

**Brock**

# Biologie des micro-organismes

Michael Madigan et John Martinko

11<sup>e</sup> édition



PEARSON  
Education

Traduction française coordonnée par  
Daniel Prieur

043 950

(3)

BL326

# Brock

# Biologie



# des micro-organismes

---

Onzième édition

MICHAEL T. MADIGAN

JOHN M. MARTINKO

Université Carbondale de l'Illinois du Sud

Traduction française dirigée par Daniel Prieur, professeur de microbiologie à l'université de Bretagne occidentale



# Sommaire

<b>Partie une</b>	<b>Principes de microbiologie</b>
1	Micro-organismes et microbiologie 1
2	Vue d'ensemble de la vie microbienne 21
3	Macromolécules 38
4	Composition et organisation de la cellule bactérienne 54
5	Nutrition, culture et métabolisme des micro-organismes 100
6	Croissance microbienne 134
7	Bases de biologie moléculaire 166
8	Régulation du métabolisme 203
9	L'essentiel de la virologie 228
10	Généétique bactérienne 254
<b>Partie deux</b>	<b>Évolution et diversité microbiennes</b>
11	Évolution et systématique microbiennes 298
12	Diversité des procaryotes : les <i>Bacteria</i> 328
13	Diversité des procaryotes : les <i>Archaea</i> 421
14	Biologie de la cellule eucaryote et micro-organismes eucaryotes 451
15	Génomique microbienne 483
16	Diversité du monde des virus 507
<b>Partie trois</b>	<b>Diversité métabolique et écologie microbienne</b>
17	Diversité métabolique 539
18	Méthodes en écologie microbienne 602
19	Écologie microbienne 622
<b>Partie quatre</b>	<b>Immunologie, pouvoir pathogène et réponse immunitaire de l'hôte</b>
20	Contrôle de la croissance des micro-organismes 679
21	Interactions homme-micro-organismes 713
22	Immunologie générale 736
23	Immunologie moléculaire 767
24	Diagnostic microbiologique et immunologique 783
<b>Partie cinq</b>	<b>Maladies microbiennes</b>
25	Épidémiologie 821
26	Maladies infectieuses à transmission interhumaine 848
27	Maladies microbiennes transmises par des animaux, par des arthropodes ou d'origine tellurique 886
28	Traitement des eaux usées et purification de l'eau, maladies microbiennes d'origine hydrique 907
29	Conservation des aliments et maladies d'origine alimentaire 924
<b>Partie six</b>	<b>Les micro-organismes : des outils pour la recherche et l'industrie</b>
30	Microbiologie industrielle 943
31	Génie génétique et biotechnologie 970

# Table des matières

## Partie une

### Principes de microbiologie

#### 1 Micro-organismes et microbiologie 1

##### I INTRODUCTION À LA MICROBIOLOGIE 3

- 1.1 La microbiologie 3
- 1.2 Les micro-organismes en tant que cellules 3
- 1.3 Les micro-organismes et leur environnement naturel 6
- 1.4 L'impact des micro-organismes sur l'homme et ses activités 7

##### II DÉCOUVERTES EN MICROBIOLOGIE 9

- 1.5 Les racines historiques de la microbiologie : Hooke, van Leeuwenhoek et Cohn 9
- 1.6 Pasteur, Koch et les cultures pures 11
- 1.7 La diversité microbienne et la naissance de la microbiologie générale 15
- 1.8 L'ère moderne de la microbiologie 18

#### 2 Vue d'ensemble de la vie microbienne 21

##### I STRUCTURE CELLULAIRE ET ÉVOLUTION 22

- 2.1 Les structures cellulaires et virales 22
- 2.2 L'organisation de l'ADN dans les cellules microbiennes 24
- 2.3 L'arbre universel du vivant 26

##### II DIVERSITÉ MICROBIENNE 28

- 2.4 La diversité de la physiologie des micro-organismes 28
- 2.5 La diversité des procaryotes 30
- 2.6 Les micro-organismes eucaryotes 35

#### 3 Macromolécules 38

##### I LIAISONS CHIMIQUES ET EAU DANS LES SYSTÈMES VIVANTS 39

- 3.1 Les liaisons chimiques de faible et de forte énergie 39
- 3.2 Les principales macromolécules et l'eau, solvant biologique 42

##### II MACROMOLÉCULES NON INFORMATIONNELLES 43

- 3.3 Les polysaccharides 43
- 3.4 Les lipides 45

##### III MACROMOLÉCULES INFORMATIONNELLES 46

- 3.5 Les acides nucléiques 46
- 3.6 Les acides aminés et la liaison peptidique 47
- 3.7 Les protéines : structures primaire et secondaire 50
- 3.8 Les structures protéiques d'ordre supérieur et la dénaturation 51

#### 4 Composition et organisation de la cellule bactérienne 54

##### I MICROSCOPIE ET MORPHOLOGIE BACTÉRIENNE 55

- 4.1 La microscopie optique 55
- 4.2 L'imagerie tridimensionnelle : microscopie par contraste d'interférence, microscopie à force atomique, microscopie confocale à balayage laser 59
- 4.3 La microscopie électronique 61
- 4.4 Les morphologies cellulaires et la signification de la taille microscopique 62

