

Stephen R. BOLSOVER  
Jeremy S. HYAMS  
Elizabeth A. SHEPHARD  
Hugh A. WHITE  
Claudia G. WIEDEMANN

# BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE

2<sup>e</sup> édition



DUNOD

043 925 (3) BL337

# BIOLOGIE MOLÉCULAIRE ET CELLULAIRE



**Stephen R. Bolsover**

University College de Londres (UCL)  
Département de physiologie

**Jeremy S. Hyams**

University College de Londres (UCL)  
Département de biologie

**Elizabeth A. Shephard**

University College de Londres (UCL)  
Département de biochimie et de biologie moléculaire

**Hugh A. White**

University College de Londres (UCL)  
Département de biochimie et de biologie moléculaire

**Claudia G. Wiedemann**

University College de Londres (UCL)  
Département de physiologie

Traduit de l'anglais par  
**Serge Weinman**

2<sup>e</sup> édition

DUNOD

# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b>	XVII
<b>REMERCIEMENT</b>	XIX
<b>CHAPITRE 1. CELLULES ET TISSUS</b>	<b>1</b>
1.1 Principes de la microscopie	2
Le microscope photonique	4
Le microscope électronique	9
Le microscope électronique à balayage	10
1.2 Il n'y a que deux types de cellules	10
Propriétés propres aux cellules végétales	13
1.3 Virus	13
1.4 Origine des cellules eucaryotes	14
1.5 Spécialisation de la cellule	14
Les épithéliums	14
Les tissus conjonctifs	15
Le tissu nerveux	17
Les tissus musculaires	17
Végétaux	17
Résumé	19
Questions de révision	19
Réponses aux questions de révision	20
<b>CHAPITRE 2 • DE L'EAU À L'ADN : LA CHIMIE DE LA VIE</b>	<b>23</b>
2.1 La liaison chimique : le partage des électrons	23

2.2	Les interactions avec l'eau : les solutions	25
	Les composés ioniques ne se dissolvent que dans les solvants polaires	25
	Les acides sont des molécules qui donnent $H^+$ à l'eau	28
	Les bases sont des molécules qui captent $H^+$ de l'eau	29
	Point isoélectrique	30
	Une liaison hydrogène se forme lorsqu'un atome d'hydrogène est partagé	30
2.3	Les macromolécules biologiques	32
2.4	Glucides : sucres et sucre de canne	32
	Un assortiment de sucres	32
	Disaccharides	35
	De la douceur sort la force	35
	Glucides modifiés	37
2.5	Nucléosides, phosphate et nucléotides	38
2.6	Aminoacides, polypeptides et protéines	42
2.7	Lipides	44
2.8	Hydrolyse	49
	Résumé	52
	Lectures complémentaires	53
	Questions de révision	53
	Réponses aux questions de révision	54
<b>CHAPITRE 3 • MEMBRANES ET ORGANITES</b>		<b>57</b>
3.1	Quelques propriétés de base des membranes des cellules	57
	Directement au travers de la membrane : diffusion au travers de la bicouche	58
	Au-delà de la membrane cellulaire : la matrice extracellulaire	60
	Jonctions cellulaires	61
3.2	Organites délimités par des enveloppes constituées d'une double membrane	63
	Le noyau	64
	Mitochondries et chloroplastes	65
3.3	Organites délimités par une enveloppe constituée d'une seule membrane	67
	Peroxisomes	67
	Réticulum endoplasmique	68
	Appareil de Golgi	68
	Lysosomes	69
	Résumé	69
	Questions de révision	70
	Réponses aux questions de révision	71

