

SCIENCES SUP

Cours

1^{er} cycle/Licence • CAPES • Agrégation

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

1. Nutrition

6^e édition

*René Heller
Robert Esnault
Claude Lance*

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Conventions d'écriture	X
Avant-propos	XI
1. NOTIONS DE BASE	1
A. Données morphologiques	1
1.1. Cytoplasme et noyau	1
1.2. Organites cellulaires	3
1.3. Formations paraplasmiques	5
B. Données biochimiques	7
1.4. Aminoacides et protéines	7
1.5. Glucides	9
1.6. Lipides	12
1.7. Acides nucléiques et autres composés nucléotidiques	14
C. Données physicochimiques	17
1.8. Unités	17
1.9. Fonctions thermodynamiques	20
1.10. Potentiels thermodynamiques	24
2. LE SOL ET L'ABSORPTION DE L'EAU	30
A. Le sol	30
2.1. Constitution et propriétés	30
2.2. La vie du sol	32
B. L'eau du sol	34
2.3. Liaisons de l'eau	34
2.4. Potentiel hydrique	35
2.5. Aspects agronomiques	38
C. L'absorption de l'eau	40
2.6. Localisation et caractères	40
2.7. Mécanisme de l'absorption	43

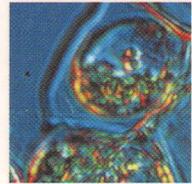
3. L'EAU DANS LA PLANTE	47
3.1. La teneur en eau des végétaux	47
3.2. Variations de la teneur en eau et activité physiologique	48
3.3. Liaisons de l'eau et potentiel hydrique cellulaire	49
3.4. Le transit de l'eau dans la racine	52
3.5. Le transit dans la tige et la sève brute	54
4. LA TRANSPIRATION ET L'ÉCONOMIE DE L'EAU	58
A. La transpiration	58
4.1. La transpiration : mise en évidence et mesure	58
4.2. La transpiration : localisation	59
4.3. Valeurs moyennes	61
4.4. Les variations de la transpiration : effets des facteurs structuraux	62
4.5. Influence des facteurs externes	63
4.6. Périodicité	65
4.7. Balance transpiration – absorption d'eau	66
B. Le flux hydrique et son contrôle	68
4.8. Le transit de l'eau vers l'atmosphère	68
4.9. Mécanisme d'ouverture des stomates	73
4.10. Contrôle de l'ouverture des stomates	76
C. Aspects agronomiques	79
4.11. L'évapotranspiration	79
4.12. L'efficacité de l'utilisation de l'eau	81
5. LES TRANSPORTS D'IONS AU NIVEAU CELLULAIRE	83
5.1. Définitions et méthodes d'étude	83
5.2. Les types de transports	85
5.3. Les situations d'équilibre	90
5.4. Les flux en régime stationnaire	94
5.5. Couplages chimioosmotiques	96
5.6. Transports d'ions et turgescence	100
5.7. Les chélatés	101
6. L'ABSORPTION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET LEUR RÔLE	104
A. L'absorption	104
6.1. Caractères généraux de l'absorption	104
6.2. Cinétique de l'absorption	106
B. Les éléments minéraux	108
6.3. La composition minérale des végétaux	108
6.4. Les macroéléments métalliques	110

