

Table des matières



Partie

La base moléculaire de la vie

1 La biologie, une science 1

- 1.1 La science de la vie 1
- 1.2 Nature de la science 4
- 1.3 Darwin et l'évolution : un exemple de recherche scientifique 8
- 1.4 Les thèmes unificateurs de la biologie 12

2 Nature des molécules et propriétés de l'eau 17

- 2.1 La nature des atomes 18
- 2.2 Éléments présents dans les systèmes vivants 22
- 2.3 Nature des liaisons chimiques 23
- 2.4 L'eau, un composé vital 25
- 2.5 Propriétés de l'eau 28
- 2.6 Acides et bases 29

3 Les matériaux de construction de la matière vivante 33

- 3.1 Le carbone, charpente des biomolécules 34
- 3.2 Les glucides, matériaux de structure et molécules de stockage d'énergie 38
- 3.3 Les acides nucléiques, molécules de l'information 41
- 3.4 Les protéines, molécules aux structures et fonctions variées 44
- 3.5 Les lipides, molécules hydrophobes 53



Partie

Biologie cellulaire

4 Structure de la cellule 59

- 4.1 La théorie cellulaire 59
- 4.2 Les cellules procaryotes 63
- 4.3 Cellules eucaryotes 65
- 4.4 Le système membranaire interne 69
- 4.5 Les mitochondries et les chloroplastes, centrales énergétiques des cellules 73
- 4.6 Le cytosquelette 75
- 4.7 Structures extracellulaires et déplacements des cellules 79
- 4.8 Interactions cellulaires 82

5 Les membranes 88

- 5.1 La structure des membranes 88
- 5.2 Les phospholipides, base des membranes 92
- 5.3 Les protéines, molécules aux fonctions diverses 93
- 5.4 Transport passif à travers les membranes 96
- 5.5 Transport actif à travers la membrane 99
- 5.6 Transport en vrac par endocytose et exocytose 102

6 Énergie et métabolisme 107

- 6.1 Le flux d'énergie dans les systèmes vivants 108
- 6.2 Les lois de la thermodynamique et l'énergie libre 109
- 6.3 L'ATP, unité d'échange d'énergie de la cellule 112
- 6.4 Les enzymes, catalyseurs biologiques 113
- 6.5 Le métabolisme, description chimique du fonctionnement cellulaire 117

7 Capture d'énergie par les cellules 122

- 7.1 Aperçu général de la respiration 123
- 7.2 Glycolyse : la scission du glucose 127
- 7.3 La production d'acétyl-CoA par oxydation du pyruvate 130
- 7.4 Le cycle de Krebs 131
- 7.5 Chaîne de transport d'électrons et chimiosmose 134
- 7.6 Rendement énergétique de la respiration aérobie 137
- 7.7 Régulation de la respiration aérobie 138
- 7.8 L'oxydation sans O₂ 139
- 7.9 Le catabolisme des protéines et des lipides 140
- 7.10 Métabolisme et évolution 142

8 Photosynthèse 147

- 8.1 Aperçu général de la photosynthèse 147
- 8.2 Découverte du mécanisme de la photosynthèse 149
- 8.3 Les pigments 151
- 8.4 L'organisation des photosystèmes 154
- 8.5 Les réactions claires 156
- 8.6 La fixation de carbone : le cycle de Calvin 160
- 8.7 La photorespiration 163

9 Communication cellulaire 168

- 9.1 Aperçu des communications cellulaires 168
- 9.2 Types de récepteurs 171
- 9.3 Récepteurs intracellulaires 173
- 9.4 Transduction de signal par récepteurs kinases 174
- 9.5 Transduction de signal par récepteur couplé à une protéine G 178

10 Comment se divisent les cellules 186

- 10.1 Division des cellules bactériennes 187
- 10.2 Les chromosomes eucaryotes 189
- 10.3 Aperçu du cycle cellulaire des eucaryotes 192
- 10.4 L'interphase: préparation de la mitose 193
- 10.5 Le stade M: ségrégation des chromosomes et division du contenu de la cellule 194
- 10.6 Contrôle du cycle cellulaire 198



