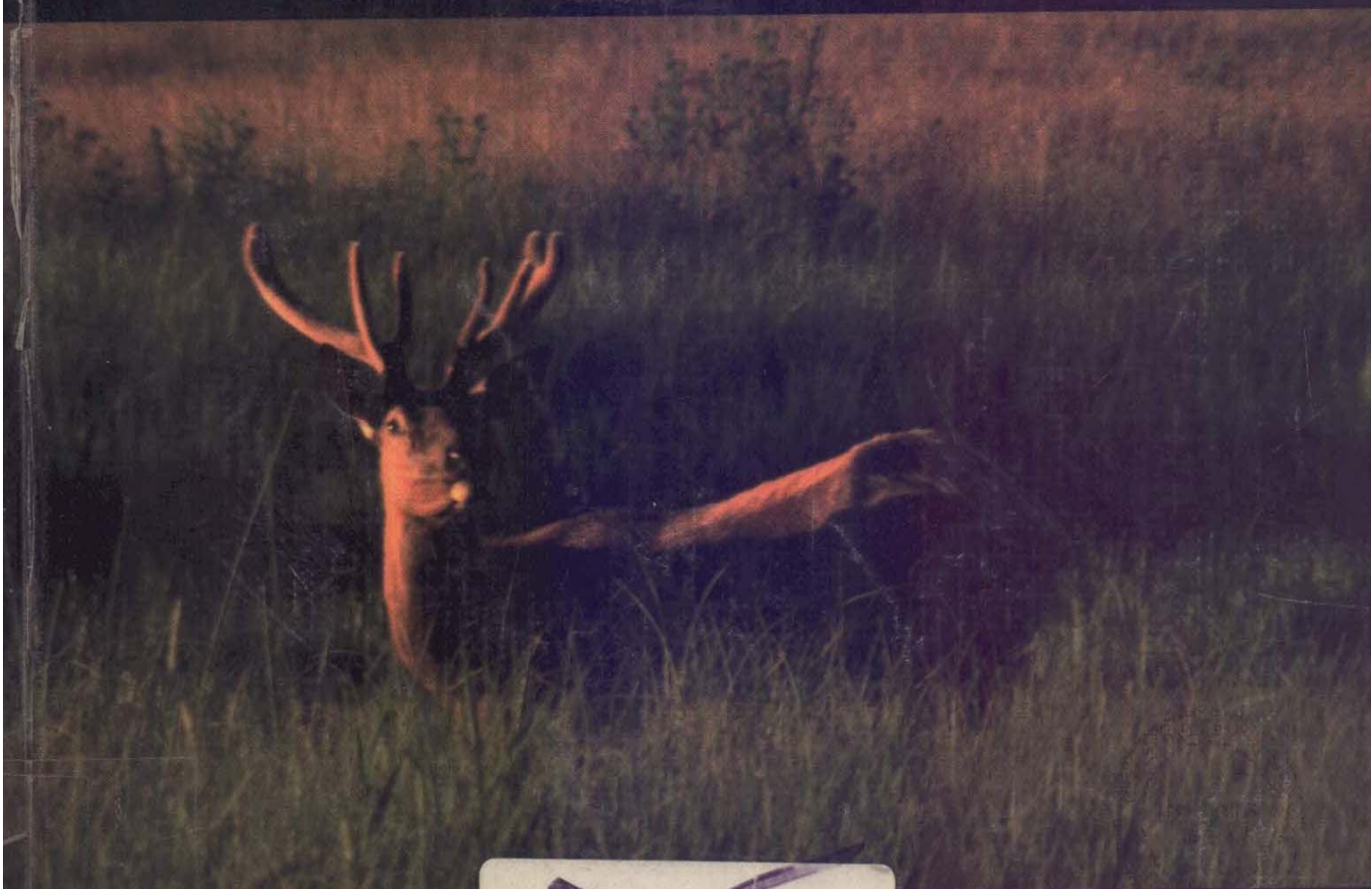


BIOLOGIE

• CAMPBELL •



D 114 184170 1

De Boeck  Université

SOMMAIRE

- 1 Introduction : thèmes pour l'étude des êtres vivants 2

PREMIÈRE PARTIE

LA CHIMIE DE LA VIE 20

- 2 Atomes, molécules et liaisons chimiques 24
- 3 La singularité vitale de l'eau 40
- 4 Carbone et diversité moléculaire 53
- 5 Structure et fonction des macromolécules 64
- 6 Introduction au métabolisme 91

DEUXIÈME PARTIE

LA CELLULE 112

- 7 Exploration de la cellule 116
- 8 Structure et fonction des membranes 151
- 9 La respiration cellulaire 173
- 10 La photosynthèse 199
- 11 La reproduction cellulaire 221

TROISIÈME PARTIE

LE GÈNE 240

- 12 La méiose et les cycles de développement sexués 244
- 13 Mendel et le concept de gène 258
- 14 Les bases chromosomiques de l'hérédité 280
- 15 Les bases moléculaires de l'hérédité 300
- 16 Du gène à la protéine 316
- 17 La génétique des Virus et des Bactéries 344
- 18 Structure et expression du génome chez les eucaryotes 372
- 19 Les manipulations génétiques 390

QUATRIÈME PARTIE

LES MÉCANISMES DE L'ÉVOLUTION 416

- 20 La « descendance modifiée » : l'évolution selon Darwin 420
- 21 L'évolution des populations 438
- 22 L'origine des espèces 456
- 23 Macroévolution et systématique 474

CINQUIÈME PARTIE

**LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE À TRAVERS
L'ÉVOLUTION 500**

- 24 La Terre primitive et l'origine de la vie 504
- 25 Les procaryotes et l'origine de la diversité métabolique 515
- 26 Les protistes et l'origine des eucaryotes 533
- 27 Les Végétaux et la colonisation de la terre ferme 559
- 28 Les Mycètes 583
- 29 Les Invertébrés et l'origine de la diversité animale 598
- 30 La généalogie des Vertébrés 635

SIXIÈME PARTIE

**ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE
VÉGÉTALES 670**

- 31 Anatomie et croissance des Végétaux 674
- 32 Le transport des nutriments chez les Végétaux 699
- 33 La nutrition chez les Végétaux 718
- 34 Reproduction et développement chez les Végétaux 734
- 35 La régulation chez les Végétaux 756

SEPTIÈME PARTIE

**ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE
ANIMALES 778**

- 36 Structure et fonction chez les Animaux : introduction 782
- 37 La nutrition chez les Animaux 794
- 38 Circulation et échanges gazeux 818
- 39 Les défenses de l'organisme 850
- 40 La régulation du milieu interne chez les Animaux 876
- 41 La régulation chimique chez les Animaux 907
- 42 La reproduction chez les Animaux 931
- 43 Le développement chez les Animaux 956
- 44 Régulation et systèmes nerveux chez les Animaux 982
- 45 Mécanismes sensoriels et moteurs chez les Animaux 1015

