

Biologie végétale

Structures, fonctionnement,
écologie et biotechnologies

Murray Nabors



**NOUVEAUX
HORIZONS**

Traduction française coordonnée
par Georges Sallé

Sommaire

1	Le monde des plantes	1
Partie une	Structure des plantes	
2	Structure cellulaire et cycle cellulaire	23
3	Introduction à la structure des végétaux	45
4	Racines, tiges et feuilles : le corps primaire de la plante	67
5	Croissance secondaire chez les plantes	95
6	Cycles biologiques et structures reproductrices	119
Partie deux	Fonctions des plantes	
7	Introduction à la biochimie végétale	143
8	Photosynthèse	169
9	Respiration	189
10	Transport chez les plantes	207
11	Réponses des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux	229
Partie trois	Génétique et expression génique	
12	Génétique	251
13	Expression et activation des gènes	267
14	Biotechnologies végétales	289
Partie quatre	Évolution et diversité	
15	Évolution	309
16	Classification	333
17	Virus et procaryotes	355
18	Algues	371
19	Champignons	391
20	Bryophytes	411
21	Plantes vasculaires sans graines ou ptéridophytes	427
22	Gymnospermes	449
23	Angiospermes : plantes à fleurs	467
Partie cinq	Écologie	
24	Écologie et biosphère	489
25	Dynamique des écosystèmes : comment fonctionnent les écosystèmes	507
26	Biologie de la conservation	531
Annexe A		553
Annexe B		560
Annexe C		561
Glossaire		563
Lexique anglais-français		583
Index		591

Table des matières

1	Le monde des plantes	1	■ <i>Les pionniers de la microscopie</i>	26
1.1	Importance des plantes	3	La cellule est la base de la structure et de la reproduction des organismes	26
	La photosynthèse entretient la vie sur Terre	3	Les cellules sont soit procaryotes, soit eucaryotes	27
	Les plantes représentent notre principale source de nourriture	4	Les cellules produisent des acides nucléiques, des protéines, des glucides et des lipides	28
	■ <i>Le thé : une histoire riche en saveur</i>	5	2.2 Principaux organites de la cellule végétale	29
	De nombreux médicaments proviennent des plantes	5	Le noyau produit un « négatif » de l'ADN pour synthétiser les protéines	29
	Les plantes fournissent les combustibles, les matériaux de construction et les produits à base de papier	6	Les ribosomes synthétisent les protéines	30
	La biologie de la conservation est un domaine de recherche essentiel	6	Le réticulum endoplasmique est le site de synthèse de la plupart des protéines et des lipides	30
	■ <i>Le poivre, sauveur de la viande infecte</i>	7	L'appareil de Golgi modifie et achemine les produits de la cellule	31
	Les biotechnologies cherchent à obtenir de nouveaux produits d'origines végétales	7	Dans les cellules végétales, les chloroplastes convertissent l'énergie solaire et la stockent sous forme d'énergie chimique	31
	■ <i>Le défi de la conservation de la forêt</i>	8	Les mitochondries convertissent l'énergie stockée en énergie productrice pour la cellule	32
1.2	Caractéristiques des plantes et diversité	10	Les microbodies participent à certaines réactions chimiques	32
	Un ensemble de caractéristiques permet de distinguer les plantes des autres organismes	10	Les vacuoles assurent un certain nombre de rôles dans la morphologie et le métabolisme cellulaires	33
	■ <i>Utiliser des plantes pour lutter contre des bactéries</i>	12	2.3 Cytosquelette : contrôle de la forme et des mouvements cellulaires	33
	Les mousses font partie des types de plantes les plus simples	12	Les microtubules jouent un rôle important dans les mouvements cellulaires	33
	Les fougères et les plantes apparentées sont des exemples de plantes vasculaires sans graines	12	Les microfilaments aident la cellule vivante à changer de forme	35
	Les pins et les autres conifères sont des exemples de plantes à graines sans fleurs véritables	13	Les protéines motrices provoquent le mouvement	35
	La plupart des plantes sont des plantes à fleurs avec des graines protégées dans des fruits	14	Les filaments intermédiaires participent à la détermination de la structure permanente des cellules	35
1.3	Botanique et méthode scientifique	15	2.4 Membranes et parois cellulaires	36
	Les botanistes, comme les autres scientifiques, testent des hypothèses	15	Les membranes constituent des barrières autour et dans les cellules	36
	La botanique comprend de nombreux domaines d'étude	18	Les parois protègent les cellules végétales et définissent leur forme	36
	Les botanistes étudient également les algues, les champignons et des micro-organismes pathogènes	18	Les plasmodesmes sont des ponts cytoplasmiques qui connectent l'ensemble des cellules végétales	37
	<i>Résumé du chapitre</i>	19	2.5 Cycle cellulaire et division cellulaire	38
	<i>Questions</i>	20	Le cycle cellulaire décrit les phases de vie d'une cellule	38
	<i>Pour en savoir plus</i>	21	■ <i>Utilisation des cultures de cellules végétales</i>	39
			La mitose et la division cellulaire sont impliquées dans la croissance et la reproduction	40
			La mitose produit deux noyaux fils, chacun contenant le même nombre de chromosomes que le noyau de la cellule mère	40
			Les nouvelles cellules formées se spécialisent	41
			<i>Résumé du chapitre</i>	42
	Partie une			
	Structure des plantes			
<hr/>				
2	Structure cellulaire et cycle cellulaire	23		
2.1	Vue d'ensemble des cellules	25		
	Les microscopes révèlent le monde cellulaire	25		

