

D.E.U.G. B - P.C.E.M. - CLASSES PRÉPARATOIRES C - D.U.T. ET B.T.S (BIOLOGIE)
ÉTUDES PHARMACEUTIQUES - LICENCES ET MAÎTRISES DE BIOLOGIE

biochimie générale

Avec la collaboration de

J.-H. WEIL

J. BONNET Y. BOULANGER P. CHAMBON
G. DUBERTRET D. GAUTHERON
C. KEDINGER M. LAZDUNSKI J. MONTREUIL
J.-C. PATTE G. REBEL
J.-M. ROSSIGNOL E. SHECHTER et M. WRIGHT

7^e édition

MASSON 

TABLE DES MATIÈRES

<i>Introductions</i>	XIX
CHAPITRE PREMIER. — Aminoacides, peptides, protéines. Structures et principales propriétés	I
Aminoacides	1
I. Classification des aminoacides	2
1. Aminoacides aliphatiques	2
A. Aminoacides à chaîne hydrocarbonée	2
B. Aminoacides hydroxylés	3
C. Aminoacides soufrés	4
D. Aminoacides dicarboxyliques et leurs amides	4
E. Aminoacides basiques	5
2. Aminoacides cycliques	6
A. Aminoacides aromatiques	6
B. Aminoacides hétérocycliques	7
3. Autres aminoacides	8
II. Principales propriétés physiques des aminoacides	8
1. Isomérisation optique	8
2. Absorption dans l'ultra-violet	9
3. Ionisation	9
A. Titration d'un aminoacide neutre	10
B. Titration d'un aminoacide dicarboxylique	12
C. Titration d'un aminoacide basique	12
4. Polarité des aminoacides	14
III. Principales propriétés chimiques des aminoacides	15
1. Réactions dues à la présence du carboxyle	15
A. Formation des sels	15
B. Décarboxylation	15
2. Réactions dues à la présence du groupement aminé	15
A. N-alkylation et N-arylation	15
B. N-acylation	16
C. Action du formol	16
D. Action de l'acide nitreux	16
E. Désamination	16
3. Réactions nécessitant la présence simultanée d'un carboxyle et d'une amine en position α	17
A. Réaction avec la ninhydrine	17
B. Liaison amide substituée entre deux aminoacides	18
4. Propriétés des radicaux R	18
Etude de la structure primaire des peptides et des protéines	19
I. Étude de la composition en aminoacides	19
1. Hydrolyse des protéines	19
2. Analyse des aminoacides	20
3. Expression des résultats	21
II. Étude de la séquence des aminoacides	22
1. Détermination des aminoacides terminaux	22
A. Détermination des groupements α -aminés terminaux libres ..	22
B. Détermination des groupements α -carboxyliques terminaux libres	24
2. Problème du nombre de chaînes peptidiques	24
3. Détermination de l'ordre d'enchaînement des aminoacides	25
4. Résultats	26

Peptides	27
I. Classification	27
II. Nomenclature	27
III. Obtention et purification	28
IV. Étude de quelques peptides ayant une importance biologique ..	28
1. Glutathion	28
2. Hormones peptidiques	28
A. Hormones de la post-hypophyse : ocytocine et vasopressine ..	28
B. Hormone adrénocorticotrope ou ACTH	29
C. Insuline	29
3. Peptides ayant une activité antibiotique	30
Protéines	30
I. Conformation tridimensionnelle des protéines	30
1. Liaisons intervenant dans la structure spatiale des protéines ..	31
A. Liaison disulfure	31
B. Liaison ionique	31
C. Liaison hydrogène	31
D. Liaison hydrophobe	31
2. Structure secondaire des protéines	32
A. Propriétés spatiales de la liaison peptidique	32
B. État étiré ou structure en feuillets plissés	32
C. État hélicoïdal ou hélice α	32
D. Pelote statistique	34
E. Coude β	34
3. Structure tertiaire des protéines	34
4. Structure quaternaire des protéines	35
II. Dénaturation des protéines	36
III. Déterminisme de la conformation tridimensionnelle	37
IV. Principales propriétés des protéines	37
1. Solubilité	37
A. Influence des électrolytes	38
B. Influence du pH	38
C. Influence des solvants organiques	39
2. Masse moléculaire	39
A. Filtration sur gel de dextrane	39
B. Diffusion de la lumière	40
C. Ultracentrifugation	40
D. Résultats	42
3. Caractère amphotère	42
4. Pression osmotique	46
V. Isolement, fractionnement et purification des protéines	48
VI. Classification des protéines	49
1. Classification en fonction de la forme des molécules	49
A. Protéines fibreuses	49
B. Protéines globulaires	49
2. Classification en fonction de la solubilité	49
3. Classification en fonction de la composition	50
PHOSPHOPROTÉINES	51
GLYCOPROTÉINES	51
LIPOPROTÉINES	51
NUCLÉOPROTÉINES	52
CHROMOPROTÉINES	52
I. Classification	53
1. Chromoprotéines porphyriniques	53

