

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

• HOPKINS •



Traduction de la 2<sup>e</sup> édition américaine par Serge Rambour  
Révision scientifique de Charles-Marie Evrard

 de boeck

# Table des matières

Chapitre 1	Introduction : l'organisation des plantes et des cellules végétales	1
	L'objectif de la physiologie végétale	1
	La cellule végétale	1
	Les membranes biologiques	3
	La bicoche membranaire	3
	Les protéines membranaires	4
	Les organites cellulaires	6
	LE RÉTICULUM ENDOPLASMIQUE ET L'APPAREIL DE GOLGI	7
	LES MITOCHONDRIES	9
	LES PLASTES	9
	LES MICROCORPUSCLES (MICROBODIES)	9
	LES RIBOSOMES	10
Chapitre 2	Les cellules végétales et l'eau	23
	Eau et liaisons hydrogène	24
	Les propriétés physico-chimiques de l'eau	25
	Les propriétés thermiques	25
	TEMPÉRATURE ET ÉTAT PHYSIQUE	25
	ADSORPTION ET DISSIPATION DE LA CHALEUR	25
	FUSION ET ÉVAPORATION DE L'EAU	25
	L'eau comme solvant	26
	Cohésion et adsorption	27
	Le transport de l'eau	27
	Le flux en masse	27
	La diffusion	28
	L'osmose — la diffusion de l'eau	28
	Osmose et potentiel chimique	29
	Le concept de potentiel hydrique	31
	Les composantes du potentiel hydrique	31
	Le mouvement de l'eau dans les cellules et les tissus	32
	Quel est le degré d'élasticité de la paroi cellulaire ?	34
Chapitre 3	Les relations hydriques dans la plante entière	37
	Complexes co-ordonnés pour réguler la photosynthèse et la respiration	38
	Le transport d'électrons et le contrôle des mauvaises herbes	38
	Chapitre 10	10
	Le cytosquelette	10
	La matrice extracellulaire	11
	La paroi primaire	12
	La paroi secondaire	14
	Les plasmodesmes	14
	Cellules et tissus	15
	L'ÉPİDERME	16
	LES PARENCHYMES	16
	LES TISSUS DE SOUTIEN	17
	LES TISSUS CONDUCTEURS	17
	Les organes de la plante	17
	LES RACINES	17
	LES TIGES	18
	LES FEUILLES	18
	PREMIÈRE PARTIE	21
	Les plantes, l'eau et les sels minéraux	21
Chapitre 4	La transpiration	38
	Le mécanisme	38
	La mesure de la transpiration	39
	La force motrice de la transpiration	39
	L'influence de l'humidité, de la température et de la vitesse du vent sur la transpiration	40
	EFFET DE L'HUMIDITÉ	41
	EFFET DE LA TEMPÉRATURE	41
	L'EFFET DU VENT	42
	L'efficacité de la transpiration	44
	L'anatomie de la conduction d'eau	44
	L'ascension de la sève	46
	La poussée racinaire	47
	L'ascension de l'eau par capillarité	49
	La théorie de la cohésion	49
	LE MOTEUR DU MOUVEMENT	49
	LE MAINTIEN DE LA COLONNE D'EAU	51
	Les racines, le sol et l'absorption d'eau	54
	Le sol : un milieu complexe	54
	L'absorption de l'eau par les racines	55
	Les racines, la moitié cachée	55
	Les zones d'absorption de la racine	56
	Le mouvement transversal de l'eau dans la racine	56

**Chapitre 4**

<b>Les plantes et les nutriments inorganiques</b> .....	61
L'étude des besoins en éléments minéraux des plantes .....	62
Les éléments nutritifs essentiels .....	64
Les éléments bénéfiques .....	66
Le sodium .....	66
Le silicium .....	67
Le cobalt .....	67
Le sélénium .....	67
Rôle des nutriments et symptômes de carence .....	67
L'azote .....	68
Le phosphore .....	69
Le potassium .....	69
Le soufre .....	70
Le calcium .....	70
Le magnésium .....	70
Le fer .....	70
Le bore .....	73
Le cuivre .....	73
Le zinc .....	73
Le manganèse .....	73
Le molybdène .....	74
Le chlore .....	74
Le nickel .....	74
La toxicité des microéléments .....	75