Partie III Génétique et biologie moléculaire

11 Reproduction sexuée et méiose 207

- 11.1 La méiose est indispensable à la reproduction sexuée 207
- 11.2 Caractéristiques de la méiose 209
- 11.3 Mécanisme de la méiose 210
- 11.4 En résumé: méiose et mitose 215

12 L'hérédité 221

- 12.1 Le mystère de l'hérédité 221
- 12.2 Les croisements monohybrides: le principe de ségrégation 224
- 12.3 Les croisements dihybrides: le principe de l'assortiment indépendant 228
- 12.4 Les probabilités: prédiction des résultats des croisements 230
- 12.5 Le croisement test: mise en évidence de génotypes inconnus 231
- 12.6 Au-delà de Mendel 232

13 Les chromosomes, les cartes et les relations entre méiose et hérédité 239

- 13.1 Liaison au sexe et théorie chromosomique de l'hérédité 240
- 13.2 Chromosomes sexuels et détermination du sexe 241
- 13.3 Exceptions à la théorie chromosomique de l'hérédité 244
- 13.4 Les cartes génétiques 244
- 13.5 Quelques maladies génétiques humaines 249

14 L'ADN: matériel génétique 256

- 14.1 Nature du matériel génétique 256
- 14.2 Structure de l'ADN 259
- 14.3 Caractéristiques générales de la réplication de l'ADN 263
- 14.4 La réplication des procaryotes 266
- 14.5 La réplication des eucaryotes 271
- 14.6 Réparation de l'ADN 273

15 Les gènes et leur fonctionnement 278

- 15.1 Nature des gènes 278
- 15.2 Le code génétique 282
- 15.3 La transcription des procaryotes 284
- 15.4 La transcription eucaryote 287
- 15.5 L'épissage des pré-ARNm 289
- 15.6 Structure de l'ARNt et des ribosomes 291
- 15.7 La traduction 293
- 15.8 L'expression génique en résumé 297
- 15.9 Les mutations: des gènes modifiés 299

16 Contrôle de l'expression génique 304

- 16.1 Contrôle de l'expression génique 304
- 16.2 Les protéines de régulation 305
- 16.3 La régulation procaryote 308
- 16.4 La régulation eucaryote 312
- 16.5 Structure de la chromatine eucaryote 316
- 16.6 Contrôle post-transcriptionnel des eucaryotes 318
- 16.7 Dégradation des protéines 323

17 La biotechnologie 327

- 17.1 L'ADN recombinant 327
- 17.2 Introduction d'ADN étranger dans les cellules 330
- 17.3 Amplification de l'ADN sans vecteur – La réaction en chaîne de la polymérase 332
- 17.4 Stockage et tri des fragments d'ADN 334
- 17.5 Analyse et obtention de différences dans l'ADN 335
- 17.6 Applications médicales 339
- 17.7 Applications à l'agriculture 342

18 La génomique 348

- 18.1 Les cartes des génomes 348
- 18.2 Le séquençage des génomes 352
- 18.3 Caractérisation des génomes 355
- 18.4 Comparaison des génomes 360
- 18.5 Des gènes aux protéines 362
- 18.6 Applications de la génomique 366

19 Les mécanismes cellulaires du développement 372

- 19.1 Le mécanisme du développement 372
- 19.2 La division cellulaire 373
- 19.3 La différenciation cellulaire 375
- 19.4 La reprogrammation nucléaire 380
- 19.5 Formation d'un plan 383
- 19.6 La morphogenèse 390



Partie

IV Évolution

20 Génétique des populations 396

- 20.1 Variation génétique et évolution 396
- 20.2 Changements dans la fréquence des allèles 398
- 20.3 Cinq facteurs de changement évolutif 401
- 20.4 Quantifier la sélection naturelle 405
- 20.5 Rôle de la sélection naturelle dans le maintien de la diversité 406
- 20.6 Sélection qui agit sur des caractères qui dépendent de nombreux gènes 408
- 20.7 Études expérimentales de la sélection naturelle 410
- 20.8 Interactions entre forces évolutives 412
- 20.9 Limites de la sélection 413

