

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1

QU'EST-CE QU'UN VÉGÉTAL ?

I. DES VÉGÉTAUX AUX FORMES TRÈS DIVERSES.	3
II. UNE DÉFINITION AUX MULTIPLES ASPECTS.	8
1. L'évolution du concept de végétal.	8
2. Une biochimie unique : concept physiologique du végétal	13
2.1 <i>La photosynthèse des végétaux.</i>	13
2.2 <i>Un métabolisme secondaire original.</i>	16
3. Des Eucaryotes formés de cellules : concept cellulaire du végétal	19
3.1 <i>La paroi, matrice extracellulaire des cellules végétales.</i>	19
3.2 <i>Les plastes et les vacuoles.</i>	20
4. Une apparente immobilité : concept morpho-anatomique du végétal	21
4.1 <i>La rigidité cellulaire favorise-t-elle la vie fixée ?</i>	21
4.2 <i>Thalle ou axe dressé (cormus), les deux types d'architecture des végétaux</i>	21
4.3 <i>L'apparente immobilité du monde végétal, une question d'échelle d'observation</i>	23
5. La base des réseaux trophiques : concept écologique du végétal	24
III. LA CELLULE VÉGÉTALE, UNITÉ DE CONSTRUCTION DES EUCARYOTES PHOTOSYNTHÉTIQUES	27
1. Des ultrastructures communes à tous les Eucaryotes.	27
1.1 <i>La membrane plasmique.</i>	27
1.2 <i>Des compartiments limités par des endomembranes.</i>	31
1.3 <i>Un cytoplasme structuré et en mouvement</i>	33
2. Des ultrastructures propres aux cellules végétales	35
2.1 <i>La paroi, une matrice extracellulaire.</i>	35
2.2 <i>Les plastes, des organites aux aspects variés</i>	42
2.3 <i>La vacuole, un compartiment aux rôles multiples</i>	45

CHAPITRE 2

LE DÉVELOPPEMENT ET LA STRUCTURE DES VÉGÉTAUX

I. LE CYCLE BIOLOGIQUE D'UN VÉGÉTAL	53
1. L'exemple du haricot, un Angiosperme.	53
2. Les variations du cycle biologique	55
2.1 <i>Les modalités des phases embryonnaire et post-embryonnaire varient selon les taxons</i>	55
2.2 <i>La durée de vie d'un végétal</i>	56
II. LE DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON D'UN ANGIOSPERME DICOTYLÉDONE	56
1. L'embryon se développe selon une polarité apico-basale	56
2. L'embryon mature est protégé dans la graine	58
3. L'embryogenèse s'achève avec la germination.	60
III. LE DÉVELOPPEMENT POST-EMBRYONNAIRE D'UN ANGIOSPERME DICOTYLÉDONE	62
1. Les méristèmes assurent l'histogenèse.	62
1.1 <i>Localisation des différents méristèmes</i>	62
1.2 <i>Les méristèmes produisent des cellules</i>	63
1.3 <i>Les nouvelles cellules grandissent et se différencient.</i>	64
1.4 <i>Les méristèmes sont à l'origine de trois types de tissus.</i>	67
2. La construction continue de l'appareil racinaire	71
2.1 <i>Organisation de l'apex racinaire</i>	71
2.2 <i>Structure primaire de la racine.</i>	73
2.3 <i>Épaississement secondaire de la racine.</i>	74
2.4 <i>Ramification de la racine</i>	76
2.5 <i>Variations morphologiques et fonctionnelles des racines</i>	77
3. La construction rythmique de l'appareil caulinaire.	78
3.1 <i>Organisation de l'apex caulinaire</i>	78
3.2 <i>Organogenèse de la tige feuillée.</i>	80
3.3 <i>Structure primaire d'une tige et d'une feuille</i>	83
3.4 <i>Épaississement secondaire de la tige feuillée.</i>	85
3.5 <i>Ramification de la tige feuillée</i>	86