<i>Questions</i>	44	L'absorption de l'eau et des sels minéraux s'effectue principalement au niveau des poils absorbants	70
<i>Pour en savoir plus</i>	44	La structure primaire des racines est en relation avec l'absorption de l'eau et des sels minéraux dissous	71
3 Introduction à la structure des végétaux	45	Certaines racines assurent d'autres fonctions que l'ancrage simple de la plante dans le sol et l'absorption d'eau et des sels minéraux	72
3.1 Principaux types de cellules végétales	47	Les racines peuvent établir des interactions avec d'autres organismes	75
Les cellules parenchymateuses sont les cellules vivantes différenciées les plus courantes	47	■ <i>Les plantes parasites</i>	76
Les cellules du collenchyme apportent un soutien flexible	47	4.2 Tiges	77
Les cellules du sclérenchyme assurent un soutien rigide	47	Les botanistes ont proposé des modèles d'organisation du méristème apical caulinaire afin d'expliquer la croissance de la tige	77
3.2 Tissus des plantes vasculaires	48	Lors de la croissance de la majorité des tiges, les tissus conducteurs forment des faisceaux séparés	79
Les tissus de revêtement offrent une protection périphérique à la plante	49	Une zone de transition assure la continuité vasculaire entre la racine et la tige	80
■ <i>Fibres flexibles</i>	50	Les primordiums foliaires se mettent en place de manière spécifique sur les flancs du méristème apical caulinaire	80
Les tissus conducteurs assurent le transport de l'eau, des sels minéraux et des substances nutritives	50	Les variations de structure des tiges reflètent différentes voies évolutives	81
■ <i>Le coton à travers les siècles</i>	52	Certaines tiges ont des fonctions spécialisées, autres que le support et la conduction	81
Le tissu fondamental se met en place entre le tissu de revêtement et les tissus conducteurs	54	4.3 Feuilles	82
3.3 Présentation des organes des plantes vasculaires	55	Un primordium foliaire se transforme en feuille par divisions cellulaires, croissance et différenciation	82
Les tiges positionnent les feuilles pour une photosynthèse maximale	55	L'épiderme de la feuille assure sa protection et régule les échanges d'eau et de gaz	83
Les feuilles assurent la photosynthèse et la transpiration	55	■ <i>Tiges et racines à valeur nutritive</i>	84
Les racines fixent la plante dans le sol et absorbent l'eau et les sels minéraux	56	Le mésophylle, tissu fondamental des feuilles, effectue la photosynthèse	86
3.4 Croissance et développement chez les végétaux	57	Dans les feuilles, les tissus conducteurs sont organisés en nervures	86
Les embryons donnent naissance aux tiges, aux racines et aux feuilles des plantes à graines adultes	58	La morphologie et la disposition des feuilles ont une signification environnementale	86
Les méristèmes permettent une croissance infinie des végétaux	59	Les zones d'abscission se forment à la base des pétioles chez les plantes à feuilles caduques	87
Les méristèmes apicaux sont à l'origine de la croissance primaire qui permet aux racines et aux tiges de s'allonger	59	Certaines feuilles assurent des fonctions spécialisées, autres que la photosynthèse et la transpiration	89
Les botanistes sont en train de découvrir comment les gènes contrôlent la formation des méristèmes apicaux	61	■ <i>Des plantes dévoreuses d'insectes</i>	91
Les méristèmes apicaux sont à l'origine des tissus primaires	61	<i>Résumé du chapitre</i>	92
Les méristèmes secondaires permettent la croissance en diamètre des racines et des tiges	61	<i>Questions</i>	93
Certains végétaux ne vivent qu'une année, alors que d'autres vivent durant deux saisons, voire plus	62	<i>Pour en savoir plus</i>	94
<i>Résumé du chapitre</i>	63	5 Croissance secondaire chez les plantes	95
<i>Questions</i>	64	5.1 Croissance secondaire	97
<i>Pour en savoir plus</i>	65	Les méristèmes secondaires forment deux cylindres de cellules méristématiques, produisant les tissus conducteurs et protecteurs secondaires	97
4 Racines, tiges et feuilles : le corps primaire de la plante	67	■ <i>Les bonsaïs</i>	98
4.1 Racines	69	Le cambium produit le xylème secondaire (bois) et le phloème secondaire (liber)	98
Les systèmes racinaires pivotants pénètrent généralement plus profondément dans le sol que les systèmes fasciculés	69	Le phellogène produit les tissus protecteurs secondaires	100
La croissance racinaire s'effectue près de l'extrémité	70		
La coiffe protège le méristème apical racinaire et facilite la pénétration de la racine dans le sol	70		