HUITIÈME PARTIE

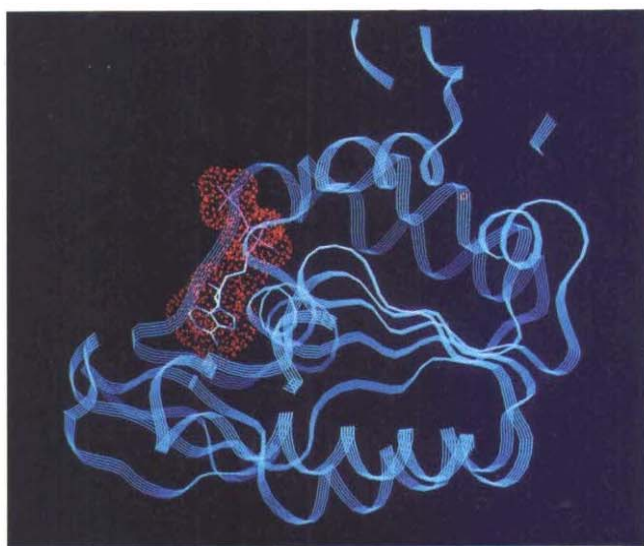
L'ÉCOLOGIE 1048

- 46 L'écologie : distribution et adaptation des organismes 1052
- 47 L'écologie des populations 1083
- 48 L'écologie des communautés 1106
- 49 La dynamique des écosystèmes 1132
- 50 Le comportement animal 1158

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION : THÈMES POUR L'ÉTUDE DES ÊTRES VIVANTS 2

- Hiérarchie de l'organisation biologique 3
- Émergence 4
- La cellule, unité fondamentale de la vie 7
- L'information génétique 8
- Corrélation entre la structure et la fonction 8
- Interaction des organismes avec leur environnement 8
- Unité dans la diversité 9
- L'évolution : un fil conducteur en biologie 10
- L'approche hypothéticodéductive de la méthode scientifique 12
- Science, technologie et société 17



PREMIÈRE PARTIE

LA CHIMIE DE LA VIE 20

Entretien avec Michel Chrétien 20

2 ATOMES, MOLÉCULES ET LIAISONS CHIMIQUES 24

- Éléments et composés de la matière 24
- Éléments essentiels à la vie 26

- Structure et comportement des atomes 27
 - Particules élémentaires 27
 - Numéro atomique et masse atomique moyenne 27
 - Isotopes 28
 - Niveaux énergétiques 30
 - Orbitales électroniques 31
 - Configuration électronique et propriétés chimiques 31
- Liaisons chimiques et molécules 32
 - Liaison covalente 33
 - Liaison ionique 35
 - Liaison hydrogène 36
 - Importance biologique des liaisons faibles 36
- Réactions chimiques 36
- La Terre primitive : un milieu chimiquement propice à l'apparition de la vie 37
- Techniques : L'utilisation de traceurs radioactifs en biologie 29

3 LA SINGULARITÉ VITALE DE L'EAU 40

- Molécules d'eau et liaison hydrogène 40
- Quelques propriétés extraordinaires de l'eau 41
 - L'eau liquide a un pouvoir de cohésion 41
 - L'eau a une chaleur spécifique élevée 41
 - L'eau a une chaleur de vaporisation élevée 43
 - L'eau se dilate quand elle gèle 43
 - L'eau : un solvant incomparable 44
- Solutions aqueuses 45
 - Concentration des solutés 46
 - Acides, bases et pH
- Précipitations acides : perturbation de l'environnement 48

4 CARBONE ET DIVERSITÉ MOLÉCULAIRE 53

- Origine de la chimie organique 53
- La souplesse du carbone dans l'architecture moléculaire 55
- Variations dans les chaînes carbonées 55
 - Isomères 56
- Groupements fonctionnels 58
 - Groupement hydroxyle 58
 - Groupement carbonyle 58
 - Groupement carboxyle 58
 - Groupement amine 59
 - Groupement thiol 61
 - Groupement phosphate 61
- Les éléments chimiques de la vie 61

5 STRUCTURE ET FONCTION DES MACROMOLÉCULES 64

Macromolécules 64

Macromolécules et diversité des êtres vivants 64

Synthèse et dégradation des macromolécules 65

Glucides 66

Monosaccharides 66

Disaccharides 66

Polysaccharides 66

Lipides 69

Graisses 69

Phosphoglycérolipides 71

Stéroïdes 73

Protéines 73

Acides aminés 73

Chaînes polypeptidiques 74

Conformation des protéines 74

Niveaux d'organisation structurale des protéines 77

Facteurs déterminant la conformation 79

Acides nucléiques 80

Fonctions des acides nucléiques 81

Nucléotides 81

Polynucléotides 83

La double hélice : une introduction 83

ADN et protéines : reflets de l'évolution 83

Techniques : Modèles moléculaires et infographie 85

6 INTRODUCTION AU MÉTABOLISME 91

Aperçu du réseau métabolique cellulaire 91

Énergie : quelques principes de base 92

Formes d'énergie 92

Transformations énergétiques 92

Les principes de la thermodynamique 93

L'énergie libre détermine le sens des réactions chimiques 95

L'énergie chimique et la vie 96

ATP et travail cellulaire 98

Structure et hydrolyse de l'ATP 98

Comment l'ATP produit du travail 99

Régénération de l'ATP 99

Déséquilibre métabolique 99

Enzymes 100

Enzymes et abaissement de l'énergie d'activation 100

Spécificité des enzymes 102

Cycle catalytique des enzymes 102

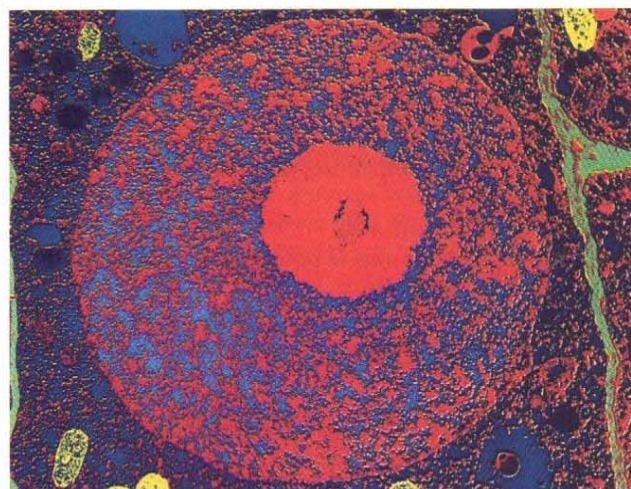
Facteurs influant sur l'activité enzymatique 104

Régulation du métabolisme 106

Rétro-inhibition 106

Organisation cellulaire et métabolisme 107

L'émergence en rappel 107



DEUXIÈME PARTIE

LA CELLULE 112

Entretien avec Rosemonde Mandeville 112

7 EXPLORATION DE LA CELLULE 116

Techniques permettant l'étude de la cellule 115

Microscopie 117

Fractionnement cellulaire 121

Survol de l'organisation cellulaire 122

Cellules procaryotes et eucaryotes 122

Taille des cellules 123

Importance de la compartimentation 123

Noyau 127

Ribosomes 128

Réseau intracellulaire de membranes 129

Réticulum endoplasmique 129

Appareil de Golgi 131

Lysosomes 132

Vacuoles 133

Résumé des relations entre les membranes internes 134

Peroxisomes 135

Conversion de l'énergie par les mitochondries et les chloroplastes 135

Mitochondries 136

Chloroplastes 136

Cytosquelette 137

Microtubules 139

Microfilaments et mouvement 141

Filaments intermédiaires 142

Surface cellulaire 143

Paroi cellulaire 143

Glycocalyx des cellules animales 144

Jonctions intercellulaires 144

La cellule : une entité supérieure à la somme de ses parties 144

8 STRUCTURE ET FONCTION DES MEMBRANES 151

Modèles de la structure membranaire 151

Deux générations de modèles de la membrane : la méthode scientifique à l'œuvre 151

