

TOUT EN FICHES

MÉMO VISUEL DE
BIOCHIMIE

2^e ÉDITION

XAVIER COUMOUL

Professeur à l'université Paris Descartes

FRÉDÉRIC DARDEL

Professeur et président de l'université Paris Descartes

ÉTIENNE BLANC

Maître de conférences à l'université Paris Descartes

DUNOD

Uniformisation des illustrations :
Bernadette Coléno

Photographies de couverture :

En haut à droite : Émulsion d'huile dans de l'eau © Cobalt – Fotolia.com

En haut à gauche : Tubes à essais © i-stock/luchschen

En bas à gauche : Coenzyme Q 10 ou ubiquinone (ici sous forme de cristaux)

©Biosphoto/Alfred Pasiëka/Science Photo Library

En bas à droite : Répresseur de l'opéron lactose fixé au site opérateur © Frédéric Dardel

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2018
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-078648-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

COMMENT UTILISER CET OUVRAGE	X
PRÉFACE	XI
ABRÉVIATIONS	XIII

Chapitre 1 – La cellule et ses constituants

	L'EAU ET LES IONS	
Fiche 1	L'eau et le vivant	2
Fiche 2	Les ions et le vivant	3
Fiche 3	La structure des glucides	4
	LES GLUCIDES	
Fiche 4	Les aldoses	5
Fiche 5	Les cétooses	6
Fiche 6	Les dérivés d'oses	7
Fiche 7	Les dérivés d'oses	8
Fiche 8	Les dérivés d'oses	9
Fiche 9	Les oligosaccharides	10
Fiche 10	Les homopolysaccharides	11
Fiche 11	Les homopolysaccharides	12
Fiche 12	Les glycoprotéines	13
Fiche 13	Les protéoglycanes	14
	LES ACIDES AMINÉS ET PROTÉINES	
Fiche 14	Les acides aminés	15
Fiche 15	Les acides aminés	16
Fiche 16	La liaison peptidique	17
Fiche 17	Le diagramme de Ramachandran	18
Fiche 18	La structure primaire des protéines	19
Fiche 19	La structure secondaire des protéines	20
Fiche 20	La structure tertiaire des protéines	21
	LES LIPIDES	
Fiche 21	Les acides gras – convention	22
Fiche 22	Les acides gras	23
Fiche 23	Les lipides membranaires	24
	LES ACIDES NUCLÉIQUES ET DÉRIVÉS DE NUCLÉOTIDES	
Fiche 24	La structure des nucléotides	25
Fiche 25	La structure des polynucléotides	26
Fiche 26	L'ATP	27

Table des matières

Fiche 27	La structure de l'ARN	28
Fiche 28	Les coenzymes principaux d'oxydoréduction	29
Fiche 29	Les coenzymes principaux de transfert	30
	L'ORGANISATION DE LA CELLULE	
Fiche 30	L'organisation de la cellule	31
Fiche 31	Les membranes plasmiques	32
Fiche 32	Les transports membranaires (passif et diffusif)	33
Fiche 33	Les transports membranaires (actif)	34
Fiche 34	Le pore nucléaire	35
Fiche 35	Les transports nucléocytoplasmiques	36
Fiche 36	La taille des génomes	37
Fiche 37	La taille des objets biologiques	38
Fiche 38	La classification des organismes	39

Chapitre 2 – Les enzymes, des catalyseurs biologiques

	LES GRANDES CLASSES D'ENZYMES ET LES PRINCIPES DE LA CATALYSE	
Fiche 39	La classification des enzymes	42
Fiche 40	La catalyse enzymatique	43
Fiche 41	Site actif et état de transition	44
	LES ENZYMES MICHAELIENNES	
Fiche 42	Le modèle de Michaelis-Menten	45
Fiche 43	L'inhibition compétitive	46
Fiche 44	L'inhibition non compétitive	47
Fiche 45	L'inhibition suicide	48
	LES ENZYMES ALLOSTÉRIQUES	
Fiche 46	Allostérie et coopérativité	49
Fiche 47	Les systèmes K	50
Fiche 48	Systèmes K et représentation de Hill	51
Fiche 49	Les systèmes V	52