L'écorce comprend tous les tissus externes au cambium	101	6.3 Structure de cône et de fleur	127
5.2 Modalités de croissance dans le bois et l'écorce	102	Chez les gymnospermes, les méristèmes apicaux caulinaires produisent les cônes	128
Le cambium produit du xylème secondaire, du phloème secondaire et des rayons parenchymateux, ainsi que de nouvelles cellules cambiales	102	Chez les angiospermes, les méristèmes apicaux caulinaires produisent les fleurs	128
L'aubier conduit l'eau et les sels minéraux, ce que le bois de cœur (duramen) ne fait pas	103	Une fleur peut posséder jusqu'à quatre types de feuilles modifiées	128
Les cernes de croissance du bois reflètent l'histoire de la croissance secondaire dans un arbre	104	Le nombre et la symétrie des pièces florales sont variables	129
La dendrochronologie est la science qui donne l'âge d'un arbre en fonction du nombre de cernes de croissance et permet une interprétation du climat	105	La position de l'ovaire est variable dans la fleur	131
■ <i>Mystères coloniaux et dendrochronologie</i>	106	Les structures des fleurs sont des exemples de modifications par sélection naturelle	131
Le type de croissance dans un bois de réaction compense l'inclinaison du tronc ou des branches	107	6.4 Structure et germination de la graine	131
Le phellogène se reforme au fur et à mesure que les tiges et les racines s'épaississent	107	Les graines sont formées à partir des ovules, sur les écailles des cônes ou dans les carpelles des fleurs	131
Les lenticelles sont des voies de passage dans l'écorce, facilitant les échanges gazeux	107	Les graines apportent les éléments nutritifs et la protection nécessaires au développement des embryons	132
5.3 Usages commerciaux du bois et de l'écorce	108	Au cours de la germination de la graine, la radicule sort la première, puis la plantule se développe	132
Le bois est principalement utilisé comme combustible, dans la papeterie et la construction	108	6.5 Structure du fruit	133
La structure du bois peut être étudiée selon trois plans de coupes	109	Chez les plantes à fleurs, lors du développement de la graine, les parois de l'ovaire se transforment en fruit	133
La qualité du bois, notamment sa dureté et son fil, peut varier	110	■ <i>L'apomixie en agriculture</i>	134
Des produits utiles pour l'homme sont fabriqués à partir de sécrétions (latex, résine) et de la sève des arbres	111	■ <i>Les fruits tropicaux</i>	135
■ <i>Différentes façons de produire du caoutchouc</i>	112	Les fruits peuvent être classés en fruits simples, en fruits composés ou en fruits multiples	136
Le liège commercial provient de l'écorce externe épaisse de certains arbres	113	De nombreux mécanismes permettent la dissémination des graines et des fruits	138
Les arbres constituent une ressource naturelle renouvelable mais limitée	113	<i>Résumé du chapitre</i>	140
■ <i>Utilisation raisonnée des ressources en bois</i>	114	<i>Questions</i>	141
<i>Résumé du chapitre</i>	115	<i>Pour en savoir plus</i>	142
<i>Questions</i>	116		
<i>Pour en savoir plus</i>	117		
6 Cycles biologiques et structures reproductrices	119	Partie deux	
6.1 Reproduction chez les végétaux	121	Fonctions des plantes	
La multiplication végétative s'effectue par mitoses et aboutit à la production d'une descendance génétiquement identique à celle du parent	121		
La reproduction sexuée entraîne une variabilité génétique	121	7 Introduction	143
6.2 Méiose et alternance de générations	123	à la biochimie végétale	143
Les noyaux des cellules filles résultant de la méiose possèdent une copie de chaque chromosome	123	7.1 Constituants moléculaires des êtres vivants	145
Les cycles de reproduction sexuée chez les végétaux présentent deux phases multicellulaires alternes, haploïde et diploïde	125	Les glucides, qui fournissent et stockent l'énergie, et servent d'éléments de construction structuraux, comprennent les sucres et les polymères de sucres	145
		Les protéines, qui catalysent les réactions et sont des éléments de construction structuraux, sont des polymères d'acides aminés	146
		■ <i>Des forêts faites de glucides</i>	148
		■ <i>Des armes contre les mauvaises herbes</i>	149
		Les acides nucléiques, ADN et ARN, qui codent et expriment l'information génétique, sont des polymères de nucléotides	151
		Les lipides sont des composants membranaires constitués essentiellement d'atomes de carbone et d'hydrogène dérivés d'acétates et d'autres molécules	151