Le modèle de la mosaïque fluide :
étude détaillée 153
Perméabilité sélective 157
Transport de substances
non macromoléculaires 158
Diffusion et transport passif 158
Osmose 160
Transport actif 164
Transport des ions et potentiel de membrane 164
Cotransport 166
Transport des macromolécules et des particules 166
Techniques : Cryofracture et cryodécapage 154

9 LA RESPIRATION CELLULAIRE 173

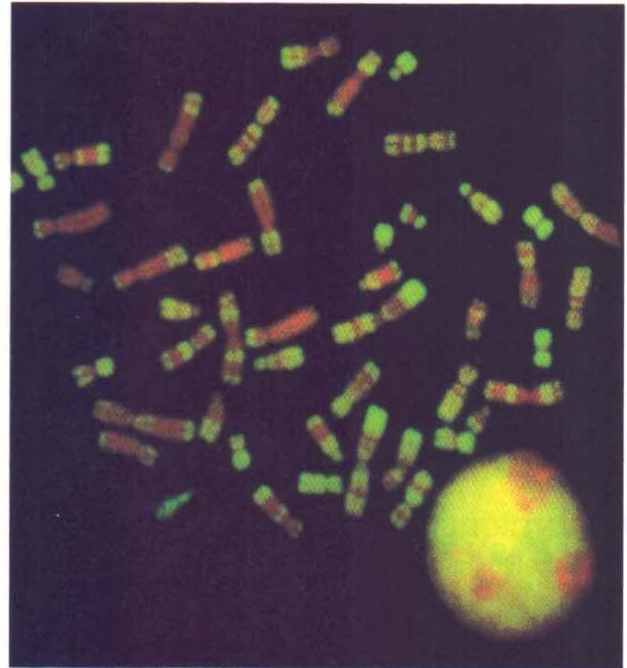
ATP et travail cellulaire : révision 174
Oxydoréduction et respiration 174
Introduction aux réactions
d'oxydoréduction 174
Respiration et fermentation : des réactions
séquentielles d'oxydoréduction 175
Caractéristiques générales de la respiration
cellulaire aérobie 179
Glycolyse 179
Cycle de Krebs 182
Chaîne de transport d'électrons et phosphorylation
oxydative 184
Chaîne de transport d'électrons 184
Couplage du flux d'électrons à la synthèse
de l'ATP : chimiosmose 186
Résumé de la respiration cellulaire 189
Fermentation 190
Comparaison entre le catabolisme aérobie et
le catabolisme anaérobie 192
Importance de la glycolyse dans l'évolution 192
Catabolisme des molécules non glycosidiques 193
Biosynthèse 193
Régulation de la respiration cellulaire 194

10 LA PHOTOSYNTHÈSE 199

Le chloroplaste : site de la photosynthèse 200
Aperçu de la photosynthèse 201
Scission de la molécule d'eau 202
Photosynthèse et oxydoréduction 203
Les deux phases de la photosynthèse 203
Réactions photochimiques 204
Nature de la lumière 204
Pigments photosynthétiques 204
Photo-oxydation de la chlorophylle 206
Photosystèmes 207
Transport cyclique d'électrons 208
Transport non cyclique d'électrons 209
Révision : comparaison de la chimiosmose dans
les chloroplastes et les mitochondries 210
Facteurs externes influant sur la photosynthèse 211
Fixation du carbone ou cycle de Calvin 212
Photorespiration 212
Plantes de type C_4 214
Plantes de type CAM 215
Le sort des produits de la photosynthèse 215
Techniques : Détermination du spectre d'absorption 206

11 LA REPRODUCTION CELLULAIRE 221

Reproduction bactérienne 222
Chromosomes eucaryotes : introduction 222
Caractéristiques générales du cycle cellulaire 224
Mécanisme de la division cellulaire 224
Structure et fonction du fuseau de division 224
Mécanisme de la cytokinèse 225
Régulation de la division cellulaire 229
Techniques : Culture cellulaire 234



TROISIÈME PARTIE

LE GÈNE 240

Entretien avec David Suzuki 240

12 LA MÉIOSE ET LES CYCLES

DE DÉVELOPPEMENT SEXUÉS 244

Gènes, ADN et chromosomes : bref survol 244
Comparaison entre la reproduction asexuée
et la reproduction sexuée 245
Le cycle de développement d'un organisme sexué :
exemple de l'espèce humaine 246
Diversité des cycles de développement sexués 248
Méiose 251
Comparaison entre la mitose et la méiose 253
La reproduction sexuée, source de variation
génétique 253
Assortiment indépendant des chromosomes 253
Enjambement 254
Fécondation aléatoire 255
Variation génétique et évolution 255
Techniques : Préparation d'un caryotype 247

13 MENDEL ET LE CONCEPT DE GÈNE 258

Le modèle mendélien : la démarche scientifique à l'œuvre 258

Approche expérimentale de Mendel 259

Loi mendélienne de ségrégation 260

L'hérédité, jeu de hasard 263

Loi mendélienne d'assortiment indépendant des caractères 264

Généralisation des lois de la génétique mendélienne 267

Dominance incomplète 267

Qu'est-ce qu'un allèle dominant ? 268

Allèles multiples 269

Pléiotropie 269

Épistasie 269

Hérédité polygénique 270

Hérédité et environnement : l'influence du milieu sur le phénotype 270

L'hérédité mendélienne chez l'Humain 271

Lignages humains 272

Maladies héréditaires récessives 272

Maladies héréditaires dominantes 274

Dépistage et conseil génétique 274

Maladies plurifactorielles 276

14 LES BASES CHROMOSOMIQUES DE L'HÉRÉDITÉ 280

Théorie chromosomique de l'hérédité 280

Morgan et ses expériences sur la Drosophile 280

Gènes liés 283

Bases chromosomiques de la recombinaison 284

Recombinaison de gènes non liés :