**Chapitre 5**

<b>Racines, sols et absorption des nutriments</b> .....	77
Le sol, réservoir de nutriments .....	77
Le transport dans les membranes .....	79
La diffusion simple .....	80
La diffusion facilitée .....	80
Protéines de transport — transporteurs et canaux .....	81
Transport actif .....	81
L'accumulation sélective d'ions .....	81
Gradients électrochimiques et mouvement des ions .....	84

**Chapitre 7**

<b>Lumière et pigments : une introduction à la photobiologie</b> .....	125
La nature physique de la lumière .....	125

Transport actif et pompes électrogènes .....	86
Les aquaporines .....	88
L'absorption des ions par les racines .....	89
Diffusion et espace libre apparent .....	89
Le cheminement radial des ions, le mouvement dans les racines .....	90
Les interactions racine-microorganismes .....	92
Les bactéries .....	92
Les mycorhizes .....	93

**Chapitre 6**

<b>Les plantes et l'azote</b> .....	99
Le cycle de l'azote .....	99
Ammonification, nitrification et dénitrification .....	100
La fixation de l'azote .....	100
La fixation biologique de l'azote .....	101
Les fixateurs libres de l'azote .....	101
Les fixateurs symbiotiques .....	101
La fixation symbiotique d'azote chez les légumineuses .....	102
Infection et développement du nodule .....	102
LE STADE PRÉCOCE — COLONISATION ET INITIATION DU NODULE .....	102
INVASION DU POIL ABSORBANT ET CORDON D'INFECTION .....	105
LA LIBÉRATION DES BACTÉRIES .....	106
Biochimie de la fixation d'azote .....	106
La dinitrogénase .....	106
Le coût énergétique de la fixation d'azote .....	107
Dinitrogénase et oxygène .....	107
Dinitrogénase et production d'hydrogène .....	108
La génétique de la fixation d'azote .....	112
L'assimilation de l'azote .....	113
L'assimilation de l'ammonium .....	113
Exportation de l'azote fixé dans les nodules .....	114
L'assimilation du nitrate .....	116
La mobilisation de l'azote .....	117
La nutrition azotée : aspects agronomiques et écologiques .....	118

**DEUXIÈME PARTIE**  
**Plantes, énergie et carbone** .....

..... 123	
La lumière, un phénomène ondulatoire .....	126
La lumière, un flux de particules .....	127
Absorption et devenir de l'énergie lumineuse .....	127
Spectres d'absorption et d'action .....	129

La mesure de la lumière	130
L'environnement radiant naturel	131
Les photorécepteurs	133
Les chlorophylles	133
Les phycobilines	134
Les caroténoïdes	135
Le cryptochrome	137
Les récepteurs de l'UV-B	138
Les flavonoïdes	138
Les bétacyanines	140
<b>Chapitre 8</b>	
<b>Les feuilles et la photosynthèse</b>	143
La photosynthèse chez les algues et les hépatiques	144
La photosynthèse dans les feuilles	147
L'absorption de la lumière par les feuilles	147
Les feuilles et les échanges gazeux	149
Diffusion à travers les pores	151
Le mécanisme de fermeture / ouverture du stomate	152
Le contrôle des mouvements du stomate	154
LUMIÈRE ET DIOXYDE DE CARBONE	155
STATUT HYDRIQUE ET TEMPÉRATURE	156
LES RYTHMES CIRCADIENS	157
Le chloroplaste	157
Ultrastructure et compartimentation biochimique des chloroplastes	158
Le métabolisme non photosynthétique du chloroplaste	159
<b>Chapitre 9</b>	
<b>Bioénergétique et réactions photochimiques de la photosynthèse</b>	163
Bioénergétique – les transformations de l'énergie dans les organismes vivants	164
Conservation de l'énergie, ordre et désordre	164
Energie libre et équilibre chimique	165
Énergie libre et réactions d'oxydoréduction	168
Un modèle de synthèse d'ATP	170
La conservation de l'énergie dans la photosynthèse	172
La photosynthèse, une réaction d'oxydoréduction	172
Le transport photosynthétique d'électrons	173
Les photosystèmes et les centres réactionnels	173
Le photosystème II et l'oxydation de l'eau	177
Les cytochromes et le photosystème I	178
Les photophosphorylations	179
L'hétérogénéité latérale de la chaîne de transport d'électrons	180

