

SCIENCES SUP



*Cours, questions de révision et QROC*

Licence SV • PCEM • PCEP • Classes préparatoires

# BIOLOGIE CELLULAIRE

Des molécules aux organismes

2<sup>e</sup> édition



***Jean-Claude Callen***

*Avec la collaboration de Roland Perasso*

DUNOD



Jean-Claude Callen

Avec la collaboration de Roland Perasso

# BIOLOGIE CELLULAIRE

## Des molécules aux organismes

Ce manuel s'adresse aux étudiants des premières années d'enseignement supérieur (Licence SV, PCEM, PCEP, Classes préparatoires...). Il décrit la vie cellulaire par une approche à la fois **descriptive** et **fonctionnelle**, en s'appuyant sur un large support expérimental.

Après avoir rappelé les données indispensables de Biochimie et de Biologie Moléculaire, puis présenté les techniques de base en Biologie Cellulaire, les structures des cellules procaryotiques et eucaryotiques sont décrites et mises en relation avec leurs fonctions : membranes et échanges avec le milieu extérieur, noyau et expression des gènes, systèmes membranaires internes et transit des protéines, cytosquelette, architecture et motilité cellulaires... La cellule est ensuite resituée dans le contexte de l'organisme pour introduire les notions de contrôle de la prolifération, de différenciation et de diversité cellulaire.

En fin d'ouvrage, après avoir analysé la situation des virus, des plasmides, etc., en marge du monde vivant, les théories les plus récentes sur l'origine de la vie et l'évolution des cellules sont exposées.

De très nombreux encarts historiques, techniques et biomédicaux, des pages « Perspective biomédicale », enrichis dans cette 2<sup>e</sup> édition, illustrent le cours et font la relation entre les concepts et la réalité du laboratoire ou l'observation de la vie courante. En fin de chapitre, un résumé permet d'aller à l'essentiel et des questions à réponses ouvertes et courtes (QROC), dont les corrigés sont disponibles sur le site [www.dunod.com](http://www.dunod.com), aident l'étudiant à s'auto-évaluer.

JEAN-CLAUDE CALLEN

Docteur ès Sciences, agrégé, est maître de conférences à l'université Paris-Sud (Centre d'Orsay)

ROLAND PERASSO

est professeur à l'université Paris-Sud XI (Centre d'Orsay et Faculté de Médecine Le Kremlin-Bicêtre), Directeur du laboratoire de Biologie cellulaire 4.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENTES DE L'INGÉNIEUR

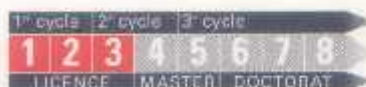
INFORMATIQUE

SCIENTES DE LA VIE

SCIENTES DE LA TERRE



9 782100 492365



043 906 (4) BL 347

# BIOLOGIE CELLULAIRE

À LA SECONDE ÉDITION

## Des molécules aux organismes

### Cours, questions de révision et QROC



**Jean-Claude Callen**

Docteur ès Sciences, agrégé, maître de conférences à l'université Paris-Sud  
(Centre d'Orsay)

Avec la collaboration de

**Roland Perasso**

Professeur à l'Université Paris-Sud (Centre d'Orsay et Faculté de Médecine Le Kremlin-Bicêtre),  
Directeur du laboratoire de Biologie cellulaire 4.

Préfacé par

**Jean-Claude Mounolou**

Professeur honoraire à l'Université Paris-Sud (Centre d'Orsay)

2<sup>e</sup> édition

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

Préface à la seconde édition	
Préface à la première édition	
Liste des textes biomédicaux	
Avant-propos	
Remerciements	



## Chapitre 1. La logique moléculaire du vivant

1. Caractéristiques identifiant le monde vivant	2
2. Des molécules aux organismes	6
3. Transformations de matière et d'énergie dans le monde vivant	13
4. Objectifs et place de la biologie cellulaire dans l'ensemble de la biologie	17
Résumé	21
QROC	22



## Chapitre 2. Organisation cellulaire

1. Historique de la notion de cellule	23
2. Outils et techniques d'observation des cellules	25
3. Plans d'organisation cellulaire	33
Résumé	45
QROC	46



## Chapitre 3. Analyse des constituants et du fonctionnement des cellules

1. Méthodes d'analyse des constituants cellulaires	48
2. Outils et techniques d'analyse du fonctionnement cellulaire	61

Résumé	71
QROC	72



## Chapitre 4. Flux de l'information génétique

1. Identification de la nature chimique du matériel héréditaire	74
2. Principes de l'expression du matériel génétique. Le dogme fondamental	78
3. Mécanismes moléculaires et produits de la transcription des gènes	82
4. Organisation des gènes de protéines chez les Procaryotes et les Eucaryotes	87
5. Expression des gènes chez les Procaryotes	89
6. Mécanismes moléculaires de la traduction	93
7. Organisation et taille des génomes chez les Virus et les êtres vivants	100
Résumé	107
QROC	109
Perspective biomédicale	108



