

SCIENCES SUP



*Cours + questions de révision*

Licence • CAPES • IUT • Pharmacie

# BIOLOGIE VÉGÉTALE

## CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT

*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*



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

<b>Chapitre 2 · Perception et transduction des signaux abiotiques</b>	<b>39</b>
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	45
2.5.2 Les protéines kinases/phosphatases	47
2.5.3 La signalisation lipidique	50
2.5.4 La signalisation calcique	52
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	55
2.7 Photorécepteurs et développement	56
2.7.1 Perception de la lumière rouge : les phytochromes	57
2.7.2 Rôles biologiques des phytochromes	61
2.7.3 Perception de la lumière bleue : cryptochromes et phototropines	65
2.8 Le stomate : un exemple de réseau coordonné de voies de signalisation	67
2.9 Perspectives de recherche et applications agronomiques	68
Exercices	70
Solutions	71
<b>Chapitre 3 · Méristèmes et architecture végétale</b>	<b>73</b>
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	80
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	82
3.3.2 Communication entre les cellules du MAC	84
3.4 Fonctionnement du MAC et développement de la partie aérienne du végétal	85
3.4.1 Maintien d'une réserve de cellules souches au cours du développement	86
3.4.2 Initiation des organes de la partie aérienne	88
3.4.3 Coordination des fonctions du MAC	90
3.4.4 Activité du MAC et architecture végétale	94
3.5 Structure et fonctionnement du méristème apical racinaire	98
3.5.1 Description de la racine et du méristème racinaire	98
3.5.2 Les signaux d'information de position dans le méristème racinaire	100
3.6 Conclusion	101
3.6.1 Caractéristiques des niches de cellules souches	101

39	3.6.2	Information de position et fonctionnement intégré des cellules du MAC	101
39	3.6.3	Les biotechnologies à l'assaut du méristème	103
42		Exercices	105
43		Solutions	105
43			
45		<b>Chapitre 4 • La paroi et la croissance cellulaire</b>	<b>107</b>
45	4.1	Les propriétés multifonctionnelles de la paroi	107
45	4.2	Composition et structure de la paroi	110
45	4.2.1	Composition et synthèse des constituants de la paroi primaire	110
47	4.2.2	Structure de la paroi primaire	116
50	4.2.3	La paroi secondaire	117
52	4.3	La croissance cellulaire et l'auxine	118
55	4.3.1	Les composantes physicochimiques de la croissance diffuse	118
55	4.3.2	La théorie de la croissance « acide » induite par l'auxine	120
56	4.3.3	L'axe de croissance de la cellule	124
57		Exercices	126
61		Solutions	126
65			
67		<b>Chapitre 5 • Le développement et la germination des graines</b>	<b>129</b>
68	5.1	La double fécondation	129
70	5.2	L'embryogenèse	133
71	5.2.1	L'embryogenèse précoce : mise en place d'une polarité apico-basal	133
73	5.2.2	L'organogenèse embryonnaire : mise en place de la symétrie bilatérale	133
73	5.2.3	Contrôle de l'organisation embryonnaire	134
74	5.2.4	Le développement de l'albumen	136
78	5.3	La maturation de la graine d' <i>A. thaliana</i>	138
80	5.3.1	Accumulation des réserves	138
80	5.3.2	Dessiccation de la graine	140
80	5.4	La régulation de la maturation de la graine d' <i>A. thaliana</i>	141
82	5.4.1	Mise en évidence d'éléments de signalisation de l'acide abscissique, l'ABA	141
82	5.4.2	Transition entre l'embryogenèse et la maturation : aspects moléculaire et hormonal	143
84	5.4.3	Régulation de l'acquisition de la tolérance à la dessiccation	143
85	5.5	Dormance	144
86	5.5.1	Définitions et caractéristiques	145
88	5.5.2	Rôles des téguments de la graine chez <i>A. thaliana</i>	145
90	5.5.3	Mise en place de la dormance	145
94	5.6	La germination des graines	147
98	5.6.1	l'imbibition	147
100	5.6.2	Dormance/germination : effet de l'équilibre hormonal	148
101	5.6.3	Mobilisation des réserves de la graine en germination	152
101			

## Table des matières

5.7 Dormance et germination : un dialogue hormonal	154
Exercices	158
Solutions	158
<b>Chapitre 6 • La Floraison</b>	<b>161</b>
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
<b>Chapitre 7 • La plante et son environnement biotique</b>	<b>187</b>
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
<b>Chapitre 8 • Métabolisme secondaire : quelques aspects</b>	<b>217</b>
8.1 Synthèse dans la cellule végétale	217

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

SCIENCES SUP

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, ce cours en deux volumes offre un panorama de l'ensemble de la biologie végétale enseignée dans les premières années d'études supérieures (**Licence, Pharmacie, classes préparatoires, IUT**).

Ce deuxième 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](http://dunod.com)

Des mêmes auteurs :



*Biologie végétale  
Nutrition et métabolisme*



[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



JEAN-FRANÇOIS  
MOROT-GAUDRY

Directeur de recherches  
à l'INRA de Versailles,  
membre de l'Académie  
d'agriculture de France.

ROGER PRAT

Professeur à l'université  
Paris 6 Pierre et Marie  
Curie (UPMC).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE

DUNOD