

PAULETTE VAN GANSEN
HENRI ALEXANDRE

Biologie générale

4^e édition

SV

Enseignement
des
Sciences de la Vie

MASSON 

BL90

Enseignement des SCIENCES DE LA VIE



Biologie générale

Paulette VAN GANSEN

*Professeur émérite à l'Université Libre de Bruxelles
Présidente du Conseil d'éducation permanente à l'ULB*

Henri ALEXANDRE

*Professeur à l'Université de Mons-Hainaut
Chef du service de Biologie et Embryologie de la Faculté de Médecine*

SAB 4/4

4^e édition révisée et augmentée



MASSON

Paris Milan Barcelone

TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux	XXI
Avant-propos	XXIII
Introduction	1

PREMIÈRE PARTIE

UNICITÉ DU MONDE VIVANT

1. Diversité des êtres vivants	5
1. Biosphère	5
2. Groupes naturels : approche écologique du monde vivant	6
3. Groupes systématiques	8
4. Variation et évolution	9
2. Unicité chimique des êtres vivants	11
1. Unicité atomique des êtres vivants	11
2. Unicité moléculaire des êtres vivants	12
3. Protéines	14
3.1. Acides α -aminés	14
3.2. Polypeptides	15
3.3. Structure des protéines	18
4. Acides nucléiques	22
4.1. Nucléotides	22
4.2. Polynucléotides	24
4.3. Acides désoxyribonucléiques (DNA)	24
4.4. Acides ribonucléiques (RNA)	26
3. Unicité structurelle des êtres vivants	28
1. Cellules	28
2. Cellules procaryotes et eucaryotes. Virus	29
3. Organismes unicellulaires et pluricellulaires	30
4. Organisme humain	31
4. Unicité métabolique des êtres vivants	32
1. Enzymes et coenzymes	32
2. Voies métaboliques	34
3. Facteurs de croissance et vitamines	35
4. Organismes autotrophes et hétérotrophes	36

5. Écosystèmes	38
1. Les cinq règnes vivants	38
1.1. Évolution du concept de règne	38
1.2. Les cinq règnes selon Whittaker et Margulis	38
2. Réseaux alimentaires terrestres et marins	42
3. Cycles biogéochimiques de la biosphère	45
3.1. Cycle du CO ₂	46
3.2. Cycle de l'azote	47
4. Faim et soif dans le monde	48
6. Origine de la vie et origine de l'homme	50
1. La théorie d'Oparine	50
2. Évolution moléculaire prébiologique	51
2.1. Atmosphère primitive	51
2.2. Biomonomères	51
2.3. Biopolymères	53
2.4. Protobiontes (microgouttes)	53
3. Évolution biologique	55
4. Origine de l'homme	58

DEUXIÈME PARTIE

BIOLOGIE CELLULAIRE

7. Bactéries	65
1. Des bactéries et des hommes	65
1.1. Bactéries commensales et symbiotiques	66
1.2. Bactéries pathogènes	66
1.3. Auxiliaires industriels	67
1.4. Objets de recherche fondamentale	68
2. Organisation de la cellule bactérienne	68
2.1. Formes et dimensions	68
2.2. Organisation générale des cellules bactériennes	69
2.3. Éléments cellulaires non généraux des procaryotes	71
2.4. Archéobactéries et Eubactéries	72
3. Multiplication des bactéries	73
3.1. Division binaire des cellules bactériennes	73
3.2. Croissance des populations bactériennes	74
4. Antibiotiques	75
4.1. Découverte et effets des antibiotiques	75
4.2. Organismes producteurs d'antibiotiques	75
4.3. Constitution chimique des antibiotiques	76
4.4. Niveaux d'action des antibiotiques	76
8. Nature chimique du matériel génétique: le DNA	79
1. Matériel génétique des eucaryotes	79
2. Transformations bactériennes	80
2.1. Expériences de F. Griffith	80
2.2. Expériences de O.T. Avery, C.M. McClelland et M. McCarty	80