<b>CHAPITRE 4 • STRUCTURE DE L'ADN ET CODE GÉNÉTIQUE</b>	<b>73</b>
4.1 Introduction	73
4.2 Structure de l'ADN	73
La molécule d'ADN est une double hélice	77
Les deux chaînes d'ADN sont complémentaires	79
Les différentes formes d'ADN	80
4.3 L'ADN en tant que matériel génétique	80
4.4 Compactage des molécules d'ADN dans les chromosomes	81
Chromosomes eucaryotes et structure de la chromatine	81
Chromosomes procaryotes	83
Plasmides	84
Virus	84
4.5 Le code génétique	86
Les noms des aminoacides sont abrégés	89
Le code est dégénéré mais non ambigu	89
Les codons d'initiation et de terminaison et le cadre de lecture	91
Le code est presque universel	92
Mutation faux-sens	92
Résumé	93
Lectures complémentaires	94
Questions de révision	94
Réponses aux questions de révision	95
<b>CHAPITRE 5 • L'ADN, SUPPORT DE STOCKAGE DE L'INFORMATION</b>	<b>97</b>
5.1 Introduction	97
5.2 Réplication de l'ADN	97
La fourche de réplication de l'ADN	98
5.3 Des protéines ouvrent la double hélice d'ADN au cours de la réplication	98
Protéine Dna A	99
Protéines Dna B et Dna C	100
Protéines SSB	100
5.4 Biochimie de la réplication de l'ADN	101
La synthèse de l'ADN nécessite une amorce d'ARN	102
Les amorces d'ARN sont éliminées	102
Autocorrection par l'ADN polymérase	103
5.5 Réparation de l'ADN	105
Changements de base spontanés ou chimiquement induits	105
Processus de réparation	105

5.6	Structure et organisation des gènes chez les eucaryotes	110
	Introns et exons, complexité supplémentaire des gènes eucaryotes	110
	Les principales classes d'ADN eucaryote	111
5.7	Nomenclature des gènes	113
	Résumé	114
	Lectures complémentaires	114
	Questions de révision	115
	Réponses aux questions de révision	116
<b>CHAPITRE 6 • TRANSCRIPTION ET CONTRÔLE DE L'EXPRESSION DES GÈNES</b>		<b>117</b>
6.1	Structure de l'ARN	117
6.2	ARN polymérase	118
6.3	Notation des gènes	118
6.4	Synthèse de l'ARN bactérien	120
6.5	Contrôle de l'expression des gènes bactériens	122
	L'opéron lactose, opéron inductible	125
	L'opéron tryptophane, opéron répressible	130
6.6	Synthèse de l'ARN chez les eucaryotes	130
	Maturation des ARN messagers	131
6.7	Contrôle de l'expression des gènes eucaryotes	133
	Les glucocorticoïdes traversent la membrane cellulaire pour activer la transcription	136
	Résumé	140
	Lectures complémentaires	140
	Questions de révision	141
	Réponses aux questions de révision	142
<b>CHAPITRE 7 • ADN RECOMBINANT ET INGÉNIERIE GÉNÉTIQUE</b>		<b>145</b>
7.1	Clonage de l'ADN	145
7.2	Création du clone	146
	Introduction des molécules d'ADN étranger dans des Bactéries	147
	Sélection de clones d'ADNc	153
	Clones d'ADN génomique	157
7.3	Utilisations des clones d'ADN	161
	Séquençage de l'ADN	161
	Transfert Southern	164
	Hybridation <i>in situ</i>	166

Transfert Northern	167
Production de protéines de mammifère dans les Bactéries	168
Ingénierie des protéines	168
PCR	171
Identification du gène responsable d'une maladie	173
Génétique inverse	173
Les animaux transgéniques	173
7.4 Éthique de l'étude de l'ADN dans le cas d'une maladie héréditaire	178
Résumé	180
Lectures complémentaires	181
Questions de révision	181
Réponses aux questions de révision	182
<b>CHAPITRE 8 • SYNTHÈSE DES PROTÉINES</b>	<b>185</b>
8.1 Attachement d'un aminoacide à son ARNT	185
ARN de transfert, anticodon et wobble	187
8.2 Le ribosome	188
8.3 Synthèse des protéines chez les bactéries	193
Site de fixation du ribosome	193
Initiation de la chaîne	193
Le complexe d'initiation 70S	194
Élongation de la chaîne de la protéine	194
Le polyribosome	196
Terminaison de la synthèse de la protéine	197
Le ribosome est recyclé	198
8.4 Chez les eucaryotes, la synthèse des protéines est un peu plus complexe	198
Antibiotiques et synthèse des protéines	199
Résumé	202
Lectures complémentaires	203
Questions de révision	203
Réponses aux questions de révision	204
<b>CHAPITRE 9 • STRUCTURE DES PROTÉINES</b>	<b>207</b>
9.1 Donner un nom aux protéines	208
9.2 Polymères d'acides aminés	208
Les aminoacides, modules élémentaires	209
Propriétés spécifiques de chaque aminoacide	214
9.3 D'autres amino-acides sont rencontrés dans la nature	217