3.6 Variations morphologiques et fonctionnelles de la tige feuillée.....	89	4. La photosynthèse et la photorespiration sont en compétition.....	138
3.7 Quand les bourgeons forment des fleurs à la place des rameaux.....	89	5. Les variations de la photosynthèse.....	140
4. La sénescence du végétal.....	89	6. Devenir des produits de la photosynthèse.....	142
IV. LE CONTRÔLE DU DÉVELOPPEMENT.....	90	6.1 Stockage ou exportation des glucides.....	143
1. L'acquisition de l'organisation fondamentale.....	91	6.2 Utilisation des glucides par la respiration pour assurer les fonctions vitales.....	146
2. L'acquisition de l'identité cellulaire.....	92	II. L'EXPLOITATION DES RESSOURCES DU SOL.....	149
3. La transition de l'état végétatif à l'état reproducteur.....	96	1. Qu'est-ce qu'un sol pour un végétal?.....	149
4. La plasticité du développement post-embryonnaire.....	104	1.1 Le sol, un milieu hétérogène aux ressources minérales très diluées, renouvelées sans cesse, mais lentement.....	150
5. Les phases de vie ralentie.....	106	1.2 Les propriétés du sol influencent la nutrition minérale du végétal.....	153
5.1 Au cours du développement embryonnaire : la dormance des graines.....	106	1.3 Treize sels minéraux du sol sont vitaux pour le végétal.....	158
5.2 Au cours du développement post-embryonnaire.....	107	2. L'absorption des ressources du sol par les racines... ..	159
6. Vers une vue d'ensemble du développement d'un végétal.....	108	2.1 La collecte des ressources par les racines.....	159
V. ORGANISATION VÉGÉTATIVE DE GRANDS TAXON À PARTIR D'EXEMPLES.....	111	2.2 La distribution radiale de l'eau et des nutriments dans la racine.....	165
1. L'organisation des thalles.....	111	3. L'assimilation des nutriments.....	166
2. L'organisation des mousses, végétaux petits, dressés, sans racines.....	111	3.1 L'assimilation des nitrates permet la synthèse d'acides aminés et des protéines.....	166
3. L'organisation des Trachéophytes, végétaux dressés et enracinés.....	113	3.2 L'assimilation des phosphates permet la synthèse d'ATP et des nucléotides.....	168
3.1 Un exemple de Filicophytes :le polypode.....	113	3.3 L'assimilation des sulfates permet la synthèse de certains acides aminés soufrés et d'acétyl-CoA... ..	168
3.2 Un exemple de Coniférophyte : le pin.....	114	3.4 L'assimilation des cations permet des biosynthèses et des régulations multiples.....	168
3.3 Deux exemples d'Angiospermes.....	115	4. Les variations de l'absorption en fonction des ressources du sol.....	169
4. Vers une vue d'ensemble de la construction des végétaux.....	115	4.1 Variation de la vitesse d'absorption de nutriments... ..	169
		4.2 Effets d'une variation des ressources minérales sur la croissance.....	169
		4.3 Des végétaux indicateurs des ressources du sol.....	170
		III. LA DISTRIBUTION DES RESSOURCES ABSORBÉES ET ASSIMILÉES DANS LE VÉGÉTAL.....	173
		1. L'eau et les nutriments puisés dans le sol forment la sève brute distribuée par le xylème.....	173
		1.1 Une distribution unidirectionnelle de la sève brute.....	173
		1.2 Deux mécanismes de circulation de la sève brute.....	175
		1.3 La circulation de la sève brute est principalement sous le contrôle de la transpiration stomatique.....	177
		2. Les sucres formés par la photosynthèse sont les principaux constituants de la sève élaborée distribuée grâce au phloème.....	179
		2.1 Une distribution multidirectionnelle de la sève élaborée.....	179
		2.2 Mécanisme supposé de circulation de la sève élaborée.....	181
		2.3 La distribution de la sève élaborée n'est pas équitable au sein du végétal.....	184
CHAPITRE 3			
L'AUTOTROPHIE DES VÉGÉTAUX,			
L'EXEMPLE DE LA NUTRITION			
D'UN ARBRE			
I. L'EXPLOITATION DES RESSOURCES DU MILIEU AÉRIEN.....	127		
1. Les ressources du milieu aérien : gaz et énergie lumineuse.....	127		
1.1 L'atmosphère est une faible source de CO ₂	127		
1.2 Le rayonnement solaire est une source de photons... ..	128		
2. L'absorption du CO ₂ et de la lumière par les feuilles.....	129		
3. La photosynthèse permet l'assimilation du CO ₂	131		
3.1 Les conversions d'énergie dans les membranes thylacoidales.....	132		
3.2 Les réactions biochimiques.....	136		
3.3 Vue d'ensemble et efficacité de la photosynthèse.....	138		