##### II MEMBRANES ET PAROIS BACTÉRIENNES 65

- 4.5 La structure de la membrane cytoplasmique 65
- 4.6 Les fonctions de la membrane cytoplasmique 68
- 4.7 Les systèmes de transport membranaire 70
- 4.8 La paroi des procaryotes (bactéries) : le peptidoglycane et les autres molécules 73
- 4.9 La membrane externe des bactéries Gram négatif 78

##### III STRUCTURES DE SURFACE ET INCLUSIONS CHEZ LES PROCARYOTES 81

- 4.10 Les structures bactériennes de surface 81
- 4.11 Les inclusions cellulaires 82
- 4.12 Les vésicules de gaz 84
- 4.13 Les endospores 86

##### IV LOCOMOTION MICROBIENNE 90

- 4.14 Les flagelles et la mobilité 91
- 4.15 La mobilité par glissement 93
- 4.16 La mobilité cellulaire et la réponse comportementale : chimotactisme et phototactisme 95

#### 5 Nutrition, culture et métabolisme des micro-organismes 100

##### I INUTRITION ET CULTURE DES MICRO-ORGANISMES 101

- 5.1 La nutrition microbienne 101
- 5.2 Les milieux de culture 104
- 5.3 La culture des micro-organismes 106

##### II ÉNERGÉTIQUE ET ENZYMES 108

- 5.4 Éléments de bioénergétique 108
- 5.5 Les enzymes et la catalyse 109

##### III OXYDORÉDUCTION ET COMPOSÉS RICHES EN ÉNERGIE 111

- 5.6 L'oxydoréduction 111
- 5.7 Un transporteur d'électrons, le NAD<sup>+</sup> 114
- 5.8 Les composés riches en énergie et le stockage de l'énergie 115

<b>IV</b>	<b>PRINCIPALES VOIES CATABOLIQUES, TRANSPORT D'ÉLECTRONS ET FORCE PROTON-MOTRICE</b>	<b>116</b>	<b>7</b>	<b>Bases de biologie moléculaire</b>	<b>166</b>
5.9	La conservation de l'énergie : les options	116	I	<b>GÈNES ET EXPRESSION GÉNIQUE</b>	<b>167</b>
5.10	Un exemple de fermentation : la glycolyse	117	7.1	Macromolécules et informations génétiques	167
5.11	La respiration et les chaînes de transfert d'électrons associées aux membranes	119	II	<b>STRUCTURE DE L'ADN</b>	<b>168</b>
5.12	La conservation de l'énergie par la force proton-motrice	121	7.2	Structure de l'ADN : la double hélice	169
<b>V</b>	<b>FLUX DE CARBONE DANS LA RESPIRATION ET AUTRES VOIES CATABOLIQUES</b>	<b>124</b>	7.3	Structure de l'ADN : super-enroulement	172
5.13	Le flux de carbone dans la respiration : le cycle de l'acide citrique	125	7.4	Chromosomes et autres éléments génétiques	174
5.14	Les autres voies cataboliques	125	III	<b>RÉPLICATION DE L'ADN</b>	<b>176</b>
<b>VI</b>	<b>RÉACTIONS DE BIOSYNTÈSE</b>	<b>128</b>	7.5	Réplication de l'ADN : modèles et enzymes	176
5.15	La biosynthèse des sucres et des polysaccharides	128	7.6	Réplication de l'ADN : la fourche de réplication	177
5.16	La biosynthèse des acides aminés et des nucléotides	128	IV	<b>OUTILS DE MANIPULATION DE L'ADN</b>	<b>181</b>
5.17	La biosynthèse des acides gras et des lipides	130	7.7	Enzymes de restriction et hybridation	181
<b>6</b>	<b>Croissance microbienne</b>	<b>134</b>	7.8	Séquençage et synthèse d'ADN	184
I	<b>DIVISION CELLULAIRE BACTÉRIENNE</b>	<b>135</b>	7.9	Amplification de l'ADN par réaction de polymérisation en chaîne	186
6.1	La croissance cellulaire et la fission binaire	135	V	<b>SYNTHÈSE DE L'ARN : LA TRANSCRIPTION</b>	<b>187</b>
6.2	Les protéines Fts, le plan de division cellulaire et la morphologie cellulaire	136	7.10	Description de la transcription	188
6.3	La synthèse du peptidoglycane et la division cellulaire	138	7.11	Diversité des facteurs sigma, séquences consensus et ARN polymérase	189
II	<b>CROISSANCE DES POPULATIONS MICROBIENNES</b>	<b>139</b>	7.12	Termineurs de transcription	190
6.4	La terminologie et le concept de la croissance exponentielle	140	7.13	Unité de transcription	191
6.5	L'expression mathématique de la croissance exponentielle	141	VI	<b>SYNTHÈSE DES PROTÉINES</b>	<b>192</b>
6.6	Les phases de la croissance	142	7.14	Code génétique	192
III	<b>MESURE DE LA CROISSANCE MICROBIENNE</b>	<b>143</b>	7.15	Les ARN de transfert	194
6.7	Les mesures directes de la croissance microbienne : comptages des cellules totales et viables	143	7.16	Processus de synthèse des protéines : la traduction	196
6.8	Les mesures indirectes de la croissance microbienne : turbidité	146	7.17	Sécrétion et repliement des protéines	200
6.9	La culture continue en chémostat	148	<b>8</b>	<b>Régulation du métabolisme</b>	<b>203</b>
<b>IV</b>	<b>IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA CROISSANCE MICROBIENNE : LA TEMPÉRATURE</b>	<b>150</b>	I	<b>VUE D'ENSEMBLE DE LA RÉGULATION</b>	<b>204</b>
6.10	L'impact de la température sur la croissance	150	8.1	Principaux modes de régulation	204
6.11	La croissance microbienne à basse température	151	II	<b>RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ ENZYMATIQUE</b>	<b>205</b>
6.12	La croissance microbienne à haute température	154	8.2	Inhibition non covalente d'enzyme	205
<b>V</b>	<b>IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA CROISSANCE MICROBIENNE : pH, PRESSION OSMOTIQUE ET OXYGÈNE</b>	<b>156</b>	8.3	Modification covalente des enzymes	206
6.13	La croissance microbienne à pH acide ou alcalin	156	III	<b>PROTÉINES SE LIANT À L'ADN ET RÉGULATION DE LA TRANSCRIPTION PAR CONTRÔLE NÉGATIF ET POSITIF</b>	<b>208</b>
6.14	L'influence de la pression osmotique sur la croissance	158	8.4	Protéines se liant de l'ADN	208
6.15	L'influence de l'oxygène sur la croissance	160	8.5	Contrôle négatif de la transcription : répression et induction	210
6.16	Les formes toxiques de l'oxygène	162	8.6	Contrôle positif de la transcription	212
			IV	<b>MÉCANISMES DE RÉGULATION GLOBALE</b>	<b>214</b>
			8.7	Contrôle global et opéron <i>lac</i>	214
			8.8	Réponse stringente	216
			8.9	Autres réseaux de contrôle global	217
			8.10	Détection de quorum ( <i>quorum sensing</i> )	219
			V	<b>AUTRES MÉCANISMES DE RÉGULATION</b>	<b>220</b>
			8.11	Atténuation	220
			8.12	Transduction du signal et systèmes de régulation à deux composants	222
			8.13	Régulation du chimiotactisme	224
			8.14	ARN de régulation et riboswitchs	225

