots ne peuvent tout exprimer ». Et Louis-René et Charles Tulasne, dont les illustrations de ces métamorphoses fongiques sont d'une extraordinaire qualité, s'écriaient en 1861 à la fin de leur ouvrage : « Sans doute, pour arriver à étudier les merveilles cachées de ces champignons, il faut y consacrer beaucoup de labeur et beaucoup de patience, mais à les contempler quand on les découvre, combien plus grande est la joie ! ».

Grégoire Laurent HENNEBERT
Professeur émérite de l'Université de Louvain

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

IMPACT ET UBIQUITÉ DES DEUTÉROMYCÈTES

Rôle utile des Deutéromycètes

Biodégradation

Dans les milieux naturels, ils contribuent, avec d'autres organismes, à la biodégradation et au recyclage des matières organiques (litière, bois...).

Cellulolytiques (*Malbranchea*, *Stephanosporium*, *Oïdiodendron*, *Chrysosporium*...).

Lignolytiques (*Arthrographis*, *Ptychogaster*...).

Ligninolytiques (*Geniculosporium*, *Spiniger*, *Sporotrichum pulverulentum*...).

Les Deutéromycètes sont partie prenante dans les successions de groupes d'organismes intervenant dans la dégradation. Ils ont de même leur rôle dans le traitement de certaines matières premières, le retraitement des déchets et la biodégradation des pesticides.

Alimentation et industrie

Certains Deutéromycètes ont leur importance dans l'alimentation et les productions industrielles.

- Spécificité de certains *Penicillium* pour la production de fromages (*P. camembertii*, *P. roquefortii*). *Botrytis cinerea*, pourriture noble des vins liquoreux.

- L'*Aureobasidium pullulans* présent sur les merrains de chêne séchés à l'air libre, améliore la qualité gustative des vins élevés en fût neuf.

- Des *Aspergillus* et *Penicillium* produisent des acides organiques (citrique, gluconique....) et des pigments. Certains de ces derniers sont aussi produits par des espèces d'*Helminthosporium* et de *Fusarium*. Production de biomasse fongique à partir de *Penicillium chrysogenum* utilisée comme engrais (Biosol), ou comme aliment du bétail. Ce même champignon entre dans la composition du Biosorbant M qui permet d'extraire Uranium et Radium des eaux résiduelles de l'industrie atomique.

Domaine biomédical

Dans le domaine biomédical, ils sont parmi les producteurs d'**antibiotiques**, dont les pénicillines (antibactériennes produites par *Penicillium chrysogenum*) sont l'un des exemples les plus connus. Parmi les antifongiques le plus connu est la griseofulvine produite par *Penicillium griseofulvum*. Divers anti-tumoraux et antiviraux d'origine fongique sont toujours à l'étude.

Parmi les **immunorégulateurs**, on peut citer les cyclosporines produites par diverses Hyphales, dont la cyclosporine A est la plus utilisée du fait de son puissant pouvoir immunosuppresseur.

40 % des **enzymes** produites industriellement sont d'origine fongique, la plupart dues à des Deutéromycètes, et représentent un marché économiquement très important.

Lutte biologique

Le succès des **entomopathogènes** (ex : *Beauveria bassiana*) fait que la production industrielle de bio-insecticides est en plein essor. Des genres comme *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Dactylaria*, *Monacrosporium*... sont des **prédateurs** utilisés pour lutter contre les Nématodes pathogènes. Parmi les nombreux genres **mycoparasites** ou antagonistes fongiques certains sont utilisés dans la lutte biologique (*Trichoderma viride* et *Verticillium biguttatum* contre les *Rhizoctonia* dans le sol ; des *Scytalidium* contre le *Phellinus weirii* agent de pourriture des poteaux téléphoniques aux USA ; des *Sporothrix* contre l'*Oidium* du Concombre en serre ou contre les champignons bleuissants du bois). Citons encore l'élégante méthode de lutte contre l'agent de chancre du Châtaignier par application de souches hypovirulentes d'*Endothiella*.