Complexes collecteurs de lumière et dynamique de la régulation de la photosynthèse	181
Le rôle des caroténoïdes dans la photosynthèse	183
Le transport d'électrons et le contrôle des mauvaises herbes	185
<b>Chapitre 10</b>	
<b>La photosynthèse : le métabolisme du carbone</b>	189
Le cycle photosynthétique de la réduction du carbone (CPR)	190
La réaction de carboxylation	190
La consommation d'énergie dans le cycle de Calvin	193
LA RÉDUCTION DU 3-PGA	193
RÉGÉNÉRATION DE L'ACCEPTEUR	194
L'ÉNERGÉTIQUE DU CYCLE DE CALVIN	195
Activation et régulation du cycle de Calvin	195
L'autocatalyse	195
La régulation de l'activité de la Rubisco	196
La régulation des autres enzymes du cycle de Calvin	197
La photorespiration et le cycle photosynthétique d'oxydation du carbone	197
La RUBP oxygénase et la voie en C2 du glycolate	198
Pourquoi la photorespiration ?	199
Le métabolisme des plantes en C4	200
Découverte et particularités du métabolisme des plantes en C4	201
L'anatomie de type Kranz	203
Signification écologique du métabolisme en C4	204
Le métabolisme crassulacéen (CAM = crassulacean acid metabolism)	206
La voie CAM est-elle une variante du métabolisme en C4 ?	207
Signification écologique du métabolisme CAM	207
Régulation des photosynthèses en C4 et CAM	208
Exportation et stockage des produits de la photosynthèse	208
La synthèse de l'amidon dans le chloroplaste	209
La synthèse du saccharose	210
Saccharose ou amidon, le devenir des trioses phosphate	211
<b>Chapitre 11</b>	
<b>Transport et distribution des photoassimilats</b>	215
Le transport des photoassimilats	215
Composition des exsudats phloémiens	217
La structure du tissu phloémien	218

Chapitre 11	La protéine P et la callose	220
Sources et puits	221	
Le mécanisme du transport dans le phloème	221	
Chargement et décharge du phloème	224	
Le chargement du phloème	224	
Le décharge du phloème	226	
La distribution des assimilats	227	
L'allocation du carbone	228	
MÉTABOLISME DE LA FEUILLE ET BIOMASSE	228	
MISE EN RÉSERVE	228	
L'EXPORTATION DES FEUILLES	229	
La distribution des assimilats entre les puits	229	
Le transport des composés xénobiotiques	231	
<b>Chapitre 12</b>		
<b>Respiration cellulaire : récupération de l'énergie des photoassimilats</b>	235	
La respiration cellulaire, aperçu général	236	
Dégradation du saccharose et de l'amidon	236	
L'α-amylase	237	
La β-amylase	237	
La dextrinase limite	238	
L'α-glucosidase	238	
L'amidon phosphorylase	238	
La glycolyse	238	
L'entrée des hexoses dans la glycolyse	239	
Conversion du fructose-1,6-bisphosphate en pyruvate	239	
La voie oxydative des pentoses phosphates	240	
Le sort du pyruvate	241	
La respiration oxydative	241	
La mitochondrie	241	
Le cycle de l'acide citrique	242	
Oxydation du NADH et du FADH <sub>2</sub>	243	
Gradient de protons et synthèse d'ATP	245	
Les voies alternatives de transport d'électrons chez les plantes	246	
La NADPH déshydrogénase externe	246	
La NADH déshydrogénase insensible à la roténone	247	
La respiration résistante au cyanure	247	
Les huiles végétales, le cycle glyoxylique et la néoglucogénèse	248	
Respiration et production de matériaux de construction	249	

