

Sous la direction de
Jean-François Morot-Gaudry
et Roger Prat



Biologie végétale

Croissance et développement

2^e édition



- ◆ **Cours**
- ◆ **Questions de révision**

IUT
Licence
CAPES
Pharmacie

DUNOD

BL497

Biologie végétale

Croissance et développement

2^e édition

052945
⑤

Sous la direction de

Jean-François Morot-Gaudry

Directeur de recherche à l'INRA de Versailles,
membre de l'Académie d'agriculture

et

Roger Prat

Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC, Paris)



Isabelle Bohn-Courseau

Professeure agrégée de biologie,
en BCPST1, lycée Victor Hugo, Besançon
(Chapitre 3)

Marc Jullien

Professeur à AgroParisTech
(Chapitre 5)

François Parcy

Directeur de recherche
au CNRS de Grenoble
(Chapitre 6)

Catherine Perrot-Rechenmann

Directeur de recherche au CNRS,
Gif-sur-Yvette
(Chapitre 1)

Michèle Reisdorf-Cren

Maître de conférence à l'Université
de Versailles-Saint-Quentin
(Chapitre 7)

Luc Richard

Maître de conférence à l'Université
Pierre et Marie Curie (UPMC, Paris)
(Chapitre 4)

Arnould Savouré

Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie
(UPMC, Paris)
(Chapitre 2)

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Comment utiliser cet ouvrage ?	X
Remerciements	XIII
Introduction	1
Chapitre 1 • Les phytohormones	7
1.1 Introduction	7
1.1.1 Définition	7
1.1.2 Le concept d'hormone	8
1.1.3 Homéostasie	8
1.1.4 Notions de dose-réponse et de sensibilité tissulaire	9
1.1.5 Principes généraux du mode d'action des phytohormones	10
1.2 Présentation générale des phytohormones	10
1.2.1 Auxines	11
1.2.2 Gibbérellines	12
1.2.3 Cytokinines	13
1.2.4 Brassinostéroïdes	14
1.2.5 Acide abscissique (ABA)	15
1.2.6 Éthylène	15
1.2.7 Jasmonates	16
1.2.8 Autres molécules : strigolactones, acide salicylique (AS)	17
1.2.9 Les hormones peptidiques	17
1.3 Méthodes d'études des effets des hormones	18
1.3.1 Apports exogènes d'hormones	18
1.3.2 Outils moléculaires : gènes, rapporteurs	18
1.3.3 Outils génétiques	19
1.3.4 Combinaisons d'approches expérimentales	20
1.4 Transport à longue et courte distances : exemple de l'auxine	20
1.4.1 Historique	20
1.4.2 Le transport de l'auxine	21
1.4.3 Les réponses tropiques	24
1.5 Voies de signalisation	25
1.5.1 Les récepteurs	26
1.5.2 Voie de signalisation de l'éthylène	27
1.6 Conclusions	32
Exercices	36
Solutions	36