3. Autoduplication du DNA ou réplication	82
3.1. Réplication semi-conservative	82
3.2. Les DNA-réplases, complexes multi-enzymatiques de la réplication	84
3.2.1. Mécanisme moléculaire de la synthèse du DNA	84
3.2.2. La réplication des deux brins du DNA est asymétrique	86
3.3. La réplication est bidirectionnelle	87
9. Mécanisme de synthèse des protéines chez les bactéries	90
1. Codons	90
2. L'expression du DNA génétique s'effectue en deux étapes	91
3. Transcription	92
4. Code génétique	94
5. Traduction	95
5.1. Ribosomes bactériens	95
5.2. RNA de transfert	96
5.3. Démarrage de la traduction	98
5.4. Élongation du polypeptide	100
5.5. Terminaison de la synthèse	100
6. Polyribosomes bactériens	100
7. Antibiotiques agissant sur la synthèse des protéines bactériennes	101
10. Organisation des cellules eucaryotes	104
1. Organites et membranes intracellulaires	104
2. Méthodes d'étude des cellules eucaryotes	106
3. Cellules végétales et cellules animales	107
3.1. Parois, glycocalix et matrice extracellulaire	107
3.2. Vacuome et inclusions de réserve	108
3.3. Junctions cellulaires	109
11. Biomembranes	111
1. Propriétés générales des biomembranes	111
1.1. Le double feuillet lipido-protéique	111
1.2. Perméabilité sélective	113
1.3. Compositions moléculaires spécifiques	113
2. Fonctions des membranes plasmiques	114
3. Structure moléculaire des membranes plasmiques animales	114
4. Récepteurs membranaires	117
5. Passage des substances au travers des membranes plasmiques	118
5.1. Perméabilité à l'eau. Osmose	118
5.2. Transports transmembranaires des électrolytes	119
5.3. Transports transmembranaires des molécules organiques non macromoléculaires	121
5.4. Endocytose et exocytose	122
6. Biosynthèses membranaires	124
12. Digestion intracellulaire chez les eucaryotes	125
1. Lysosomes primaires et secondaires	125

2. Origine golgienne des lysosomes	127
2.1. Structure des dictyosomes	127
2.2. Rôle des dictyosomes	128
13. Synthèse des protéines chez les eucaryotes	130
1. Biosynthèses nucléaires des RNA	130
2. Messagers des eucaryotes	131
X 3. Ribosomes du cytoplasme eucaryote	131
4. Réseau lisse et réseau rugueux	133
5. Sécrétion protéique	134
X 14. Mouvements et formes cellulaires	137
1. Motilité et forme cellulaire	137
2. Microfilaments	138
3. Filaments intermédiaires	140
4. Microtubules	141
5. Cytosquelette	143
6. Myofibrilles des muscles striés	143
7. Cils, flagelles et centrioles	147
15. Centrales énergétiques des eucaryotes	150
1. Respiration cellulaire et mitochondries	151
1.1. Échanges gazeux	151
1.2. Structure et composition des mitochondries	151
1.3. Oxydations matricielles	153
1.4. Chaîne respiratoire membranaire	155
1.5. Semi-autonomie génétique des mitochondries	158
2. Photosynthèse et chloroplastes	160
2.1. Structure et composition des chloroplastes	161
2.2. Photolyse de l'eau et photophosphorylation de l'ADP	162
2.3. Synthèse des glucides	165
2.4. Semi-autonomie génétique des chloroplastes	166
2.5. Les plastides	167
3. Peroxisomes et glyoxysomes (microbodies)	167
X 16. Noyau des eucaryotes	169
1. Constituants du noyau	169
1.1. Enveloppe, lamina et suc nucléaires	170
1.2. Nucléosquelette	171
1.3. Composition chimique de la chromatine	172
1.4. Nucléosomes de la chromatine	173
1.5. Euchromatine, hétérochromatine et chromosomes	175
1.6. Nucléoles et organisateurs nucléolaires	176
2. Mitose	179
2.1. Destinées cellulaires	179
2.2. Processus de la mitose chez les animaux	180
2.3. Modalités de la division mitotique	182
2.4. Caryotypes haploïdes et diploïdes	183