La respiration dans des organes et dans des plantes entières	251	
Les facteurs qui influencent la respiration	252	
La lumière	252	
La température	252	
La disponibilité en oxygène	253	
<b>Chapitre 13</b>		
<b>Assimilation du carbone et productivité</b>	255	
La productivité	255	
Respiration et économie du carbone	256	
Les facteurs qui influencent la photosynthèse et la productivité	257	
La lumière	257	
La disponibilité en dioxyde de carbone	258	
La température	259	
Le potentiel hydrique du sol	260	
Apport de nutriments, pathologies et polluants	261	
Les facteurs foliaires	261	
Production primaire à l'échelle mondiale	263	
<b>Chapitre 14</b>		
<b>Molécules et métabolisme</b>	267	
Métabolites primaires et secondaires	267	
Les terpénoïdes	268	
Biosynthèse des terpènes	269	
Terpénoïdes et herbivores	269	
Stéroïdes et stérols	269	
Les polyterpénoïdes	272	
Les hétérosides	273	
Les saponosides	273	
Les hétérosides cardiotoniques	274	
Les hétérosides cyanogènes	275	
Les glucosinolates	275	
Les composés phénoliques	276	
La voie de l'acide shikimique	276	
Les composés phénoliques simples	278	
Les coumarines	279	
La lignine	280	
Les flavonoïdes	280	
Les tanins	280	
Les alcaloïdes	281	

## TROISIÈME PARTIE

### Régulation du développement des plantes

#### Chapitre 15

<b>Modes de développement des plantes</b> .....	287
Croissance, différenciation et développement .....	287
Contrôle de la croissance et du développement .....	289
Contrôle génétique du développement .....	289
Régulation du développement par les hormones .....	293
Régulation du développement par l'environnement .....	293
Le développement des plantes, résumé .....	294
Structure et développement des graines .....	294
La germination des graines .....	294
Le développement de la pousse feuillée .....	295
Développement de la racine .....	298
Evocation florale et développement .....	300
Développement des fleurs et des fruits .....	301
Comment la croissance cellulaire s'effectue-t-elle ? ..	302
Analyse cinétique de la croissance .....	304
La croissance de microorganismes en culture .....	304
Croissance d'organismes pluricellulaires .....	305

#### Chapitre 16

<b>Le rôle des hormones dans le développement d'une plante</b> .....	309
Le concept d'hormone chez les plantes .....	309
Les hormones végétales .....	313
Les auxines .....	313
Auxines naturelles et synthétiques .....	314
Rôle physiologique des auxines .....	315
CROISSANCE CELLULAIRE ET DIFFÉRENCIATION .....	315
Le développement des tiges et des racines .....	316
CROISSANCE DES BOURGEONS AXILLAIRES .....	316
L'ABSCISSION DES FEUILLES .....	317
ALLONGEMENT DES RACINES ET DÉVELOPPEMENT .....	317
DÉVELOPPEMENT DES FLEURS ET DES FRUITS .....	318
Les gibberellines .....	320
Les effets des gibberellines sur la physiologie des plantes ..	321
CONTRÔLE DE L'ALLONGEMENT DES TIGES .....	321
LES PLANTES NAINES .....	321
LES PLANTES EN ROSETTE .....	322
L'INHIBITION DE LA CROISSANCE DES TIGES .....	323
LA GERMINATION DES GRAINES .....	323
LA FLORAISON .....	324
Les cytokinines .....	325
Rôles physiologiques des cytokinines .....	326
DIVISION CELLULAIRE ET MORPHOGENÈSE .....	326
MOBILISATION DES NUTRIMENTS ET SÉNESCENCE .....	327