Chapitre 3 – Le métabolisme cellulaire

	LES GRANDS PRINCIPES DES RÉGULATIONS MÉTABOLIQUES	
Fiche 50	Le bilan métabolique	54
Fiche 51	Les effets des substrats et des produits	55
Fiche 52	La chaîne linéaire métabolique	56

Table des matières

Fiche 53	La chaîne ramifiée métabolique	57
Fiche 54	La régulation par des protéines de contrôle	58
Fiche 55	La régulation par modification covalente	59
Fiche 56	La régulation par protéolyse	60
	LE MÉTABOLISME GLUCIDIQUE	
Fiche 57	La glycolyse : phase de préparation	61
Fiche 58	La glycolyse : phase de restitution	62
Fiche 59	La régulation de la glycolyse	63
Fiche 60	Les points clés de la glycolyse	64
Fiche 61	La néoglucogenèse	65
Fiche 62	La régulation de la néoglucogenèse	66
Fiche 63	Structure et fonction du glycogène	67
Fiche 64	La synthèse du glycogène	68
Fiche 65	La dégradation du glycogène	69
Fiche 66	La voie des pentoses : phase oxydative	70
Fiche 67	La voie des pentoses : phase non oxydative	71
	LE MÉTABOLISME RESPIROATOIRE	
Fiche 68	Le carrefour du pyruvate	72
Fiche 69	La mitochondrie	73
Fiche 70	La structure de la pyruvate déshydrogénase (PDH)	74
Fiche 71	La régulation de la pyruvate déshydrogénase (PDH)	75
Fiche 72	Le cycle de Krebs – réactions	76
Fiche 73	La régulation du cycle de Krebs	77
Fiche 74	L'ATP synthase : moteur de la cellule	78
Fiche 75	La chaîne respiratoire : couplage avec le cycle de Krebs	79
Fiche 76	La chaîne respiratoire : aspects énergétiques	80
Fiche 77	Cataplérose et anaplérose	81
Fiche 78	Les navettes mitochondriales	82
	LE MÉTABOLISME LIPIDIQUE	
Fiche 79	Le catabolisme des acides gras : activation et transport mitochondrial	83
Fiche 80	Le catabolisme des acides gras : la bêta-oxydation	84
Fiche 81	Le catabolisme des acides gras à C impair ou insaturés	85
Fiche 82	La régulation du métabolisme des acides gras	86
Fiche 83	L'anabolisme des acides gras : du citrate au malonyl-CoA	87
Fiche 84	L'acide gras synthase	88
Fiche 85	L'acide gras synthase	89
Fiche 86	Le métabolisme des triglycérides	90
Fiche 87	Le métabolisme des triglycérides	91
Fiche 88	Le métabolisme du cholestérol	92
Fiche 89	Le métabolisme du cholestérol	93
Fiche 90	Le métabolisme des phospholipides	94

Table des matières

Fiche 91	Le métabolisme des stéroïdes	95
Fiche 92	La glycéronéogenèse	96
Fiche 93	La céto-genèse	97
Fiche 94	La céto-lyse	98
	LE MÉTABOLISME AZOTÉ	
Fiche 95	Introduction au métabolisme azoté	99
Fiche 96	Les transaminations	100
Fiche 97	Le cycle de l'urée	101
Fiche 98	L'anabolisme des acides aminés	102
Fiche 99	Le catabolisme des acides aminés	103
	QUELQUES MÉTABOLISMES PARTICULIERS	
Fiche 100	Le métabolisme des purines	104
Fiche 101	Le métabolisme des pyrimidines	105
Fiche 102	Folates et métabolisme	106
Fiche 103	L'autophagie	107
	LE MÉTABOLISME VÉGÉTAL	
Fiche 104	La photophosphorylation	108
Fiche 105	Le cycle de Calvin	109
Fiche 106	Le métabolisme C4	110
Fiche 107	Le métabolisme CAM	111