## Chapitre 5. Organisation générale et fonctions des membranes biologiques

1. Composition chimique des membranes	111
2. Organisation moléculaire des membranes	116
3. Propriétés générales des membranes	126
4. Diversité des fonctions membranaires au sein des cellules	132
Perspective biomédicale	136
Résumé	137
QROC	138



### Chapitre 6. Échanges de matière entre cellule et milieu extérieur

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Organisation et propriétés générales de la membrane cytoplasmique              | 139 |
| 2. Perméabilité membranaire. Transporteurs membranaires                           | 141 |
| 3. Transport membranaire des macromolécules et des particules chez les Eucaryotes | 158 |
| <i>Perspective biomédicale</i>  | 167 |
| <i>Résumé</i>   | 168 |
| <i>QROC</i>   | 169 |



### Chapitre 7. Nutrition et croissance des cellules

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Utilisation des nutriments pour la croissance cellulaire                        | 171 |
| 2. Accumulation et dégradation des réserves chez les Procaryotes et les Eucaryotes | 176 |
| 3. Les lysosomes des cellules animales, des Protistes et des Champignons           | 184 |
| 4. Les vacuoles des cellules végétales   | 194 |
| <i>Perspective biomédicale</i>   | 200 |
| <i>Résumé</i>  | 201 |
| <i>QROC</i>  | 202 |



### Chapitre 8. Expression des gènes nucléaires chez les eucaryotes

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Organisation du matériel génétique chez les Eucaryotes                                 | 203 |
| 2. Rôle du noyau dans la vie cellulaire   | 209 |
| 3. Les chromosomes géants et leur activité  | 214 |
| 4. Caractères spécifiques de la transcription chez les Eucaryotes                         | 219 |
| 5. Transcription des gènes codant les protéines (ARNm)                                    | 225 |
| 6. Transcription des gènes codant les ARNr. Édification des ribosomes au sein du nucléole | 230 |
| 7. Éléments de contrôle de l'expression des gènes chez les Eucaryotes                     | 233 |
| <i>Perspective biomédicale</i>  | 242 |
| <i>Résumé</i>   | 243 |
| <i>QROC</i>   | 244 |



### Chapitre 9. Synthèse et routage des protéines chez les eucaryotes. Biogenèse des organites

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Problématique : le concept de routage   | 245 |
| 2. Rôle du réticulum endoplasmique dans la synthèse des protéines                                  | 248 |
| 3. Rôle de l'appareil de Golgi dans la maturation des protéines et la synthèse des polysaccharides | 263 |
| 4. Rôle de l'appareil de Golgi dans le tri des protéines   | 273 |
| 5. Routage des protéines vers le noyau, les organites semi-autonomes et les peroxysomes            | 278 |
| 6. Panorama général du trafic membranaire et protéique intracellulaire                             | 286 |
| <i>Perspective biomédicale</i>   | 288 |
| <i>Résumé</i>  | 289 |
| <i>QROC</i>  | 290 |



### Chapitre 10. Conversion de l'énergie : mitochondries et chloroplastes

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Morphologie et ultrastructure des mitochondries et des plastes   | 291 |
| 2. Rôle des mitochondries dans la respiration cellulaire  | 298 |
| 3. Rôle des chloroplastes dans la photosynthèse   | 305 |
| 4. Autres fonctions des mitochondries et des plastes. Intégration du métabolisme énergétique et intermédiaire | 317 |
| 5. Les peroxysomes : des organites à fonction oxydative non générateurs d'énergie                             | 322 |
| <i>Perspective biomédicale</i>  | 325 |
| <i>Résumé</i>   | 326 |
| <i>QROC</i>   | 327 |



### Chapitre 11. Architecture et motilité cellulaires

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Structures cytosquelettiques des cellules eucaryotiques                         | 328 |
| 2. Constitution chimique et organisation moléculaire des éléments du cytosquelette | 334 |

3. Fonctions du cytosquelette et des structures associées	340
4. Motilité des cellules procaryotiques	355
<i>Perspective biomédicale</i>	359
<i>Résumé</i>	360
<i>QROC</i>	361



**Chapitre 12. Prolifération des cellules. Aspects moléculaires et cellulaires de la division** 362

1. Les divisions cellulaires dans le monde vivant	363
2. Mécanismes moléculaires de la duplication du matériel génétique	365
3. Mécanismes de réparation de l'ADN	376
4. La mitose chez les cellules animales et végétales	377
5. Les caryotypes et leur utilisation	389
<i>Perspective biomédicale</i>	393
<i>Résumé</i>	394
<i>QROC</i>	395