l'assortiment indépendant 284

Recombinaison de gènes liés : l'enjambement 285

Cartes génétiques établies à partir de données relatives aux enjambements 285

Chromosomes sexuels et hérédité liée au sexe 287

Bases chromosomiques du sexe

chez l'Humain 288

Maladies liées au sexe chez l'Humain 289

Inactivation d'un chromosome X

chez les femelles 289

Aberrations chromosomiques 290

Modifications du nombre de chromosomes 290

Modifications de la structure

des chromosomes 292

Maladies humaines résultant d'aberrations chromosomiques 292

Empreinte des parents sur les gènes 295

Hérédité extranucléaire 296

15 LES BASES MOLÉCULAIRES DE L'HÉRÉDITÉ 300

À la recherche du matériel génétique : la démarche scientifique à l'œuvre 300

Preuve que l'ADN peut transformer des Bactéries 301

Preuve que l'ADN viral peut programmer des cellules 302

Preuves supplémentaires que l'ADN compose le matériel génétique des cellules 302

Découverte de la double hélice 303

Réplication de l'ADN : concept de base 306

Réplication de l'ADN : approfondissement 308

Point de départ : les origines de réplication 309

Élongation d'un nouveau brin d'ADN 309

Correction d'épreuve 312

Réparation de l'ADN 313

16 DU GÈNE À LA PROTÉINE 316

Preuve que les gènes régissent la production de protéines 316

Comment les gènes régissent le métabolisme 317

Un gène – un polypeptide 317

Synthèse des protéines : caractéristiques générales 317

Le code génétique 319

Signification évolutionniste de la quasi-universalité du code génétique 322

Transcription 322

Liaison de l'ARN polymérase et initiation de la transcription 323

Élongation du brin d'ADN 324

Terminaison de la transcription 324

Traduction 324

ARN de transfert 325

Aminoacyl-ARN synthétases 326

Ribosomes 326

Fabrication d'un polypeptide 327

Polyribosomes 330

Du polypeptide à la protéine fonctionnelle 330

Ciblage des protéines 331

Synthèse des protéines chez les procaryotes et les eucaryotes : comparaison et révision 331

Maturation de l'ARN chez les eucaryotes 332

Modification des extrémités de l'ARN prémessager 332

Épissage de l'ARN 333

Les mutations et leurs conséquences sur les protéines 335

Catégories de mutations 336

Mutagenèse 336

Qu'est-ce qu'un gène ? 338

Techniques : Test de Ames 339

17 LA GÉNÉTIQUE DES VIRUS ET DES BACTÉRIES 344

La découverte des Virus 344

Structure et réplication des Virus : caractéristiques générales 345

Génomes viraux 345

Capsides et enveloppes 345

Réplication des Virus : l'infection virale 346

Virus bactériens 347

Cycle lytique 348

Lysogénisation 349

Virus animaux 350

Cycles de réplication des Virus animaux 350

Infections virales chez les Animaux 352

Virus et cancer 353
 Virus végétaux et Viroïdes 354
 Origine et évolution des Virus 354
 Génomes bactériens : réplication et mutation 355
 Recombinaison génétique et transfert de gènes
 chez les Bactéries 356
 Transformation 357
 Transduction 357
 Conjugaison et plasmides 357
 Transposons 361
 Régulation de l'expression génique
 chez les procaryotes 362
 Opérons : concept de base 363
 Enzymes répressibles et enzymes inductibles :
 deux types de régulation génique négative 364
 La CAP : exemple de régulation génique
 positive 366

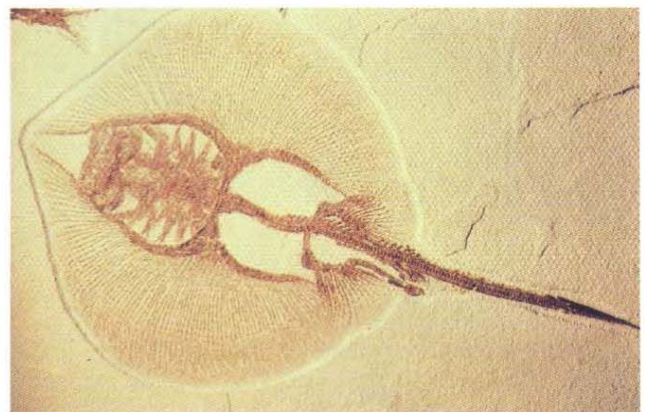
18 STRUCTURE ET EXPRESSION DU GÉNOME CHEZ LES EUCARYOTES 372

Structure du génome à l'échelle microscopique 373
 Nucléosomes, ou « colliers de perles » 373
 Niveaux supérieurs de condensation
 de l'ADN 373
 Structure du génome à l'échelle moléculaire 375
 Séquences répétitives 375
 Familles multigéniques 351
 Structure d'un gène typique d'eucaryote :
 révision 376
 Agencement des gènes régis en coordination 378
 Flexibilité du génome 378
 Amplification génique et perte sélective
 de gènes 378
 Méthylation de l'ADN 378
 Remaniements du génome 378
 Régulation de l'expression génique 380
 Régulation de l'expression génique au cours
 de la transcription 380
 Régulation de l'expression génique après
 la transcription 381
 Rôle des petites molécules dans la régulation
 de l'expression génique chez les eucaryotes 383
 Les anneaux de Balbiani : preuve du rôle
 régulateur des hormones stéroïdes chez
 les Insectes 383
 Action des hormones stéroïdes chez
 les Vertébrés 383
 Expression génique et cancer 384

19 LES MANIPULATIONS GÉNÉTIQUES 390

Principales stratégies de manipulation et d'analyse
 des gènes 391
 ADN recombiné et clonage de gènes 391
 Synthèse et séquençage de l'ADN 399
 Amplification de l'ADN par la réaction
 en chaîne de la polymérase (PCR) 399
 Analyse des RFLP 402
 Applications du génie génétique et
 des biotechnologies 404
 Le génie génétique en recherche
 fondamentale 404

Le programme Génome Humain 405
 Applications médicales des découvertes
 du génie génétique 405
 Applications des manipulations génétiques
 en médecine légale 409
 Applications des manipulations génétiques
 en agriculture 410
 Questions de sécurité et d'éthique 412
 Techniques : Électrophorèse sur gel
 de macromolécules 396
 Techniques : Séquençage de l'ADN par la méthode
 Sanger 400
 Techniques : Réaction en chaîne de la polymérase
 (PCR) 401
 Techniques : Analyse des RFLP 402
 Techniques : Arpentage chromosomique 406



QUATRIÈME PARTIE

LES MÉCANISMES DE L'ÉVOLUTION 416

Entretien avec Ernst Mayr 416

20 LA « DESCENDANCE MODIFIÉE » : L'ÉVOLUTION SELON DARWIN 420

Avant Darwin 420
 Échelle de la nature et théologie naturelle 421
 Cuvier et le catastrophisme 422
 Le gradualisme en géologie 423
 La théorie de l'évolution de Lamarck 423
 Origine du darwinisme 424
 Le voyage du *Beagle* 424
 Darwin élabore sa théorie 425
 Les deux volets du darwinisme 426
 Ascendance commune 426
 Sélection naturelle et adaptation 426
 Les signes de l'évolution 430
 Biogéographie 430
 Archives géologiques 431
 Taxinomie 431
 Anatomie comparée 431
 Embryologie comparée 432
 Biologie moléculaire 433
 Seulement une théorie ? 433