Chapitre 4 – Réplication de l'ADN et division cellulaire

	STRUCTURE DES ACIDES NUCLÉIQUES ET DE LA CHROMATINE	
Fiche 108	La chromatine	114
Fiche 109	La topologie de l'ADN	115
	L'ORGANISATION DES GÈNES	
Fiche 110	Les topoisomérases	116
Fiche 111	L'organisation du génome	117
Fiche 112	Le contenu du génome	118
	LA RÉPLICATION DE L'ADN	
Fiche 113	Les ADN polymérases	119
Fiche 114	La réplication	120
Fiche 115	La relecture	121
	LES MÉCANISMES DE COMBINAISON ET DE RÉPARATION	
Fiche 116	La recombinaison	122
Fiche 117	La recombinaison	123
Fiche 118	Les lésions de l'ADN	124
Fiche 119	Les lésions de l'ADN	125

Table des matières

Fiche 120	Les mécanismes de réparation de l'ADN	126
Fiche 121	La réparation directe	127
Fiche 122	La réparation des mésappariements	128
Fiche 123	La réparation par excision de nucléotides	129
Fiche 124	La réparation par excision de base	130
Fiche 125	La réparation par recombinaison	131
	Le cycle cellulaire	
Fiche 126	Les phases du cycle cellulaire	132
Fiche 127	Le contrôle du cycle cellulaire	133
Fiche 128	L'apoptose	134

Chapitre 5 – L'expression des gènes

	La synthèse des ARN	
Fiche 129	Les ARN polymérases	136
Fiche 130	Les promoteurs	137
Fiche 131	La transcription	138
	La maturation des ARN messagers	
Fiche 132	Maturation : la coiffe	139
Fiche 133	Maturation : la queue poly (A)	140
Fiche 134	Épissage des ARN	141
Fiche 135	Épissage des ARN	142
Fiche 136	Épissage des ARN	143
Fiche 137	La régulation de l'expression génétique	144
Fiche 138	La régulation de l'expression génétique	145
	Transcription inverse et rétrovirus	
Fiche 139	La transcription inverse	146
Fiche 140	Les rétrovirus	147
	L'expression des protéines	
Fiche 141	Le code génétique	148
Fiche 142	L'ARN de transfert	149
Fiche 143	La traduction des protéines	150
Fiche 144	La traduction des protéines	151
Fiche 145	La traduction des protéines	152
Fiche 146	La traduction des protéines	153
Fiche 147	Peptide signal et excrétion	154
Fiche 148	Le protéasome	155
	Le contrôle d'expression épigénétique	
Fiche 149	Épigénétique : méthylation de l'ADN	156

Table des matières

Fiche 150	Épigénétique : code des histones	157
Fiche 151	Épigénétique : les miARN	158

Chapitre 6 – La signalisation cellulaire

Fiche 152	Introduction à la signalisation cellulaire	160
Fiche 153	La signalisation AMPc	161
Fiche 154	La signalisation calcique	162
Fiche 155	La signalisation NO	163
Fiche 156	La signalisation Notch	164
Fiche 157	La signalisation β -caténine	165
Fiche 158	La signalisation RTK	166
Fiche 159	La signalisation STAT	167
Fiche 160	La signalisation des intégrines	168
Fiche 161	La signalisation TGF β	169
Fiche 162	La signalisation des récepteurs nucléaires	170
Fiche 163	La signalisation NF κ B	171
Fiche 164	La signalisation des xénobiotiques	172

Chapitre 7 – Les techniques d'étude biochimique

PRINCIPES GÉNÉRAUX		
Fiche 165	Le couplage des techniques	174
Fiche 166	Les détergents	175
Fiche 167	La spectrophotométrie	176
Fiche 168	Les radioisotopes	177
Fiche 169	Électrophorèse – principe de séparation	178
Fiche 170	Électrophorèse – type de gel et analyse	179
Fiche 171	Électrophorèse en champ pulsé	180
LA PURIFICATION DES PROTÉINES		
Fiche 172	Séparation physique : l'ultracentrifugation	181
Fiche 173	Séparation physique : précipitation/solubilisation	182
Fiche 174	Séparation physique : dialyse/ultrafiltration	183
Fiche 175	La chromatographie liquide	184
Fiche 176	La chromatographie liquide	185
ANALYSE DE L'EXPRESSION, DE LA STRUCTURE ET DE LA FONCTION DES PROTÉINES		
Fiche 177	Protéomique/Spectrométrie de masse	186
Fiche 178	La spectrométrie RMN	187