<b>III PHYLA 2 ET 3 : LES BACTÉRIES GRAM POSITIF ET LES ACTINOBACTÉRIES</b>	<b>375</b>	<b>II EURYARCHAEOTA</b>	<b>424</b>
12.19 Bactéries Gram positif, non sporulées, à faible % G+C : bactéries lactiques et apparentées	375	13.3 <i>Archaea</i> halophiles extrêmes	424
12.20 Bactéries Gram positif, sporulées, à faible % G+C : <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> et bactéries apparentées	381	13.4 <i>Archaea</i> productrices de méthane : les méthanogènes	429
12.21 Bactéries sans paroi cellulaire, apparentées aux bactéries Gram positif, à faible (% G+C) : mycoplasmes	386	13.5 Termoplasmatales : <i>Thermoplasma</i> , <i>Ferroplasma</i> et <i>Picrophilus</i>	432
12.22 Bactéries (actinobactéries) Gram positif, à fort (% G+C) : bactéries corynéformes et propioniques	388	13.6 Euryarchaeota hyperthermophiles : Thermococcales et <i>Methanopyrus</i>	434
12.23 Autres actinobactéries : <i>Mycobacterium sp.</i>	390	13.7 Euryarchaeota hyperthermophiles : Archaeoglobales	435
12.24 Actinobactéries filamenteuses : <i>Streptomyces</i> et autres actinomycètes	392	<b>III CRENARCHAEOTA</b>	<b>437</b>
<b>IV PHYLUM 4 : LES CYANOBACTÉRIES ET LES PROCHLOROPHYTES</b>	<b>397</b>	13.8 Habitats et métabolisme énergétique des Crenarchaeota	437
12.25 Cyanobactéries	397	13.9 Hyperthermophiles des habitats volcaniques terrestres : Sulfolobales et Thermoprotéales	440
12.26 « Prochlorophytes » et chloroplastes	400	13.10 Hyperthermophiles des habitats volcaniques sous-marins : Desulfurococcales	442
<b>V PHYLUM 5 : CHLAMYDIA</b>	<b>402</b>	<b>IV NANOARCHAEOTA</b>	<b>444</b>
12.27 Chlamydia	402	13.11 <i>Nanoarchaeum</i>	444
<b>VI PHYLUM 6 : PLANCTOMYCES / PIRELLULA</b>	<b>404</b>	<b>V L'ÉVOLUTION ET LA VIE À HAUTE TEMPÉRATURE</b>	<b>446</b>
12.28 <i>Planctomyces</i> : une bactérie pédonculée phylogénétiquement distincte	404	13.12 Stabilité thermique des molécules biologiques	446
<b>VII PHYLUM 7 : VERRUCOMICROBIA</b>	<b>405</b>	13.13 <i>Archaea</i> hyperthermophiles, H <sub>2</sub> et évolution microbienne	448
12.29 <i>Verrucomicrobium</i> et <i>Prostheco bacter</i>	405	<b>14 Biologie de la cellule eucaryote et micro-organismes eucaryotes</b>	<b>451</b>
<b>VIII PHYLUM 8 : LES FLAVOBACTÉRIES</b>	<b>406</b>	<b>I STRUCTURE ET FONCTION DE LA CELLULE EUCARYOTE</b>	<b>452</b>
12.30 <i>Bacteroides</i> et <i>Flavobacterium</i>	406	14.1 Structure de la cellule eucaryote et noyau	452
<b>IX PHYLUM 9 : LE GROUPE DES CYTOPHAGA</b>	<b>407</b>	14.2 Organelles de la respiration et de la fermentation : mitochondrie et hydrogénosome	453
12.31 <i>Cytophaga</i> et apparentés	407	14.3 Organelle photosynthétique : le chloroplaste	455
<b>X PHYLUM 10 : LES BACTÉRIES VERTES SULFUREUSES</b>	<b>408</b>	14.4 Endosymbiose : relations entre mitochondries et chloroplastes, d'une part, et bactéries, d'autre part	456
12.32 <i>Chlorobium</i> et autres bactéries vertes sulfureuses	408	14.5 Autres organelles et structures de la cellule eucaryote	457
<b>XI PHYLUM 11 : SPIROCHÈTES</b>	<b>410</b>	<b>II NOTIONS DE GÉNÉTIQUE ET DE BIOLOGIE MOLÉCULAIRE EUCARYOTES</b>	<b>459</b>
12.33 Spirochètes	410	14.6 Réplication de l'ADN linéaire	459
<b>XII PHYLUM 12 : DEINOCOCCI</b>	<b>414</b>	14.7 Notions de génétique eucaryote	461
12.34 <i>Deinococcus / Thermus</i>	414	14.8 Maturation de l'ARN et ribozymes	462
<b>XIII PHYLUM 13 : LES BACTÉRIES VERTES NON SULFUREUSES</b>	<b>414</b>	<b>III DIVERSITÉ MICROBIENNE EUCARYOTE</b>	<b>465</b>
12.35 <i>Chloroflexus</i> et genres apparentés	415	14.9 Phylogénie des <i>Eukarya</i>	465
<b>XIV PHYLA 14 ET 16</b>	<b>417</b>	14.10 Protozoaires	468
12.36 <i>Thermotoga</i> et <i>Thermodesulfobacterium</i>	417	14.11 Moisissures glaireuses	472
12.37 <i>Aquifex</i> , <i>Thermocrinis</i> et genres apparentés	418	14.12 Champignons	474
<b>XV PHYLA 17 ET 18 : NITROSPIRA ET DEFERRIBACTER</b>	<b>419</b>	14.13 Algues	478
12.38 <i>Nitrospira</i> , <i>Deferribacter</i> et genres apparentés	419	<b>15 Génomique microbienne</b>	<b>483</b>
<b>13 Diversité des procaryotes : les Archaea</b>	<b>421</b>	<b>I TECHNIQUES DE CLONAGE POUR LA GÉNOMIQUE</b>	<b>484</b>
<b>I PHYLOGÉNIE ET MÉTABOLISME GÉNÉRAL</b>	<b>422</b>	15.1 Vecteurs pour le clonage et le séquençage	485
13.1 Panorama phylogénétique des <i>Archaea</i>	422	15.2 Séquençage du génome	487
13.2 Conservation de l'énergie et autotrophie chez les <i>Archaea</i>	423	15.3 Annotation du génome	488
		<b>II GÉNOMES MICROBIENS</b>	<b>489</b>
		15.4 Génomes procaryotes : tailles et cadres ouverts de lecture	490