#### AUTRES EFFETS DES CYTOKININES

L'acide abscissique .....	.....
Les rôles physiologiques de l'acide abscissique .....	.....
L'éthylène .....	.....
Rôles physiologiques de l'éthylène .....	.....
DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF .....	.....
LE DÉVELOPPEMENT DES FRUITS .....	.....
LA FLORAISON .....	.....
Les polyamines .....	.....
Des hormones végétales putatives .....	.....
Autres molécules ayant une activité biologique .....	.....
<b>Chapitre 17</b>	.....
<b>Biochimie et mode d'action des hormones</b> .....	.....
Comment les hormones agissent-elles ? .....	.....
Cas des hormones végétales .....	.....
Les protéines qui lient les hormones chez les plantes .....	.....
LES RÉCÉPTEURS DE L'AUXINE .....	.....
LES PROTÉINES QUI LIENT LES CYTOKININES .....	.....
LES PROTÉINES QUI LIENT LES GIBBERELLINES ET L'ACIDE ABSCESSIQUE .....	.....
Les messagers secondaires des plantes .....	.....
LE CALCIUM .....	.....
LES PHOSPHOINOSITIDES .....	.....
Hormones et activité des gènes .....	.....
Biosynthèse, transport et métabolisme des hormones .....	.....
Biosynthèse et métabolisme de l'auxine .....	.....
La biosynthèse de l'AIA .....	.....
Les conjugués de l'AIA .....	.....
Transport de l'AIA .....	.....
L'oxydation de l'AIA .....	.....
Synthèse et métabolisme des gibberellines .....	.....
La biosynthèse des gibberellines .....	.....
Métabolisme et transport des gibberellines .....	.....
Biosynthèse et métabolisme des cytokinines .....	.....
Biosynthèse des cytokinines .....	.....
Métabolisme et transport des cytokinines .....	.....
Biosynthèse et métabolisme de l'acide abscissique .....	.....
Biosynthèse et métabolisme de l'éthylène .....	.....
Les mécanismes de l'action hormonale .....	.....
Auxine et grandissement cellulaire .....	.....
LA THÉORIE DE LA CROISSANCE PAR ACIDIFICATION .....	.....
L'AUXINE ET L'EXPRESION GÉNIQUE .....	.....
Le contrôle de l'allongement des tiges .....	.....