Table des matières

Fiche 179	Les méthodes de dosages protéiques	188
Fiche 180	Les méthodes de dosages protéiques	189
Fiche 181	La biologie structurale	190
Fiche 182	La biologie structurale	191
Fiche 183	La modélisation moléculaire	192
Fiche 184	Le western blot	193
Fiche 185	L'immunodétection – ColP	194
Fiche 186	L'isoélectrofocalisation et le gel à deux dimensions	195
	CLONAGE, TRANFECTION, TRANSGÈNE	
Fiche 187	La PCR	196
Fiche 188	Les enzymes de restriction	197
Fiche 189	Les plasmides	198
Fiche 190	L'ADN recombinant/clonage	199
Fiche 191	L'expression inductible	200
Fiche 192	L'inhibition de l'expression par des ARN interférents	201
Fiche 193	Les gènes rapporteurs	202
Fiche 194	GFP – applications	203
Fiche 195	La méthode de transfection par électroporation	204
Fiche 196	Les méthodes de transfection par endocytose	205
Fiche 197	La production de virus recombinants	206
Fiche 198	Les systèmes d'infection virale	207
Fiche 199	La transgénèse par microinjection	208
Fiche 200	La transgénèse par modification des cellules ES	209
Fiche 201	La sélection des cellules ES par la transgénèse	210
Fiche 202	Le système Cre/LoxP	211
Fiche 203	Le système CRISPR	212
	L'ANALYSE DES ACIDES NUCLÉIQUES	
Fiche 204	Le Southern blot	213
Fiche 205	Le northern blot	214
Fiche 206	Les puces à ADN	215
Fiche 207	Le retard sur gel (EMSA)	216
Fiche 208	Le ChIP	217
Fiche 209	Le footprint	218
Fiche 210	Le séquençage Sanger	219
Fiche 211	Le séquençage nouvelle génération	220
	INDEX	221
	CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES	226

Comment utiliser cet ouvrage



7 chapitres

Les grands axes de la biochimie

211 fiches réparties en 7 chapitres

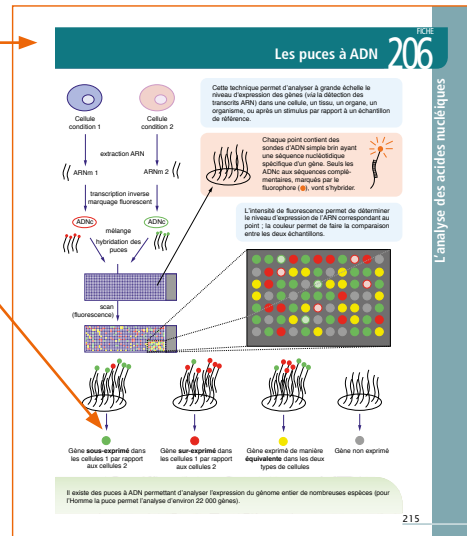
Les notions essentielles du cours pour réviser rapidement

600 schémas et photos en couleur

pour illustrer chaque notion importante

Et aussi...

- Une liste des abréviations employées dans l'ouvrage
- Un index complet



Le terme biochimie tend à disparaître de très nombreux intitulés d'unités d'enseignement et de filières, ce qui est regrettable. Pourtant ce nom bref sonne bien, il est précis et indique concrètement la nature du monde vivant : la connaissance des molécules, de leurs interactions multiples ainsi que l'ensemble des réactions qui en résultent. La biochimie constitue l'un des savoirs obligatoires pour déchiffrer le fonctionnement du vivant, reconstituer son histoire évolutive, donc notre propre Histoire. Mais ceci ne se fera pas sans l'utilisation de techniques de plus en plus subtiles de purifications, de dosages, d'études de la spécificité. Ce mémo visuel de biochimie qui va à l'essentiel de ces démarches est le bienvenu.