X Table des matières

Les métabolites secondaires, tels que les composés phénoliques, les alcaloïdes et les terpénoïdes, protègent ou augmentent la résistance des plantes	152		
7.2 Énergie et réactions chimiques	156		
L'énergie peut être stockée et peut déplacer ou modifier la matière	156		
Les réactions chimiques impliquent soit une consommation nette, soit une production nette d'énergie libre	157		
Les réactions redox libèrent de l'énergie suite au déplacement d'électrons entre des atomes ou des molécules	157		
La liaison phosphate terminale de l'ATP libère de l'énergie lorsqu'elle est rompue	158		
NADH, NADPH et FADH ₂ sont des transporteurs universels d'électrons riches en énergie chez les êtres vivants	159		
7.3 Réactions chimiques et enzymes	160		
La théorie des collisions décrit la formation de produits par des réactions dans les gaz ou les liquides	160		
Les enzymes positionnent les réactifs, permettant aux réactions de se produire avec une énergie d'activation ou une élévation de température minimale	161		
Des cofacteurs tels que les coenzymes interagissent avec les enzymes pour faciliter les réactions	162		
L'inhibition compétitive, ou non compétitive, peut ralentir ou arrêter des réactions enzymatiques ou des voies métaboliques	163		
Les réactions enzymatiques sont reliées entre elles, formant des voies métaboliques	163		
■ <i>Prenez vos cofacteurs tous les jours</i>	164		
<i>Résumé du chapitre</i>	165		
<i>Questions</i>	166		
<i>Pour en savoir plus</i>	166		
8 Photosynthèse	169		
8.1 Présentation générale de la photosynthèse	171		
La photosynthèse produit la nourriture, les éléments de construction moléculaires et l'O ₂ qui sont à la base de presque toute la vie sur Terre	171		
■ <i>Les plantes non photosynthétiques</i>	172		
La photosynthèse utilise l'énergie lumineuse pour convertir le CO ₂ et l'H ₂ O en sucres	172		
Les processus de la photosynthèse et de la respiration sont interdépendants	173		
8.2 Conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique : les réactions lumineuses	173		
La chlorophylle est la principale molécule absorbant la lumière durant la photosynthèse	174		
L'énergie lumineuse intervient dans la photosynthèse au niveau des photosystèmes	174		
Les réactions lumineuses produisent de l'O ₂ , de l'ATP et du NADPH	176		
Dans les réactions lumineuses, la synthèse d'ATP utilise l'énergie chimio-osmotique	177		
8.3 Conversion du CO₂ en sucres : le cycle de Calvin	179		
Le cycle de Calvin utilise l'ATP et le NADPH produits par les réactions lumineuses pour fabriquer des sucres-phosphates à partir du CO ₂	179		
Le cycle de Calvin est relativement inefficace dans la conversion du CO ₂ en sucres	181		
L'enzyme Rubisco fonctionne également comme une oxygénase, déclenchant la photorespiration	181		
■ <i>Évolution et concentration en O₂</i>	182		
Le cycle en C4 limite les pertes de carbone par photorespiration	182		
Les plantes CAM stockent le CO ₂ la nuit, dans un acide en C4, pour l'utiliser le jour, dans le cycle de Calvin	185		
<i>Résumé du chapitre</i>	186		
<i>Questions</i>	187		
<i>Pour en savoir plus</i>	187		
9 Respiration	189		
9.1 Présentation générale de la nutrition	191		
Tous les êtres vivants ont besoin d'énergie et de carbone	191		
Les végétaux utilisent la photosynthèse pour stocker l'énergie lumineuse sous forme de sucres et se servent de la respiration pour transférer cette énergie des sucres vers l'ATP	191		
La dégradation des sucres avec libération d'énergie peut avoir lieu avec ou sans oxygène	192		
■ <i>Réchauffement climatique et effet de serre</i>	194		
9.2 Respiration	195		
La glycolyse clive les sucres à six carbones en deux molécules de pyruvate	195		
Le cycle de Krebs génère du CO ₂ , du NADH, du FADH ₂ et de l'ATP	195		
La chaîne de transfert d'électrons et la phosphorylation oxydative transfèrent l'énergie des électrons riches en énergie du NADH et du FADH ₂ à l'ATP	195		
■ <i>Saccharose et fructose : des agents sucrants de choix</i>	199		
La respiration a un rendement énergétique élevé	199		
Chez certaines plantes, la chaîne de transfert d'électrons peut générer un excédent de chaleur	200		
Contrairement aux animaux, les plantes peuvent transformer les acides gras en glucose	200		
■ <i>Le lysichite américain, ou « skunk cabbage »</i>	201		
9.3 Fermentation	201		
En absence d'oxygène, le pyruvate produit par la glycolyse est converti en éthanol ou en lactate	202		
Un certain nombre d'industries importantes utilisent la fermentation	202		
La fermentation a un rendement énergétique faible comparé à la respiration	203		
<i>Résumé du chapitre</i>	204		
<i>Questions</i>	205		
<i>Pour en savoir plus</i>	206		

10 Transport chez les plantes	207		
10.1 Mouvement des molécules à travers les membranes	209		
La diffusion est le mouvement spontané de molécules selon un gradient de concentration décroissant	209		
La diffusion facilitée et le transport actif utilisent des protéines qui aident le mouvement à travers les membranes	210		
L'exocytose et l'endocytose assurent le transport de grosses molécules	210		
L'osmose est le mouvement de l'eau à travers une membrane de perméabilité sélective	210		
Au cours de la croissance des cellules végétales, le potentiel osmotique de la cellule interagit avec la pression exercée par la paroi	211		
10.2 Mouvement et absorption d'eau et de solutés chez les plantes	212		
■ <i>La puissance des plantes</i>	213		
L'évaporation de l'eau par les feuilles tire l'eau depuis les racines via le xylème	213		
■ <i>Cultures efficaces en termes d'utilisation de l'eau</i>	215		
Les stomates contrôlent les échanges gazeux et la perte d'eau par la plante	217		
Le transport des sucres et d'autres composés organiques depuis les feuilles vers les racines s'effectue par le phloème	218		
10.3 Sol, minéraux et nutrition de la plante	220		
Le sol est fait de particules de roches entourées de charges négatives qui retiennent l'eau et les sels minéraux	220		
Les plantes ont besoin de dix-sept éléments essentiels, la plupart étant présents dans le sol	221		
■ <i>Justus von Liebig, un père de l'agriculture moderne</i>	221		
Les particules du sol retiennent l'eau et les ions minéraux	223		
Des bactéries du sol rendent l'azote disponible pour les plantes	224		
<i>Résumé du chapitre</i>	226		
<i>Questions</i>	227		
<i>Pour en savoir plus</i>	227		
		L'acide abscissique induit la dormance des semences et régule les réponses des plantes à la sécheresse	236
		L'éthylène permet aux plantes de répondre à un stress mécanique et contrôle la maturation des fruits ainsi que l'abscission des feuilles	237
		Les brassinostéroïdes représentent un nouveau groupe d'hormones végétales et agissent comme l'auxine	238
		D'autres composés peuvent jouer un rôle d'hormone végétale	238
		11.2 Réponses à la lumière	238
		La croissance orientée des tiges vers la lumière et l'ouverture des stomates sont dues à l'absorption de la lumière bleue	239
		Le déclenchement de la germination, le démarrage de la croissance de la racine et de la tige ainsi que l'induction de la floraison dépendent de l'absorption des lumières rouge et rouge sombre	239
		Le photopériodisme régule la floraison ainsi que d'autres réponses saisonnières	240
		■ <i>Étude des graines photosensibles</i>	242
		Les plantes répondent à une succession de cycles jour-nuit	243
		11.3 Réponses à d'autres stimuli environnementaux	244
		Les racines et les tiges répondent à la gravité	244
		Les plantes répondent à des stimuli mécaniques, tels le toucher ou le vent	244
		Les plantes se préparent à affronter des conditions environnementales qui ne permettent pas un déroulement normal du métabolisme et de la croissance	246
		■ <i>La course à l'armement entre les plantes et les herbivores</i>	247
		Les plantes réagissent à des stress environnementaux, comme la sécheresse	247
		Les plantes peuvent repousser les herbivores et les agents pathogènes	247
		<i>Résumé du chapitre</i>	249
		<i>Questions</i>	250
		<i>Pour en savoir plus</i>	250
11 Réponses des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux	229		
11.1 Effets des hormones	231		
L'auxine joue un rôle central dans la croissance cellulaire et dans la formation de nouveaux tissus	231		
Les cytokinines contrôlent la division et la différenciation cellulaires, et ralentissent le vieillissement	234		
Les gibbérellines participent avec l'auxine à la régulation de la croissance cellulaire et stimulent la germination des graines	234		
■ <i>Effets de l'auxine et des cytokinines sur la culture de cellules végétales</i>	235		
		12 Génétique	251
		■ <i>Une brève biographie de Gregor Mendel</i>	253
		12.1 Les expériences de Mendel sur l'hérédité	253
		La compréhension des expériences de Mendel nécessite une connaissance élémentaire des gènes et des chromosomes	253
		Le monohybridisme implique des individus possédant différents allèles pour un gène donné	254
		La ségrégation des allèles se produit au cours de l'anaphase I de la méiose	255
		Un test-cross révèle le génotype d'un individu présentant un phénotype dominant	256