6.5. Les macroéléments métalloïdiques	113
6.6. Les oligoéléments	115
7. L'ALIMENTATION MINÉRALE DES VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS	120
7.1. Le sol et l'alimentation minérale	120
7.2. Les doses utiles	122
7.3. Les interactions entre éléments	125
7.4. La détermination des besoins nutritifs	127
7.5. Solutions nutritives et engrais	128
7.6. Exigences particulières et adaptations	131
8. LA NUTRITION AZOTÉE	138
8.1. L'azote du sol	138
8.2. L'utilisation de l'azote organique	143
8.3. L'utilisation de l'azote minéral	144
8.4. Les engrais azotés	147
8.5. L'utilisation de l'azote atmosphérique par les diazotrophes libres	147
8.6. La fixation symbiotique de N_2	149
8.7. Installation de la symbiose	154
8.8. Caractères et importance de la fixation symbiotique	154
9. L'ASSIMILATION DE L'AZOTE ET DU SOUFRE	156
9.1. La réduction des nitrates	156
9.2. Mécanisme de la réduction	157
9.3. Assimilation de l'azote moléculaire	160
9.4. Biosynthèse des aminoacides	163
9.5. La protéogénèse	165
9.6. Assimilation du soufre	167
10. LA PHOTOSYTHÈSE : ÉTUDE GÉNÉRALE	171
10.1. Caractères	171
10.2. Les pigments assimilateurs	174
10.3. Méthodes de mesure	178
10.4. Valeurs moyennes et variations	180
10.5. Action des facteurs externes	181
10.6. Effets des différentes longueurs d'onde	184
10.7. Rendement quantique et effet Emerson	186
10.8. Phase photochimique et réactions chimiques	188
11. LA PHOTOSYTHÈSE : PHASE PHOTOCHIMIQUE	190
11.1. Pigments assimilateurs et photosystèmes	190
11.2. Schéma général	194

11.3. La photosynthèse oxygénique	197
11.4. La photophosphorylation	204
11.5. Production et détoxification d'espèces d'oxygène réactives	209
11.6. La photosynthèse anoxygénique	213
12. LA PHOTOSYNTHÈSE : ASSIMILATION DU CO₂	216
12.1. Le cycle de Calvin	216
12.2. Régulation du fonctionnement du cycle de Calvin	220
12.3. Autres types de carboxylation : plantes CAM, plantes C4	222
12.4. La photorespiration	226
12.5. Mécanisme et signification de la photorespiration	230
12.6. Biosynthèse des glucides	233
12.7. Migration des assimilats et sève élaborée	235
12.8. La circulation de la sève élaborée	236
13. LE CHLOROPLASTE ET LA CELLULE	240
13.1. Le franchissement de l'enveloppe chloroplastique	240
13.2. Coordination des métabolismes glucidiques dans le chloroplaste et le cytosol	243
13.3. L'importation et l'intégration des protéines dans le chloroplaste	246
13.4. Le DNA chloroplastique	249
13.5. La synthèse de la rubisco	251
13.6. La théorie symbiotique et l'évolution des chloroplastes	254
14. LE CATABOLISME	256
14.1. Définitions	256
14.2. La fermentation alcoolique	257
14.3. La glycolyse	263
14.4. La respiration	263
14.5. Le cycle de Krebs	268
14.6. La voie des HMP et le cycle des pentoses-phosphates	271
14.7. Les oxydations terminales	272
14.8. La phosphorylation oxydative	276
14.9. Catabolisme des lipides et des protides	281
14.10. Métabolisation des sous-produits	282
15. MÉTABOLISMES ASSOCIÉS	285
A. Shikimate et composés aromatiques	285
15.1. Voie du shikimate	285
15.2. Phénylpropanoïdes et flavonoïdes	287

B. Acide aminolévulinique et porphyrines	290
15.3. Biosynthèse du noyau pyrrole	290
15.4. Biosynthèse de la chlorophylle	292
15.5. Dégradation de la chlorophylle	294
C. Composés polyisopréniques	296
15.6. Isopentényldiphosphate et dérivés	296
15.7. Terpènes, stérols, caroténoïdes	297
D. Autres composés	301
15.8. Les hétérosides	301
15.9. Les alcaloïdes	305
16. LE RÔLE DES VÉGÉTAUX DANS LES CYCLES DE MATIÈRE ET D'ÉNERGIE	306
16.1. Cycle de l'eau	306
16.2. Cycles du carbone et de l'oxygène	307
16.3. Cycle de l'azote	311
16.4. Cycles du soufre et des autres éléments	313
Index alphabétique	315

René Heller
Robert Esnault
Claude Lance



6^e édition

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

1. NUTRITION

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 transgénèse. 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^{er} 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.

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