21 Données probantes en faveur de l'évolution 417

- 21.1 Le bec des pinsons de Darwin (géospizes): une illustration de la sélection naturelle 418
- 21.2 La phalène du bouleau et le mélanisme industriel: une illustration de plus de la sélection naturelle 420
- 21.3 La sélection artificielle: un changement d'origine humaine 422
- 21.4 Données fournies par les fossiles en faveur de l'évolution 424
- 21.5 Données anatomiques en faveur de l'évolution 427
- 21.6 Évolution convergente et données biogéographiques 430
- 21.7 Critiques adressées au darwinisme 432

22 L'origine des espèces 436

- 22.1 La nature des espèces et le concept d'espèce biologique 437
- 22.2 Sélection naturelle et isolement reproducteur 441
- 22.3 Le rôle de la dérive génétique et de la sélection naturelle dans la spéciation 443
- 22.4 La géographie de la spéciation 444
- 22.5 Radiation adaptative et diversité biologique 446
- 22.6 Le rythme de l'évolution 451

23 Systématique, phylogénie et biologie comparative 455

- 23.1 Systématique 455
- 23.2 Cladistique 457
- 23.3 Systématique et classification 460
- 23.4 Phylogénétique et biologie comparative 463
- 23.5 Phylogénétique et évolution des maladies 469

24 L'évolution des génomes 473

- 24.1 Génomique comparative 473
- 24.2 Taille des génomes 476
- 24.3 évolution à l'intérieur des génomes 481
- 24.4 Fonction et expression géniques 484
- 24.5 Applications de la génomique comparative 486

25 Évolution du développement 491

- 25.1 Évolution des formes de développement 491
- 25.2 Changements d'un seul gène et modification de forme et de fonction 494
- 25.3 Voies différentes d'acquisition d'une même structure 499
- 25.4 Diversité des yeux dans le monde naturel: une étude de cas 501



Partie

V Diversité

de la vie terrestre

26 Origine et diversité de la vie 507

- 26.1 Les temps anciens 509
- 26.2 Origine de la vie 511
- 26.3 Preuve d'une vie primitive 513
- 26.4 Modifications de la Terre 514
- 26.5 Modifications constantes de la vie sur Terre 517

27 Les virus 523

- 27.1 Nature des virus 524
- 27.2 Les bactériophages: des virus bactériens 528
- 27.3 Le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) 530
- 27.4 Autres maladies virales 534
- 27.5 Prions et viroïdes: particules plus petites que les virus 536

28 Les procaryotes 540

- 28.1 Diversité des procaryotes 540
- 28.2 Structure des cellules procaryotes 545
- 28.3 Génétique des procaryotes 548
- 28.4 Le métabolisme des procaryotes 553
- 28.5 Maladies bactériennes chez les humains 554
- 28.6 Procaryotes utiles 557

29 Les protistes 561

- 29.1 Origine des eucaryotes et endosymbiose 562
- 29.2 Généralités sur les protistes 564
- 29.3 Absence de mitochondries véritables chez les Excavata 566
- 29.4 Endosymbiose secondaire chez les Chromalveolata 569
- 29.5 Les chloroplastes des Archaeplastida 575
- 29.6 Pseudopodes minces chez les Rhizaria 578
- 29.7 Pseudopodes émoussés chez les amibozoaires 580
- 29.8 Propulsion par un seul flagelle postérieur chez les opisthokontes 581

30 Les plantes aspermes 585

- 30.1 Origine des plantes terrestres 585
- 30.2 Les bryophytes: prédominance du gamétophyte 588
- 30.3 Les trachéophytes: racines, tiges et feuilles 591

- 30.4 Les lycophytes: dominance du sporophyte et tissus conducteurs 594
- 30.5 Les ptérophytes: fougères et plantes apparentées 594