TABLE DES MATIÈRES

IX

A. Pigments respiratoires	53
B. Pigments non-respiratoires	53
2. Chromoprotéines non porphyriniques	53
A. Pigments respiratoires	53
B. Pigments non-respiratoires	53
II. Les hémoglobines	54
1. Structure des hémoglobines	54
A. L'hème	54
B. La globine	57
C. Liaison de l'hème et de la globine	57
2. Propriétés des hémoglobines	59
A. Combinaisons des hémoglobines avec les gaz	60
B. Oxydation réversible de l'hémoglobine et de l'oxyhémoglobine	62
CHAPITRE 2. — Les enzymes et la catalyse enzymatique	65
La catalyse	65
I. Constante d'équilibre d'une réaction et variation d'énergie libre	65
II. Énergie d'activation et rôle des catalyseurs	67
Cinétique des réactions enzymatiques	68
I. Vitesse initiale de la réaction	69
II. Influence de la concentration en enzyme sur la cinétique	70
III. Influence de la concentration en substrat sur la cinétique	72
1. Complexe Enzyme-Substrat	72
2. Équation de Michaelis et Menten	73
3. Représentation de Lineweaver et Burk	76
IV. Influence de divers agents physiques et chimiques sur la cinétique	76
1. Influence de la température	77
2. Influence du pH	78
3. Inhibiteurs	79
A. Inhibiteurs compétitifs	80
B. Inhibiteurs non-compétitifs	82
4. Effecteurs allostériques	82
A. Activateurs allostériques	83
B. Inhibiteurs allostériques	83
5. Activation ou inhibition par modification covalente	85
Structure des enzymes	85
I. Chaînes polypeptidiques	85
II. Co-facteurs	86
1. Ions métalliques	87
2. Groupements prosthétiques	87
3. Co-enzymes	87
A. Mode d'action des co-enzymes	87
B. Relations entre vitamines et co-enzymes	88
C. Principaux co-enzymes	89
Mécanismes des réactions enzymatiques	95
I. Site actif des enzymes	95
II. Mécanismes de la catalyse	97
III. Rôle des co-facteurs	98
Spécificité de l'action enzymatique	99
I. Spécificité liée à la réaction	99
II. Spécificité liée au substrat	99
1. Spécificité liée à la nature de la liaison	100
2. Spécificité de groupe	100