IV. VERS UNE VUE D'ENSEMBLE DE L'AUTOTROPHIE 185

- 1. L'autotrophie est indissociable d'un grand flux d'énergie à travers le végétal 185
- 2. L'autotrophie est indissociable du grand développement des surfaces d'échanges 186

**CHAPITRE 4
LES STRATÉGIES DE NUTRITION
ET LES CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES
DE L'AUTOTROPHIE**

I. DIFFÉRENTES STRATÉGIES D'AUTOTROPHIE 193

- 1. Autotrophie sans réelle division du travail dans l'organisme. 193
 - 1.1 L'autotrophie d'une algue 194
 - 1.2 L'autotrophie d'une mousse 198
- 2. Une division du travail au sein de l'organisme : le cas des Trachéophytes 199
 - 2.1 Les Trachéophytes terrestres. 199
 - 2.2 Certains Trachéophytes sont aquatiques. 200
- 3. Une division du travail entre organismes : le cas des Légumineuses 203

II. DE L'AUTOTROPHIE À L'HÉTÉROTROPHIE : LE CAS DES ANGIOSPERMES PARASITES. 210

- 1. L'exemple du gui 210
- 2. Les différents degrés du parasitisme 212
 - 2.1 Le degré de dépendance du parasite 212
 - 2.2 Le degré d'hétérotrophie du parasite 212
- 3. Les modalités de l'exploitation de l'hôte par le parasite. 214
 - 3.1 Les structures de prélèvement 214
 - 3.2 Les mécanismes de transfert. 215
- 4. Les modalités de mise en place de la relation hôte-parasite. 218
 - 4.1 Les formes de dissémination. 218
 - 4.2 Le contact avec l'hôte 219

III. CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES DE L'AUTOTROPHIE DES VÉGÉTAUX 221

- 1. Le rôle des végétaux dans les cycles de matière et les flux d'énergie 221
 - 1.1 Les végétaux fixent et stockent du carbone. 221
 - 1.2 Les végétaux transforment l'azote et le phosphore 231
- 2. Les végétaux sont des ressources exploitées par les animaux et l'être humain 235
 - 2.1 Les végétaux sont à la base des réseaux trophiques. 235
 - 2.2 Les végétaux sont des ressources pour l'être humain. 240

FEUILLET FLORE

I. VERS LA RECONNAISSANCE DE QUELQUES FAMILLES D'ANGIOSPERMES III

- 1. Les principaux critères pour l'identification des familles d'Angiospermes III
 - 1.1 Morphologie du végétal III
 - 1.2 Type d'inflorescences V
 - 1.3 Organisation des fleurs V
 - 1.4 Organisation des fruits et des graines V
 - 1.5 Habitat VI
 - 1.6 Vers une méthode de travail sur le terrain VI
- 2. Présentation de 26 familles d'Angiospermes VIII
 - Description d'une planche du feuillet flore. VIII
 - Une clé des familles présentées VIII

II. VERS LA RECONNAISSANCE DE QUELQUES FAMILLES DE CONIFÉROPHYTES. XII

- 1. Les principaux critères pour l'identification des familles de Conifères XII
- 2. Une clé des six familles de Conifères XII

III. VERS LA RECONNAISSANCE DE QUELQUES FAMILLES DE FILICOPHYTES XIII

- 1. Les principaux critères pour l'identification des familles de Filicophytes XIII
- 2. Une clé de quelques familles de Filicophytes. XIII

IV. VERS LA RECONNAISSANCE DE QUELQUES GRANDS TAXONS DE BRYOPHYTES, MARCHANTIOPHYTES ET ANTHOCEROTOPHYTES XIV

- 1. Les principaux critères pour l'identification des grands taxons de Bryophytes au sens large (s.l.) XIV
- 2. Une clé des grands taxons de Bryophytes s.l. XV

LISTE DES 26 FAMILLES PRÉSENTÉES

- Joncacées XVI
- Cyperacées XXVIII
- Poacées XX
- Liliacées XXII
- Orchidacées XXIV
- Renonculacées XXVI
- Polygonacées XXVIII
- Brassicacées XXX
- Caryophyllacées XXXII
- Amaranthacées (Chénopodiacées) XXXIV
- Géraniacées XXXVI
- Rosacées XXXVIII
- Cistacées XL
- Apiacées XLII
- Fabacées XLIV
- Éricacées XLVI
- Primulacées XLVIII
- Oléacées L
- Solanacées LII
- Boraginacées LIV
- Scrophulariacées LVI
- Lamiacées LVIII
- Astéracées LX
- Euphorbiacées LXII
- Salicacées LXIV
- Fagacées LXVI
- Coniférophytes LXVIII
- Filicophytes LXX
- Bryophytes LXII
- Marchantiophytes LXIV