Partie trois

Génétique et expression génique

Le dihybridisme implique des individus possédant différents allèles pour deux gènes donnés	256	Les enzymes de restriction et l'ADN ligase sont utilisées pour fabriquer de l'ADN recombinant	292
■ <i>La génétique avant Mendel</i>	258	Le clonage permet d'obtenir de multiples copies d'un ADN recombinant	293
12.2 Les suites du travail de Mendel sur l'hérédité	258	La réaction de polymérisation en chaîne produit de multiples copies d'ADN sans recourir à des cellules	293
Les lois de Mendel s'appliquent aussi à des croisements qui impliquent plus de deux traits	259	Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour insérer des gènes dans les cellules végétales	295
Certains caractères ne sont contrôlés ni par un allèle dominant, ni par un allèle récessif	259	La culture in vitro permet d'obtenir des plantes à partir de tissus ou de cellules isolées	295
■ <i>Une mauvaise herbe dotée d'un grand potentiel</i>	260	14.2 Réalisations et enjeux des biotechnologies végétales	297
La localisation des gènes affecte les profils héréditaires	261	Le génie génétique a rendu les plantes plus résistantes aux insectes, à l'aridité des sols, et leur a conféré une plus grande productivité	297
Les gènes interagissent entre eux et avec l'environnement	263	■ <i>Génie génétique et plantes tolérantes à la salinité</i>	299
Le gène mendélien déterminant la taille chez le pois contrôle la production d'une hormone de croissance	264	Les plantes transgéniques contribuent à la santé et à l'alimentation humaine	299
<i>Résumé du chapitre</i>	265	Les cultures génétiquement modifiées nécessitent de nombreux essais en champs et des études de marché avant leur commercialisation	300
<i>Questions</i>	266	Les cultures génétiquement modifiées doivent être sans danger pour l'environnement et les consommateurs	301
<i>Pour en savoir plus</i>	266	■ <i>Les croisements interspécifiques entre plantes</i>	302
13 Expression et activation des gènes	267	L'avenir promet de nombreuses applications des biotechnologies végétales	302
13.1 Expression des gènes	269	La génomique et la protéomique fourniront des informations utiles pour les futures applications du génie génétique	303
Au cours de la réplication, l'ADN est dupliqué	269	■ <i>Le séquençage de l'ADN</i>	305
L'ADN code la structure des protéines	270	■ <i>L'analyse de l'ADN en criminologie</i>	306
Au cours de la transcription, l'ARN est fabriqué à partir de l'ADN	272	<i>Résumé du chapitre</i>	307
Au cours de la traduction, une protéine est fabriquée à partir d'un ARN messager	274	<i>Questions</i>	308
Des mutations peuvent engendrer des changements dans l'expression des gènes	276	<i>Pour en savoir plus</i>	308
13.2 Expression différentielle des gènes	278	Partie quatre	
L'expression des gènes est contrôlée à différents niveaux	278	Évolution et diversité	
Des protéines régulatrices contrôlent la transcription	278		
Hormones et lumière peuvent déclencher l'activation de facteurs de transcription	279		
■ <i>Fermeture des stomates et voie de transduction typique</i>	280		
13.3 Identification des gènes du développement	280		
Des expériences sur Arabidopsis illustrent l'intérêt des mutations pour comprendre le développement des plantes	281		
■ <i>Les puces à ADN</i>	282	15 Évolution	309
Les transposons peuvent être utilisés pour localiser des gènes du développement	284	15.1 Histoire de l'évolution de la vie sur Terre	311
Les gènes homéotiques contrôlent le développement chez les plantes et chez les animaux	285	Les fossiles et la datation moléculaire fournissent des preuves de l'évolution	311
<i>Résumé du chapitre</i>	286	■ <i>La genèse d'une idée : l'évolution par la sélection naturelle</i>	312
<i>Questions</i>	287	La biogéographie, l'anatomie, l'embryologie et la physiologie fournissent d'autres preuves de l'évolution	313
<i>Pour en savoir plus</i>	288	La chimiosynthèse pourrait être le premier événement à l'origine de la vie sur Terre	313
14 Biotechnologies végétales	289	Les procaryotes ont été les formes de vie prédominantes pendant plusieurs milliards d'années	314
14.1 Méthodes des biotechnologies végétales	291	La tectonique des plaques et les cycles célestes ont façonné l'évolution sur Terre	315
Les gènes peuvent être transférés d'une espèce à l'autre grâce au génie génétique	291		
Les plasmides servent souvent de vecteurs au transfert de gènes chez les plantes	291		