15.5	Génomomes procaryotes : Analyses bioinformatiques et distributions des gènes	492
15.6	Génomomes des micro-organismes eucaryotes	495
<b>III</b>	<b>AUTRES GÉNOMES ET ÉVOLUTION DES GÉNOMES</b>	<b>496</b>
15.7	Les génomomes des organites	496
15.8	Évolution et familles de gènes	499
15.9	L'exploitation des génomomes	500
<b>IV</b>	<b>FONCTION ET RÉGULATION DES GÈNES</b>	<b>501</b>
15.10	Protéomique	501
15.11	Puces à ADN et transcriptome	503
<b>16</b>	<b>Diversité du monde des virus</b>	<b>507</b>
<b>I</b>	<b>LES VIRUS DE PROCARYOTES</b>	<b>508</b>
16.1	Bactériophages à ARN	508
16.2	Bactériophages à ADN monocaténaire icosaédriques	510
16.3	Bactériophages à ADN monocaténaire filamenteux	512
16.4	Bactériophages à ADN bicaténaire : le phage T7	513
16.5	Mu : un bactériophage à ADN bicaténaire qui se transpose	515
16.6	Les virus des <i>Archaea</i>	517
<b>II</b>	<b>LES VIRUS D'EUCARYOTES</b>	<b>518</b>
16.7	Virus végétaux	519
16.8	Virus animaux à ARN monocaténaire positif : poliovirus et coronavirus	521
16.9	Virus animaux à ARN monocaténaire négatif : la rage, la grippe et autres virus apparentés	523
16.10	Virus à ARN bicaténaire : les <i>Reoviridae</i>	527
16.11	Cycle répliatif des virus animaux à ADN bicaténaire	528
16.12	Virus à ADN bicaténaire : les <i>Herpesviridae</i>	530
16.13	Virus à ADN bicaténaire : les <i>Poxviridae</i>	531
16.14	Virus à ADN bicaténaire : les <i>Adenoviridae</i>	532
16.15	Virus utilisant une transcriptase inverse : les <i>Retroviridae</i> et les <i>Hepadnaviridae</i>	533
<b>II</b>	<b>CHIMIOLITHOTROPHIE : ÉNERGIE OBTENUE DE L'OXYDATION DE DONNEURS D'ÉLECTRONS INORGANIQUES</b>	<b>557</b>
17.8	Donneurs d'électrons inorganiques et énergétique	557
17.9	Oxydation de l'hydrogène	557
17.10	Oxydation des composés soufrés réduits	558
17.11	Oxydation du fer	561
17.12	Nitrification et Anammox	563
<b>III</b>	<b>LA VIE EN ANAÉROBIOSE : LES RESPIRATIONS ANAÉROBIES</b>	<b>566</b>
17.13	Respiration anaérobie	566
17.14	Réduction des nitrates et dénitrification	567
17.15	Réduction des sulfates	569
17.16	Acétogénèse	571
17.17	Méthanogénèse	573
17.18	Fer ferrique, manganèse, chlorate et accepteurs d'électrons organiques	577
<b>IV</b>	<b>MODES DE VIE ANAÉROBIES : FERMENTATIONS ET SYNTROPHIE</b>	<b>580</b>
17.19	Fermentations : énergétique et équilibre redox	580
17.20	Diversité des fermentations	582
17.21	Syntrophie	584
<b>V</b>	<b>OXYDATION DES HYDROCARBURES ET RÔLE D'O<sub>2</sub> DANS LE CATABOLISME DES COMPOSÉS ORGANIQUES</b>	<b>586</b>
17.22	Le rôle de l'oxygène moléculaire (O <sub>2</sub> ) dans les processus biochimiques	586
17.23	Oxydation des hydrocarbures	587
17.24	Méthanotrophie et méthylotrophie	588
17.25	Métabolisme des hexoses, des pentoses et des polysaccharides	590
17.26	Métabolisme des acides organiques	593
17.27	Utilisation des lipides	594
<b>VI</b>	<b>FIXATION DE L'AZOTE</b>	<b>595</b>
17.28	Nitrogénase et processus de fixation d'azote	595
17.29	Génétique et régulation de la fixation d'azote	599