31 Les spermatophytes 600

- 31.1 Évolution des spermatophytes 600
- 31.2 Les gymnospermes: «graines nues» 601
- 31.3 Les angiospermes: les plantes à fleurs 605
- 31.4 Les graines 611
- 31.5 Les fruits 612

32 Les champignons 617

- 32.1 Caractéristiques des champignons 617
- 32.2 Les microsporidies: parasites unicellulaires 621
- 32.3 Chytridiomycota et apparentés: des champignons avec des zoospores 622
- 32.4 Les Zygomycota: champignons produisant des zygotes 623
- 32.5 Les Glomeromycota: symbiontes asexués des plantes 624
- 32.6 Les Basidiomycota: champignons produisant des basides 625
- 32.7 Les Ascomycota: champignons produisant des asques 626
- 32.8 Écologie des champignons 628
- 32.9 Champignons parasites et pathogènes 632

33 La diversité animale et l'évolution des plans corporels 636

- 33.1 Quelques caractéristiques générales des animaux 637
- 33.2 évolution du plan du corps animal 638
- 33.3 Phylogénie animale 642
- 33.4 Les parazoaires: des animaux dépourvus de tissus spécialisés 647
- 33.5 Eumétazoaires: des animaux dotés de véritables tissus 649
- 33.6 Bilatériens acelomates 654

34 Protostomiens 658

- 34.1 Les clades des protostomiens 659
- 34.2 Platyzoaires: vers plats (Platyhelminthes) 660
- 34.3 Platyzoaires: rotifères (Rotifera) 663
- 34.4 Lophotrochozoaires: mollusques (Mollusca) 664
- 34.5 Lophotrochozoaires: vers rubanés (Nemertea) 670
- 34.6 Lophotrochozoaires: annélides (Annelida) 671
- 34.7 Lophophorates: bryozoaires (Bryozoa) et brachiopodes (Brachiopoda) 674
- 34.8 Ecdysozoaires: vers ronds (Nematoda) 676
- 34.9 Ecdysozoaires: arthropodes (Arthropoda) 678

35 Deutérostomiens 690

- 35.1 Échinodermes 691
- 35.2 Cordés 694
- 35.3 Les cordés non vertébrés 695

- 35.4 Cordés vertébrés 696
- 35.5 Poissons 698
- 35.6 Amphibiens 703
- 35.7 Reptiles 706
- 35.8 Oiseaux 712
- 35.8 Mammifères 716
- 35.10 Évolution des primates 721



VI Morphologie et physiologie des plantes

36 Morphologie des plantes 730

- 36.1 Organisation générale de la plante: vue d'ensemble 731
- 36.2 Les tissus de la plante 734
- 36.3 Les racines, structures d'ancrage et d'absorption 740
- 36.4 Les tiges, supports des organes aériens 744
- 36.5 Les feuilles, siège de la photosynthèse 749

37 Transport dans les plantes 755

- 37.1 Les mécanismes du transport 756
- 37.2 Absorption d'eau et de minéraux 760
- 37.3 Le transport par le xylème 762
- 37.4 La transpiration 764
- 37.5 Les réponses au stress hydrique 766
- 37.6 Le transport par le phloème 768

38 Nutrition des plantes et sol 773

- 38.1 Le sol, substrat dont dépend la plante 773
- 38.2 Les nutriments des plantes 777
- 38.3 Stratégies nutritionnelles particulières 779
- 38.4 Équilibre carbone-azote et changement global 782
- 38.5 Phytoremédiation 785

39 Réponses défensives des plantes 790

- 39.1 Protections physiques 790
- 39.2 Protections chimiques 793
- 39.3 Animaux protecteurs de plantes 797
- 39.4 Réponses systémiques aux prédateurs 798

40 Les systèmes sensoriels des plantes 802

- 40.1 Les réponses à la lumière 803
- 40.2 Les réponses à la gravité 807
- 40.3 Les réponses aux stimulus mécaniques 809
- 40.4 Les réponses à l'eau et à la température 811
- 40.5 Les hormones et les systèmes sensoriels 813

