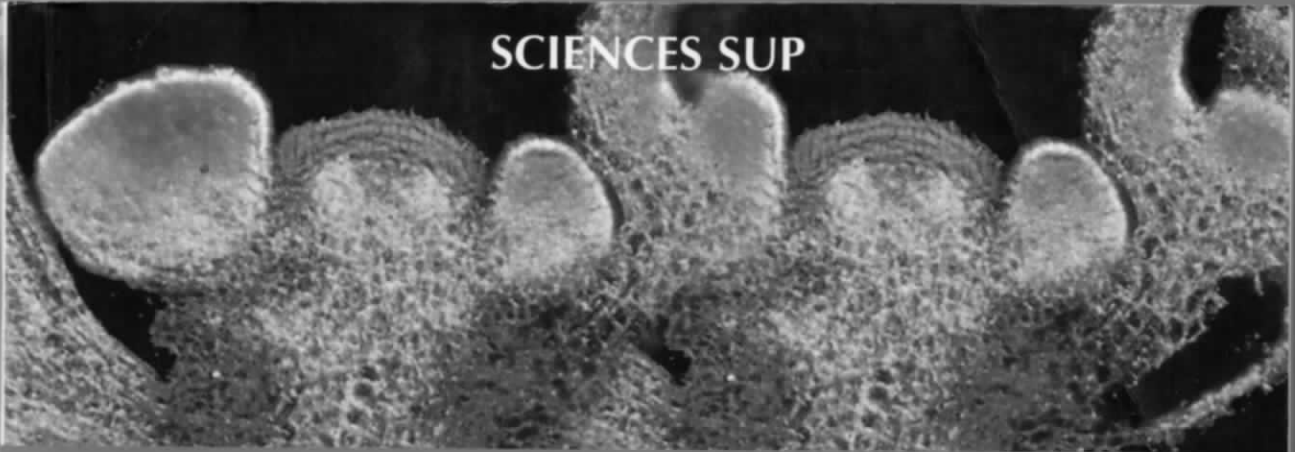


SCIENCES SUP



*Cours*

1<sup>er</sup> cycle/Licence • CAPES • Agrégation

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

## 2. développement

6<sup>e</sup> édition

*René Heller  
Robert Esnault  
Claude Lance*

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Conventions d'écriture</b>	XI
<b>Avant-propos</b>	XIII
<b>1. LE DÉVELOPPEMENT DES SPERMAPHYTES</b> .....	1
1.1. – Mérése, auxèse et différenciation .....	1
1.2. – Ontogénèse de la paroi .....	4
1.3. – Développement des organes végétatifs .....	10
1.4. – Mise à fleur et cycles de développement .....	16
<b>2. CROISSANCE ET MORPHOGÉNÈSE VÉGÉTATIVE</b> .....	19
2.1. – Valeurs de la croissance .....	19
2.2. – Cinétique de la croissance .....	22
2.3. – Effets de la température .....	26
2.4. – Thermopériodisme .....	27
2.5. – Étiollement .....	28
2.6. – Effets de l'éclairement .....	30
2.7. – Les rythmes de croissance .....	33
2.8. – Corrélations morphogénétiques .....	37
<b>3. LES MOUVEMENTS DES VÉGÉTAUX</b> .....	40
3.1. – Mouvements à l'échelon cellulaire .....	40
3.2. – Tropismes et nasties : caractères généraux .....	42
3.3. – Le phototropisme .....	44
3.4. – Le gravitropisme (géotropisme) .....	48
3.5. – Autres tropismes .....	54
3.6. – Nyctinasties .....	56
3.7. – Séismonasties et thigmonasties .....	59
3.8. – Les mouvements révolutifs .....	62