21 L'ÉVOLUTION DES POPULATIONS 438

- Théorie synthétique de l'évolution 438
- Génétique des populations 439
 - Patrimoine génétique d'une population et microévolution 439
 - Loi de Hardy-Weinberg 439
- Causes de la microévolution 442
 - Dérive génétique 442
 - Flux génétique 444
 - Mutation 444
 - Accouplement non aléatoire 444
 - Sélection naturelle 445
- Fondements génétiques de la variation 445
 - Nature et étendue de la variation génétique dans les populations et entre elles 445
 - Facteurs de la variation génétique 446
 - Maintien de la variation génétique 447
 - La variation génétique est-elle toujours adaptative ? 449
- Évolution adaptative 449
 - Valeur adaptative 450
 - Sur quoi la sélection agit-elle ? 450
 - Modes de sélection naturelle 451
 - Sélection sexuelle 451
 - L'évolution produit-elle des organismes parfaits ? 452

22 L'ORIGINE DES ESPÈCES 456

- Le problème de l'espèce 456
 - Les deux conceptions de l'espèce 457
 - Limites de la définition biologique de l'espèce 458
- Isolement reproductif 459
 - Isolement reproductif prézygotique 459
 - Isolement reproductif postzygotique 461
 - Introgression 461
- Biogéographie de la spéciation 462
 - Spéciation allopatrique 462
 - Spéciation sympatrique 465
- Mécanismes génétiques de la spéciation 467
 - Spéciation par divergence 467
 - Spéciation par oscillation 468
 - Quelle ampleur doit avoir le changement génétique pour permettre la spéciation ? 469
- Gradualisme et théorie des équilibres ponctués 469

23 MACROÉVOLUTION ET SYSTÉMATIQUE 474

- Les archives géologiques 474
 - Formation des fossiles 475
 - Limites des archives géologiques 475
 - Fossiles et temps géologiques 475
- Mécanismes de la macroévolution 477
 - Origine des innovations évolutives 478
 - Difficultés inhérentes à l'interprétation des tendances évolutives 481
 - Dérive des continents et biogéographie de la macroévolution 484

- Ponctuations dans l'histoire de la diversité biologique 485
- Systématique et reconstitution de la phylogénèse 489
 - Taxinomie 489
 - Distinction entre homologie et analogie 490
 - Systématique moléculaire 491
 - Écoles de taxinomie 494
- Faut-il une nouvelle théorie synthétique de l'évolution ? 495
- Techniques : Datation radioactive 479



CINQUIÈME PARTIE

LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE À TRAVERS L'ÉVOLUTION 500

Entretien avec Stephen J. Gould 500

24 LA TERRE PRIMITIVE ET L'ORIGINE DE LA VIE 504

- Antiquité de la vie 505
- Origine de la vie 506
 - Synthèse abiotique de monomères organiques 507
 - Synthèse abiotique de polymères 508
 - Formation des protobiontes 508
 - Origine de l'information génétique 509
 - Autres points de vue 511
- Règnes du vivant 512

25 LES PROCARYOTES ET L'ORIGINE DE LA DIVERSITÉ MÉTABOLIQUE 515

- Structure et fonction des procaryotes 516
 - Morphologie des procaryotes 516
 - Surface de la cellule 516
 - Mobilité des procaryotes 518

- Présence de membranes internes chez certains procaryotes 519
- Génome procaryote 519
- Croissance, reproduction et échange génétique 520
- Diversité métabolique 521
- Diversité des procaryotes 522
 - Archæobactéries 523
 - Eubactéries 523
- Origine de la diversité métabolique des procaryotes 524
 - Origine de la glycolyse 524
 - Origine des chaînes de transport d'électrons et de la chimiosmose 524
 - Origine de la photosynthèse 524
 - Cyanobactéries, révolution de l'oxygène et origine de la respiration cellulaire 525
- Importance des procaryotes 528
 - Procaryotes et cycles biogéochimiques 528
 - Bactéries symbiotiques 528
 - Bactéries et maladies 528
 - Exploitation des Bactéries 529
- Techniques : Coloration de Gram 517

26 LES PROTISTES ET L'ORIGINE

- DES EUCARYOTES 533
- Caractéristiques des Protistes 533
- Origine des eucaryotes 534
 - Hypothèses sur l'origine des eucaryotes 535
- Frontières du règne des Protistes 536
- Protozoaires 537
 - Rhizopodes 537
 - Actinopodes 537
 - Foraminifères 538
 - Apicomplexes 538
 - Zoomastigophores 539
 - Ciliophores 539
- Algues 539
 - Pyrrhophytes 542
 - Chrysophytes 542
 - Bacillariophytes 543
 - Euglénophytes 544
 - Chlorophytes 545
 - Adaptation des Algues marines au cours de l'évolution 547
 - Phéophytes 549
 - Rhodophytes 549
 - Origine de la diversité chez les Algues 550
- Protistes fongiformes 551
 - Myxomycètes 551
 - Acrasiomycètes 551
 - Oomycètes 552
 - Chytridiomycètes 553
- Origine de l'organisation pluricellulaire 554

27 LES VÉGÉTAUX ET LA COLONISATION DE LA TERRE FERME 559

- Introduction au règne végétal 559
- Caractéristiques générales des Végétaux 559
- Vue d'ensemble du cycle de développement des Végétaux 560

- Points saillants dans l'évolution des Végétaux 560
- Classification des Végétaux 561
- Passage à la terre ferme 561
 - L'Algue verte, ancêtre probable des Végétaux 561
- Sous-règne des Invasculaires : embranchement des Bryophytes 562
- Adaptations terrestres des Vasculaires 563
- Sous-règne des Vasculaires : les premières Vasculaires 565
- Embranchement des Ptéridophytes : Vasculaires sans graines 566
 - Classe des Psilotinées 566
 - Classe des Lycopodinées 566
 - Classe des Équisétinées 567
 - Classe des Filicinées 567
 - Forêts du Carbonifère 568
- Embranchement des Spermatophytes : Vasculaires à graines 569
- Gymnospermes 570
 - Classe des Conifères 571
 - Évolution des Gymnospermes 572
- Angiospermes 572
 - Fleur 574
 - Fruit 575
 - Cycle de développement des Angiospermes 576
 - Évolution des Angiospermes 577
 - Relations entre les Angiospermes et les Animaux 577
 - Angiospermes et agriculture 578
- Importance de la diversité des Végétaux 579

28 LES MYCÈTES 583

- Caractéristiques des Mycètes 583
 - Nutrition et habitat des Mycètes 583
 - Structure des Mycètes 584
 - Croissance et reproduction des Mycètes 585
- Diversité des Mycètes 585
 - Embranchement des Zygomycètes 585
 - Embranchement des Ascomycètes 587
 - Embranchement des Basidiomycètes 588
- Mode de vie de certains Mycètes 590
 - Moisissures 590
 - Levures 591
 - Lichens 592
 - Mycorhizes 593
- Importance écologique des Mycètes 593
 - Mycètes saprophytes 593
 - Mycètes destructeurs 594
 - Mycètes pathogènes 594
 - Mycètes comestibles 594
- Évolution des Mycètes 595

29 LES INVERTÉBRÉS ET L'ORIGINE DE LA DIVERSITÉ ANIMALE 598

- Définition de l'organisme animal 598
- Clés pour comprendre la phylogénèse animale 599
 - Principales ramifications du règne animal 599
 - Développement et symétrie corporelle 600
 - Protostomiens et Deutérostomiens 601

