

LICENCE | IUT | CAPES | PHARMACIE

SCIENCES SUP

Cours
Questions
de révision
Ressources
numériques

Sous la direction de Jean-François Morot-Gaudry

Biologie végétale

Nutrition et métabolisme

3^e ÉDITION



DUNOD



Table des matières

Remerciements	IX
Introduction	1
Chapitre 1 La plante et l'eau	5
1. L'eau dans la cellule végétale	5
1.1 Plasmolyse et turgescence	6
1.2 L'eau, élément nécessaire à la vie	7
1.3 Les caractéristiques physico-chimiques de la molécule d'eau	8
1.4 La compartimentation cellulaire et l'eau	8
1.5 Apoplasme et symplasme	10
2. Transport de l'eau et continuum sol/plante/atmosphère	11
2.1 Les plantes terrestres absorbent l'eau à partir du sol	11
2.2 Les plantes absorbent l'eau par les racines	11
2.3 L'eau est transportée des racines aux feuilles par les vaisseaux du xylème	13
2.4 Transport radial de l'eau au niveau des feuilles	14
2.5 Consommation d'eau par les plantes	15
3. Bases physiques du transport de l'eau	16
3.1 Les potentiels hydriques Ψ	16
3.2 Gradients de potentiel hydrique et forces motrices des flux d'eau	19
3.3 Relations flux-force : notion de conductance	21
4. Aquaporine	22
5. Transpiration et stomates	23
6. Adaptation des plantes aux milieux secs	25
7. Eau et productivité	26
L'essentiel	27
Exercices	28
Solutions	29
Chapitre 2 Nutrition minérale	30
1. Comment définir la nutrition minérale ?	30

2. Ions nutritifs et fonctions	31
2.1 Éléments essentiels, macro- et micro-éléments	31
2.2 Rôle des principaux éléments essentiels	33
2.3 Interactions entre éléments minéraux et nutrition minérale	35
2.4 Effet de la disponibilité des ressources minérales sur la croissance	36
3. Voies de transport des ions minéraux	37
3.1 Tissus vasculaires et voies symplastiques et apoplastiques	37
3.2 Transport radial dans la racine	38
3.3 Transport axial vers les parties aériennes	39
4. Transport passif, transport actif et différents types de systèmes de transport	39
4.1 Critères thermodynamiques de classification des systèmes de transport	40
4.2 Critères mécanistiques de classification des systèmes de transport	47
4.3 Aperçu général des différents modes de transport des ions dans les membranes plasmique et vacuolaire	48
5. Cinétiques des transports : le formalisme michaélien	51
5.1 Affinité du transport	51
5.2 Sélectivité du transport	53
6. Exemples de systèmes de transport ionique	53
6.1 Canaux potassiques «Shaker» de la membrane plasmique	54
6.2 Système de transport du nitrate	57
6.3 Transport du fer dans la racine	59
7. Symbioses racinaires et nutrition minérale	61
7.1 Endomycorhize et ectomycorhize	61
7.2 Symbioses fixatrices d'azote	63
7.3 Interactions symbiotiques avec les bactéries PGPR de la rhizosphère	65
7.4 Mécanismes moléculaires impliqués dans l'établissement des symbioses fixatrices d'azote et des symbioses mycorhiziennes	65
8. Développement racinaire et nutrition minérale	66
9. Aspects agronomiques et environnementaux	66
L'essentiel	69
Exercices	70
Solutions	71

Chapitre 3 Photosynthèse : mise en évidence	73
1. Autotrophie et hétérotrophie	73
2. Localisation de la photosynthèse	75
3. Mise en évidence de la photosynthèse	77
3.1 Production d'O ₂ à la lumière en présence de CO ₂	77
3.2 Mesure des échanges gazeux (O ₂ ou CO ₂) photosynthétiques	78
3.3 Expériences de Van Niel	79
3.4 Assimilation du carbone du CO ₂ : synthèse de glucides	80
3.5 Expériences de Hill	81
3.6 Réactions d'oxydoréduction et énergétique de la photosynthèse	81
4. Les pigments photosynthétiques et l'absorption de la lumière	83
4.1 Spectre d'absorption	84
4.2 Les chlorophylles et leurs propriétés	85
4.3 Les caroténoïdes et leurs propriétés	88
4.4 Comment se comportent les chlorophylles vis-à-vis de la lumière ?	89
4.5 Spectres d'action de la photosynthèse	91
4.6 Courbe de réponse de la photosynthèse à l'éclairement	92
5. Les différentes phases de la photosynthèse	94
L'essentiel	96
Exercices	97
Solutions	98
Chapitre 4 Machinerie photosynthétique et énergétique	99
1. Qu'est-ce qu'un photosystème ?	100
1.1 Organisation et principe de fonctionnement d'un photosystème	100
1.2 Les deux types de photosystèmes	102
2. Structure et fonctionnement du photosystème II	103
2.1 L'antenne	104
2.2 Le centre réactionnel	104
2.3 L'oxydation de l'eau	105
3. Structure et fonctionnement du photosystème I	107
4. Chaîne de transfert des électrons	108
4.1 Le complexe b ₆ f et les transporteurs mobiles (quinones, plastocyanine)	109

