

SCIENCES SUP



1^{er} cycle/Licence • Prépas • CAPES • Pharmacie

BIOLOGIE VÉGÉTALE

**Associations et interactions
chez les plantes**

Préface de Marc-André Selosse

**Émile Duhoux
Michel Nicole**

IRD
éditions

DUNOD



Table des matières

Préface

Ennemis et amis intimes	III
-------------------------------	-----

Partie A

Interactions plantes-symbiotes : les symbioses fixatrices d'azote	1
---	---

Chapitre 1

Les symbioses Rhizobium-Légumineuses	2
1.1 Les partenaires végétaux	2
1.2 Les partenaires bactériens	4
1.3 Organisation du nodule	8
1.4 Formation d'un nodule	10
1.4.1 Les signaux moléculaires	10
1.4.2 Ontogenèse du nodule	12
a) Infection du poil absorbant	12
b) Initiation du primordium nodulaire	12
c) Formation du cordon d'infection	14
d) Développement du nodule et régulation du nombre de nodules	14
1.5 La symbiose <i>Rhizobium-Parasponia</i>	16
1.6 La fixation d'azote atmosphérique	18

Chapitre 2

Les symbioses actinorhiziennes	22
2.1 Les partenaires végétaux	22
2.2 Le partenaire bactérien	24
2.3 Le nodule actinorhizien ou actinorhize	28
2.4 Les interactions plante/ <i>Frankia</i> : exemple de la symbiose <i>Casuarina/Frankia</i>	30
2.4.1 L'interaction peut être observée au niveau histo-cytologique	30
2.4.2 Interaction moléculaire	31
2.4.3 Ontogenèse du nodule	34

Chapitre 3

Diversité des types nodulaires	36
3.1 Les grands types de nodules	36
3.1.1 Nodules déterminés et indéterminés	36
3.1.2 Nodules des légumineuses et des plantes actinorhiziennes	36

3.2 Les nodules aériens	38
3.2.1 L'exemple du <i>Sesbania rostrata</i> (<i>Papilionoideae</i>)	38
a) Les sites d'infection	38
b) Ontogenèse du nodule	39
c) Intérêt agronomique	39
3.2.2 La nodulation aérienne	40
Chapitre 4	
Les symbioses avec les cyanobactéries	42
4.1 La symbiose <i>Azolla-Anaebaena</i>	42
4.2 Les symbioses chez <i>Gunnera</i> et <i>Cycas</i>	44
4.2.1 La symbiose <i>Gunnera-Nostoc</i>	44
4.2.2 La symbiose <i>Cycas-Nostoc</i>	44
Chapitre 5	
Évolution des symbioses fixatrices d'azote	46
5.1 Un clade unique des plantes à nodules fixateurs d'azote	46
5.2 Apparitions de la symbiose	48
5.2.1 Chez les plantes actinorhiziennes	48
5.2.2 Chez les légumineuses	49
5.2.3 Signification évolutive du prénodule	49
5.3 Origine des nodulines	50
PARTIE B	
Interactions Plantes-Symbiotes : Les associations mycorhiziennes	53
Chapitre 6	
Les grands types de mycorhizes et leur organisation	54
6.1 Classification des mycorhizes	54
6.2 Les endomycorhizes	56
6.2.1 Les partenaires	56
a) Les plantes-hôtes	56
b) Les champignons	56
6.2.2 Cycle de vie d'un champignon endomycorhizien AM	58
6.2.3 Infection de la plante-hôte	60
6.2.4 Les arbuscules et les vésicules	62
a) Les arbuscules	62
b) Les vésicules	62
6.2.5 Modifications cellulaires et moléculaires au cours du développement de la mycorhize	64
6.2.6 Une curiosité : les pseudonodules à mycorhizes	66