41 La reproduction des plantes 829

- 41.1 Développement reproducteur
- 41.2 Formation des fleurs
- 41.3 Structure et évolution des fleurs
- 41.4 Pollinisation et fécondation
- 41.5 Développement de l'embryon
- 41.6 Germination
- 41.7 Reproduction asexuée
- 41.8 Longévité des plantes

42 Le corps animal et les principes de régulation 862

- 42.1 Organisation du corps des vertébrés 863
- 42.2 Tissu épithélial 864
- 42.3 Tissu conjonctif 867
- 42.4 Tissu musculaire 869
- 42.5 Tissu nerveux 871
- 42.6 Vue d'ensemble des systèmes d'organes des vertébrés 871
- 42.7 Homéostasie 875
- 42.8 Régulation de la température corporelle 877



Partie VII Morphologie et physiologie des animaux

43 Système nerveux 886

- 43.1 Organisation du système nerveux 887
- 43.2 Le mécanisme de transmission de l'impulsion nerveuse 889
- 43.3 Synapses: où les neurones communiquent avec d'autres cellules 895
- 43.4 Le système nerveux central: cerveau et moelle épinière 900
- 43.5 Le système nerveux périphérique: neurones sensoriels et moteurs 908

44 Systèmes sensoriels 914

- 44.1 Vue d'ensemble des récepteurs sensoriels 915
- 44.2 Mécanorécepteurs: toucher et sensation de pression 916
- 44.3 Audition, vibrations et détection de la position du corps 919
- 44.4 Chimiorécepteurs: goût, odorat et pH 924
- 44.5 Vision 927
- 44.6 La diversité des expériences sensorielles 933

45 Le système endocrinien 937

- 45.1 Régulation des processus physiologiques par des agents chimiques 938
- 45.2 Modes d'action des hormones lipophiles et des hydrophiles 943

- 45.3 L'hypophyse et l'hypothalamus: centres de contrôle de l'organisme 946
- 45.4 Les principales glandes endocrines périphériques 951
- 45.5 Les autres hormones et leurs effets 955

46 L'appareil locomoteur 961

- 46.1 Types de système squelettique 962
- 46.2 Un examen plus détaillé des os 963
- 46.3 Les mouvements articulaires et squelettiques 967
- 46.4 Contraction musculaire 969
- 46.5 Modes de locomotion animale 975

47 Le système digestif 981

- 47.1 Types de système digestif 982
- 47.2 La bouche et les dents: ingestion et transformation de la nourriture 984
- 47.3 L'œsophage et l'estomac: le début de la digestion 985
- 47.4 Les intestins: digestion, absorption et élimination 987
- 47.5 Diversité des systèmes digestifs des vertébrés 990
- 47.6 Régulation neurale et hormonale du tractus digestif 993
- 47.7 Fonction des organes accessoires 994
- 47.8 L'énergie de la nourriture, les dépenses énergétiques et les nutriments essentiels 995

48 Système respiratoire 1001

- 48.1 Les échanges gazeux à travers les surfaces respiratoires 1002
- 48.2 Branchies, respiration cutanée et système trachéal 1004
- 48.3 Poumons 1006
- 48.4 Structures et mécanismes de ventilation chez les mammifères 1009
- 48.5 Transport gazeux dans les fluides corporels 1012

49 Système circulatoire 1018

- 49.1 Composants du sang 1018
- 49.2 Systèmes circulatoires des invertébrés 1022
- 49.3 Systèmes circulatoires des vertébrés 1023
- 49.4 Le cœur à quatre chambres et les vaisseaux sanguins 1026
- 49.5 Caractéristiques des vaisseaux sanguins 1030
- 49.6 Régulation du courant sanguin et de la pression sanguine 1034

50 Régulation osmotique et système urinaire 1038

- 50.1 Osmolarité et équilibre osmotique 1038
- 50.2 Déchets azotés: ammoniaque, urée et acide urique 1040
- 50.3 Organes osmorégulateurs 1041
- 50.4 Évolution du rein des vertébrés 1043
- 50.5 Rein mammalien 1045
- 50.6 Contrôle hormonal des fonctions osmorégulatrices 1050