3. Spécificité absolue pour un seul substrat	101
4. Stéréospécificité	102
Classification des enzymes	104
1. Oxydoréductases	104
2. Transférases	105
3. Hydrolases	106
4. Lyases	107
5. Isomérases	107
6. Ligases ou synthétases	107
CHAPITRE 3. — Énergétique biochimique	109
I. Variation d'enthalpie libre, travail et spontanéité des transformations ...	109
II. Couplages énergétiques	114
1. Réaction et travail chimiques	114
2. Transport et travail osmotique	116
3. Couplage de deux réactions chimiques	117
4. Couplages faisant intervenir un transport	119
III. Rôle central de l'ATP	120
IV. Synthèse d'ATP au cours de la glycolyse : couplages chimiques par transfert de groupement phosphoryl	122
1. Composés phosphorylés	122
2. Transfert de groupement phosphoryl	124
V. Cycle de Krebs et formation des équivalents réducteurs	125
1. Couples redox et potentiel d'oxydo-réduction	126
2. Formation des formes réduites des couples redox	128
VI. Couplages entre réactions d'oxydo-réduction et synthèse d'ATP : phosphorylation oxydative mitochondriale	128
1. Chaîne membranaire mitochondriale de transfert d'électrons	130
A. Couples redox	130
a. Nicotinamide adénine dinucléotide	130
b. Flavines nucléotides	130
c. Ubiquinone	131
d. Centre Fe/S	131
e. Cytochromes	132
B. Composition et fonctionnement de la chaîne	132
2. ATPsynthase	135
3. Bilan énergétique de la phosphorylation oxydative	136
4. Contrôle respiratoire	137
VII. Phosphorylation oxydative bactérienne	138
VIII. Photophosphorylation et photosynthèse	138
1. Excitation des chlorophylles	139
2. Antennes et centres réactionnels	140
3. Bactéries photosynthétiques : photophosphorylation	141
4. Chloroplastes et photosynthèse	142
A. PSI	143
B. PSII	144
C. b ₆ f	144
D. Parcours cyclique des électrons au niveau de PSI	145
IX. Couplages entre hydrolyse d'ATP et travaux cellulaires	146
1. ATPases membranaires	146
2. Transports actifs secondaires	148
CHAPITRE 4. — Structure et métabolisme des glucides	149
Structure des glucides	149
LES OSES	149

TABLE DES MATIÈRES

XI

I. Isomérisation des oses	150
1. Aldoses	151
2. Cétoses	152
II. Structure cyclique des oses	153
III. Les différents types d'oses	157
1. Oses neutres	157
2. Osamines	159
3. Acides uroniques	159
4. Acides sialiques	160
IV. Composés dérivés des oses	161
1. Acide L-ascorbique (vitamine C)	161
2. Polyalcools (polyols)	161
V. Nomenclature des oses	162
VI. Propriétés chimiques des oses	162
1. Formation d'esters	162
2. Alkylation	162
3. Oxydation des oses	163
4. Action des acides concentrés	163
5. Action de la phénylhydrazine	164
6. Action des alcools	165
LES OSIDES	165
I. Holosides	165
1. Diholosides	165
A. Diholosides réducteurs	166
B. Diholosides non-réducteurs	166
2. Triholosides	168
3. Polyholosides	168
A. Homopolyosides	168
B. Hétéropolyosides	170
II. Hétérosides	170
Glycoprotéines	172
I. Nature de la partie glucidique	172
1. Constituants monosaccharidiques	172
2. Structure des glycanes	173
A. Mucines sous-maxillaires	173
B. Protéoglycanes de la substance fondamentale	173
C. Muropeptides de la muréine	174
D. Glycanes complexes	174
II. Nature de la liaison glycanne-protéine	175
III. Biosynthèse des glycoprotéines	176
IV. Importance des glycoprotéines	176
V. Rôle des groupements glycaniques	177
Métabolisme des glucides	178
DIGESTION ET ABSORPTION DES GLUCIDES	178
I. Digestion des glucides	178
II. Absorption des oses	179
MÉTABOLISME DES OSES	180
I. Phosphorylation du glucose	180
II. Formation du glucose à partir du glucose-6-(P)	182
SYNTHÈSE ET DÉGRADATION DES POLYOSIDES	183
I. Synthèse du glycogène	183
II. Dégradation du glycogène	184