CHAPITRE 5**REPRODUCTION ET****PÉRENNITÉ DE L'ESPÈCE****I. QU'EST-CE QU'UN CYCLE****DE REPRODUCTION ? 253**

1. L'exemple du cycle de reproduction d'un Filicophyte, le polypode 253
2. Méiose et fécondation : deux évènements chromosomiques complémentaires 259

II. LA DIVERSITÉ DES CYCLES**DE REPRODUCTION DES VÉGÉTAUX 260**

1. Les algues présentent des cycles de reproduction très divers 260
 - 1.1 Le cycle monogénétique haplophasique de *Chlamydomonas* 260
 - 1.2 Le cycle digénétique d'*Ulva* et la diversité du cycle des Chlorophytes 261
 - 1.3 Le cycle digénétique du *Fucus* et la diversité du cycle des Straménopiles 263
 - 1.4 Le cycle trigénétique d'*Antithamnion* et la diversité du cycle des Rhodophytes 266
 - 1.5 Vers une synthèse de la reproduction des algues 267
2. Le cycle digénétique des Embryophytes 268
 - 2.1 Le cycle des Bryophytes : l'exemple du polytrich élégant 268
 - 2.2 Le cycle des Coniférophytes : l'exemple du pin sylvestre 271
 - 2.3 Le cycle des Angiospermes : l'exemple du lis 274
 - 2.4 Vers une synthèse de la reproduction des Embryophytes 279

III. LES STRATÉGIES DE REPRODUCTION 282

1. Importance de la génération sporophytique dans la conquête du milieu terrestre par les Embryophytes 282
 - 1.1 Hétérosporie et réduction du gaméophyte 282
 - 1.2 La protection du macrogaméophyte femelle puis de la génération sporophytique fille 285
 - 1.3 La fécondation et la dissémination 289
2. La multiplication végétative 302
 - 2.1 Les modalités de la multiplication végétative 302
 - 2.2 La place de la multiplication végétative dans le cycle biologique 304
3. Vers une synthèse des stratégies de reproduction 307

CHAPITRE 6**RELATIONS DES VÉGÉTAUX****AVEC LEUR ENVIRONNEMENT****I. LES RELATIONS DES VÉGÉTAUX****AVEC LEUR ENVIRONNEMENT ABIOTIQUE . . 315**

1. Le végétal distingue l'ombre de la lumière, la durée du jour et l'orientation de l'éclairement 315
 - 1.1 La perception des signaux lumineux 315
 - 1.2 Les réactions morphogénétiques aux signaux lumineux 318

2. Le végétal perçoit l'orientation de la gravité 322
3. Le végétal perçoit la température 324
4. Le végétal perçoit le contact 325

II. LES RELATIONS DES VÉGÉTAUX**AVEC LEUR ENVIRONNEMENT BIOTIQUE 326**

1. Le végétal se défend contre les herbivores 327
 - 1.1 Les défenses directes 328
 - 1.2 Les défenses indirectes 332
2. Les relations entre le végétal et les micro-organismes 334
 - 2.1 Les relations plantes-agents pathogènes 334
 - 2.2 Les relations plantes-symbiotes 339
3. Les relations des végétaux avec pollinisateurs et disséminateurs 342
 - 3.1 L'attraction des pollinisateurs par les végétaux 342
 - 3.2 Les récompenses offertes aux pollinisateurs 345
 - 3.3 Les mécanismes et les structures complexes optimisant la pollinisation 346
 - 3.4 Les mécanismes de pollinisation détournés par les plantes ou les pollinisateurs 349
4. La compétition entre les végétaux 351

III. VERS UNE SYNTHÈSE DES RELATIONS**DES VÉGÉTAUX AVEC LEUR ENVIRONNEMENT 354**

1. Les végétaux intègrent les multiples signaux de l'environnement 354
2. Les végétaux sont en relation avec leur environnement essentiellement par voie chimique 355
3. Les relations entre les végétaux et leur environnement contribuent à structurer les communautés végétales 357