## Partie trois

### Diversité métabolique et écologie microbienne

<b>17</b>	<b>Diversité métabolique</b>	<b>539</b>
<b>I</b>	<b>PHOTOTROPHIE</b>	<b>540</b>
17.1	Photosynthèse	541
17.2	Pigments photosynthétiques et leur localisation dans la cellule	542
17.3	Caroténoïdes et phycobillines	545
17.4	Photosynthèse anoxygénique	546
17.5	Photosynthèse oxygénique	551
17.6	Fixation autotrophe du CO <sub>2</sub> : le cycle de Calvin	553
17.7	Fixation autotrophe du CO <sub>2</sub> : cycle inverse de l'acide citrique et cycle de l'hydroxypropionate	555
<b>II</b>	<b>Méthodes en écologie microbienne</b>	<b>602</b>
<b>I</b>	<b>ANALYSE DES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES PAR LES MÉTHODES DE CULTURE</b>	<b>603</b>
18.1	Enrichissement et isolement	603
18.2	Isolement en culture pure	607
<b>II</b>	<b>ANALYSE DES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES PAR LES MÉTHODES MOLÉCULAIRES</b>	<b>609</b>
18.3	Techniques de coloration pour la viabilité et la quantification	609
18.4	Colorations génétiques	612
18.5	Utilisation de la PCR	613
18.6	Écogénomique (métagénomique)	615
<b>III</b>	<b>MESURES DE L'ACTIVITÉ MICROBIENNE DANS L'ENVIRONNEMENT</b>	<b>616</b>
18.7	Radio-isotopes et microélectrodes	617
18.8	Isotopes stables	619