GLYCOLYSE	185
I. Réactions de la glycolyse	185
1. Phosphohexose isomérase	185
2. Phosphofructokinase	187
3. Aldolase	188
4. Glycéraldéhyde-3- P déshydrogénase	189
5. 3-Phosphoglycérate kinase	190
6. Phosphoglycérate mutase	190
7. Enolase	190
8. Pyruvate kinase	190
II. Possibilités de transformation de l'acide pyruvique et de réoxydation du NADH en anaérobiose	191
1. Production d'acide lactique	191
2. Fermentation alcoolique	192
3. Formation de l' α -glycérophosphate et du glycérol	192
III. Bilan énergétique de la glycolyse	193
1. En aérobie	193
2. En anaérobiose	193
IV. Métabolisme des autres oses en relation avec la glycolyse	194
V. Réversibilité de la glycolyse : néoglucogenèse	196
1. Passage de l'acide pyruvique à l'acide phospho-énol-pyruvique	197
A. Carboxylation de l'acide pyruvique en acide oxalo-acétique	197
B. Décarboxylation phosphorylante de l'acide oxalo-acétique en acide phospho-énol-pyruvique	197
2. Passage du fructose-1-6-bis- P au fructose-6- P	200
3. Passage du glucose-6- P au glucose	200
VI. Inhibition de la glycolyse par l'oxygène. Effet Pasteur	200
DÉCARBOXYLATION OXYDATIVE DE L'ACIDE PYRUVIQUE	202
I. La réaction de décarboxylation	203
II. La réaction d'oxydation	204
III. La formation de l'acétyl-coenzyme A	204
IV. La réoxydation de l'acide lipoïque	204
V. La réoxydation du FADH	204
CYCLE DE KREBS	205
I. Réactions du cycle de Krebs	206
II. Bilan énergétique	208
III. Formation et décarboxylation de l'acide oxalo-acétique	209
CYCLE DES PENTOSÉS-PHOSPHATES	210
I. Oxydation du glucose-6- P en ribulose-5- P	210
II. Isomérisation du ribulose-5- P	211
III. Interconversions des pentoses- P et des hexoses- P par transaldolisation et transcétolisation	212
IV. Bilan énergétique	215
V. Réversibilité des interconversions	215
CYCLE PHOTOSYNTHÉTIQUE DE RÉDUCTION DU CO_2 EN GLUCIDES	216
BIOSYNTÈSE DES OSIDES	220
I. A partir des glucides « libres »	220
II. A partir des oses-1-phosphates	220
III. A partir des glycosylnucléotides	220

CHAPITRE 5. — Structure et métabolisme des lipides	225
Structure des lipides	225
I. Acides gras	225
1. Acides gras saturés	226
2. Acides gras désaturés (insaturés)	226
3. Acides gras hydroxylés	227
4. Acides gras ramifiés	227
5. Prostaglandines, leukotriènes et peroxydes	228
6. Autres composés voisins	228
II. Glycérolipides	228
1. Glycérides	228
2. Glycérophospholipides	229
A. Diacylphosphatides	229
B. Alkénylphosphatides (Plasmalogènes)	230
C. Alkylphosphatides (Étherphosphatides)	230
D. Phosphonolipides	231
3. Glycosyldiglycérides	232
III. Sphingolipides	232
1. Sphingomyélines	232
2. Sphingoglycolipides	232
A. Galactolipides (cérébrosides, sulfatides)	233
B. Glycolipides neutres	233
C. Gangliosides	233
D. Phytoglycolipides	234
IV. Cérides	234
V. Hydrocarbures	234
VI. Lipides polyisopréniques	234
1. Hydrocarbures polyisopréniques	234
2. Stérols et stéroïdes	236
A. Stérols	236
B. Dérivés des stérols	237
C. Hopanoïdes	238
3. Caroténoïdes	239
A. Carotènes	239
B. Xanthophylles	239
C. Vitamines A	239
4. Quinones à chaîne isoprénique	240
A. Vitamines E	241
B. Ubiquinones et plastoquinones	242
C. Vitamines K	242
Métabolisme des lipides	243
CATABOLISME DES GLYCÉRIDES ET DES PHOSPHATIDES, DIGESTION DES LIPIDES	243
MÉTABOLISME DES ACIDES GRAS	245
I. Oxydation des acides gras	245
1. Oxydation des acides gras linéaires saturés à nombre pair d'atomes de carbone	245
A. Activation des acides gras	245
B. Réactions de la β -oxydation	245
C. Bilan énergétique de la β -oxydation des acides gras	248
2. Oxydation des acides gras saturés à nombre impair d'atomes de carbone	249
3. Oxydation des acides gras désaturés	250
4. Peroxydation des acides gras désaturés	252
5. Oxydation des acides gras ramifiés	252

