

# BIOCHIMIE

• Donald VOET & Judith G. VOET •

Traduction de la 2<sup>e</sup> édition américaine  
par Yves Gaudemer  
avec la collaboration  
de Hubert Dulieu, Norbert Latruffe, Jean Wallach

De Boeck  Université

# Sommaire abrégé

## I. INTRODUCTION ET NOTIONS DE BASE

1

1. La vie 2
2. Les solutions aqueuses 29
3. Les principes de la thermodynamique 42

## II. LES BIOMOLÉCULES

55

4. Acides aminés 56
5. Techniques de purification des protéines 71
6. Structure covalente des protéines 105
7. Structures tridimensionnelles des protéines 141
8. Repliement des protéines, dynamique et évolution structurale 191
9. L'hémoglobine: la fonction d'une protéine dans un microcosme 215
10. Sucres et polysaccharides 251
11. Lipides et membranes 277

## III. MÉCANISME DE L'ACTION ENZYMATIQUE

331

12. Introduction aux enzymes 332
13. Vitesses des réactions enzymatiques 345
14. Catalyse enzymatique 371

## IV. LE MÉTABOLISME

411

15. Introduction au métabolisme 412
16. La glycolyse 443
17. Métabolisme du glycogène 484
18. Les transports membranaires 513
19. Le cycle de l'acide citrique 538
20. Transfert d'électrons et oxydations phosphorylantes 563
21. Autres voies du métabolisme des glucides 599
22. La photosynthèse 626
23. Métabolisme des lipides 662
24. Métabolisme des acides aminés 727
25. Métabolisme énergétique: intégration et spécialisation d'organes 785
26. Métabolisme des nucléotides 795

## V. LA TRANSMISSION ET L'EXPRESSION DE L'INFORMATION GÉNÉTIQUE

27. L'ADN: le vecteur de l'information génétique 830
28. Les acides nucléiques et les méthodes d'analyse
29. La transcription 915
30. La traduction 959
31. Replication, réparation et recombinaison de l'ADN 1020
32. Les virus: des modèles pour le fonctionnement cellulaire 1074
33. L'expression des gènes eucaryotiques 1123
34. La physiologie moléculaire 1196

# Table des matières

## I. INTRODUCTION ET NOTIONS DE BASE 1

---

1. La vie 2
  1. Procaryotes 2
  2. Eucaryotes 6
  3. La biochimie: prologue 13
  4. Origine de la vie 18
  5. La littérature biochimique 24
2. Les solutions aqueuses 29
  1. Les propriétés de l'eau 29
  2. Acides, bases et tampons 34
3. Les principes de la thermodynamique 42
  1. Premier principe de la thermodynamique: l'énergie se conserve 43
  2. Deuxième principe de la thermodynamique: l'Univers tend vers un désordre maximum 44
  3. L'énergie libre: indice de spontanéité 47
  4. Les équilibres chimiques 48Appendice: l'énergie libre dépend des concentrations 51

## II. LES BIOMOLÉCULES 55

---

4. Acides aminés 56
  1. Acides aminés protéiques 56
  2. Activité optique 62
  3. Acides aminés "non standard" 67
5. Techniques de purification des protéines 71
  1. Isolement des protéines 72
  2. Solubilité des protéines 75
  3. Séparations par chromatographie 78
  4. Electrophorèse 89
  5. Ultracentrifugation 97
6. Structures covalentes des protéines 105
  1. Détermination de la structure primaire 106
  2. Modification des protéines 119
  3. Evolution chimique 123
  4. Synthèse de polypeptides 132

7. Structures tridimensionnelles des protéines 141
  1. Structure secondaire 141
  2. Les protéines fibreuses 153
  3. Les protéines globulaires 162
  4. Stabilité des protéines 174
  5. Structure quaternaire 180Appendice: Observation d'images stéréo 185
8. Repliement des protéines, dynamique et évolution structurale 191
  1. Repliement des protéines: théorie et expérience 191
  2. Dynamique des protéines 205
  3. Evolution structurale 208
9. L'hémoglobine: la fonction d'une protéine dans un microcosme 215
  1. Fonction de l'hémoglobine 216
  2. Structure et mécanisme 223
  3. Hémoglobines anormales 235
  4. Régulation allostérique 241Appendice: dérivation des équations du modèle symétrique 247
10. Sucres et polysaccharides 251
  1. Monosaccharides 252
  2. Polysaccharides 258
  3. Glycoprotéines 266

11. Lipides et membranes 277
  1. Classification des lipides 278
  2. Propriétés des agrégats lipidiques 285
  3. Membranes biologiques 290
  4. Assemblages membranaires et adressage des protéines 305
  5. Protéines liées aux lipides et lipoprotéines 314