3. Biosynthèses nucléaires	184
3.1. Échanges nucléo-cytoplasmiques	184
3.2. Réplication du DNA chromatinien	185
3.3. Transcription du DNA chromatinien	187
17. VIRUS	188
1. Méthode d'étude et moyens de lutte contre les virus	189
2. Virions	190
3. Groupes de virus	190
3.1. Virus des bactéries (phages)	190
3.2. Virus des végétaux (phytovirus)	191
3.3. Virus animaux et humains	192
4. Matériel génétique des virus : DNA ou RNA	192
4.1. Démonstration expérimentale	192
4.2. Enzymes de synthèse des acides nucléiques	193
5. Virus lytiques	195
5.1. Cycle du phage T ₂	195
5.2. Effets des virus lytiques	196
6. Phages tempérés et lysogénie	197
6.1. Cycle du phage λ	197
6.2. Induction lytique	199
6.3. Transduction	199
7. Virus oncogènes et tumeurs	199
8. Virus et Sida	201
9. Propriétés générales des virus	202
10. Virioïdes et prions	203
18. Principes élémentaires d'immunologie	205
1. Immunité	205
1.1. Complexes d'histocompatibilité, marqueurs du soi	206
1.2. Immunité naturelle (propre à chaque espèce)	207
1.3. Immunité acquise (propre à chaque individu)	208
1.4. Vaccins et immunosérum	208
1.5. Immunopathologie	210
2. Antigènes (AG)	210
3. Anticorps (AC)	211
3.1. Immunité humorale et immunité cellulaire	211
3.2. Structure moléculaire des AC	212
3.3. Les classes d'Ig	213
3.4. Système du complément et IgG	214
3.5. Modes d'actions des AC	215
4. Bases cellulaires de l'immunité	216
4.1. Lymphocytes et macrophages	216
4.2. Organes lymphoïdes	218
4.3. Les lymphocytes B	219
4.4. Les lymphocytes T	222
5. Défense immunitaire du corps humain contre les micro-organismes	223

REPRODUCTION ET GÉNÉTIQUE

19. Reproduction des organismes	227
1. Reproduction asexuée et sexuée	227
2. Recombinaisons génétiques des bactéries	229
2.1. Conjugaison bactérienne	229
2.2. Recombinaisons légitimes et illégitimes	230
3. Sexualité des eucaryotes	230
4. Méiose	231
5. Organismes haplophasiques, haplo-diplophasiques et diplophasiques	236
20. Reproduction des protistes	238
1. Phyto- et zooflagellés	239
2. Rhizopodes	241
3. Sporozoaires	241
4. Ciliés ou Infusoires	245
21. Gamétogenèse	248
1. Gamétogenèse des végétaux	248
2. Animaux gonochoriques et hermaphrodites	251
3. Spermatogenèse	252
3.1. Testicules	252
3.2. Étapes de la spermatogenèse	252
3.3. Spermatozoïdes	254
4. Ovogenèse	255
4.1. Ovaires	255
4.2. Étapes de l'ovogenèse	257
4.3. Activité génitale cyclique des Mammifères femelles	260
4.4. Œufs et oocytes	261
22. Fécondation	265
1. Modalités de la fécondation (plantes et animaux)	265
1.1. Fécondation externe	265
1.2. Fécondation interne	266
1.3. Pheromones sexuelles des animaux	266
2. Rencontre des gamètes	267
2.1. Mécanismes végétaux	267
2.2. Mécanismes animaux	267
2.3. Insémination artificielle et fécondation <i>in vitro</i> (Mammifères)	268
3. Les étapes de la fécondation chez les animaux	269
3.1. Réaction acrosomiale du spermatozoïde	269
3.2. Réaction corticale de l'œuf	270
3.3. Amphimixie des noyaux	271
3.4. Symétrisation de l'œuf fécondé	271
3.5. Effets de la fécondation	274
3.6. Reproduction par parthénogenèse	275