CHAPITRE 7**ADAPTATIONS****DES VÉGÉTAUX****À LEUR ENVIRONNEMENT****I. LA VIE EN ALTITUDE : UNE ASCENSION****VERS UN MILIEU DE PLUS EN PLUS CONTRAIGNANT POUR LES VÉGÉTAUX 363**

1. L'étagement de la végétation avec l'altitude 363
2. Les notions d'adaptation et d'accommodation mises en évidence par des expériences de transplantation 368
3. L'exemple d'un végétal adapté au climat alpin : la gentiane de Koch 370
4. Vers une synthèse des adaptations des végétaux en altitude 371
 - 4.1 Conserver la chaleur et se protéger du gel 371
 - 4.2 L'autotrophie à basse température 374
 - 4.3 La pérennité de l'espèce en altitude 374

II. L'ADAPTATION DES VÉGÉTAUX AUX ENVIRONNEMENTS PÉRIODIQUEMENT CONTRAIGNANTS	376
1. Les végétaux du littoral et le rythme des marées en régions tempérées.	376
1.1 <i>Les algues d'un estran rocheux</i>	377
1.2 <i>Les Angiospermes halophiles d'un estran vaseux</i>	378
2. Les végétaux terrestres et le rythme des saisons ...	384
2.1 <i>La biologie d'un arbre décadu de région tempérée à saison froide</i>	384
2.2 <i>Biologie d'une Poacée de régions subtropicales à saison humide chaude</i>	387
3. Vers une synthèse des stratégies adaptatives en relation avec le rythme des saisons	389
III. L'ADAPTATION DES VÉGÉTAUX AUX ENVIRONNEMENTS EXTRÊMEMENT CONTRAIGNANTS	391
1. La biologie d'un malacophyte : stratégie de résistance aux contraintes	391
2. La biologie d'un sclérophyte : stratégie d'endurance face aux contraintes	396
3. Vers une synthèse des stratégies adaptatives	398
IV. DES ENVIRONNEMENTS PROPICES À TOUTE VIE VÉGÉTALE, ROYAUMES DE LA COMPÉTITION ET DE LA COOPÉRATION.	400
1. La stratification de la forêt dense sempervirente	400
2. La biologie d'un épiphyte de la forêt dense sempervirente	403
3. Vers une synthèse des stratégies adaptatives	405
V. LES PAYSAGES DE LA TERRE : TÉMOINS DE L'ADAPTATION DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES AU CLIMAT.	407
1. Les paysages de la Terre varient selon la latitude	407
2. Les biomes évoluent avec le climat	407

CHAPITRE 8	
ÉVOLUTION ET CLASSIFICATION	
PHYLOGÉNÉTIQUE DES VÉGÉTAUX	
I. LES PROCESSUS DE L'ÉVOLUTION	413
1. Les facteurs de l'évolution	413
1.1 <i>Individu, population, espèce : des notions délicates à cerner chez les végétaux</i>	414
1.2 <i>La répartition des allèles dans les populations végétales : le modèle de Hardy-Weinberg</i>	416
1.3 <i>Les mutations, sources de variations génotypiques</i> ...	417
1.4 <i>La sélection naturelle et l'adaptation sont des moteurs de l'évolution</i>	418
1.5 <i>La migration et la dérive génétique</i>	421
2. Qu'est-ce qu'une espèce végétale ?	422
3. La spéciation chez les végétaux	424
3.1 <i>Spéciation sympatrique, spéciation allopatrique</i>	424
3.2 <i>Hybridation et polyploïdisation</i>	425
4. Une évolution guidée par l'être humain.	430
4.1 <i>De la domestication à la transgénèse</i>	430
4.2 <i>La transgénèse, facteur d'évolution des végétaux cultivés : ses méthodes et ses enjeux</i>	432
II. LA CLASSIFICATION DES VÉGÉTAUX	436
1. Les principes de la classification phylogénétique ...	436
2. La lignée verte ou Plantae	441
3. Les Embryophytes	444
3.1 <i>Les Marchantiophytes, les Anthocérotophytes et les Bryophytes</i>	444
3.2 <i>Les Trachéophytes ou plantes vasculaires</i>	447
3.3 <i>Les Spermatophytes ou plantes à ovules</i>	450
4. Les Angiospermes	454
4.1 <i>La phylogénie des Angiospermes</i>	454
4.2 <i>Quelques points de discussion sur la phylogénie des Angiospermes</i>	458
5. Les végétaux en dehors de la lignée verte	460
RÉPONSES	469
BIBLIOGRAPHIE	479
INDEX	485