II. Biosynthèse des acides gras	253
1. Synthèse des acides gras saturés	253
2. Synthèse des acides gras insaturés	258
A. Acides gras monosaturés	258
B. Acides gras polyinsaturés	258
3. Régulation du métabolisme des acides gras	259
MÉTABOLISME DES AUTRES COMPOSÉS LIPIDIQUES	260
I. Métabolisme des glycérolipides	260
1. Synthèse et dégradation des glycérophospholipides	260
2. Synthèse et dégradation des acylglycérols	264
II. Rôle des phospholipides	265
1. Rôle au niveau des membranes	265
2. Ancrage des protéines	267
3. Cycle de l'inositol triphosphate	267
4. Régulation de la synthèse du DNA	268
III. Biosynthèse des stéroïdes	269
1. Biosynthèse du cholestérol	269
2. Biosynthèse des acides biliaires	270
3. Formation des autres stéroïdes	272
IV. Cétogenèse	274
V. Métabolisme des sphingolipides	275
VI. Rôle des glycolipides	276
VII. Transport des lipides	277
1. Transport intracellulaire	277
2. Transport intertissulaire	277
VIII. Interrelations entre les métabolismes glucidique et lipidique	279
1. Transformation des glucides en lipides	279
2. Transformation des lipides en glucides	279
CHAPITRE 6. — Structure et métabolisme des acides nucléiques. Le code génétique et la biosynthèse des protéines	283
Structure des acides nucléiques	283
I. Pentoses	284
II. Bases azotées	284
1. Bases puriques	285
2. Bases pyrimidiques	285
3. Tautomérisme des bases	286
III. Nucléosides	286
IV. Nucléosides-monophosphates	288
V. Nucléosides-di- et tri-phosphates	289
VI. Structure primaire des acides nucléiques	290
VII. Détermination des séquences nucléotidiques	292
1. Hydrolyse des RNA et des DNA	292
A. Hydrolyse alcaline	292
B. Hydrolyse par la ribonucléase pancréatique	293
C. Hydrolyse par la ribonucléase T ₁	294
D. Hydrolyse par la ribonucléase U ₂	294
E. Hydrolyse par la phosphodiesterase de venin de serpent ..	294
F. Hydrolyse par la phosphodiesterase de rate	294
G. Action de la phosphatase alcaline d' <i>E. coli</i>	295
H. Action des desoxyribonucléases (DNases)	295
2. Détermination de la séquence d'un oligoribonucléotide	296
3. Détermination de la séquence des acides ribonucléiques	297
4. Détermination de la séquence des acides désoxyribonucléiques ..	299
VIII. Structure secondaire des DNA	302
IX. Structure secondaire des RNA	305

TABLE DES MATIÈRES

XV

X. Propriétés physico-chimiques des acides nucléiques	307
XI. Hybridation	308
Biosynthèse des acides nucléiques	309
BIOSYNTÈSE DES NUCLEOSIDES-5'-TRIPHOSPHATES	309
I. Biosynthèse des ribonucléosides-5'-triphosphates puriques	310
1. Biosynthèse de <i>novo</i> de l'IMP	310
2. Formation de l'AMP et du GMP à partir de l'IMP	314
3. Utilisation des purines préformées	315
4. Phosphorylation des nucléosides-5'-monophosphates en nucléosides-5'-triphosphates	315
A. Réactions catalysées par les nucléosides-5'-monophosphates-kinases	315
B. Réactions catalysées par les nucléosides-5'-diphosphates-kinases	317
II. Biosynthèse des ribonucléosides-5'-triphosphates pyrimidiques	317
1. Biosynthèse de <i>novo</i> de l'UMP	317
2. Utilisation des pyrimidines préformées	321
3. Formation des ribonucléotides uridyliques et cytidyliques	321
III. Formation des désoxyribonucléosides-5'-triphosphates puriques	321
IV. Formation des désoxyribonucléosides-5'-triphosphates pyrimidiques	323
1. Formation du dUMP	323
A. A partir des désoxyribonucléotides uridyliques	323
B. A partir des désoxyribonucléotides cytidyliques	323
2. Méthylation du dUMP en dTMP	323
3. Utilisation de la thymine et de la désoxythymidine	324
LES ACIDES NUCLÉIQUES ET L'INFORMATION GÉNÉTIQUE	326
I. Preuves du rôle du DNA comme support de l'information génétique	326
II. Nature protéique des produits de l'expression des gènes. Effets des mutations	327
III. Transferts d'information	329
BIOSYNTÈSE DES DNA	330
I. Mécanismes fondamentaux de la synthèse des DNA	330
1. La réplication est semi-conservative	331
2. La polymérisation des nucléotides est assurée par un enzyme	331
3. La DNA polymérase a besoin d'un DNA modèle et d'une amorce	333
4. La polymérisation se fait dans un seul sens : 5' → 3'	333
II. Les étapes de la réplication	335
1. L'étape d'initiation	336
2. L'étape d'élongation	336
3. L'étape de terminaison	337
III. La réplication chez <i>E. coli</i>	338
1. Approches expérimentales de la réplication	338
2. Initiation à l'origine de réplication	339
3. Progression de la fourche de réplication	340
IV. La réplication chez les eucaryotes	343
1. Les DNA polymérases	344
2. Initiation à l'origine de réplication	345
3. Progression de la fourche de réplication	346
4. L'étape de terminaison	346
5. Autres protéines impliquées dans la réplication	347

