

SCIENCES SUP



Atlas

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
Editions

DUNOD

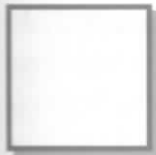


Table des matières

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 *Rhizobium-Parasponia* 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/*Frankia* : exemple de la symbiose *Casuarina/Frankia* 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 pré-nodule	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	56
6.2.3 Infection de la plante-hôte	60
6.2.4 Les arbuscules et les vésicules	60
a) Les arbuscules	60
b) Les vésicules	60
6.2.5 Modifications cellulaires et moléculaires au cours du développement de la mycorhize	60
6.2.6 Une curiosité : les pseudonodules à mycorhizes	60

38	6.3 Les ectomycorhizes	68
38	6.3.1 Les partenaires	68
38	a) Les plantes-hôtes	68
39	b) Les champignons	68
39	6.3.2 Mycorhizes et fructifications de champignons	72
40	a) Relations mycorhizes/carpophores d'un Basidiomycotina : le lactaire délicieux	72
42	b) Relations mycorhizes/carpophore d'un Ascomycotina : la truffe	74
42	6.3.3 Interactions plante/champignon	76
44	a) Les différentes étapes	76
44	b) Les interactions moléculaires	78
44	Chapitre 7	
	Rôles et applications des mycorhizes	80
46	7.1 Rôles des mycorhizes dans la nutrition minérale de la plante	80
46	7.1.1 Augmentation de volume du sol exploré	80
48	7.1.2 Nutrition azotée améliorée	80
48	7.1.3 Nutrition phosphatée améliorée	80
49	7.1.4 Le coût en carbone des symbioses mycorhiziennes	82
49	7.1.5 Effets bénéfiques des champignons mycorhiziens	82
50	7.2 Applications de la mycorhization contrôlée	84
	7.2.1 Technologie de l'inoculation	84
53	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
54	Chapitre 8	
54	Évolution des symbioses mycorhiziennes	86
56	8.1 Origines évolutives des symbioses mycorhiziennes	86
56	8.2 Rôle des mycorhizes dans l'évolution des végétaux	88
56	8.2.1 Coévolution des racines et des champignons mycorhiziens	88
58	8.2.2 Histoire évolutive des mycorhizes	89
60	8.3 Évolution de la signalisation dans les endosymbioses	89
62	8.3.1 Régulation de l'organogenèse	89
62	8.3.2 Un dialogue moléculaire à l'origine des endosymbioses	90
62	8.3.3 Les voies de signalisation	90
	8.4 Les plantes mycotrophes : exemples d'interactions trophiques inversées	92
64	8.4.1 La Néottie nid-d'oiseau (<i>Neottia nidus-avis</i>)	92
66	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	116
Chapitre 10	
Réponses des plantes aux agents pathogènes	118
10.1 Le déterminisme génétique de la résistance	118
10.1.1 La réaction hypersensible	118
10.1.2 Les gènes de résistance : rôles et structures	120
10.1.3 Les déterminants bactériens de l'aviorulence	120
10.1.4 Interactions entre les produits de gènes <i>R</i> et <i>Avr</i>	120

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	160
Index	160

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, Paol BONFANTE, Hassan BOUKCIM, Christophe BRUGIDOU, Gabriel CALLOT, Liliane CHESNOY, Alain CLERIVET, Jean-François DANIEL, Etienne DELANNOY, Jean DEXHEIMER, Hoang G. DIEM, Michel DOLLET, Yvon DOMMERMUES, Claudine ELMERIC, 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 PRUD'HOME, Georges REVERSAT, René ROHR, Patrick SAINDRENAN, Georges SALLE, Pape I. SAMB, Jean-Louis SARAH, Marc-André SELOSE, Denis TAGU, Laurent TORREGROSA, Catherine VALETTE, Solveig VEILLARD.

Les auteurs



Émile Duhoux
Michel Nicole

BIOLOGIE VÉGÉTALE

Associations et interactions chez les plantes

Préface de Marc-André Selosse

Les ouvrages de la série « Atlas » sont abondamment illustrés de photographies en microscopies photonique ou électronique et de schémas explicatifs.

Destinés en priorité aux étudiants du premier cycle universitaire ou préparant des concours (PCEM, classes préparatoires, CAPES, Agrégation...), ces ouvrages de référence seront aussi utiles aux étudiants du second cycle et aux chercheurs.

Cet ouvrage en couleur est consacré aux différents types d'associations et interactions chez les plantes à fleurs et les fougères. Deux ou plusieurs partenaires peuvent vivre ensemble, en association symbiotique, de manière durable (comme chez les mycorhizes) ou transitoire (comme chez certaines plantes et leurs pollinisateurs). D'autres interactions, de type parasite, peuvent survenir entre plantes et agents pathogènes. Enfin, un parasitisme peut s'installer, cette fois entre deux espèces de plantes.

Ces interactions sont étudiées ici à travers une approche moléculaire et évolutive, basée sur des exemples précis et représentatifs qui illustrent leurs caractéristiques biologiques, physiologiques et agronomiques.

Sommaire : Interactions plantes-symbiotes : les symbioses fixatrices d'azote atmosphérique (les symbioses rhizobium/légumineuses, les symbioses actinorhiziennes, diversité des types nodulaires, les symbioses avec les cyanobactéries, évolution des symbioses fixatrices d'azote). **Interactions plantes-symbiotes : les symbioses mycorhiziennes** (les grands types de mycorhizes et leur organisation, rôles et applications des mycorhizes, évolution des symbioses mycorhiziennes). **Interactions plantes-pathogènes** (diversité des partenaires et modes d'actions, réponses des plantes aux agents pathogènes, coévolution plante-parasite). **Interactions plantes-plantes** (plantes parasites, interaction pollen-plante).

ÉMILE DUHOUX
est professeur honoraire
à l'université Denis Diderot
(Paris 7).

MICHEL NICOLE
est directeur de recherche
à l'IRD (Montpellier).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



ISBN 2 10 006930 6



www.dunod.com