15.2 Mécanismes de l'évolution	318	16.4 Futur de la classification	348
L'évolution est le changement de la fréquence des allèles dans une population au cours du temps	318	De nouvelles espèces sont à découvrir	348
La plupart des organismes ont la capacité de produire davantage de descendants	320	Les systématiciens étudient la spéciation en action	349
Les divers individus d'une population présentent des phénotypes différents	320	Les données moléculaires permettront de mieux comprendre l'évolution	349
Certains caractères fournissent un avantage adaptatif	321	La classification des organismes a des avantages pratiques	351
La sélection naturelle favorise les individus ayant le phénotype le mieux adapté	321	<i>Résumé du chapitre</i>	351
■ <i>La sélection artificielle</i>	322	<i>Questions</i>	352
L'évolution peut se produire rapidement	323	<i>Pour en savoir plus</i>	353
En coévolution, deux espèces évoluent en réponse l'une à l'autre	324	17 Virus et procaryotes	355
■ <i>Les plantes des îles Galápagos</i>	325	■ <i>Découverte des virus chez le tabac</i>	357
15.3 Origine des espèces	326	17.1 Virus et plantes	357
Une espèce biologique est une population d'individus potentiellement interféconds	326	Constitués d'acides nucléiques et de protéines, les virus sont des parasites qui se reproduisent dans les cellules	357
La sélection naturelle et l'isolement géographique sont à l'origine de la spéciation	327	Les virus sont responsables de nombreuses maladies graves chez les plantes	359
L'isolement reproductif peut être pré- ou postzygotique	328	Plusieurs stratégies sont utilisées pour lutter contre les maladies virales chez les plantes	360
L'isolement reproductif des populations sympatriques peut se produire via la polyploïdie	328	Les viroïdes sont de petites molécules d'ARN infectieuses	361
<i>Résumé du chapitre</i>	329	17.2 Procaryotes et plantes	361
<i>Questions</i>	330	Les procaryotes sont des organismes généralement unicellulaires aux caractéristiques très diverses	361
<i>Pour en savoir plus</i>	331	Certaines bactéries sont photosynthétiques, d'autres fixent l'azote atmosphérique	362
16 Classification	333	■ <i>Habitat cryptobiotique et « vernis du désert »</i>	363
16.1 Classification avant Darwin	335	■ <i>L'incroyable importance des petits photosynthétiseurs</i>	364
La classification des organismes remonte aux périodes antiques	335	Les bactéries sont responsables de nombreuses maladies chez les plantes	364
L'appellation moderne des espèces a été créée par Linné	336	Les procaryotes sont très utilisés dans l'industrie, en médecine et dans les biotechnologies	366
■ <i>De quoi est composé le nom des plantes ?</i>	337	<i>Résumé du chapitre</i>	367
16.2 Classification et évolution	337	<i>Questions</i>	368
■ <i>Linné et son attrait pour les plantes</i>	338	<i>Pour en savoir plus</i>	368
Les systématiciens utilisent de nombreux caractères pour classer les organismes	338	18 Algues	371
Les données moléculaires jouent un rôle clé dans la classification phylogénétique	339	18.1 Caractéristiques et évolution des algues	373
Les organismes sont classés de façon hiérarchique	340	Les pigments photosynthétiques et d'autres caractéristiques permettent de distinguer les groupes d'algues	373
Les systématiciens émettent des hypothèses sur les relations évolutives entre organismes	341	L'endosymbiose a joué un rôle clé dans l'évolution des algues	374
Les cladogrammes sont des diagrammes arborescents représentant les relations évolutives entre organismes	343	18.2 Algues unicellulaires et coloniales	375
Les systématiciens sont souvent en désaccord pour classer les organismes	344	Les cellules des euglénoïdes (embranchement des Euglénophytes) possèdent une pellicule sous la membrane plasmique	375
16.3 Principaux groupes d'organismes	345	De nombreux dinoflagellés (embranchement des Dinophytes) sont revêtus de plaques rigides de cellulose	376
Les systématiciens ont revu le nombre de règnes	345	Les diatomées (embranchement des Bacillariophytes) forment des parois siliceuses	378
Les données moléculaires ont amené à identifier des « super-règnes » appelés domaines	346	Les algues vert-jaune (embranchement des Xanthophytes) constituent un groupe important du phytoplancton d'eau douce	379
Les domaines des Archéobactéries et des Bactéries sont deux groupes très différents de procaryotes	346		
Le domaine des Eucaryotes comprend les protistes, les animaux, les champignons et les végétaux	347		