Parazoaires	603
Embranchement des Spongiaires	603
Eumétazoaires	604
Radiaires	604
Embranchement des Cnidaires	604
Embranchement des Cténaires	608
Artiozoaires : Acéelomates	608
Embranchement des Plathelminthes	608
Embranchement des Némertes	609
Artiozoaires : Pseudocéelomates	610
Embranchement des Rotifères	610
Embranchement des Nématelminthes	611
Artiozoaires : Protostomiens	611
Embranchement des Mollusques	612
Embranchement des Annélides	615
Embranchement des Arthropodes	618
Artiozoaires : Deutérostomiens	627
Lophophoriens	627
Embranchement des Échinodermes	627
Embranchement des Cordés	629
Origine et diversification des Animaux	630

30 LA GÉNÉALOGIE DES VERTÉBRÉS 635

Embranchement des Cordés	635
Caractéristiques des Cordés	635
Sous-embranchement des Procordés	636
Classe des Céphalocordés	636
Classe des Urocordés	637
Sous-embranchement des Vertébrés	637
Caractéristiques des Vertébrés	638
Classe des Agnathes	640
Classe des Placodermes	641
Classe des Chondrichthyens	641
Classe des Ostéichthyens	643
Classe des Amphibiens	645
Premiers Amphibiens	645
Amphibiens modernes	646
Classe des Reptiles	648
Caractéristiques des Reptiles	648
Âge des Reptiles	648
Reptiles contemporains	650
Classe des Oiseaux	651
Caractéristiques des Oiseaux	651
Origine des Oiseaux	653
Oiseaux modernes	653
Classe des Mammifères	653
Caractéristiques des Mammifères	653
Évolution des Mammifères	655
Monotrèmes	656
Marsupiaux	656
Placentaires	656
Ancêtres de l'Humain	657
Tendances évolutives des Primates	657
Primates modernes	657
Apparition du genre humain	660



SIXIÈME PARTIE

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES 666

Entretien avec Virginia Walbot 666

31 ANATOMIE ET CROISSANCE DES VÉGÉTAUX 674

Introduction à la biologie végétale	674
Morphologie des Angiospermes :	
optique évolutionniste	676
Système racinaire	676
Système caulinaire	679
Cellules et tissus végétaux	681
Types de cellules végétales	682
Les trois catégories de tissus différenciés d'une Plante	685
Croissance des Végétaux	686
Croissance primaire	687
Croissance primaire des racines	687
Croissance primaire des pousses	689
Croissance secondaire	693
Croissance secondaire des tiges	693
Croissance secondaire des racines	694

32 LE TRANSPORT DES NUTRIMENTS CHEZ LES VÉGÉTAUX 699

Mécanismes de transport chez les Végétaux	699
Transport au niveau cellulaire	699
Transport radial dans les tissus et les organes	704
Transport vertical dans l'ensemble de la Plante	704
Absorption de l'eau et des minéraux par les racines	704
Montée de la sève brute dans le xylème	706
Poussée exercée par la pression racinaire sur la sève brute du xylème	706
Effet aspirant du mécanisme de transpiration-cohésion-tension sur la sève brute du xylème	706
Transport à distance de l'eau grâce au courant de masse engendré par l'énergie solaire	708

- Régulation de la transpiration 708
 - Compromis entre la photosynthèse et la transpiration 708
 - Ouverture et fermeture des stomates 709
 - Adaptations évolutives réduisant la transpiration 710
- Transport de la sève élaborée dans le phloème 712
 - Transport d'un organe source à un organe cible 712
 - Remplissage et vidange du phloème 713
 - Courant de masse de la sève élaborée dans le phloème 714
- Techniques : Enregistrement du transport ionique membranaire 711*

33 LA NUTRITION CHEZ LES VÉGÉTAUX 718

- Besoins nutritifs des Végétaux 718
 - Composition chimique des Végétaux 718
 - Éléments essentiels 719
 - Carences en minéraux 720
- Sol 722
 - Texture et composition des sols 722
 - Disponibilité de l'eau et des minéraux du sol 723
 - Exploitation du sol 724
- Assimilation de l'azote par les Végétaux 725
 - Fixation de l'azote 726
 - Fixation symbiotique d'azote 726
 - Amélioration du rendement protéique des cultures 728
- Adaptations nutritives propres à certains Végétaux 729
 - Plantes parasites 729
 - Plantes carnivores 730
 - Mycorhizes 730
- Techniques : Identification des éléments essentiels par la culture hydroponique 720*

34 REPRODUCTION ET DÉVELOPPEMENT CHEZ LES VÉGÉTAUX 734

- Reproduction sexuée des Angiospermes 734
 - Le cycle de développement des Angiospermes : caractéristiques générales 735
 - Fleurs 736
 - Grain de pollen 738
 - Ovule 738
 - Pollinisation et fécondation 739
 - Graine 740
 - Fruit 741
 - Germination 742
- Reproduction asexuée 744
 - Mécanismes naturels de multiplication végétative 744
 - Multiplication végétative en agriculture 744
- Comparaison entre la reproduction sexuée et la reproduction asexuée :
 - optique évolutionniste 747
- Aspects cellulaires du développement des Végétaux 748
 - Développement des Végétaux : caractéristiques générales 748
 - Différenciation cellulaire 750

- Champs morphogénétiques et information de positionnement 751
- Mutations homéotiques au cours du développement des fleurs : à la recherche du fondement génétique des champs morphogénétiques 752

35 LA RÉGULATION CHEZ LES VÉGÉTAUX 756

- À la recherche d'une hormone végétale : la démarche scientifique à l'œuvre 756
- Fonctions des hormones végétales 757
 - Auxines 759
 - Cytokinines 761
 - Gibbérellines 761
 - Acide abscissique 763
 - Éthylène 764
- Mouvements des Végétaux 765
 - Tropismes 765
 - Mouvements issus d'une variation de turgescence 766
- Rythmes circadiens et horloge biologique 768
- Photopériodisme 769
 - Régulation photopériodique de la floraison 769
 - Phytochrome 770
 - Rôle de l'horloge biologique dans le photopériodisme 772
- Circulation de l'information dans les cellules végétales 772



SEPTIÈME PARTIE

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES 778

Entretien avec Lise Thibodeau 778

36 STRUCTURE ET FONCTION CHEZ LES ANIMAUX : INTRODUCTION 782

- Niveaux d'organisation structurale 782
 - Tissus animaux 783
 - Organes et systèmes 787
- Taille, morphologie et milieu externe 787
- Milieu interne de l'Animal 789

37 LA NUTRITION CHEZ LES ANIMAUX 794

- Régimes alimentaires et types d'ingestion 794
- Digestion : introduction à une étude comparée 795
 - Hydrolyse enzymatique 796
 - Digestion intracellulaire dans les vacuoles digestives 796
 - Digestion dans les cavités gastrovasculaires 797
 - Digestion dans le tube digestif 798
- Système digestif des Mammifères 799
 - Cavité orale 798
 - Pharynx 800
 - Œsophage 800
 - Estomac 800
 - Intestin grêle 802
 - Gros intestin 806
- Adaptations évolutives des systèmes digestifs chez les Vertébrés 807
- Besoins nutritionnels 808
 - La nourriture, source d'énergie 808
 - La nourriture, source de matières premières 811
 - Nutriments essentiels 811
- Techniques : Mesure de la vitesse du métabolisme 810*