4. Double fécondation des plantes Angiospermes	275
5. Hétérocaryotes et fécondation des champignons	277
23. Lois de l'hérédité chez les eucaryotes (génétique mendélienne)	279
1. Fondements de la génétique	279
1.1. Apport de Mendel	280
1.2. Théorie chromosomique de l'hérédité	280
2. Constitution génétique et apparence des caractères héréditaires	282
2.1. Gènes allèles et famille multigénique	282
2.2. Gènes pléiotropes	284
2.3. Caractères polygéniques	284
2.4. Génotype (conventions d'écriture)	285
2.5. Phénotype	286
3. Lois de distribution des caractères héréditaires	287
3.1. Distribution d'une paire d'allèles parentaux dans la descendance (première loi de Mendel)	287
3.2. Distribution de plusieurs paires d'allèles parentaux non liées (deuxième loi de Mendel)	289
3.3. Distribution de plusieurs paires d'allèles parentaux liées (<i>linkage</i>)	293
3.4. Hérité des caractères fluctuants	294
3.5. Longévité de l'espèce humaine	296
3.6. Races humaines	296
4. Hérité liée au sexe	297
4.1. Détermination génétique du sexe	298
4.2. Hérité liée aux hétérochromosomes	300
4.3. Génétique du daltonisme	301
5. Cartes génétiques des chromosomes	302
5.1. Cartes faciorielles	302
5.2. Cartes cytogénétiques	303
5.3. Cartes moléculaires et séquençage	305
24. Mutations	307
1. Caractères des mutations	307
1.1. Mutations somatiques et mutations germinales	307
1.2. Mutations viables et mutations létales	308
1.3. Mutations spontanées et mutations induites	308
1.4. Taux de mutation et fréquence des mutants	310
2. Mutations aléatoires et sélection adaptative	311
2.1. Adaptation génotypique des bactéries	311
2.2. Adaptation génotypique des eucaryotes	312
3. Aspects chromosomiques des mutations (eucaryotes)	313
3.1. Polyploïdie	313
3.2. Aneuploïdie et balance numérique	314
3.3. Défauts structuraux des chromosomes et effet de position	316
4. Aspects moléculaires des mutations (procaryotes et eucaryotes)	317
4.1. Substitution de bases azotées	318
4.2. Insertion ou délétion de séquences nucléotidiques	321

5. Mutations humaines	322
5.1. Ampleur	322
5.2. Diagnostiques prénataux	323
5.3. Thérapie génique	323
25. Structures et fonctions des gènes chez les procaryotes	325
1. Notion de gène	325
2. Unités géniques	327
2.1. Croisements entre phages	327
2.2. Cistrons	327
2.3. Mutons et reconns	331
2.4. Codons	331
3. Contrôle de l'expression du génome bactérien	333
3.1. Adaptations enzymatiques	333
3.2. Opérons	334
3.3. Systèmes inductibles et systèmes répressibles	335
3.4. Contrôles positifs et négatifs	336
3.5. Adaptations phénotypiques et génotypiques	338
4. Méthodes du génie génétique	339
4.1. Enzymes de restriction	340
4.2. Vecteurs de transfert des gènes	341
4.3. Nature et préparation des gènes transférés	343
4.4. Multiplication et sélection des gènes transférés	346
4.5. Applications industrielles, médicales et agricoles	347
26. Structures et fonctions des gènes chez les eucaryotes	350
1. Propriétés des gènes eucaryotes	350
1.1. Cistrons en mosaïque	351
1.2. Promoteurs et <i>enhancers</i>	353
1.3. Gènes mobiles	354
1.4. Gènes oncogènes viraux et cellulaires	356
2. Expression différentielle du génome des eucaryotes	358
2.1. Protéines de luxe et protéines de ménage	358
2.2. Niveaux possibles du contrôle cellulaire des gènes	359
3. Contrôle au niveau de la constitution du génome	361
3.1. Degré de constance des chromosomes	361
3.2. Degré de constance du DNA	361
3.3. Degré de constance de la position des gènes dans le génome	362
4. Contrôle au niveau transcriptionnel	362
4.1. Contrôles positifs et négatifs	362
4.2. Transcription <i>in vitro</i> de la chromatine	362
4.3. Rôle régulateur des protéines chromosomiques	363
4.4. Facteurs de transcription	363
4.5. Diversité des systèmes de contrôle	365
5. Contrôles post-transcriptionnels	366