<b>19 Écologie microbienne</b>	<b>622</b>	<b>III AGENTS ANTIMICROBIENS UTILISÉS IN VIVO</b>	<b>692</b>
<b>I ÉCOSYSTÈMES MICROBIENS</b>	<b>623</b>	20.6 Molécules antimicrobiennes de synthèse	692
19.1 Populations, guildes, communautés	623	20.7 Molécules antimicrobiennes naturelles : les antibiotiques	696
19.2 Environnements et microenvironnements	624	20.8 Antibiotiques à cycle $\beta$ -lactame : pénicillines et céphalosporines	697
19.3 Croissance microbienne sur les surfaces et biofilms	626	20.9 Antibiotiques produits par les procaryotes	698
<b>II HABITATS MICROBIENS DU SOL ET DES EAUX DOUCES</b>	<b>628</b>	<b>IV CONTRÔLE DES VIRUS PATHOGÈNES DES ORGANISMES EUCARYOTES</b>	<b>700</b>
19.4 Environnements terrestres	628	20.10 Molécules antivirales	700
19.5 Environnements d'eaux douces	632	20.11 Molécules antifongiques	702
<b>III MICROBIOLOGIE MARINE</b>	<b>633</b>	<b>V RÉSISTANCES AUX MOLÉCULES ANTIMICROBIENNES ET DÉCOUVERTES DE NOUVELLES MOLÉCULES</b>	<b>704</b>
19.6 Habitats marins et distribution des micro-organismes	634	20.12 Résistance aux molécules antimicrobiennes	704
19.7 Microbiologie abyssale	635	20.13 Recherche de nouvelles molécules antimicrobiennes	709
19.8 Sources hydrothermales	638	<b>21 Interactions homme-micro-organismes</b>	<b>713</b>
<b>IV CYCLES DU CARBONE ET DE L'OXYGÈNE</b>	<b>641</b>	<b>I INTERACTIONS FAVORABLES ENTRE LES MICRO-ORGANISMES ET L'HOMME</b>	<b>714</b>
19.9 Cycle du carbone	641	21.1 Généralités sur les interactions hôte-micro-organisme	714
19.10 Syntrophie et méthanogenèse	643	21.2 Flore bactérienne normale de la peau	716
19.11 Cycle du carbone chez les ruminants	646	21.3 Flore bactérienne normale de la cavité buccale	716
<b>V AUTRES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES MAJEURS</b>	<b>650</b>	21.4 Flore bactérienne normale du tractus gastro-intestinal	719
19.12 Cycle de l'azote	650	21.5 Flore bactérienne normale des autres voies cutanéomuqueuses	720
19.13 Cycle du soufre	652	<b>II INTERACTIONS NÉFASTES ENTRE LES MICRO-ORGANISMES ET L'HOMME</b>	<b>722</b>
19.14 Cycle du fer	653	21.6 Porte d'entrée du pathogène chez l'hôte	722
<b>VI BIOREMÉDIATION MICROBIENNE</b>	<b>656</b>	21.7 Colonisation et croissance	724
19.15 Biolixiviation des minerais	656	21.8 Virulence	724
19.16 Le mercure et les transformations des métaux lourds	659	<b>III FACTEURS DE VIRULENCE ET TOXINES</b>	<b>727</b>
19.17 Biodégradation du pétrole	660	21.9 Facteurs de virulence	727
19.18 Biodégradation des xénobiotiques	662	21.10 Exotoxines	727
<b>VII INTERACTIONS ENTRE PLANTES ET MICRO-ORGANISMES</b>	<b>665</b>	21.11 Entérotoxines	729
19.19 L'environnement des plantes	665	21.12 Endotoxines	730
19.20 Lichens et mycorhizes	666	<b>IV FACTEURS DE L'HÔTE</b>	<b>731</b>
19.21 <i>Agrobacterium</i> et la maladie du <i>crown gall</i>	668	21.13 Facteurs de risque d'infection	731
19.22 Association symbiotique des bactéries des nodosités racinaires chez les Légumineuses	671	21.14 Résistance innée à l'infection	733
<b>Partie quatre</b>			
<b>Immunologie, pouvoir pathogène et réponse immunitaire de l'hôte</b>			
<b>20 Contrôle de la croissance des micro-organismes</b>	<b>679</b>	<b>22 Immunologie générale</b>	<b>736</b>
<b>I CONTRÔLE ANTIMICROBIEN, LES MÉTHODES PHYSIQUES</b>	<b>681</b>	<b>I PANORAMA DU SYSTÈME IMMUNITAIRE</b>	<b>738</b>
20.1 Stérilisation par la chaleur	681	22.1 Cellules et organes du système immunitaire	738
20.2 Stérilisation par rayonnement	684	22.2 Réponse immunitaire innée	741
20.3 Filtration stérilisante	686	22.3 Inflammation, fièvre et choc septique	744
<b>II CONTRÔLE ANTIMICROBIEN CHIMIQUE</b>	<b>688</b>	22.4 Réponse immunitaire adaptative	745
20.4 Contrôle chimique de la croissance	688	<b>II ANTIGÈNE, LYMPHOCYTE T ET IMMUNITÉ À MÉDIATION CELLULAIRE</b>	<b>746</b>
20.5 Agents antimicrobiens chimiques à usage externe	689	22.5 Antigènes et immunogènes	746
		22.6 Présentation de l'antigène aux lymphocytes T	747
		22.7 Lymphocytes T cytotoxiques et cellules <i>natural killer</i>	750
		22.8 Lymphocytes $T_H$ : activation de la réponse immunitaire	751