par les gibberellines .....	359	Les plantes en apesanteur .....	407
Le contrôle de la germination des graines par les gibberellines .....	360	Les nasties .....	408
Le mécanisme d'action des cytokinines .....	362	Les nyctinasties .....	408
Le mécanisme d'action de l'acide abscissique .....	362	Les séismonasties .....	411
<b>Chapitre 18</b>			
<b>Photomorphogénèse</b>			
<b>Les réponses à la lumière</b> .....	367		
La photomorphogénèse .....	368		
Le phytochrome .....	368		
Le phytochrome de plantules qui croissent à l'obscurité .....	370		
La chimie du phytochrome .....	372		
Effets physiologiques du phytochrome .....	373		
Les réponses Ifr .....	374		
GERMINATION DES GRAINES .....	374		
LE DÉVELOPPEMENT DES PLANTULES .....	374		
POTENTIELS BIOÉLECTRIQUES ET DISTRIBUTION DES IONS .....	375		
Les réponses vifr .....	377		
Les réponses hir .....	377		
Le phytochrome chez les plantes vertes .....	379		
Le phytochrome dans les conditions naturelles .....	380		
Mécanisme d'action du phytochrome .....	383		
Phytochrome et membranes .....	383		
Phytochrome et activité génique .....	384		
Les réponses à la lumière bleue .....	386		
Les réponses à l'UV-B .....	387		
<b>Chapitre 19</b>			
<b>Les Mouvements des Végétaux</b>			
<b>L'orientation dans l'espace</b> .....	391		
Le phototropisme .....	392		
Perception du signal du phototropisme .....	393		
LE PHOTORÉCEPTEUR .....	393		
LES COURBES DE RÉPONSES À LA FLUENCE .....	394		
La transduction du signal dans le phototropisme .....	395		
Le gravitropisme .....	398		
Perception de la pesanteur .....	398		
SENSIBILITÉ AU GRAVITROPISME .....	399		
LA SENSIBILITÉ DES TISSUS .....	399		
LE MÉCANISME DE PERCEPTION DE LA PESANTEUR .....	401		
La transduction du signal gravitropique .....	402		
La réponse de croissance au gravitropisme .....	403		
COLÉOPTILES ET RAMEAUX .....	404		
LES TIGES DES GRAMINÉES .....	404		
LES RACINES .....	405		
Le rôle du calcium dans le gravitropisme .....	406		
<b>Chapitre 20</b>			
<b>La Mesure du temps : Photopériodisme et Phénomènes Rythmiques</b> .....	415		
<b>Le photopériodisme</b> .....	415		
Tabac géant et soja en septembre .....	416		
Les types de réponses photopériodiques .....	416		
La photopériode critique .....	417		
L'induction photopériodique .....	419		
Le rôle primordial de la période obscure .....	419		
La perception du signal photopériodique .....	420		
Le rôle du phytochrome .....	421		
Besoins en lumière et hormones de floraison .....	422		
Température et photopériodisme .....	423		
<b>L'horloge biologique</b> .....	424		
Le langage des horloges biologiques .....	426		
Rythmes circadiens, température et lumière .....	427		
<b>La mesure du temps dans le photopériodisme</b> .....	429		
<b>Approches génétiques du photopériodisme et des rythmes</b> .....	431		
<b>Le photopériodisme dans la nature</b> .....	432		
<b>Chapitre 21</b>			
<b>Température et Développement des Plantes</b> .....	435		
<b>La température dans l'environnement de la plante</b> .....	435		
Influence de la température sur la croissance et la répartition des plantes .....	436		
Côtes et déserts .....	436		
Les versants montagneux .....	438		
Influence de la température sur le développement .....	439		
Température et floraison .....	439		
LES CIRCONSTANCES DE LA VERNALISATION .....	439		
LA TEMPÉRATURE EFFICACE .....	440		
LA PERCEPTION DU STIMULUS .....	441		
LA NATURE DU STIMULUS DE VERNALISATION .....	441		
La dormance des bourgeons .....	442		
Dormance des graines et germination .....	443		
TEMPÉRATURE ET DORMANCE DES GRAINES .....	445		
Réponses aux changements de température .....	445		

# Introduction : l'organisation des plantes et la physiologie des stress et biotechnologie

## QUATRIÈME PARTIE

### Physiologie des stress et biotechnologie

449

**Chapitre 22**

<b>La physiologie des plantes soumises aux stress</b>	451
Qu'est ce qu'un stress ?	451
Les réponses des plantes aux stress	452
Le stress hydrique	453
Les membranes et le stress hydrique	453
Photosynthèse et stress hydrique	454
Les réponses des stomates au déficit hydrique	454
L'ajustement osmotique	457
Les effets du déficit hydrique sur la croissance des rameaux et des racines	458
L'ajustement de la surface foliaire	459
<b>Les stress thermiques</b>	459
Stress au froid	459
Le stress provoqué par le gel	460
L'ANALYSE THERMIQUE DE LA CONGÉLATION	461
SURFUSION PRONONCÉE DANS LES TISSUS LIGNEUX	461
L'ACCLIMATATION DES TISSUS LIGNEUX	462
ACCLIMATATION AU FROID DES TISSUS DES PLANTES HERBACÉES	462
Le stress induit par les températures élevées	463
EFFETS DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES SUR LES MEMBRANES ET LE MÉTABOLISME	463
LES PROTÉINES DE CHOC THERMIQUE	464
Le stress salin	464
<b>Insectes et maladies</b>	467
Les réactions d'hypersensibilité	467
Les gènes d'avirulence	467
Résistance systémique acquise	468
Les jasmonates	469
<b>Les polluants de l'environnement</b>	469
Les métaux lourds	470
La pollution de l'air	470

molécules pour fabriquer des structures chimiques complexes. Les processus qui permettent aux plantes de mener à bien ces activités résultent d'une multitude de réactions chimiques. En d'autres termes, tout ce qui fait une plante et tout ce que fait une plante est fondé sur des processus physico-chimiques.