9.4	Structure tridimensionnelle des protéines	217
	Liaisons hydrogène	222
	Interactions électrostatiques	223
	Force de van der Waals	224
	Interactions hydrophobes	224
	Liaisons disulfure	224
9.5	Structure tertiaire : domaines et motifs	226
9.6	Structure quaternaire : assemblage des sous-unités des protéines	231
9.7	Groupes prosthétiques	232
9.8	La structure primaire contient toutes les informations nécessaires à la détermination des structures de plus haut niveau	233
	Résumé	236
	Lectures complémentaires	237
	Questions de révision	237
	Réponses aux questions de révision	238
<b>CHAPITRE 10 • TRANSPORT INTRACELLULAIRE DES PROTÉINES</b>		<b>241</b>
10.1	Les trois modes de transport intracellulaire des protéines	241
	Séquences d'adressage	242
	Rétention	244
10.2	Transport vers le noyau ou à partir du noyau	244
	Le complexe du pore nucléaire	245
	Transport par porte au travers du pore nucléaire	245
	Les GTPases et le cycle GDP-GTP	245
	Les GTPases dans le transport nucléaire	247
10.3	Transport au travers de membranes	249
	Transport vers les mitochondries	249
	Chaperons et repliement des protéines	250
	Transport vers les peroxysomes	250
	Synthèse au niveau du réticulum endoplasmique rugueux	253
	Glycosylation : Le réticulum endoplasmique et le système de Golgi	255
10.4	Transport vésiculaire entre les compartiments intracellulaires	256
	Le principe de la fission et de la fusion	256
	Formation des vésicules	258
	Vésicules recouvertes de coatamère	258
	Vésicules recouvertes de clathrine	259
	Le réseau trans-golgien et la sécrétion des protéines	260
	Protéines d'adressage au lysosome	260
	Fusion	262

Résumé	263
Lecture complémentaires	264
Questions de révision	264
Réponses aux questions de révision	266
<b>CHAPITRE 11 • COMMENT LES PROTÉINES EFFECTUENT-ELLES LEUR FONCTION ?</b>	<b>267</b>
Comment les protéines se lient-elles à d'autres molécules ?	267
Structures dynamiques des protéines	268
Effets allostériques	268
Modifications chimiques déplaçant la forme préférentielle d'une protéine	271
11.1 Les enzymes sont des catalyseurs protéiques	272
Vitesse initiale d'une réaction enzymatique	273
Effet de la concentration du substrat sur la vitesse initiale	275
Effet de la concentration de l'enzyme	277
La constante de spécificité	278
11.2 Catalyse enzymatique	279
11.3 Cofacteurs et groupes prosthétiques	281
11.4 Les enzymes peuvent être régulées	283
Résumé	286
Lectures complémentaires	287
Questions de révision	287
Réponses aux questions de révision	289
<b>CHAPITRE 12 • ÉCHANGES D'ÉNERGIE DANS LA CELLULE</b>	<b>291</b>
12.1 Unités d'énergie cellulaires	292
Le nicotinamide adénine dinucléotide réduit (NADH)	293
Nucléosides triphosphate (ATP plus GTP, CTP, TTP et UTP)	295
Le gradient d'ions hydrogène au travers de la membrane mitochondriale	296
Le gradient de sodium au travers de la membrane plasmique	296
12.2 Les unités d'énergie sont interconvertibles	297
Des mécanismes d'échange convertissent les quatre unités d'énergie	297
La chaîne de transport des électrons	300
L'ATP Synthase	304
Sodium/Potassium ATPase	306
Échangeur ADP/ATP	306
Photosynthèse	307
Tous les transporteurs peuvent changer de sens	312
Résumé	315