<b>III ANTICORPS DANS LA RÉPONSE IMMUNITAIRE</b>	<b>752</b>	<b>24.10 Tests immunoenzymatiques (ELISA) et dosages radio-immunologiques (RIA)</b>	<b>809</b>
22.9 Anticorps (ou immunoglobulines)	752	<b>24.11 Procédés d'immunoblot</b>	<b>813</b>
22.10 Production des anticorps	755	<b>III MÉTHODES DE DIAGNOSTIC MOLÉCULAIRE ET DE DIAGNOSTIC VIROLOGIQUE</b>	<b>814</b>
22.11 Complément, anticorps et destruction du pathogène	757	24.12 Méthodes moléculaires	814
<b>IV IMMUNITÉ ET PRÉVENTION DES MALADIES INFECTIEUSES</b>	<b>758</b>	24.13 Diagnostic virologique	818
22.12 Immunité naturelle	759		
22.13 Immunité artificielle	759		
22.14 Nouvelles techniques de vaccination	761		
<b>V MALADIES DE LA RÉPONSE IMMUNITAIRE</b>	<b>762</b>		
22.15 Allergie, hypersensibilité et auto-immunité	762		
22.16 Superantigènes	765		
<b>23 Immunologie moléculaire</b>	<b>767</b>		
<b>I RÉCEPTEURS DU SYSTÈME IMMUNITAIRE</b>	<b>768</b>		
23.1 Immunité innée et PRM	768		
23.2 Immunité adaptative et superfamille des immunoglobulines	769		
<b>II COMPLEXE MAJEUR D'HISTOCOMPATIBILITÉ</b>	<b>770</b>		
23.3 Structure des protéines du CMH	770		
23.4 Le polymorphisme des gènes du CMH	771		
<b>III ANTICORPS</b>	<b>773</b>		
23.5 Structure des anticorps et de leur liaison aux antigènes	773		
23.6 Diversité des gènes des anticorps	774		
<b>IV RÉCEPTEURS D'ANTIGÈNE DES CELLULES T</b>	<b>775</b>		
23.7 TCR et liaison à l'antigène	775		
23.8 La diversité des gènes du TCR	776		
<b>V SIGNAUX MOLÉCULAIRES DE L'AUTO-IMMUNITÉ</b>	<b>777</b>		
23.9 Réaction clonale et tolérance	777		
23.10 Seconds signaux	778		
23.11 Cytokines et chimiokines	779		
<b>24 Diagnostic microbiologique et immunologique</b>	<b>783</b>		
<b>I MÉTHODES DIAGNOSTIQUES FONDÉES SUR LA CROISSANCE BACTÉRIENNE</b>	<b>784</b>		
24.1 Isolement des agents pathogènes à partir des échantillons cliniques	784		
24.2 Méthodes d'identification basées sur les caractéristiques de croissance	790		
24.3 Étude de la résistance aux antimicrobiens	792		
24.4 Sécurité dans les laboratoires de microbiologie	795		
<b>II MÉTHODES IMMUNOLOGIQUES ET DE DIAGNOSTIC CLINIQUE</b>	<b>797</b>		
24.5 Immunoanalyses pour le diagnostic des maladies infectieuses	797		
24.6 Anticorps polyclonaux et monoclonaux	800		
24.7 Réactions antigène-anticorps <i>in vitro</i> : sérologie	802		
24.8 Agglutination	804		
24.9 Anticorps fluorescents	806		
		<b>25 Épidémiologie</b>	<b>821</b>
		<b>I PRINCIPES EN ÉPIDÉMIOLOGIE</b>	<b>822</b>
		25.1 Science de l'épidémiologie	823
		25.2 Vocabulaire en épidémiologie	823
		25.3 Réservoirs et épidémie	825
		25.4 Transmission des infections	828
		25.5 Communauté de l'hôte	829
		<b>II ÉPIDÉMIES ACTUELLES</b>	<b>831</b>
		25.6 Pandémie du SIDA	831
		25.7 Infections acquises à l'hôpital (nosocomiales)	832
		25.8 Syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)	833
		<b>III ÉPIDÉMIOLOGIE ET SANTÉ PUBLIQUE</b>	<b>834</b>
		25.9 Mesures de santé publique pour le contrôle des maladies infectieuses	834
		25.10 Considérations générales en santé publique	837
		25.11 Infections émergentes et réémergentes	837
		25.12 Guerre et armes biologiques	843
		25.13 Le bacille du charbon en tant qu'arme biologique	844
		<b>26 Maladies infectieuses à transmission interhumaine</b>	<b>848</b>
		<b>I MALADIES TRANSMISSIBLES PAR VOIE MÉRIDIENNE</b>	<b>849</b>
		26.1 Pathogènes aériens	849
		26.2 Maladies streptococciques	851
		26.3 <i>Corynebacterium</i> spp. et diphtérie	853
		26.4 <i>Bordetella</i> spp. et coqueluche	854
		26.5 <i>Mycobacterium</i> , tuberculose et lèpre	855
		26.6 <i>Neisseria meningitidis</i> , méningite et méningococcémie	858
		26.7 Virus et infections respiratoires	860
		26.8 Rhumes et grippe	862
		<b>II MALADIES TRANSMISSIBLES PAR CONTACT DIRECT</b>	<b>865</b>
		26.9 <i>Staphylococcus</i> spp.	865
		26.10 <i>Helicobacter pylori</i> et ulcères gastriques	867
		26.11 Virus des hépatites	868
		<b>III MALADIES SEXUELLEMENT TRANSMISSIBLES</b>	<b>870</b>
		26.12 Gonococcie et syphilis	871
		26.13 Chlamydie, herpès et trichomonose	874
		26.14 Syndrome d'immunodéficience acquise : SIDA et VIH	876