Des spores de résistance remarquables sont formées par les algues brun-doré (embranchement des Chrysophytes)	380		
Les cryptomonades (embranchement des Cryptophytes) utilisent les éjectosomes dans les comportements de fuite ou de défense	380		
Les haptophytes (embranchement des Prymésiophytes) possèdent une structure caractéristique capable de mouvement, l'haptonème	380		
18.3 Algues pluricellulaires	381		
Chez de nombreuses algues brunes (embranchement des Phaeophytes), il y a une alternance de générations hétéromorphes	382		
Les algues rouges (embranchement des Rhodophytes) ont des cycles de vie complexes, comprenant trois phases pluricellulaires	382		
Les algues vertes (embranchement des Chlorophytes) partagent un ancêtre commun avec les plantes	384		
■ <i>La « neige rouge »</i>	384		
■ <i>Les algues comme source de carburant</i>	386		
<i>Résumé du chapitre</i>	389		
<i>Questions</i>	390		
<i>Pour en savoir plus</i>	390		
19 Champignons	391		
19.1 Caractéristiques et histoire évolutive des champignons	393		
Une combinaison de caractères morphologiques et de croissance distingue les champignons des autres organismes	393		
Les champignons ont probablement évolué à partir de protistes flagellés	394		
19.2 Diversité des champignons	395		
Les chytrides (embranchement des Chytridiomycètes) possèdent des cellules reproductrices flagellées	395		
Les zygomycètes (embranchement des Zygomycètes) développent des zygospores résistants avant la méiose	395		
Les ascomycètes (embranchement des Ascomycètes) produisent des spores sexuées dans des sacs appelés asques	396		
■ <i>Des champignons qui vivent sur des excréments</i>	398		
■ <i>La maladie hollandaise de l'orme</i>	401		
Les basidiomycètes (embranchement des Basidiomycètes) produisent des spores sexuées sur des cellules en forme de massue appelées basides	402		
■ <i>La culture des champignons</i>	404		
19.3 Associations de champignons avec d'autres organismes	406		
Les lichens sont une association entre des champignons et des algues photosynthétiques ou des bactéries	406		
Certains champignons forment des associations à bénéfice réciproque avec des insectes	408		
<i>Résumé du chapitre</i>	409		
<i>Questions</i>	410		
<i>Pour en savoir plus</i>	410		
20 Bryophytes	411		
20.1 Bryophytes	413		
Les bryophytes sont parmi les premières plantes terrestres	413		
■ <i>Les tourbières</i>	414		
Les bryophytes présentent de nombreuses homologues avec les algues vertes du groupe des Charophytes et avec les plantes vasculaires	414		
Chez les bryophytes, l'alternance des générations implique un gamétophyte dominant et un sporophyte parasite	415		
Les bryophytes jouent un rôle écologique important	416		
La plupart des bryophytes tolèrent la sécheresse	417		
20.2 Hépatiques : embranchement des Marchantiophytes	417		
Les gamétophytes des hépatiques peuvent être soit thalloïdes, soit foliacés	417		
Le cycle de vie des hépatiques illustre la dominance du gamétophyte	417		
20.3 Anthocérotes : embranchement des Anthocérophytes	420		
Le cycle de vie des anthocérotes se distingue par le sporophyte	420		
L'histoire évolutive des anthocérotes, comme celle des autres bryophytes, fait encore l'objet de controverses	420		
20.4 Mousses : embranchement des Bryophytes	421		
Il existe trois principales classes de mousses	421		
Le cycle de vie du polytric illustre les caractéristiques des mousses	422		
■ <i>Des mousses inhabituelles</i>	424		
<i>Résumé du chapitre</i>	424		
<i>Questions</i>	425		
<i>Pour en savoir plus</i>	426		
21 Plantes vasculaires sans graines ou ptéridophytes	427		
21.1 Évolution des ptéridophytes	429		
Les ptéridophytes étaient les espèces dominantes sur Terre il y a 350 millions d'années	429		
Les plantes terrestres dérivent des algues vertes du groupe des Charophytes	430		
Trois embranchements de plantes vasculaires éteintes apparaissent sous forme de fossiles datant de 430 millions d'années	430		
Chez les ptéridophytes, l'alternance des générations implique l'indépendance des gamétophytes et des sporophytes	433		
21.2 Lignées actuelles de ptéridophytes	434		
■ <i>Cycles de vie alternatifs</i>	435		
Le genre Psilotum représente l'embranchement des Psilotophytes	435		
Les représentants actuels de l'embranchement des Lycophytes incluent les lycopodes, les sélaginelles et les isoètes	436		
Les prêles sont les représentantes actuelles de l'embranchement des Sphénophytes	439		

● L'embranchement des Ptérophytes comprend les fougères, le groupe actuel de ptéridophytes le plus diversifié	441
■ <i>Télomes et origines des sporanges</i>	444
<i>Résumé du chapitre</i>	447
<i>Questions</i>	447
<i>Pour en savoir plus</i>	448

22 Gymnospermes 449

22.1 Vue d'ensemble des gymnospermes	451
Les plantes à graines possèdent des avantages sélectifs significatifs	451
Les gymnospermes actuelles sont apparentées à des plantes disparues depuis le Paléozoïque et le Mésozoïque	452
Chez les gymnospermes et d'autres plantes à graines, les gamétophytes dépendants se développent à l'intérieur du sporophyte parental	452
Le cycle biologique du pin illustre les aspects fondamentaux de la reproduction chez les gymnospermes	454
22.2 Types de gymnospermes actuelles	457
L'embranchement des Coniférophytes est composé des conifères, arbres dominants des forêts des régions froides	457
■ <i>Amélioration et protection des arbres</i>	460
L'embranchement des Cycadophytes est représenté par les cycas à allure de fougères arborescentes ou de palmiers	460
■ <i>Le pin Wollemi : un fossile vivant</i>	461
L'embranchement des Ginkgophytes ne comprend plus aujourd'hui qu'une espèce vivante	462
L'embranchement des Gnétophytes ne compte actuellement que trois genres rencontrés dans les forêts tropicales ou les déserts	462
<i>Résumé du chapitre</i>	464
<i>Questions</i>	465
<i>Pour en savoir plus</i>	466