4. LES PHYTOHORMONES : PRINCIPALES FAMILLES .....	64
4.1. – La notion d'hormone chez les végétaux .....	64
4.2. – Auxines .....	65
4.3. – Substances terpéniques : gibbérellines et acide abscissique .....	69
4.4. – Les cytokinines .....	74
4.5. – L'éthylène .....	77
4.6. – Autres régulateurs du développement .....	79
5. LES PHYTOHORMONES DANS LA PLANTE .....	85
5.1. – Méthodes de détection et de dosage .....	85
5.2. – Distribution dans la plante .....	87
5.3. – Le transport polarisé de l'auxine .....	90
5.4. – Applications aux tropismes .....	93
6. LES PHYTOHORMONES : BIOSYNTHÈSE ET DÉGRADATION .....	96
6.1. – Méthodologie : recours aux mutants .....	96
6.2. – Biosynthèse de l'auxine .....	97
6.3. – Biosynthèse des hormones terpéniques (gibbérellines, acide abscissique, brassinostéroïdes) .....	99
6.4. – Biosynthèse des cytokinines .....	103
6.5. – Biosynthèse de l'éthylène .....	105
6.6. – Biosynthèses diverses .....	107
6.7. – La dégradation des phytohormones .....	110
7. RÔLE DES PHYTOHORMONES DANS LE DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF .....	114
7.1. – Auxèse .....	114
7.2. – L'auxine et l'élongation cellulaire .....	116
7.3. – Mèrese .....	120
7.4. – Croissance des organes végétatifs .....	121
7.5. – Abscission .....	123
7.6. – Caulogénèse .....	124
7.7. – Rhizogénèse .....	126
7.8. – La machinerie hormonale .....	128
8. PERCEPTION ET TRANSDUCTION DES SIGNAUX HORMONAUX .....	135
8.1. – Décryptage d'une chaîne de transduction .....	135
8.2. – Messagers secondaires et autres acteurs de la transduction .....	139
8.3. – L'ion $Ca^{2+}$ , messenger secondaire (ou intracellulaire) .....	144
8.4. – L'acide abscissique et l'ouverture des stomates .....	146
8.5. – Auxine, cytokinine et division cellulaire .....	149

8.6. – Réponses à l'
8.7. – L'acide gibbé effet antagoni
9. UTILISATIONS PRA ET AUTRES RÉGUL
9.1. – La culture d
9.2. – Besoins des c
9.3. – Auxines de sy
9.4. – Structure et a
9.5. – Biostimulants
9.6. – Herbicides : p
9.7. – L'emploi des
10. LES PRÉALABLES À
10.1. – Le passage d
10.2. – Les facteurs
10.3. – La vernalisa
10.4. – Exigences de
10.5. – Le traitemen
10.6. – Perception et
10.7. – Autres moye thermopériod
11. LE PHOTOPÉRIODES
11.1. – Le photopéri
11.2. – Classification
11.3. – Rapports ave photopériod
11.4. – L'induction p
11.5. – Mécanismes
11.6. – Résumé des s des plantes
12. FORMATION DES FR
12.1. – Le développe
12.2. – Pollinisation
12.3. – L'auto-incom
12.4. – La stérilité m
12.5. – La croissance
12.6. – La maturation

64	8.6. – Réponses à l'éthylène .....	153
64	8.7. – L'acide gibbérellique et l'activité de la couche à aleurone ;	
65	effet antagoniste de l'acide abscissique .....	159
69		
74	9. UTILISATIONS PRATIQUES DES PHYTOHORMONES	
77	ET AUTRES RÉGULATEURS DE CROISSANCE .....	165
79	9.1. – La culture des organes et tissus isolés .....	165
	9.2. – Besoins des cultures <i>in vitro</i> en phytohormones et vitamines .....	167
85	9.3. – Auxines de synthèse .....	172
85	9.4. – Structure et activité des auxines .....	174
87	9.5. – Biostimulants et réducteurs de croissance .....	176
90	9.6. – Herbicides : principales catégories .....	178
93	9.7. – L'emploi des herbicides et ses problèmes .....	183
96	10. LES PRÉALABLES À LA FLORAISON. LA VERNALISATION .....	187
96	10.1. – Le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur .....	187
97	10.2. – Les facteurs liés à la plante .....	193
	10.3. – La vernalisation .....	196
99	10.4. – Exigences des espèces .....	199
103	10.5. – Le traitement vernalisant .....	201
105	10.6. – Perception et transmission du stimulus .....	202
107	10.7. – Autres moyens d'acquisition de l'aptitude à fleurir,	
110	thermopériodisme .....	203
	11. LE PHOTOPÉRIODISME .....	206
114	11.1. – Le photopériodisme .....	206
114	11.2. – Classification des espèces suivant leurs exigences .....	208
116	11.3. – Rapports avec la vernalisation et importance du	
120	photopériodisme .....	211
121	11.4. – L'induction photopériodique ou photoinduction .....	213
123	11.5. – Mécanismes .....	215
124	11.6. – Résumé des effets de la lumière sur le développement	
126	des plantes .....	218
128	12. FORMATION DES FRUITS ET DES GRAINES .....	220
	12.1. – Le développement de la fleur .....	220
UX ..... 135	12.2. – Pollinisation et fécondation .....	221
135	12.3. – L'auto-incompatibilité .....	223
139	12.4. – La stérilité mâle cytoplasmique .....	226
144	12.5. – La croissance des fruits .....	227
146	12.6. – La maturation des fruits charnus .....	230
149		