51 Le système immunitaire 1055

- 51.1 Immunité innée 1055
- 51.2 Immunité adaptative 1061
- 51.3 Immunité cellulaire 1066
- 51.4 Immunité humorale et production des anticorps 1068
- 51.5 Auto-immunité et hypersensibilité 1075
- 51.6 Utilisation des anticorps à des fins thérapeutiques et diagnostiques 1077
- 51.7 Des pathogènes qui échappent au système immunitaire 1079

52 Système reproducteur 1084

- 52.1 Stratégies de reproduction chez les animaux 1084
- 52.2 Fécondation et développement chez les vertébrés 1087
- 52.3 Structure et fonction du système reproducteur de l'homme 1090
- 52.4 Structure et fonction du système reproducteur de la femme 1094
- 52.5 Contraception et traitements de la stérilité 1098

53 Développement animal 1105

- 53.1 Fécondation 1106
- 53.2 Segmentation et formation de la blastula 1110
- 53.3 Gastrulation 1112
- 53.4 Organogenèse 1116
- 53.5 Formation des axes chez les vertébrés 1122
- 53.6 Développement humain 1125



Partie VIII Écologie et comportement

54 Biologie comportementale 1132

- 54.1 Histoire naturelle du comportement 1133
- 54.2 Cellules nerveuses, neuromédiateurs, hormones et comportement 1134
- 54.3 Génétique du comportement 1135
- 54.4 Apprentissage 1137
- 54.5 Développement du comportement 1139
- 54.6 Cognition animale 1141
- 54.7 Orientation et comportement migratoire 1142
- 54.8 Communication animale 1144
- 54.9 écologie du comportement 1147
- 54.10 Stratégies de la reproduction et sélection sexuelle 1150
- 54.11 Altruisme 1154
- 54.12 évolution de la vie en groupe et sociétés animales 1157

55 Écologie des individus et des populations 1162

- 55.1 Les défis environnementaux 1162
- 55.2 Les populations: groupes d'individus d'une même espèce vivant au même endroit 1164
- 55.3 Démographie et dynamique des populations 1168
- 55.4 Histoire de la vie et coût de la reproduction 1171
- 55.5 Les limites environnementales à la croissance des populations 1173
- 55.6 Facteurs de régulation des populations 1175
- 55.7 Croissance des populations humaines 1178

56 Écologie des communautés 1185

- 56.1 Les communautés biologiques: des espèces vivant ensemble 1186
- 56.2 La notion de niche écologique 1187
- 56.3 Les rapports entre prédateurs et proies 1192
- 56.4 Les nombreux types d'interaction entre les espèces 1196
- 56.5 Série écologique, perturbation et richesse spécifique 1202

57 Dynamique des écosystèmes 1207

- 57.1 Les cycles biogéochimiques 1208
- 57.2 Le flux d'énergie dans les écosystèmes 1214
- 57.3 Interactions entre les niveaux trophiques 1219
- 57.4 Biodiversité et stabilité des écosystèmes 1223
- 57.5 Biogéographie insulaire 1226

58 La biosphère 1230

- 58.1 Influence du soleil, du vent et de l'eau sur les écosystèmes 1230
- 58.2 Les biomes terrestres 1235
- 58.3 Les habitats d'eau douce 1238
- 58.4 Les habitats marins 1241
- 58.5 Impact humain sur la biosphère: pollution et épuisement des ressources 1245
- 58.6 Impact humain sur la biosphère: le changement climatique 1250

59 Biologie de la conservation 1256

- 59.1 Généralités sur la crise de la biodiversité 1256
- 59.2 Valeur de la biodiversité 1261
- 59.3 Facteurs responsables des extinctions 1264
- 59.4 Comment protéger les espèces et les écosystèmes menacés 1275

Annexe A-1

Glossaire G-1

Crédits C-1

Index I-1