38 CIRCULATION ET ÉCHANGES

- GAZEUX 818**
- Transport interne chez les Invertébrés 819
 - Cavité gastrovasculaire 819
 - Systèmes circulatoires ouvert et clos 819
- Circulation chez les Vertébrés 820
 - Systèmes circulatoires chez les Vertébrés : perspective évolutionniste 821
 - Cœur 822
 - Circulation sanguine 825
 - Échange capillaire 828
 - Système lymphatique 829
- Sang mammalien 830
 - Plasma 830
 - Cellules sanguines 830
 - Coagulation 832
- Maladies cardiovasculaires 832
- Échanges gazeux chez les Animaux 835
 - Problèmes généraux d'échanges gazeux 835
 - Organes respiratoires : structure et fonction générales 836
 - Branchies : adaptations respiratoires des Animaux aquatiques 837
 - Trachées : adaptations respiratoires des Insectes 838
 - Poumons : adaptations respiratoires des Vertébrés terrestres 839
- Techniques : Mesure de la pression artérielle 827*

39 LES DÉFENSES DE L'ORGANISME 850

- Mécanismes de défense non spécifiques 850
 - Peau et muqueuses 851
 - Phagocytes et lymphocytes T cytotoxiques 851
 - Protéines antimicrobiennes 852
 - Réaction inflammatoire 852
- Système immunitaire et défenses spécifiques : quelques notions fondamentales 854

- Caractéristiques fondamentales du système immunitaire 854
- Comparaison entre immunité active et immunité passive 855
- La défense double du système immunitaire : aperçu de la réponse humorale et de la réponse à médiation cellulaire 855
- Fondement moléculaire de la spécificité antigène-anticorps 856
- Sélection clonale : fondement cellulaire de la spécificité et de la diversité immunitaires 858
- Fondement cellulaire de la mémoire immunitaire 859
- Constitution de l'autotolérance 860
- Réaction immunitaire humorale 860
 - Activation des lymphocytes B 860
 - Fonctionnement des anticorps 862
 - Anticorps monoclonaux 863
- Réaction immunitaire à médiation cellulaire 863
- Système du complément : une composante des défenses spécifiques et non spécifiques 866
- Soi et non-soi : quelques applications 868
 - Groupes sanguins 868
 - Greffes de tissus et transplantations d'organes 869
- Troubles du système immunitaire 869
 - Maladies auto-immunes 869
 - Allergies 869
 - Immunodéficience 870
 - Syndrome d'immunodéficience acquise (sida) 871
- Immunité chez les Invertébrés 872
- Techniques : Production d'anticorps monoclonaux à l'aide d'hybridomes 864*

40 LA RÉGULATION DU MILIEU INTERNE CHEZ LES ANIMAUX 876

- Osmorégulation 877
 - Osmolarité et osmorégulateurs 877
 - Problèmes d'osmorégulation dans divers milieux 877
 - Épithéliums de transport et osmorégulation 880
- Systèmes excréteurs des Invertébrés 881
 - Protonéphridie : système à cellule-flamme des Vers plats 881
 - Métanéphridies des Vers de terre 882
 - Tubes de Malpighi des Insectes 882
- Rein des Vertébrés 883
 - Anatomie du système excréteur 883
 - Structure du néphron 885
 - Physiologie générale du néphron 885
 - Propriétés de transport du tubule rénal 887
 - Comment le rein du Mammifère conserve l'eau 889
 - Régulation des reins 890
 - Physiologie comparée du rein 890
- Déchets azotés 890
 - Ammoniac 893
 - Urée 893
 - Acide urique 894
- Régulation de la température corporelle 894

- Production de chaleur et transfert de la chaleur entre les organismes et leur milieu 894
- Ectothermes et endothermes 895
- Thermorégulation chez les Mammifères terrestres 896
- Adaptation de la thermorégulation chez les autres Animaux 897
- Acclimatation à la température 902
- Torpeur 902
- Interaction entre les systèmes de régulation 903

41 LA RÉGULATION CHIMIQUE CHEZ LES ANIMAUX 907

- Principaux messagers chimiques 907
 - Hormones 908
 - Phéromones 909
 - Régulateurs locaux 909
- Mécanismes d'action hormonale à l'échelle cellulaire 910
 - Hormones stéroïdes et expression génique 911
 - Hormones dérivées d'acides aminés et seconds messagers 912
- Hormones des Invertébrés 915
- Système endocrinien des Vertébrés 917
 - Hypothalamus et hypophyse 917
 - Glande thyroïde 921
 - Glandes parathyroïdes 922
 - Pancréas 923
 - Glandes surrénales 925
 - Corticosurrénales 925
 - Gonades 926
 - Autres organes endocriniens 926
- Glandes endocrines et système nerveux 927

42 LA REPRODUCTION CHEZ LES ANIMAUX 931

- Modes de reproduction 931
 - Reproduction asexuée 931
 - Reproduction sexuée 932
 - Cycles reproducteurs et types de reproduction 932
- Mécanismes de reproduction sexuée 934
 - Modes de fécondation et de développement 934
 - Diversité des systèmes reproducteurs 935
- Reproduction chez les Mammifères 936
 - Anatomie du système reproducteur chez l'Humain 937
 - Régulation hormonale de la fonction de reproduction chez les Mammifères 940
 - Formation des gamètes (gamétogenèse) 945
 - Maturation sexuelle 947
 - Physiologie sexuelle de l'Humain 947
 - Conception, grossesse et naissance 947
 - Nouvelles techniques de procréation 953

43 LE DÉVELOPPEMENT CHEZ LES ANIMAUX 956

- Processus de développement : caractéristiques générales 956
- Fécondation 957

- Réaction acrosomiale 957
- Réaction corticale 958
- Activation de l'ovocyte 958
- Premiers stades du développement embryonnaire 960
 - Segmentation 960
 - Gastrulation 961
 - Organogenèse 963
- Embryologie des Amniotes 965
 - Développement de l'Oiseau 965
 - Développement des Mammifères 966
- Mécanismes de développement 968
 - Polarité de l'embryon 968
 - Déterminants cytoplasmiques localisés 969
 - Développement en mosaïque et à régulation 971
 - Cartes des territoires présomptifs et analyse des lignées cellulaires 971
 - Mouvements morphogénétiques 971
 - Induction 974
 - Différenciation 974
 - Champs morphogénétiques 976

44 RÉGULATION ET SYSTÈMES NERVEUX CHEZ LES ANIMAUX 982

- Cellules du système nerveux 983
 - Neurones 983
 - Cellules de soutien 985
- Transmission de l'influx nerveux le long d'un neurone 986
 - Origine du potentiel de membrane 986
 - Potentiel d'action 989
 - Propagation du potentiel d'action 992
 - Vitesse de propagation du potentiel d'action 992
- Communication entre les cellules : la synapse 993
 - Synapse électrique 993
 - Synapse chimique 994
 - Intégration des processus synaptiques 995
 - Neurotransmetteurs et récepteurs 997
 - Réseaux nerveux et ganglions 999
 - Systèmes nerveux des Invertébrés 999
 - Système nerveux des Vertébrés 1001
 - Système nerveux périphérique 1001
 - Système nerveux central 1002
 - Intégration et fonctions supérieures de l'encéphale 1008
- Techniques : Mesure des potentiels de membrane 987*