Lectures complémentaires	316
Questions de révision	316
Réponses aux questions de révision	317
<b>CHAPITRE 13 • MÉTABOLISME</b>	<b>319</b>
13.1 Le cycle de Krebs : la gare de triage centrale du métabolisme	321
13.2 Du glucose au pyruvate : la glycolyse	322
La glycolyse en l'absence d'oxygène	324
Le glycogène peut apporter le glucose nécessaire à la glycolyse	327
Le glucose peut être oxydé pour produire des pentoses	328
13.3 Des graisses à l'acétyl-CoA : la $\beta$ -oxydation	329
13.4 Les aminoacides sont une autre source d'énergie métabolique	329
13.5 Synthétiser du glucose : la gluconéogenèse	334
13.6 Synthétiser le glycogène : glycogénogenèse	337
13.7 Synthétiser des acides gras et des glycérides	339
13.8 Synthèse des aminoacides	342
13.9 Fixation du carbone dans les végétaux	343
13.10 Contrôle de la production d'énergie	344
Rétrocontrôle et précompensation	344
Contrôle de la glycolyse par rétrocontrôle négatif	344
Contrôle par précompensation dans les cellules musculaires	345
Résumé	347
Lectures complémentaires	348
Questions de révision	348
Réponses aux questions de révision	349
<b>CHAPITRE 14 • IONS ET POTENTIELS</b>	<b>351</b>
14.1 Le gradient de potassium et le potentiel de repos	351
Les canaux potassiques rendent la membrane plasmique perméable aux ions potassium	352
Les gradients de concentration et le potentiel électrique peuvent s'équilibrer	353
14.2 Le gradient du chlore	357
14.3 Propriétés générales des canaux	357
14.4 Propriétés générales des transporteurs	359
Le transporteur du glucose	359
L'échangeur d'ions sodium/calcium	360
Transporteurs doués d'une activité enzymatique : la calcium ATPase	361

Résumé	367
Lectures complémentaires	367
Questions de révision	367
Réponses aux questions de révision	369
<b>CHAPITRE 15 • LE POTENTIEL D'ACTION</b>	<b>371</b>
15.1 Le potentiel d'action calcique des œufs d'oursin de mer	371
Effet du potentiel transmembranaire de l'œuf sur la fusion avec les spermatozoïdes	371
Le canal calcique voltage-dépendant	373
Le potentiel d'action du calcium	374
15.2 Le canal sodique voltage-dépendant des cellules nerveuses	376
Le canal sodique voltage-dépendant	376
Transmission électrique le long de l'axone d'une cellule nerveuse	378
Myélinisation et transmission rapide des potentiels d'action	381
Résumé	385
Lectures complémentaires	386
Questions de révision	386
Réponses aux questions de révision	388
<b>CHAPITRE 16 • SIGNALISATION INTRACELLULAIRE</b>	<b>391</b>
16.1 Calcium 391	
Le calcium peut venir du milieu extracellulaire	391
Le calcium peut être libéré du réticulum endoplasmique	394
Les processus activés par le calcium cytosolique sont extrêmement divers	397
Retour du calcium à des taux de repos	401
16.2 L'adénosine monophosphate cyclique	401
16.3 Guanosine monophosphate cyclique	404
16.4 Messagers multiples	405
16.5 Signalisation biochimique	405
Récepteur à activité tyrosine kinase et cascade de la MAP kinase	405
Les facteurs de croissance peuvent déclencher un signal calcium	408
La protéine kinase B et le transporteur du glucose : comment agit l'insuline ?	409
Interactions – Voies de signalisation ou réseaux de signalisation ?	411
Résumé	412
Lectures complémentaires	413
Questions de révision	413
Réponses aux questions de révision	415

<b>CHAPITRE 17 • COMMUNICATION INTERCELLULAIRE</b>	<b>417</b>
17.1 Classification des transmetteurs et des récepteurs	417
Les récepteurs ionotropes de la surface des cellules	418
Les récepteurs métabotropes de la surface des cellules	418
Récepteurs intracellulaires	419
17.2 Une communication intercellulaire en action : le muscle gastrocnémien	421
Ordre au muscle de se contracter : l'action des motoneurones	421
Contrôle du flux sanguin : transmetteurs paracrines	423
Nouveaux vaisseaux sanguins dans le muscle en développement	426
17.3 Synapses entre neurones	427
Résumé	433
Lectures complémentaires	433
Questions de révision	434
Réponses aux questions de révision	436
<b>CHAPITRE 18 • MOLÉCULES MÉCANIQUES</b>	<b>439</b>
18.1 Le cytosquelette est à la fois fort et motile	439
18.2 Microtubules	441
18.3 Motilité fondée sur les microtubules	444
Cils et flagelles	444
Transport intracellulaire	448
18.4 Les microfilaments	450
Contraction musculaire	453
Déplacement d'une cellule	454
Flux cytoplasmique	455
18.5 Filaments intermédiaires	455
Jonctions cellulaires d'ancrage	456
Résumé	458
Lectures complémentaires	458
Questions de révision	458
Réponses aux questions de révision	460
<b>CHAPITRE 19 • CYCLE CELLULAIRE ET CONTRÔLE DU NOMBRE DE CELLULES</b>	<b>461</b>
19.1 Phases de la mitose	462
19.2 Méiose et fécondation	465
Méiose	466