QUATRIÈME PARTIE
MORPHOGENÈSE

27. Phénomènes de la morphogenèse	369
1. Propriétés majeures des organismes pluricellulaires	369
2. Modes de formation des organismes pluricellulaires	371
2.1. Agrégation de cellules initialement indépendantes	371
2.2. Associations de cellules issues d'une cellule fondatrice initiale	375
28. Embryogenèse d'une espèce animale type	376
1. Segmentation	376
1.1. Description	376
1.2. Données biochimiques	378
2. Gastrulation	378
2.1. Description	378
2.2. Plan initial des ébauches	380
2.3. Données biochimiques	381
3. Organogenèse	382
3.1. Neurulation	382
3.2. Métamérisation	383
3.3. Évolution du mésoderme	384
4. Histogenèse	385
4.1. La différenciation cellulaire	386
4.2. Les principales familles de tissus	386
4.3. Données biochimiques	388
5. Contribution des trois feuillets embryonnaires à l'édification des principaux organes des Vertébrés	388
29. Notions d'embryologie comparée des animaux	390
1. Animaux di- et tridermiques	390
2. Tridermiques Cordés et non Cordés	391
2.1. Invertébrés non Cordés	391
2.2. Cordés	391
3. Annexes extraembryonnaires des Vertébrés	392
3.1. Sac vitellin	392
3.2. Amnios	392
3.3. Allantoïde	394
3.4. Placenta	395
4. Embryogenèse des Mammifères	397
4.1. Caractères généraux	397
4.2. Morphogenèse des caractères sexuels	399
4.3. Anomalies sexuelles	401
4.4. Chronologie de l'embryogenèse humaine	402
4.5. Système nerveux humain	404
30. Pouvoir de régulation et détermination embryonnaire	405
1. Pouvoir de régulation de l'œuf de triton	406
2. Détermination des régions embryonnaires (champs morphogènes)	407
3. Évolution du pouvoir de régulation au cours de l'embryogenèse	408