## III. MÉCANISME DE L'ACTION ENZYMATIQUE 331

---

12. Introduction aux enzymes 332
  1. Perspective historique 333
  2. Spécificité du substrat 333
  3. Coenzymes 337

4. Régulation de l'activité enzymatique 338
  5. Une amorce de nomenclature des enzymes 343
13. Vitesses des réactions enzymatiques 345
1. Cinétique chimique 346
  2. Cinétique enzymatique 351
  3. Inhibition 355
  4. Influence du pH 360
  5. Réactions à deux substrats 362
- Appendice: dérivations des différentes équations de Michaelis-Menten 366
14. Catalyse enzymatique 371
1. Mécanismes catalytiques 371
  2. Le lysozyme 381
  3. Les protéases à sérine 389
  4. La glutathion réductase 400
- IV. MÉTABOLISME** 411
- 
15. Introduction au métabolisme 412
1. Les voies métaboliques 414
  2. Mécanismes des réactions organiques 415
  3. Approches expérimentales de l'étude du métabolisme 421
  4. Thermodynamique des composés phosphorylés 428
  5. Les réactions d'oxydo-réduction 434
  6. Thermodynamique de la vie 437
16. La glycolyse 443
1. La voie de la glycolyse 443
  2. Les réactions de la glycolyse 447
  3. Fermentation: le devenir du pyruvate en anaérobiose 464
  4. Contrôle du flux métabolique 470
  5. Métabolisme d'hexoses autres que le glucose 476
17. Métabolisme du glycogène 484
1. Dégénération du glycogène 485
  2. Synthèse du glycogène 491
  3. Régulation du métabolisme du glycogène 493
  4. Maladies de stockage du glycogène 507
18. Les transports membranaires 513
1. Thermodynamique des transports 513
  2. Cinétique et mécanismes des transports 514
  3. Transports actifs ATP-dépendants 524
  4. Transports actifs secondaires 531
19. Le cycle de l'acide citrique 538
1. Vue d'ensemble du cycle 538
  2. Origines métaboliques de l'acétyl-CoA 541
  3. Les enzymes du cycle de l'acide citrique 548
  4. Régulation du cycle de l'acide citrique 557
  5. Le caractère amphibolique du cycle de l'acide citrique 559
20. Transfert d'électrons et oxydations phosphorylantes 563
1. La mitochondrie 564
  2. Transfert d'électrons 568
  3. Les oxydations phosphorylantes 582
  4. Contrôle de la formation d'ATP 593
21. Autres voies du métabolisme des glucides 599
1. Gluconéogénèse 599
  2. Le cycle du glyoxylate 606
  3. Biosynthèse des oligosaccharides et des glycoprotéines 608
  4. La voie des pentoses phosphates 617
22. La photosynthèse 626
1. Les chloroplastes 627
  2. La phase lumineuse 628
  3. La phase obscure 649
23. Métabolisme des lipides 662
1. Digestion, absorption et transport des lipides 662
  2. Oxydation des acides gras 666
  3. Corps cétoniques 678
  4. Biosynthèse des acides gras 680
  5. Régulation du métabolisme des acides gras 688
  6. Métabolisme du cholestérol 690
  7. Métabolisme de l'arachidonate: prostaglandines, prostacyclines, thromboxanes et leucotriènes 704
  8. Métabolisme des phospholipides et des glycolipides 713
24. Métabolisme des acides aminés 727
1. Désamination des acides aminés 728
  2. Le cycle de l'urée 731
  3. Catabolisme des acides aminés 735
  4. Acides aminés en tant que précurseurs biosynthétiques 749
  5. Biosynthèse des acides aminés 764
  6. Fixation de l'azote 776
25. Métabolisme énergétique: intégration et spécialisation d'organes 785
1. Principales voies et stratégies du métabolisme énergétique: un résumé 785
  2. Spécialisation d'organes 788
  3. Adaptation métabolique 792

26. Métabolisme des nucléotides 795
1. Structures chimiques des nucléotides, des nucléosides et des bases 795
  2. Synthèse des ribonucléotides puriques 797
  3. Synthèse des ribonucléotides pyrimidiques 803
  4. Formation des désoxyribonucléotides 806
  5. Dégradation des nucléotides 816
  6. Biosynthèse des coenzymes nucléotidiques 822
- V. LA TRANSMISSION ET L'EXPRESSION DE L'INFORMATION GÉNÉTIQUE 829
- 
27. L'ADN: le vecteur de l'information génétique 830
1. Abrégé de la génétique 830
  2. L'ADN est le support de l'information génétique 844
28. Structure des acides nucléiques et leur manipulation 848
1. Structure chimique et composition en bases 849
  2. Les structures en doubles hélices 850
  3. Les forces stabilisant les structures des acides nucléiques 862
  4. Le fractionnement des acides nucléiques 870
  5. L'ADN superenroulé 873
  6. Le séquençage des acides nucléiques 882
  7. La synthèse d'oligonucléotides par voie chimique 896
  8. Le clonage moléculaire 897
29. La transcription 915
1. Le rôle des ARN dans la synthèse protéique 916
  2. L'ARN polymérase 919
  3. La régulation de la transcription chez les procaryotes 930
  4. La maturation post-transcriptionnelle 944
30. La traduction 959
1. Le code génétique 959
  2. Les ARN de transfert et leur aminoacylation 967
  3. Les ribosomes 981
  4. La régulation de la traduction chez les eucaryotes 1004
  5. Les modifications post-traductionnelles 1007
  6. La dégradation des protéines 1010
31. Replication, réparation et recombinaison de l'ADN 1020
1. La replication de l'ADN: généralités 1020
  2. Les enzymes de la réplication 1024
  3. Les mécanismes de la réplication chez les procaryotes 1030
  4. La réplication chez les eucaryotes 1038
  5. La réparation de l'ADN 1046
  6. La recombinaison et les éléments génétiques mobiles 1053
  7. La méthylation de l'ADN et l'expansion des répétitions à trois nucléotides 1065
32. Les virus: des modèles pour comprendre le fonctionnement à l'échelle cellulaire 1074
1. Le virus de la mosaïque du tabac 1076
  2. Les virus sphériques 1081
  3. Le bactériophage lambda 1089
  4. Le virus de l'influenza 1105
  5. Les infravirus pathogènes 1113
33. L'expression des gènes eucaryotiques 1123
1. Structure des chromosomes 1124
  2. Organisation des génomes 1133
  3. Contrôle de l'expression génique 1148
  4. Différenciation cellulaire 1168
34. Physiologie moléculaire 1196
1. La coagulation sanguine 1196
  2. L'immunité 1207
  3. La motilité: muscles, cils et flagelles 1234
  4. Les communications biochimiques: hormones et neurotransmission 1261
- Index 1311