12.7. – Le développement de la graine .....	234
12.8. – Rôle des substances de croissance .....	239
13. VIE LATENTE, DORMANCE, REPRISE DE LA VIE ACTIVE .....	243
13.1. – La vie latente .....	243
13.2. – Les dormances des semences .....	245
13.3. – La photosensibilité des semences .....	248
13.4. – La germination des semences : conditions de réalisation .....	250
13.5. – Physiologie de la germination .....	253
13.6. – La dormance des bourgeons .....	260
13.7. – La dominance apicale .....	262
14. LES PHOTORÉCEPTEURS DU DÉVELOPPEMENT .....	265
14.1. – Caractéristiques de la lumière reçue .....	265
14.2. – Le phytochrome : découverte et propriétés générales .....	267
14.3. – Les divers phytochromes et leurs rôles .....	272
14.4. – La transduction du signal lumineux par le phytochrome .....	276
14.5. – Autres photorécepteurs .....	280
14.6. – Interactions entre photorécepteurs .....	283
14.7. – Photorécepteurs et horloges circadiennes .....	287
15. CONTRÔLE GÉNÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT .....	291
A. Développement végétatif .....	291
15.1. – Différenciation des méristèmes végétatifs .....	291
15.2. – La différenciation des structures épidermiques .....	297
B. Développement reproducteur .....	300
15.3. – Méristèmes et organes floraux .....	300
15.4. – De l'induction florale à la floraison .....	303
16. LES INTERACTIONS PLANTES-MICROORGANISMES .....	307
A. – Interactions plantes-agents pathogènes .....	307
16.1. – Caractères généraux .....	307
16.2. – Virulence, résistance et réactions de défense .....	311
16.3. – Éliciteurs et expression des gènes de défense .....	314
16.4. – Les phytoaléxines .....	317
16.5. – Résistance systémique acquise .....	319
16.6. – Gènes impliqués dans le pouvoir pathogène, gènes d'avirulence et de résistance .....	321
16.7. – La transduction du signal pathogène : de la reconnaissance à la réponse .....	325
B. Interactions plantes-Rhizobiacées .....	328

.....	234	16.8. - L'interaction plantes- <i>Agrobacterium tumefaciens</i> .....	328
.....	239	16.9. - L'interaction plantes-bactéries symbiotiques .....	330
.....	243	17. TRANSFORMATION DES CELLULES	
.....	243	ET OBTENTION DE PLANTES TRANSGÉNIQUES .....	336
.....	245	17.1. - Le crown gall et la transformation tumorale .....	336
.....	248	17.2. - Mécanisme de la transformation .....	337
.....	250	17.3. - Le T-DNA .....	339
.....	253	17.4. - L'Agrobactérium et la transformation des plantes .....	341
.....	260	17.5. - Autres techniques de transformation .....	345
.....	262	17.6. - Les plantes transgéniques et l'agriculture .....	347
.....	265	17.7. - Régénération des plantes et multiplication végétative .....	351
.....	265	<b>Conclusion</b> .....	355
.....	267	<b>Index alphabétique</b> .....	357
.....	272		
.....	276		
.....	280		
.....	283		
.....	287		
.....	291		
.....	291		
.....	291		
.....	297		
.....	300		
.....	300		
.....	303		
.....	307		
.....	307		
.....	307		
.....	311		
.....	314		
.....	317		
.....	319		
.....	321		
.....	325		
.....	328		

SCIENCES SUP

René Heller  
Robert Esnault  
Claude Lance

## PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

### 2. Développement

Cette nouvelle édition a subi de profonds remaniements pour tenir compte des acquis les plus récents de la physiologie du développement des végétaux et de la génétique moléculaire, sans négliger les applications agronomiques et écologiques.

Des compléments substantiels ont été apportés, notamment sur les phytohormones, les photorécepteurs, les relations plantes-pathogènes et la transgénése. Deux chapitres entièrement nouveaux ont été introduits, sur la transduction du signal hormonal et sur le contrôle génétique du développement.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants des établissements d'enseignement supérieur, universitaires (1<sup>er</sup> cycle/Licence) et agronomiques, ainsi qu'aux candidats aux concours (grandes écoles, CAPES, agrégation). Les professeurs de lycée et les chercheurs et agronomes en exercice pourront également consulter cet ouvrage qui se veut tout à la fois d'initiation et de référence.



6<sup>e</sup> édition

RENÉ HELLER

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII. Membre de l'Académie d'Agriculture.

ROBERT ESNAULT

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII.

CLAUDE LANCE

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VI.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



9 782100 487110

1<sup>er</sup> cycle | 2<sup>e</sup> cycle | 3<sup>e</sup> cycle  
1 2 3 4 5 6 7 8  
LICENCE | MASTER | DOCTORAT

ISBN 2 10 048711 6

www.dunod.com



DUNOD