4.2	Le transfert acyclique des électrons («schéma en Z»)	109
4.3	Le transfert cyclique des électrons	112
5.	Synthèse de l'ATP dans le chloroplaste	113
5.1	La théorie chimio-osmotique	113
5.2	Expérience « du bain acide » (Jagendorf et Uribe, 1966)	114
5.3	La translocation des protons par la chaîne photosynthétique	115
5.4	Origine et mécanisme de translocation des protons dans le thylacoïde	116
5.5	Le gradient de protons ou force proton-motrice	118
5.6	L'ATP synthase : structure et fonctionnement	119
5.7	Bilan de la photophosphorylation (rapport ATP/2e ⁻)	123
	L'essentiel	125
	Exercices	126
	Solutions	127
Chapitre 5	Photosynthèse : aspects métaboliques	129
1.	Mise en évidence des premiers composés formés par la photosynthèse	130
2.	Cycle de réduction des pentoses ou cycle de Calvin	131
2.1	Fixation du ¹⁴ CO ₂	133
2.2	Réduction de l'acide 3-phosphoglycérique en trioses-phosphates	133
2.3	La régénération du RuBP	134
2.4	Bilan du cycle de Calvin	136
3.	La photorespiration	137
3.1	L'effet oxygène	137
3.2	La voie du glycolate	139
3.3	Importance quantitative et qualitative de la photorespiration	142
3.4	Signification de la photorespiration	143
4.	Structure et régulation de la rubisco	144
4.1	Structure de la rubisco	144
4.2	Activation de la rubisco	144
4.3	Synthèse des sous-unités de la rubisco	146
4.4	Régulation du cycle de Calvin	146
5.	Différents types de photosynthèse	148
5.1	Mise en évidence du métabolisme C ₄	149
5.2	Régulation de la PEP carboxylase par phosphorylation/déphosphorylation	153
5.3	Comportement photosynthétique des plantes C ₃ et C ₄	153
5.4	Plantes à métabolisme CAM	156

6. Effets globaux, circulation du carbone planétaire	158
6.1 Teneur en CO ₂ de l'atmosphère et cycle biogéochimique	158
L'essentiel	162
Exercices	163
Solutions	164
Chapitre 6 Devenir des photo-assimilats	166
1. Devenir des trioses-phosphates	166
2. Synthèse du saccharose et de l'amidon	168
2.1 Synthèse du saccharose	168
2.2 Voie de synthèse de l'amidon	170
3. Synthèse des acides gras	171
4. Assimilation de l'azote et du soufre	173
4.1 Assimilation du nitrate	174
4.2 Assimilation de l'ammonium	175
4.3 Assimilation du soufre dans les feuilles	176
5. Transport à longue distance des assimilats	178
5.1 Le système conducteur phloémien et la sève élaborée	178
5.2 Le moteur du chargement et du transport phloémien	179
5.3 Le transport à longue distance de la sève élaborée	182
5.4 Déchargement du phloème	183
L'essentiel	184
Exercices	185
Solutions	186
Chapitre 7 Le catabolisme chez les plantes	187
1. Catabolisme des glucides	188
1.1 Génération des hexoses-phosphates	190
1.2 Voie de la glycolyse	190
1.3 Voie d'oxydation des pentoses-phosphates	193
2. Respiration mitochondriale	195
2.1 Métabolisme du pyruvate et du malate dans la mitochondrie	196
2.2 Le cycle de Krebs	196
2.3 La chaîne respiratoire	199
2.4 La synthèse d'ATP dans la mitochondrie	201

Table des matières

2.5	Bilan en ATP de l'oxydation complète du glucose	204
2.6	La régulation de la respiration mitochondriale	205
2.7	Les différents types de respiration : considérations physiologiques	207
3.	Catabolisme des lipides et des acides aminés	208
3.1	Catabolismes des acides gras	208
3.2	Oxydation des acides aminés	210
3.3	Le quotient respiratoire	210
4.	Fermentation des végétaux	210
	L'essentiel	214
	Exercices	215
	Solutions	216
Chapitre 8	Métabolisme secondaire : quelques aspects	218
1.	Synthèse dans la cellule végétale	218
2.	Composés isopréniques ou isoprénoïdes	220
2.1	Terpènes	221
2.2	Terpènes en C40 : les caroténoïdes	222
2.3	Terpènes en C30 : les stérols	222
3.	Phénylpropanoïdes	223
3.1	Les acides phénoliques	224
3.2	Les flavonoïdes	224
3.3	Les lignines	225
4.	Hétérosides et alcaloïdes	227
4.1	Les hétérosides	227
4.2	Les alcaloïdes	228
5.	Conclusions	228
	L'essentiel	230
	Exercices	231
	Solutions	232
	Glossaire	233
	Bibliographie	237
	Index	238