Fécondation et hérédité	467
Maladie génétique dominante	469
Crossing-over et liaison	470
19.3 Contrôle du cycle de division cellulaire	471
Régulation moléculaire du point de contrôle G2/M (interphase/mitose) du cycle cellulaire	472
Qu'en est-il du point de contrôle G1/S ?	476
19.4 Apoptose	478
Mort induite : les récepteurs de mort	479
Mort par défaut : absence de facteurs de croissance	479
Les malades sont abandonnés à la mort : apoptose activée par le stress	481
Résumé	483
Lectures complémentaires	484
Questions de révision	484
Réponses aux questions de révision	486
<b>CHAPITRE 20 • UNE ÉTUDE DE CAS : LA MUCOVISCIDOSE</b>	<b>487</b>
20.1 Introduction	487
20.2 La mucoviscidose est une maladie génétique grave	487
20.3 La lésion fondamentale de la mucoviscidose se situe dans le transport du chlore	488
20.4 Enquête familiale concernant le gène de la mucoviscidose	490
20.5 Clonage du gène de la mucoviscidose	491
20.6 Le gène CFTR code pour un canal chlore	491
20.7 Thérapie génique de la mucoviscidose	493
20.8 Tests diagnostiques de la mucoviscidose	496
Diagnostic préimplantatoire de la mucoviscidose	496
20.9 Le futur	497
Résumé	499
Lectures complémentaires	499
Questions de révision	500
Réponses aux questions de révision	501
<b>APPENDICE</b>	<b>503</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>509</b>
<b>INDEX</b>	<b>567</b>

# SCIENCES SUP

## Cours et questions de révision

Stephen R. Bolsover, Jeremy S. Hyams,  
Elizabeth A. Shephard, Hugh A. White,  
Claudia G. Wiedemann

Traduit de l'anglais par Serge Weinman

## BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE

Ce livre s'adresse en priorité aux étudiants des filières sciences de la vie, PCEM1, PCEP1 et BCPST.

Il expose les connaissances les plus récentes de la biologie cellulaire et moléculaire. Les auteurs décrivent de façon claire et synthétique les composants de la cellule tels qu'on peut les voir au microscope, le dogme central de la biologie moléculaire, le devenir des protéines et leurs fonctions, les systèmes énergétiques et le métabolisme des cellules, la signalisation intra et inter cellulaire, la composition et la fonction du cytosquelette, et les processus de naissance et de mort cellulaire. Le dernier chapitre étudie l'exemple de la mucoviscidose en reprenant les thèmes abordés précédemment.

Cet ouvrage en deux couleurs comporte de nombreuses illustrations. Des rubriques jalonnent le texte et permettent de mieux assimiler les connaissances : des exemples illustrent le cours, des encarts médicaux font le lien avec la recherche actuelle, des approfondissements précisent certaines notions. À la fin de chaque chapitre, figurent un résumé, une liste de recommandations de lecture, des questions de révision avec leurs corrigés. En fin d'ouvrage, un glossaire récapitule les mots importants avec leur traduction en anglais.



2<sup>e</sup> édition

STEPHEN R. BOLSOVER,  
JEREMY S. HYAMS,  
ELIZABETH A. SHEPHARD,  
HUGH A. WHITE,  
CLAUDIA G. WIEDEMANN  
sont professeurs à l'University  
College de Londres (UCL).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



9 782100 493104

1<sup>er</sup> cycle | 2<sup>e</sup> cycle | 3<sup>e</sup> cycle

1 2 3 4 5 6 7 8

LICENCE | MASTER | DOCTORAT

ISBN 2-10-049310-8

www.dunod.com