V. Fidélité de la réplication	347
1. Activité correctrice des DNA polymérases	348
2. Fidélité et mécanisme de réplication	348
VI. DNA polymérase-RNA dépendante (transcriptase inverse)	349
BIOSYNTÈSE DES RNA	350
I. Polynucléotide phosphorylase	350
II. RNA-polymérase-DNA-dépendante	351
1. Étapes de la transcription	352
2. La RNA polymérase bactérienne	353
A. Structure	353
B. Mode d'action de l'enzyme	353
C. Rôle des différentes sous-unités	354
3. Asymétrie de la transcription	355
4. Sites impliqués dans l'initiation	356
A. Point de départ de la transcription	356
B. Sites de fixation de la RNA polymérase d' <i>E. coli</i>	356
5. Terminaison de la transcription	359
A. Terminaison indépendante du facteur rho	359
B. Terminaison dépendante du facteur rho	359
6. Inhibition de la transcription	359
7. Transcription chez les eucaryotes	359
A. Transcription et traduction ont lieu dans des compartiments différents	359
B. Existence de 3 RNA polymérases	360
C. Promoteurs des eucaryotes	361
8. Maturation des produits de transcription	361
A. Maturation des <i>r</i> RNA et <i>t</i> RNA	361
B. Maturation des <i>m</i> RNA eucaryotiques	362
III. RNA-réplicase	372
Biosynthèse des protéines	375
I. Activation des aminoacides et formation des aminoacyl- <i>t</i> RNA ..	375
1. RNA de transfert (<i>t</i> RNA)	376
2. Enzyme d'activation ou aminoacyl- <i>t</i> RNA synthétase	380
II. Transfert des aminoacides des aminoacyl- <i>t</i> RNA aux protéines ..	382
1. Ribosomes	382
2. RNA messenger (<i>m</i> RNA)	385
3. Mécanisme de la traduction	386
A. Élongation de la chaîne polypeptidique	388
B. Cycle des facteurs nécessaires à la synthèse protéique	391
C. Élucidation du code génétique	392
D. Initiation de la chaîne peptidique	397
E. Terminaison de la chaîne peptidique	401
F. Inhibition de la synthèse protéique	403
G. Colinéarité du gène et de la chaîne peptidique	404
H. Transport des protéines néosynthétisées	405
I. Organisation et expression des génomes mitochondriaux et chloroplastiques	408
Recombinaison génétique <i>in vitro</i> et clonage de gènes	413
I. Méthodes de clonage	413
II. Clonage d'un gène spécifique	416
III. Expression des gènes clonés	417