45 MÉCANISMES SENSORIELS ET MOTEURS CHEZ LES ANIMAUX 1015

- Récepteurs sensoriels 1015
 - Sensation et perception 1015
 - Fonction générale des récepteurs sensoriels 1016
 - Types de récepteurs 1017
- Vision 1019
 - Vision chez les Invertébrés 1019
 - Vision chez les Vertébrés 1021
- Ouïe et équilibre 1027
 - Oreille des Mammifères 1027
 - Ouïe et équilibre chez les autres Vertébrés 1031

Organes sensoriels de l'audition et de l'équilibre
chez les Invertébrés 1032
Goût et odorat 1032
Mouvement chez les Animaux : introduction 1035
Types de squelettes et leur rôle dans
le mouvement 1036
Hydrosquelette 1036
Exosquelette 1037
Endosquelette 1037
Muscles 1038
Structure et physiologie des muscles
squelettiques chez les Vertébrés 1039
Autres types de muscles 1044



HUITIÈME PARTIE

L'ÉCOLOGIE 1048

Entretien avec Ariel Lugo 1048

46 L'ÉCOLOGIE : DISTRIBUTION ET ADAPTATION DES ORGANISMES 1052

Champ de l'écologie 1053
Objets d'étude de l'écologie 1053
L'écologie, science expérimentale 1053
Écologie et évolution 1054
Biomes terrestres 1054
Forêt tropicale 1055
Savane 1056
Désert 1057
Forêt méditerranéenne 1058
Prairie tempérée 1058
Forêt décidue tempérée 1059
Taïga 1060
Toundra 1061
Biomes dulcicoles 1061
Étangs et lacs 1062
Cours d'eau 1064

Biomes marins 1065
Estuaires 1066
Zones intertidales 1066
Récifs de Corail 1067
Biome océanique pélagique 1067
Benthos 1068
Diversité écologique de la biosphère 1068
Facteurs abiotiques importants 1069
Climat et distribution des biomes 1070
Climats du monde 1071
Facteurs locaux et saisonniers agissant
sur le climat 1071
Réactions des organismes à la variation
écologique 1074
Homéostasie et allocation énergétique 1075
Réactions comportementales 1077
Réactions physiologiques 1077
Réactions morphologiques 1078
Adaptation et temps évolutif 1078

47 L'ÉCOLOGIE DES POPULATIONS 1083

Densité et distribution 1084
Mesure de la densité 1084
Modes de distribution 1084
Démographie 1086
Structure par âge et répartition par sexe 1087
Tables et courbes de survie 1088
Évolution des cycles biologiques 1089
Modèles d'accroissement démographique 1092
Accroissement démographique exponentiel 1092
Accroissement démographique logistique 1093
Régulation de la taille des populations 1097
Facteurs dépendant de la densité 1097
Facteurs indépendants de la densité 1099
Interaction des facteurs de régulation 1100
Cycles démographiques 1100
Accroissement de la population humaine 1100
*Techniques : Estimation par capture-recapture de la taille
d'une population 1085*

48 L'ÉCOLOGIE DES COMMUNAUTÉS 1106

Deux conceptions de la communauté 1106
Interactions des populations 1107
Coévolution 1108
Prédation 1109
Défenses des Végétaux
contre les herbivores 1109
Défenses des Animaux contre
les prédateurs 1110
Compétition interspécifique 1111
Interactions symbiotiques 1115
Structure des communautés : caractéristiques et
dynamique 1117
Caractéristiques des communautés 1117
Influence des interactions sur les caractéristiques
des communautés 1119
Succession écologique 1121
Causes de la succession 1121
Perturbations d'origine humaine 1123

- Équilibre des communautés et diversité spécifique 1123
- Diversité et stabilité des communautés 1124
- Aspects biogéographiques de la diversité 1124
- Limites et aires de distribution 1124
- Clines mondiaux et diversité spécifique 1125
- Biogéographie insulaire 1126
- Biologie de la conservation : leçons de l'écologie des communautés et de la biogéographie 1127

49 LA DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES 1132

- Niveaux trophiques et réseaux alimentaires 1132
- Flux de l'énergie 1133
 - Allocation énergétique mondiale 1134
 - Productivité primaire 1134
 - Transferts d'énergie et pyramides écologiques 1137
- Cycles biogéochimiques 1140
 - Cycle du carbone 1142
 - Cycle de l'azote 1143
 - Cycle du phosphore 1144
 - Variations du temps de recyclage des nutriments 1144
- Intrusion de l'être humain dans les écosystèmes 1145
 - Destruction des habitats et crise de la biodiversité 1145
 - Effets de la déforestation sur les cycles biogéochimiques : la forêt expérimentale de Hubbard Brook 1146
 - Effets de l'agriculture sur les cycles des nutriments 1147
 - Accélération de l'eutrophisation des lacs 1148
 - Présence de substances toxiques dans les chaînes alimentaires 1149
 - Pollution de l'atmosphère 1149
 - Introduction d'espèces exotiques 1151
- Impact des êtres vivants sur la biosphère 1152
- Techniques : Mesure de la productivité primaire brute dans les habitats aquatiques 1138*

50 LE COMPORTEMENT ANIMAL 1158

- Approche évolutionniste de l'écologie comportementale 1159
- Causes immédiates et causes ultimes 1159
- Composantes innées du comportement 1162
 - Comportements stéréotypés 1162
 - Nature des déclencheurs 1165
- Apprentissage et comportement 1165
 - Instinct et apprentissage 1165
 - Apprentissage et maturation 1166

- Habitude 1166
- Empreinte 1166
- Apprentissage du chant chez les Oiseaux : une étude sur l'empreinte 1167
- Conditionnement classique 1169
- Conditionnement opérant 1169
- Apprentissage par l'observation 1169
- Jeu 1169
- Compréhension soudaine 1169
- Mécanismes immédiats et ultimes de l'apprentissage 1170
- Rythmes comportementaux 1170
- Mouvement 1171
- Alimentation 1174
- Interactions sociales 1175
 - Affrontement 1176
 - Hiérarchie sociale 1176
 - Territorialité 1177
- Comportement lié à la reproduction 1177
 - Parade nuptiale 1178
 - Systèmes sexuels 1180
- Communication 1180
- Égocentrisme et altruisme 1182
- Cognition animale 1184
- Sociobiologie humaine 1185
- Techniques : La biologie moléculaire au service de l'étude du comportement 1181*

Appendice un Réponses aux questions d'auto-évaluation A-1

Appendice deux Les cinq règnes du monde vivant A-4

Appendice trois Le système international d'unités A-6

Appendice quatre La schématisation de concepts : un outil d'apprentissage A-7

Appendice cinq Les éléments chimiques A-9

Appendice six Termes employés en chimie A-11

Glossaire G-1

Crédits pour les photographies C-1

Crédits pour les illustrations C-6

Index I-1