Fusarium oxysporum sbsp. *cannabis* est utilisé comme herbicide biologique pour supprimer les plantes productrices de marijuana. D'une manière plus générale *Colletotrichum gloeosporioides* et *C. truncatum* sont également utilisés comme **bioherbicides**.

Rôle nuisible des Deutéromycètes

Domaine médical et vétérinaire

Dans le domaine médical et vétérinaire, l'importance des Deutéromycètes est accrue en raison des immunodépressions en cas de greffe... Les barrières de défense de l'organisme étant fortement diminuées, divers micro-organismes normalement anodins peuvent devenir pathogènes.

- **mycoses profondes** : aspergillose pulmonaire (*Aspergillus*), sporotrichose lymphatique (*Sporothrix schenckii*), histoplasmosse équine lymphatique (*Histoplasma*) ;
- **mycoses « superficielles »** : onychomycose (*Scytalidium*, *Graphium*..), chromomycose (*Phialophora*), teigne (Dermatophyte), fusariose de l'écrevisse (*Fusarium*) ;
- **allergies** : pulmonaire, épidermique. Sur un ensemble de 15 champignons couramment testés dans ce domaine, 11 sont des Deutéromycètes. Ils sont d'autant plus nocifs que leurs conidies sont véhiculées dans les maisons par des animaux tels que l'acarien *Tyrophagus putrescentiae*. Maladies professionnelles pulmonaires : industrie fromagère (*Penicillium roquefortii*), malterie (*Aspergillus clavatus*), champignonnière (*Doratomyces*). Allergie épidermique des récolteurs de canne de Provence (*Arthrinium*). Allergie respiratoire dans les parcs publics certaines années (*Cryptostroma corticale*) ;
- **toxines fongiques** : elles sont nombreuses à induire des maladies variées de l'homme et des animaux. Les plus connues sont les aflatoxines (produites par diverses espèces d'*Aspergillus* et de *Penicillium*) dont certaines sont de plus puissamment cancérogènes.

Domaine phytopathologique

Dans le domaine phytopathologique, les Deutéromycètes provoquent de très nombreuses maladies végétales se manifestant par des symptômes variés :

- **nécroses tissulaires**, ponctuelles ou étendues, sur feuilles, fleurs, fruits, tiges et racines (tavelure du pommier à *Spilocaea pomi* ; anthracnose du platane à *Discula nervisequa* ; criblure du prunier à *Stigmina carpophylla* ; chancre du châtaignier à *Endothiella sp.* ; fonte des semis à *Fusarium spp.* ; taches noires du rosier à *Marssonina rosae* ; coulure des fleurs de cerisier à *Monilia laxa* ; pourriture des agrumes à *Penicillium digitatum* et *italicum* ; pourriture noire des racines de nombreuses plantes à *Chalara elegans* ; rouge cryptogamique des pins à *Lophodermium seditiosum* ; gale argentée de la pomme de terre à *Helminthosporium solani*) ;
- **flétrissements vasculaires** (graphiose de l'orme à *Graphium ulmi* ; verticilliose de nombreuses plantes herbacées et ligneuses à *Verticillium albo-atrum* et *V. dahliae*).

Altérations

Altération de produits alimentaires : pratiquement tous les **aliments** et matières organiques peuvent être altérés jusqu'à la toxicité par des Deutéromycètes. Mais leurs méfaits s'étendent à des matières non organiques, on peut citer : le **verre**, endommagé par *Penicillium citrinum*, les **métaux** tels que l'aluminium et l'acier par des *Aspergillus* et *Trichoderma*, les **peintures** par *Phoma violacea*...

Handwritten notes and diagrams, possibly related to a technical drawing or a specific process. The text is mostly illegible due to fading and bleed-through.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located in the upper right quadrant of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located in the middle right quadrant of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located in the lower middle right quadrant of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located in the lower right quadrant of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located in the bottom right quadrant of the page.