**Chapitre 13. Contrôle du cycle cellulaire chez les Eucaryotes** 396

1. Le cycle cellulaire et ses méthodes d'analyse chez les Eucaryotes	397
2. Contrôle de la prolifération des cellules chez les organismes pluricellulaires	404
3. Mécanismes moléculaires de la signalisation cellulaire	406
4. Dérégulations du cycle cellulaire : apoptose et cancer	409
<i>Perspective biomédicale</i>	413
<i>Résumé</i>	414
<i>QROC</i>	415



**Chapitre 14. De la cellule à l'organisme. La différenciation cellulaire** 416

1. Notion de différenciation cellulaire	416
2. Relations directes entre les cellules au sein de l'organisme	423

3. L'environnement immédiat des cellules : les matrices extracellulaires	432
4. Diversité des fonctions des matrices extracellulaires	440
5. Communication à distance entre cellules au sein de l'organisme	443
<i>Perspective biomédicale</i>	445
<i>Résumé</i>	446
<i>QROC</i>	447



**Chapitre 15. Aux confins du monde vivant : viroïdes, plasmides et virus** 448

1. Viroïdes et plasmides	448
2. Virus	451
3. Virus et plasmides comme modèles d'étude et outils en biologie	466
4. Les prions : des agents infectieux non conventionnels	469
<i>Perspective biomédicale</i>	471
<i>Résumé</i>	472
<i>QROC</i>	473



**Chapitre 16. L'origine de la vie. L'apparition des différents types cellulaires** 474

1. Histoire de la vie sur la Terre	474
2. Période prébiotique	475
3. Des protocellules à la cellule ancestrale	481
4. Apparition des cellules eucaryotiques ; origine des organites	482
5. Conclusion : l'arbre universel du monde vivant	487
<i>Résumé</i>	490
<i>QROC</i>	491

<b>Bibliographie</b>	492
<b>Index</b>	493

## LISTE DES TEXTES BIOMÉDICAUX

Encart biomédical. L'alcaptonurie, première maladie génétique humaine identifiée	76	Perspective biomédicale. Les maladies mitochondriales	325
Encart biomédical. Antibiotique et synthèse protéique	98	<b>Chapitre 11</b>	
Perspective biomédicale. Résistance des bactéries aux antibiotiques et santé publique	108	Encart biomédical. Les substances antimitotiques	336
<b>Chapitre 5</b>		Encart biomédical. Les maladies génétiques du cytosquelette	346
Perspective biomédicale. L'utilisation thérapeutique des liposomes	136	Perspective biomédicale. La myopathie de Duchenne	359
<b>Chapitre 6</b>		<b>Chapitre 12</b>	
Encart biomédical. Les hypercholestérolémies familiales	163	Encart biomédical. Les anomalies chromosomiques chez l'Homme	391
Encart biomédical. Sécrétion de l'histamine et réaction inflammatoire	165	Perspective biomédicale. Les maladies de la réparation de l'ADN	393
Perspective biomédicale. La mucoviscidose	167	<b>Chapitre 13</b>	
<b>Chapitre 7</b>		Encart biomédical. Dysfonctionnements hormonaux et récepteurs membranaires	407
Encart biomédical. Les vitamines et autres nutriments essentiels	171	Encart biomédical. Les gènes de prédisposition au cancer	412
Encart biomédical. Exemples de maladies lysosomales non génétiques : silicose et goutte	193	Perspective biomédicale. Cellules souches et thérapie cellulaire	413
Perspective biomédicale. Les diabètes sucrés	200	<b>Chapitre 14</b>	
<b>Chapitre 8</b>		Encart biomédical. Les maladies génétiques des jonctions intercellulaires ou de liaison à la matrice extracellulaire	426
Encart biomédical. Le lupus érythémateux systémique	214	Encart biomédical. Adhérence cellulaire et métastases	431
Encart biomédical. Les hémoglobines : anémies falciformes et thalassémies	229	Perspective biomédicale. Les maladies du collagène et de la matrice extracellulaire	445
Perspective biomédicale. Les thérapies géniques	242	<b>Chapitre 15</b>	
<b>Chapitre 9</b>		Encart biomédical. Les causes de la variabilité des virus de la grippe du groupe A	456
Encart biomédical. Nanisme et gigantisme : des dysfonctionnements de l'hypophyse	268	Encart biomédical. Virus VIH et SIDA	465
Perspective biomédicale. Les maladies génétiques lysosomales	288	Encart biomédical. L'affaire des vaches folles et la transmission des prions à l'Homme	469
<b>Chapitre 10</b>		Perspective biomédicale. Les infections virales émergentes	471
Encart biomédical. Sport, métabolisme oxydatif et aide ergogénique à la performance	305		