6.3 Les ectomycorhizes	68
6.3.1 Les partenaires	68
a) <i>Les plantes-hôtes</i>	68
b) <i>Les champignons</i>	68
6.3.2 Mycorhizes et fructifications de champignons	72
a) <i>Relations mycorhizes/carpophores d'un Basidiomycotina : le lactaire délicieux</i>	72
b) <i>Relations mycorhizes/carpophore d'un Ascomycotina : la truffe</i>	74
6.3.3 Interactions plante/champignon	76
a) <i>Les différentes étapes</i>	76
b) <i>Les interactions moléculaires</i>	78
Chapitre 7	
Rôles et applications des mycorhizes	80
7.1 Rôles des mycorhizes dans la nutrition minérale de la plante	80
7.1.1 Augmentation de volume du sol exploré	80
7.1.2 Nutrition azotée améliorée	80
7.1.3 Nutrition phosphatée améliorée	80
7.1.4 Le coût en carbone des symbioses mycorhiziennes	82
7.1.5 Effets bénéfiques des champignons mycorhiziens	82
7.2 Applications de la mycorhization contrôlée	84
7.2.1 Technologie de l'inoculation	84
7.2.2 Application dans la production forestière	84
7.2.3 Mycorhizes et micropropagation	84
7.2.4 Application dans la production de champignons comestibles	84
Chapitre 8	
Évolution des symbioses mycorhiziennes	86
8.1 Origines évolutives des symbioses mycorhiziennes	86
8.2 Rôle des mycorhizes dans l'évolution des végétaux	88
8.2.1 Coévolution des racines et des champignons mycorhiziens	88
8.2.2 Histoire évolutive des mycorhizes	89
8.3 Évolution de la signalisation dans les endosymbioses	89
8.3.1 Régulation de l'organogenèse	89
8.3.2 Un dialogue moléculaire à l'origine des endosymbioses	90
8.3.3 Les voies de signalisation	90
8.4 Les plantes mycotrophes : exemples d'interactions trophiques inversées	92
8.4.1 La Néottie nid-d'oiseau (<i>Neottia nidus-avis</i>)	92
8.4.2 Le Monotrope (<i>Monotropa hypopitys</i>)	92

PARTIE C

Interactions plantes-parasites	95
Chapitre 9	
Diversité des partenaires et modes d'actions	96
9.1 Champignons	96
9.1.1 Quelques données sur la systématique des champignons phytopathogènes	96
9.1.2 Comment les champignons attaquent les plantes	97
a) <i>Les structures d'infection</i>	97
b) <i>Les enzymes de dégradation des parois</i>	97
c) <i>Les toxines, facteurs prépondérants du développement des maladies</i>	99
9.2 Les procaryotes : bactéries et mollicutes	101
9.2.1 Quelques données sur la systématique des procaryotes phytopathogènes	102
a) <i>Les bactéries</i>	102
b) <i>Les mollicutes</i>	102
9.2.2 Comment les bactéries parasites s'associent aux plantes	102
a) <i>Colonisation des plantes par les espèces du genre Xanthomonas</i>	102
b) <i>Colonisation des plantes par Rhodococcus</i>	103
c) <i>Colonisation des plantes par Agrobacterium tumefaciens</i>	106
9.2.3 Développement des mollicutes dans les plantes	108
9.3 Les virus	110
9.3.1 Quelques données sur la classification et la nomenclature des virus	111
9.3.2 Morphologie, composition et structure des virus	113
9.3.3 Le cycle cellulaire du virus dans la plante	113
a) <i>La traduction du génome</i>	114
b) <i>La réplication</i>	114
c) <i>L'encapsidation</i>	114
9.3.4 Le mouvement du virus dans la plante	114
9.4 Les nématodes phytoparasites	116
9.4.1 Quelques données sur la systématique des nématodes phytoparasites	116
9.4.2 Comment les nématodes infectent les racines des plantes	118
Chapitre 10	
Réponses des plantes aux agents pathogènes	119
10.1 Le déterminisme génétique de la résistance	119
10.1.1 La réaction hypersensible	119
10.1.2 Les gènes de résistance : rôles et structures	121
10.1.3 Les déterminants bactériens de l'avirulence	122
10.1.4 Interactions entre les produits de gènes <i>R</i> et <i>Avr</i>	122