La physiologie végétale nous raconte comment les plantes utilisent l'énergie solaire pour assimiler le carbone et comment elles convertissent ce carbone en leur propre substance. Elle nous apprend comment les plantes prélevent et transportent les nutriments et l'eau. Elle nous dit comment les plantes croissent et se développent, comment elles répondent à leur environnement, comment elles réagissent aux stress et comment elles se reproduisent. En bref, la physiologie végé-

**Chapitre 23**

<b>Physiologie végétale et biotechnologie</b>	477
Méthodes en biotechnologie végétale	478
La culture de tissus et de cellules	478
Protoplastes et fusions cellulaires	478
L'ADN recombinant	479
Progrès et potentialités des biotechnologies végétales	480
La micropropagation	480
La protection des végétaux	481
RÉSISTANCE AUX HERBICIDES	481
RÉSISTANCE AUX INSECTES ET AUX MALADIES	482
Le métabolisme des plantes	483
Les produits végétaux	484
LES CARBURANTS	484
LES HUILES ALIMENTAIRES	484
LES MATIÈRES PLASTIQUES BIODEGRADABLES	485
AUTRES PRODUITS	486

**Appendice**

<b>Mesure du potentiel hydrique et de ses composantes</b>	489
Potentiel hydrique	489
Mesure des variations pondérales	489
Psychromètre à thermocouple	491
Potentiel osmotique	491
Méthodes cryoscopiques	491
Plasmolyse limite	492
Mesures de pression	493

**Index**

495
-----

La physiologie végétale nous raconte comment les plantes utilisent l'énergie solaire pour assimiler le carbone et comment elles convertissent ce carbone en leur propre substance. Elle nous apprend comment les plantes prélevent et transportent les nutriments et l'eau. Elle nous dit comment les plantes croissent et se développent, comment elles répondent à leur environnement, comment elles réagissent aux stress et comment elles se reproduisent. En bref, la physiologie végé-

taire nous raconte comment les plantes utilisent l'énergie solaire pour assimiler le carbone et comment elles convertissent ce carbone en leur propre substance. Elle nous apprend comment les plantes prélevent et transportent les nutriments et l'eau. Elle nous dit comment les plantes croissent et se développent, comment elles répondent à leur environnement, comment elles réagissent aux stress et comment elles se reproduisent. En bref, la physiologie végé-

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

• HOPKINS •

Cet ouvrage très didactique présente **tous les aspects de la vie d'une plante**, de son mode de nutrition cellulaire aux mécanismes qui régissent sa croissance et son développement.

Ses grandes subdivisions décrivent successivement l'organisation des cellules et des organes des plantes, les relations hydriques et la nutrition minérale, les principales réactions du métabolisme en insistant sur l'aspect énergétique, la régulation de la croissance et du développement, la physiologie du stress et la biotechnologie. Le manuel introduit par ailleurs les nouvelles **notions acquises** suite aux développements récents de la **biologie moléculaire**.

Une attention particulière est accordée aux **démarches expérimentales** et au **cheminement intellectuel** qui ont abouti à l'énoncé de concepts tels celui d'hormone végétale ou de transduction des signaux qui induisent les différentes étapes du développement d'une plante.

Au fil des pages, le lecteur est amené à réfléchir et à acquérir les modalités du **raisonnement scientifique**, aidé d'une **iconographie abondante** et souvent extraite d'articles originaux. Chaque chapitre se termine par un résumé et une série de questions qui lui permettent de s'assurer de la bonne compréhension de la matière abordée.

Cette référence incontournable s'adresse aux professeurs et aux étudiants des 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles en botanique, agronomie, horticulture et pharmacie.

ISBN 2-7445-0089-5

ISBN13 : 978-2-7445-0089-3



9 782744 500893

HOPKINS