IV. Clonage de gènes dans les cellules eucaryotes	418
V. Avantages du clonage de gènes	419
VI. Précautions à prendre lors des expériences de recombinaison génétique	422
CHAPITRE 7. — Métabolisme des composés azotés	423
I. Réactions générales des aminoacides	424
1. Réactions enzymatiques où le phosphate de pyridoxal est le co-enzyme	424
A. Décarboxylation	424
B. Aldolisation	425
C. Transamination	426
D. Racémisation	427
E. Réaction d' α - β et d' α - γ élimination	428
2. Désamination	428
A. Désamination oxydative	428
B. Désamination désaturante	431
II. Origine des aminoacides dans les organismes vivants	432
1. Synthèse des aminoacides	432
A. Formation d'ammoniac	433
B. Incorporation de l'ammoniac dans un composé organique ..	434
C. Synthèse du squelette carboné des aminoacides	434
D. Transfert du groupement aminé sur les α -cétoacides	435
2. Absorption des aminoacides préformés	436
A. Aminoacides indispensables	436
B. Hydrolyse des protéines	436
III. Métabolisme des aminoacides	438
1. Métabolisme de la glycine et de la sérine	440
A. Synthèse de la sérine	440
B. Métabolisme de la sérine	440
C. Interconversion sérine-glycine	441
D. Métabolisme de la glycine	441
2. Métabolisme des aminoacides soufrés	446
A. Formation de la cystéine à partir de la méthionine	448
B. Méthylation de l'homocystéine en méthionine	448
C. Métabolisme de la méthionine	449
D. Métabolisme de la cystéine	450
3. Métabolisme des aminoacides dicarboxyliques et de leurs amides	450
A. Métabolisme de l'acide glutamique et de la glutamine	453
B. Métabolisme de l'acide aspartique et de l'asparagine	454
4. Métabolisme de la phénylalanine et de la tyrosine	455
A. Catabolisme normal de la phénylalanine et de la tyrosine ..	459
B. Troubles du catabolisme de la phénylalanine et de la tyrosine ..	460
C. Formation des mélanines	461
D. Formation de la nor-adrénaline et de l'adrénaline	462
E. Formation des hormones thyroïdiennes	462
IV. Métabolisme protéique	463
1. Notion d'équilibre azoté	463
2. État dynamique des protéines	465
V. Produits d'élimination du métabolisme azoté	466
1. Ammoniac et sels ammoniacaux	466
2. Uréogénèse	467
A. Synthèse de carbamyl-phosphate et transformation de l'ornithine en citrulline	467
B. Transformation de la citrulline en arginine	468
C. Transformation de l'arginine en ornithine et urée	468

D. Relations entre le cycle de l'urée et le cycle des acides tricarboxyliques	468
3. Acide urique	474
4. Catabolisme des porphyrines	474
CHAPITRE 8. — Régulation du métabolisme cellulaire	477
Intégration des métabolismes glucidique, lipidique, nucléique et protéique	477
Possibilités de contrôle des activités métaboliques	480
I. Régulation de la synthèse des enzymes	481
1. Contrôle de l'expression des gènes au niveau de la transcription	481
A. Systèmes procaryotes	485
B. Systèmes eucaryotes	497
2. Contrôle de l'expression génétique au niveau post-transcriptionnel	516
A. Maturation et transport des <i>mRNA</i>	516
B. Traduction	516
3. Importance de l'expression coordonnée des gènes. Un exemple de perturbation : l'oncogenèse	518
II. Effets de la concentration en substrat	522
III. Régulation de l'activité enzymatique par activation ou inhibition	523
1. Propriétés générales des enzymes allostériques	523
A. Cinétique des réactions catalysées par les enzymes allostériques	523
B. Action des effecteurs allostériques	524
C. Désensibilisation et dissociation des enzymes allostériques	525
D. Modèle de Monod, Wyman et Changeux	526
2. Principaux modes de régulation	528
3. Rétroinhibition dans les chaînes réactionnelles linéaires et branchées	528
A. Rétroinhibition dans les chaînes réactionnelles linéaires	528
B. Rétroinhibition dans les chaînes réactionnelles branchées ..	529
IV. Modification covalente des protéines	532
V. Effet des hormones	532
1. Contrôle du métabolisme du glycogène	533
2. Contrôle d'autres processus cellulaires	535
Index	539