10.2 La transduction du signal	123
10.2.1 Le choc oxydatif : les formes réactives de l'oxygène	124
10.2.2 Le rôle des hormones dans la signalisation et la régulation de la défense	126
a) <i>L'acide salicylique</i>	127
b) <i>L'éthylène</i>	127
c) <i>L'acide jasmonique</i>	127
d) <i>La systémine</i>	128
10.2.3 Interconnexion des différentes voies de signalisation	128
10.3 Les réactions de défense	129
10.3.1 Les éliciteurs des réactions de défense	130
10.3.2 Le renforcement des barrières physiques	131
10.3.3 L'obstruction des vaisseaux	131
10.3.4 Les molécules antimicrobiennes	134
10.4 Une réponse originale : l'extinction de gènes	135
10.4.1 L'initiation	135
10.4.2 La propagation systémique et le maintien du mécanisme	135
Chapitre 11	
La coévolution plante-parasite	137
11.1 Coévolution plante-parasite à l'échelle populationnelle	138
11.2 Coévolution plante-parasite au plan génétique	138
11.3 Coévolution plante-parasite au plan physiologique	140
PARTIE D	
Interactions plante-plante	141
Chapitre 12	
Les plantes parasites	142
12.1 Diversité des plantes parasites	142
12.1.1 Les grands types de plantes parasites	142
a) <i>Les hémiparasites et les holoparasites</i>	142
b) <i>Les parasites épirhizes et épiphytes</i>	142
12.1.2 Origine évolutive du parasitisme	143
12.2 Un exemple d'hémiparasite épiphyte : le Gui	144
12.2.1 Morphologie	144
12.2.2 Le Gui est une plante parasite	144
12.2.3 Cycle de vie	144
12.3 Un exemple d'hémiparasite épirhize : le <i>Striga</i>	146
12.3.1 Le genre <i>Striga</i>	146
12.3.2 Cycle biologique de <i>Striga hermonthica</i>	146
12.3.3 Interactions entre le parasite et l'hôte	146
12.3.4 Les <i>Striga</i> dans les cultures	147

Chapitre 13

Interaction pollen-plante	148
13.1 La pollinisation	148
13.1.1 Exemple des Orchidées	148
13.1.2 La goutte micropylaire des Gymnospermes	150
13.1.3 Exemple des <i>Araceae</i>	152
1.3.2 Les incompatibilités polliniques	154
a) <i>L'incompatibilité interspécifique</i>	154
b) <i>L'auto-incompatibilité hétéromorphe</i>	154
d) <i>L'auto-incompatibilité homomorphe</i>	154
Bibliographie	158
Glossaire	159
Crédits	161
Index	165

Remerciements

Nous remercions très vivement nos collègues, spécialistes français ou étrangers, qui ont bien voulu nous communiquer leurs illustrations (photographies et schémas), pour les discussions critiques sur le contenu de l'ouvrage et/ou la lecture assidue du manuscrit : Antoon AKKERMANS, Laurence ALBAR, Noelle AMARGER, July BARCELONA, Howard BERG, Alison BERRY, Christian BOCK, Paola BONFANTE, Hassan BOUKCIM, Christophe BRUGIDOU, Gabriel CALLOT, Liliane CHESNOY, Alain CLERIVET, Jean-François DANIEL, Etienne DELANNOY, Jean DEXHEIMER, Hoang G. DIEM, Michel DOLLET, Yvon DOMMERGUES, Claudine ELMERICH, Denis FARGETTE, Diana FERNANDEZ, Claudine FRANCHE, Florian FRUGIER, Jean-Paul GEIGER, Jean Pierre GOURRET, Jean-François GUEGAN, Yves LE BASTARD, François LE TACON, Laurent LAPLAZE, Philippe LASHERMES, Anne-Claire LECOULS, Jeanine LHERMINIER, Philippe MARMEY, Francis MARTIN, Daniel MOUSAIN, Sandra NOIR, Philippe NORMAND, Michel PETERSCHMITT, Yves PRIN, Georges REVERSAT, René ROHR, Patrick SAINDRENAN, Georges SALLE, Pape I. SAMB, Jean-Louis SARAH, Marc-André SELOSSE, Denis TAGU, Laurent TORREGROSA, Catherine VALETTE, Solveig VEILLARD.

Les auteurs