4. Généralité de la détermination embryonnaire chez les animaux	409
4.1. Œufs en mosaïque et œufs à régulation	409
4.2. Facteurs morphogènes distribués en gradients	410
5. Caractères des territoires déterminés	410
5.1. Distribution inégale des organites	410
5.2. Présence probable de macromolécules spécifiques	410
5.3. Importance de la région corticale	411
31. Pouvoir d'induction et compétence des territoires embryonnaires	413
1. Pouvoir inducteur du territoire cordal des Amphibiens	413
2. Compétence des territoires embryonnaires	415
3. Caractères de l'induction primaire des Vertébrés	416
3.1. L'induction primaire est régionalisée	416
3.2. Le pouvoir inducteur cordal est limité dans le temps	417
3.3. Le pouvoir inducteur du cordonnerme est transmissible	418
3.4. L'induction primaire n'a pas de spécificité zoologique	418
4. Nature chimique des substances inductrices des Vertébrés	418
5. Origine induite de la tridermie des Vertébrés	419
6. Inductions en cascade et organogenèse	420
7. Généralité des phénomènes d'induction	422
32. Embryologie expérimentale des Mammifères	423
1. Culture, transfert et congélation d'embryons	423
2. Régulation embryonnaire	424
2.1. Jumeaux vrais	424
2.2. Chimères	425
3. Transferts nucléaires et clonage	427
4. Parthénogenèse, gynogenèse et androgenèse expérimentales	428
5. Animaux transgéniques	429
33. Différenciation cellulaire	431
1. Morphogenèse et homéostasie	431
2. Importance du noyau dans la différenciation cellulaire	432
2.1. Greffes interspécifiques des Acétabulaires	433
2.2. Puffs des chromosomes géants des Diptères	434
2.3. Qualité des chromosomes et embryogenèse	435
3. Importance du cytoplasme dans la différenciation cellulaire	435
4. Relations nucléocytoplasmiques	436
4.1. Hypothèse de Thomas Morgan	436
4.2. Transferts nucléaires	437
4.3. Hybrides cellulaires	439
4.4. Noyau, cytoplasme et milieu	440
5. Signaux extracellulaires et expression du génome	441
5.1. Nature des signaux et rythmes cellulaires	441
5.2. Hormones végétales	442
5.3. Hormones animales et glandes endocrines	443
5.4. Hormones animales stéroïdes	444
5.5. Hormones animales agissant via des seconds messagers	444
5.6. Prostaglandines	445

6. Différenciation membranaire	446
6.1. Récepteurs de cellules différenciées	446
6.2. Cellules embryonnaires et tératocarcinomes	447
34. Génétique du développement	449
1. Origine et principes de la génétique du développement	449
2. Identification des gènes du développement chez la drosophile	452
2.1. Description du développement de la drosophile	452
2.2. Gènes responsables de l'établissement des axes embryonnaires	455
2.3. Gènes de segmentation	456
2.4. Gènes sélecteurs	458
3. Gènes du développement et évolution	460
3.1. Gènes HOM/HOX, phylotype et zootype	460
3.2. Évolution du groupe des gènes HOM/HOX	461
3.3. Généralisation de la notion de conservation des gènes du développement	465
Index	467

PAULETTE VAN GANSEN
HENRI ALEXANDRE
Biologie générale

SV

Enseignement
des
Sciences de la Vie

L'ouvrage

- Une synthèse claire des principaux champs de connaissance couverts par les Sciences de la vie, que l'étudiant aborde successivement dans son cursus, et où il trouve ici les liens entre les différents domaines.
- Une édition profondément renouvelée par rapport au volume antérieurement publié dans la collection des Abrégés : une présentation plus pédagogique et plus agréable, mais surtout une importante mise à jour sur la réplication de l'ADN, les viroïdes et prions, le séquençage de l'ADN, les thérapies géniques ou le contrôle de l'expression du génome. Le chapitre sur la génétique du développement est renouvelé par des considérations évolutionnistes (gènes hom/hox).
- Une vision humaniste, mise en valeur par des encadrés, sur les nombreuses questions que posent à nos sociétés les découvertes et leurs applications à l'espèce humaine.

Le public

- Les étudiants préparant le DEUG Sciences de la vie.
- Les étudiants en classes préparatoires de biologie.
- Les étudiants en PCEM et en PCEP.

Les auteurs

Paulette Van Gansen, Professeur émérite à l'Université Libre de Bruxelles, présidente du Conseil d'éducation permanente de l'ULB, a poursuivi pendant quarante ans ses recherches sur la différenciation cellulaire.

Henri Alexandre, Professeur à la Faculté de médecine et de pharmacie de Mons-Hainaut, où il dirige le Laboratoire de Biologie.



ISBN 2-225-85440-8



9 782225 854408