Table des matières

Chapitre 2 · Perception et transduction des signaux abiotiques	39
2.1 Introduction	39
2.2 Contraintes de l'environnement et réponses adaptatives	42
2.3 Perception du stimulus	43
2.3.1 La perception de contraintes osmotiques : Les osmosenseurs	43
2.3.2 La perception du froid	45
2.4 Signalisation intercellulaire	45
2.5 Transduction du signal	45
2.5.1 Les protéines G	47
2.5.2 Les protéines kinases/phosphatases	50
2.5.3 La signalisation lipidique	52
2.5.4 La signalisation calcique	55
2.5.4 Les espèces réactives de l'oxygène (reactive oxygen species ou ROS)	55
2.6 Voies de signalisation et régulation de l'expression de gènes	56
2.7 Photorécepteurs et développement	57
2.7.1 Perception de la lumière rouge : les phytochromes	61
2.7.2 Rôles biologiques des phytochromes	65
2.7.3 Perception de la lumière bleue : cryptochromes et phototropines	67
2.8 Le stomate : un exemple de réseau coordonné de voies de signalisation	68
2.9 Perspectives de recherche et applications agronomiques	70
Exercices	71
Solutions	71
Chapitre 3 · Méristèmes et architecture végétale	73
3.1 Introduction	73
3.1.1 Structure d'une plante Spermatophyte	74
3.1.2 Particularités du développement végétal	78
3.2 La diversité des méristèmes	80
3.2.1 L'activité méristématique dans la lignée verte	80
3.2.2 Les méristèmes d'une Angiosperme	82
3.3 Le méristème apical caulinaire (MAC), un domaine cellulaire très organisé	82
3.3.1 Structure du MAC en couches et en zones cellulaires	84
3.3.2 Communication entre les cellules du MAC	85
3.4 Fonctionnement du MAC et développement de la partie aérienne du végétal	86
3.4.1 Maintien d'une réserve de cellules souches au cours du développement	88
3.4.2 Initiation des organes de la partie aérienne	90
3.4.3 Coordination des fonctions du MAC	94
3.4.4 Activité du MAC et architecture végétale	98
3.5 Structure et fonctionnement du méristème apical racinaire	98
3.5.1 Description de la racine et du méristème racinaire	100
3.5.2 Les signaux d'information de position dans le méristème racinaire	101
3.6 Conclusion	101
3.6.1 Caractéristiques des niches de cellules souches	101

3.6.2	Information de position et fonctionnement intégré des cellules du MAC	101
3.6.3	Les biotechnologies à l'assaut du méristème	103
	Exercices	105
	Solutions	105
	Chapitre 4 • La paroi et la croissance cellulaire	107
4.1	Les propriétés multifonctionnelles de la paroi	107
4.2	Composition et structure de la paroi	110
4.2.1	Composition et synthèse des constituants de la paroi primaire	110
4.2.2	Structure de la paroi primaire	116
4.2.3	La paroi secondaire	117
4.3	La croissance cellulaire et l'auxine	118
4.3.1	Les composantes physicochimiques de la croissance diffuse	118
4.3.2	La théorie de la croissance « acide » induite par l'auxine	120
4.3.3	L'axe de croissance de la cellule	124
	Exercices	126
	Solutions	126
	Chapitre 5 • Le développement et la germination des graines	129
5.1	La double fécondation	129
5.2	L'embryogenèse	133
5.2.1	L'embryogenèse précoce : mise en place d'une polarité apico-basal	133
5.2.2	L'organogenèse embryonnaire : mise en place de la symétrie bilatérale	133
5.2.3	Contrôle de l'organisation embryonnaire	134
5.2.4	Le développement de l'albumen	136
5.3	La maturation de la graine d' <i>A. thaliana</i>	138
5.3.1	Accumulation des réserves	138
5.3.2	Dessiccation de la graine	140
5.4	La régulation de la maturation de la graine d' <i>A. thaliana</i>	141
5.4.1	Mise en évidence d'éléments de signalisation de l'acide abscissique, l'ABA	141
5.4.2	Transition entre l'embryogenèse et la maturation : aspects moléculaire et hormonal	143
5.4.3	Régulation de l'acquisition de la tolérance à la dessiccation	143
5.5	Dormance	144
5.5.1	Définitions et caractéristiques	145
5.5.2	Rôles des téguments de la graine chez <i>A. thaliana</i>	145
5.5.3	Mise en place de la dormance	145
5.6	La germination des graines	147
5.6.1	L'imbibition	147
5.6.2	Dormance/germination : effet de l'équilibre hormonal	148
5.6.3	Mobilisation des réserves de la graine en germination	152