Handwritten text, possibly a signature or a date, located at the very bottom right of the page.

COMMENT UTILISER CE LIVRE

Vous ne connaissez pas ou peu les Deutéromycètes, ou vous voulez réactualiser vos connaissances sur ce groupe.

- ☞ Lire impérativement le chapitre I essentiellement p. 1 à 43. Les notions de base et la terminologie y sont explicitées (même si les termes se retrouvent dans le glossaire).

Vous connaissez ce groupe, mais vous avez sous le microscope un représentant de celui-ci dont vous ignorez le mode de conidiogenèse.

- ☞ Le point essentiel est de déterminer comment le champignon produit ses conidies (conidiogenèse). Le chapitre I vous y aide p. 43 à 53, figs. I.16 à I.30 et tab. I.H.

Vous connaissez le mode de conidiogenèse, ou le chapitre I vient de vous le faire découvrir.

- ☞ Reportez vous au chapitre correspondant (qui vous permettra de confirmer ce caractère), puis utilisez les clés de détermination et les tableaux pour parvenir à l'identification de l'organisme.

Vous ignorez la signification d'un terme.

- ☞ Consultez le glossaire p. 281, qui souvent, vous indiquera, en outre, où trouver dans l'ouvrage une illustration du terme en question.

Vous désirez savoir à quoi ressemble un genre donné, et/ou vous recherchez quelques informations à son sujet.

- ☞ L'index alphabétique des taxa p. 291 vous renverra à son illustration. De brèves informations figurent en regard de celle-ci (nombre d'espèces, localisation géographique, mode de vie et substrat, puis le cas échéant : nom de la téléomorphe, référence bibliographique récente en abrégé, existence d'étude moléculaire).

Vous relevez, à la suite des informations concernant un genre, une référence bibliographique abrégée qui vous pose problème.

☛ Reportez vous à la liste des Abréviations de la bibliographie additionnelle p. 279.

Nota bene

Les **références aux tableaux** à l'intérieur des clés de détermination ne répètent pas le chiffre romain du chapitre, ex. : **C2, A4**, (sauf dans les chapitres contenant un seul tableau).

Ce n'est que lorsque nous renvoyons à un chapitre différent que nous le précisons, ex. : (VII A 12).

Dans l'**ensemble de l'ouvrage**, nous employons indifféremment les termes de conidies ou de spores, lorsque nous parlons des conidies, qui sont les spores asexuées, mitotiques des Deutéromycètes.

De même quelques **abréviations** d'usage courant y sont utilisées : M.E.B. (microscope électronique à balayage) ; M.E.T. (microscope électronique à transmission) ; M.P. (microscope photonique).

En ce qui concerne les **légendes** accompagnant les tableaux illustrant les Genres, nous avons réuni un certain nombre d'informations disponibles au moment de la rédaction de l'ouvrage :

- en particulier, la bibliographie additionnelle mentionne des études ponctuelles, qui ne se trouvent pas dans la bibliographie générale ;

- dans la colonne « téléomorphes » sont relevés le(s) stade(s) sexué(s) signalé(s) pour au moins une des espèces du genre anamorphe [ce qui n'implique pas que toutes les espèces de ce dernier sont reliées à ce(s) genre(s) téléomorphe(s)] ;

- la plupart des téléomorphes des Deutéromycètes appartiennent aux Ascomycètes ; un (B) à la suite du nom de genre indique qu'il s'agit au contraire d'un Basidiomycète ;

- dans la dernière colonne « Bio. mol. », la présence d'un X signale l'existence d'étude(s), d'au moins 1 espèce du genre considéré par les techniques de la biologie moléculaire.

Etienne Kiffer, réalisateur des **dessins**, les a généralement conçus pour donner une vue synthétique, donc un peu générale et schématique, du Genre.