23 Angiospermes : plantes à fleurs 467

23.1 Reproduction sexuée chez les plantes à fleurs	469
Les angiospermes, comme les gymnospermes, ont un sporophyte dominant et un gamétophyte dépendant	469
L'autopollinisation et la pollinisation croisée sont courantes chez les angiospermes	471
■ <i>Super mauvaises herbes</i>	472
23.2 Évolution des fleurs et des fruits	473
Les avantages sélectifs des plantes à fleurs sont à l'origine de leur succès	473
Les fleurs ont évolué comme des ensembles de feuilles modifiées	475
L'évolution des angiospermes a commencé au Mésozoïque	476
Les angiospermes se sont propagées rapidement à travers le monde durant le Crétacé	480
23.3 Quelques exemples illustrant la diversité des angiospermes	481

L'embranchement des Anthophytes comprend plus de 450 familles, classées essentiellement d'après la structure florale	482
Plusieurs familles illustrent la diversité de la structure de la fleur et du fruit	483
■ <i>Les origines des maïs, blé et riz acclimatés</i>	484
■ <i>Une orchidée récemment découverte</i>	486
<i>Résumé du chapitre</i>	487
<i>Questions</i>	488
<i>Pour en savoir plus</i>	488

Partie cinq Écologie

24 Écologie et biosphère 489

24.1 Facteurs abiotiques en écologie	491
Les facteurs abiotiques sont des variables physiques de l'environnement d'un organisme	491
L'inclinaison de l'axe de la Terre est à l'origine des saisons et agit sur les températures	492
■ <i>Les mauvaises herbes</i>	493
L'atmosphère circule dans six cellules globales	494
La rotation et la topographie de la Terre agissent sur la direction générale des vents et sur les précipitations	495
■ <i>El Niño et La Niña</i>	496
24.2 Écosystèmes	497
La biosphère peut être divisée en domaines biogéographiques et en biomes	497
Les biomes terrestres sont caractérisés par les précipitations, la température et la végétation	498
La pénétration de la lumière, la température et les éléments nutritifs sont des facteurs abiotiques importants dans les biomes aquatiques	501
<i>Résumé du chapitre</i>	504
<i>Questions</i>	505
<i>Pour en savoir plus</i>	506

25 Dynamique des écosystèmes : comment fonctionnent les écosystèmes 507

25.1 Populations	509
Les caractéristiques de la reproduction sont des défis pour l'étude des populations de plantes	509
La distribution des plantes dans une population peut être aléatoire, uniforme ou groupée	509
La distribution des âges et les courbes de survie caractérisent l'organisation des populations	510
La croissance des populations au cours du temps est limitée par les ressources de l'environnement	511
La croissance des populations de plantes dépend des types de reproduction	512
25.2 Interactions entre organismes dans les écosystèmes	514
Commensalisme et mutualisme sont des interactions qui bénéficient au moins à l'une des espèces	514

Prédation, herbivorie et parasitisme sont des interactions qui nuisent au moins à l'une des espèces	514	■ Variétés locales et banques de graines	536
La compétition pour les ressources se fait entre individus de la même espèce ou entre individus d'espèces différentes	515	■ Le kudzu	542
■ <i>Plantes et fourmis</i>	516	Le Système d'information géographique représente un nouvel outil d'enregistrement des changements dans les écosystèmes	543
25.3 Communautés et écosystèmes	516	26.3 Avenir	545
Les communautés sont caractérisées par leur composition en espèces et par la distribution horizontale et verticale des espèces	517	Le devenir des interactions humaines avec les écosystèmes peut être envisagé selon un scénario du pire ou du meilleur cas	545
Des milieux apparemment uniformes sont souvent composés de différents microenvironnements	517	Pour la biosphère, le scénario du meilleur cas impliquerait un net renversement des tendances actuelles	545
■ <i>Les figuiers dans la forêt</i>	518	De nombreux problèmes devraient être surmontés pour renverser les tendances actuelles de destruction et de modification des écosystèmes	546
Des perturbations modérées peuvent augmenter le nombre d'espèces d'un écosystème	519	■ <i>Recréer les mondes perdus à l'aide de la génomique et de la protéomique</i>	547
La succession écologique représente la variation des communautés au cours du temps	519	Il est important d'établir des modèles de réussite du rétablissement des écosystèmes	547
■ <i>Succession primaire après une éruption volcanique</i>	520	<i>Résumé du chapitre</i>	549
L'énergie accumulée par les organismes photosynthétiques est transmise avec une faible efficacité aux autres organismes du même écosystème	522	<i>Questions</i>	550
La bioaccumulation augmente la concentration de certaines substances toxiques dans les niveaux trophiques supérieurs	524	<i>Pour en savoir plus</i>	551
L'eau et les éléments nutritifs sont recyclés entre les composants biotiques et abiotiques des écosystèmes	524	Annexe A	553
L'activité humaine a morcelé les écosystèmes stables	526	Les isotopes	553
<i>Résumé du chapitre</i>	527	Configuration électronique et niveaux d'énergie	553
<i>Questions</i>	528	Les molécules organiques et les molécules inorganiques	555
<i>Pour en savoir plus</i>	529	Les différents types de liaisons chimiques	555
26 Biologie de la conservation	531	Les acides et les bases	557
26.1 Croissance de la population humaine	533	Le pH	557
La population humaine croît de façon exponentielle	533	Les voies du métabolisme	558
Pour augmenter la production alimentaire, il faudra avoir recours aux plantes génétiquement modifiées, à de meilleures pratiques agricoles et à des systèmes de distribution alimentaire plus efficaces	533	L'équilibre chimique	558
26.2 Impacts de l'homme sur les écosystèmes	535	Annexe B	560
Les grandes concentrations humaines, de par leur taille et leurs activités, perturbent les écosystèmes	535	Annexe C	561
		Glossaire	563
		Lexique anglais-français	583
		Index	591

Les différents types d'encadrés :

- Évolution
- Biotechnologies
- Biologie de la conservation
- Des plantes et des hommes
- Le monde fascinant des plantes