Table des matières

5.7 Dormance et germination : un dialogue hormonal	154
Exercices	158
Solutions	158
Chapitre 6 • La Floraison	161
6.1 introduction	161
6.2 Description morphologique de la floraison	164
6.2.1 L'induction florale et évocation florale	164
6.2.3 L'initiation florale et la floraison	165
6.3 Le contrôle de la floraison par la vernalisation	166
6.3.1 Description et historique	166
6.3.2 Mécanisme moléculaire	168
6.4 Le contrôle de la floraison par la photopériode	171
6.4.1 Description et historique	171
6.4.2 Mécanisme moléculaire	173
6.5 Le développement des fleurs	177
6.5.1 Introduction/évolution	177
6.5.2 Le développement des organes floraux	179
6.5.3 Le développement des méristèmes floraux	181
Exercices	185
Solutions	185
Chapitre 7 • La plante et son environnement biotique	187
7.1 Introduction	187
7.2 Agents phytopathogènes et ravageurs	189
7.2.1 Défenses préexistantes de la plante	190
7.2.2 Activation des défenses de la plante : accent sur la réaction hypersensible (HR)	191
7.2.3 Les réponses systémiques de défense des plantes	195
7.2.4 Le modèle gène pour gène	196
7.2.5 Spécificités de modes d'attaque de différents types d'agents pathogènes et réponses adaptées défensives de la plante	197
7.2.6 Différentes méthodes de lutte – exemple de la pyrale et du maïs	204
7.3 Symbioses et associations	205
7.3.1 Symbioses bactériennes	205
7.3.2 Les symbioses mycorhiziennes	209
7.3.3 Les lichens	212
7.4 Conclusion	212
Exercices	214
Solutions	214
Chapitre 8 • Métabolisme secondaire : quelques aspects	217
8.1 Synthèse dans la cellule végétale	217

Table des matières

8.2 Composés isopréniques ou isoprénoïdes	218
8.2.1 Terpènes	219
8.2.2 Terpènes en C40 : les caroténoïdes	221
8.2.3 Terpènes en C30 : les stérols	221
8.3 Phénylpropanoïdes	222
8.3.1 Les acides phénoliques	223
8.3.2 Les flavonoïdes	223
8.3.3 Les lignines	224
8.4 Hétérosides et alcaloïdes	226
8.4.1 Les hétérosides	226
8.4.2 Les alcaloïdes	227
8.5 Conclusions	227
Exercices	229
Solutions	229
Glossaire	231
Index	237

Sous la direction de

Jean-François Morot-Gaudry et Roger Prat

Isabelle Bohn-Courseau ■ Marc Jullien ■ François Parcy ■
Catherine Perrot-Rechenmann ■ Michèle Reisdorf-Cren ■
Luc Richard ■ Arnould Savouré

Biologie végétale

Croissance et développement

Intégrant les derniers acquis de la biologie cellulaire et de la génétique moléculaire, cette seconde édition offre un panorama de l'ensemble de la biologie végétale enseignée dans les premières années d'études supérieures (**Licence, Pharmacie, CAPES, IUT**).

Ce volume traite **des aspects physiologiques et moléculaires de la croissance** et du **développement des végétaux supérieurs** couvrant les phytohormones, la perception et la transduction des signaux abiotiques, les méristèmes, la paroi et l'élongation cellulaire, l'élaboration et la germination de la graine, la floraison. Les relations entre la plante et son environnement biotique et le métabolisme secondaire terminent l'ouvrage.

Clair et concis, très **illustré**, le cours est enrichi par des encarts apportant quelques compléments techniques ou historiques. Des **questions de révision** en fin de chapitre, **toutes corrigées**, permettent de tester ses connaissances et de s'entraîner avant l'épreuve.

Quelques compléments sont disponibles sur le site dunod.com (coraux, lichens, flavonoïdes...).

2^e édition

JEAN-FRANÇOIS MOROT-GAUDRY

Directeur de recherche honoraire à l'INRA (centre Versailles-Grignon), ancien professeur des Universités Versailles-Saint-Quentin et Évry, membre de l'Académie d'agriculture.

ROGER PRAT

Professeur honoraire de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC, Paris).

Des mêmes auteurs :
Biologie végétale : Nutrition et métabolisme



9 782100 578085

6963805

ISBN 978-2-10-057808-6