Depuis près de quarante ans, les avancées technologiques ont profondément modifié notre connaissance du fonctionnement du vivant, de la classification des êtres vivants et ont conduit, ce qui était inattendu, à une très forte « molécularisation » de la société civile. En effet, un très grand nombre de nos concitoyens, est maintenant convaincu que leur vie est dirigée par les molécules d'ADN héritées de leurs parents. Le langage courant s'est lui aussi imprégné du vocabulaire de la biologie, nombre de réclames utilisent l'acronyme ADN comme la référence source pour vanter les mérites de leurs produits. Cette prise de conscience du rôle fondamental des connaissances de la biologie a un impact encore plus fort sur notre société civile, elle génère de nouvelles activités humaines, considérables du point de vue économique comme du point de vue social (médecine personnalisée, assistance à l'amélioration des espèces d'intérêts agronomiques, utilisation de capteurs d'énergie lumineuse, analyse de la biodiversité, pour citer quelques exemples). Ceci constitue un paradoxe car s'il est fait état d'une désaffection générale des étudiants pour les sciences, globalement notre société porte un regard de plus en plus intéressé vers la biologie. À nous d'utiliser avec pertinence ce fait pour réaliser ce besoin d'éducation à tous les niveaux de la société. Dans le même mouvement, il faudrait faire reconnaître que les décideurs de demain, tout comme leurs conseillers, ne peuvent plus se contenter des seules notions de biologie acquises au Lycée. L'introduction dans leur cursus d'une formation à ce qu'est la recherche (tous secteurs confondus) et à un niveau de connaissances significatif en biologie, serait appropriée.

Préface

L'objectif de cet ouvrage de biochimie dédié à la connaissance des molécules est d'amener à retrouver efficacement l'essentiel d'une thématique, à pouvoir se la remémorer principalement à l'aide d'images. Il est par construction, orienté vers la clarté avec une forte simplification, le spécialiste voudra bien y porter un regard indulgent. Les explications, commentaires, volontairement brefs, sont là pour susciter la curiosité du lecteur. Cet ouvrage est publié au moment où l'enseignement supérieur se réorganise selon deux axes. Premièrement en assurant la transmission des savoirs avec un maximum d'interactivité grâce aux possibilités offertes par l'outil numérique qui façonne désormais notre société. Deuxièmement face à la quantité vertigineuse d'informations pertinentes issues mensuellement de la recherche, le contenu de ces savoirs doit être obligatoirement revisité, avec l'objectif de se limiter en complexité sans omettre toutefois de citer les pistes qui dirigeront un groupe restreint d'étudiants vers une analyse très spécialisée.

Chaque thème fait l'objet d'une fiche d'une page agréablement illustrée. Le tout constituant une précieuse série de notions de base. Le renvoi entre fiches constitue une ébauche de réseau, ce qui amènera sans doute le lecteur à imaginer la complexité des multiples réseaux assurant le fonctionnement cellulaire. Il intègre avec aisance quelques approches de génétique, de biodiversité et d'évolution soulignant la porosité grandissante entre disciplines, la résultante étant la grande dynamique de ces interfaces. La fiche consacrée à la taille des objets biologiques permet de visualiser la finesse des assemblages protéiques que le biochimiste caractérise. Une autre, sur la taille des génomes, fait clairement ressortir que la complexité apparente des organismes vivants n'est pas directement liée au nombre de gènes et donc que le passage du génotype au phénotype résulte d'interactions multiples et subtiles qui seront décryptées, avec le temps, par la modernité des approches de la biochimie. C'est un puissant stimulant à la curiosité du biochimiste.

Ce livre, à lire et à relire, s'adresse principalement aux étudiants de niveau Licence issus de filières variées de l'enseignement de la biologie, mais par son aspect sobre et synthétique il peut constituer un support commode à nombre de collègues biologistes.

Jean-Luc Souciet