## Partie cinq

### Maladies microbiennes

## 27 Maladies microbiennes transmises par des animaux, par des arthropodes ou d'origine tellurique 886

<b>I MALADIES TRANSMISES PAR DES ANIMAUX</b>	<b>887</b>
27.1 Rage	887
27.2 Syndrome pulmonaire à hantavirus	889
<b>II MALADIES TRANSMISES PAR DES ARTHROPODES</b>	<b>891</b>
27.3 Rickettsioses	891
27.4 Maladie de Lyme	893
27.5 Paludisme	896
27.6 Virus West Nile	899
27.7 Peste	900
<b>III MALADIES D'ORIGINE TELLURIQUE</b>	<b>902</b>
27.8 Champignons microscopiques pathogènes	902
27.9 Tétanos	905

## 28 Traitement des eaux usées et purification de l'eau, maladies microbiennes d'origine hydrique 907

<b>I MICROBIOLOGIE DES EAUX USÉES ET PURIFICATION DE L'EAU</b>	<b>908</b>
28.1 Santé publique et qualité de l'eau	908
28.2 Traitement des eaux usées	910
28.3 Purification de l'eau potable	914
<b>II MALADIES INFECTIEUSES À TRANSMISSION HYDRIQUE</b>	<b>915</b>
28.4 Eau et risques sanitaires	915
28.5 Choléra	916
28.6 Giardiase et cryptosporidiose	918
28.7 Légionellose (maladie des légionnaires)	920
28.8 Fièvre typhoïde et autres maladies à transmission hydrique	921

## 29 Conservation des aliments et maladies d'origine alimentaire 924

<b>I CONSERVATION DES ALIMENTS ET CROISSANCE MICROBIENNE</b>	<b>925</b>
29.1 Croissance microbienne et altération des aliments	925
29.2 Conservation des aliments	926
29.3 Aliments fermentés	929
<b>II ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DES ALIMENTS ET TOXI-INFECTIONS ALIMENTAIRES</b>	<b>931</b>
29.4 Maladies infectieuses d'origine alimentaire et analyse bactériologique	931
29.5 Toxi-infections alimentaires à staphylocoques	933
29.6 Toxi-infections alimentaires à <i>Clostridium</i>	934
<b>III INFECTION ALIMENTAIRE</b>	<b>936</b>
29.7 Salmonellose	936
29.8 <i>Escherichia coli</i> pathogènes	937
29.9 <i>Campylobacter</i>	938
29.10 Listériose	939
29.11 Autres maladies infectieuses d'origine alimentaire	940

## Partie six

### Les micro-organismes : des outils pour la recherche et l'industrie

## 30 Microbiologie industrielle 943

<b>I MICRO-ORGANISMES INDUSTRIELS ET FORMATION DES PRODUITS</b>	<b>944</b>
30.1 Micro-organismes d'intérêt industriel et leurs produits	944
30.2 Métabolites primaires et secondaires	945
30.3 Caractéristiques des fermentations à grande échelle	947
30.4 Mise à l'échelle des fermenteurs	948
<b>II PRODUITS PHARMACEUTIQUES</b>	<b>949</b>
30.5 Isolement et caractérisation des antibiotiques	949
30.6 Production industrielle de pénicillines et de tétracyclines	950
30.7 Vitamines et acides aminés	954
30.8 Procédés de biotransformation des stéroïdes	956
30.9 Les enzymes en tant que produits industriels	957
<b>III PRINCIPAUX PRODUITS INDUSTRIELS ALIMENTAIRES ET BOISSONS</b>	<b>959</b>
30.10 Boissons alcoolisées et alcools	959
30.11 Production du vinaigre	964
30.12 Acide citrique et autres composés organiques	966
30.13 La levure en tant que nourriture et supplément diététique	966
30.14 Champignons comestibles	968

## 31 Génie génétique et biotechnologie 970

<b>I TECHNIQUES DU GÉNIE GÉNÉTIQUE</b>	<b>971</b>
31.1 Principes découlant du génie génétique	971
31.2 Hôtes et vecteurs de clonage	973
31.3 Identifier le bon clone	974
31.4 Vecteurs spécifiques	976
31.5 Expression de gènes de mammifères chez des bactéries	979
<b>II APPLICATIONS PRATIQUES DU GÉNIE GÉNÉTIQUE</b>	<b>981</b>
31.6 Production d'insuline : les débuts de la biotechnologie commerciale	981
31.7 Autres produits et protéines de mammifères	982
31.8 Vaccins issus du génie génétique	983
31.9 Génie génétique appliqué à la génétique animale et humaine	986
31.10 Génie génétique en production végétale : les plantes transgéniques	987

<b>Annexe 1 Bioénergétique microbienne : les calculs</b>	<b>992</b>
--	------------

<b>Annexe 2 <i>Bergey's manual of systematic Bacteriology</i>, deuxième édition</b>	<b>997</b>
---	------------

<b>Index</b>	<b>1009</b>
--------------	-------------

# Brock Biologie des micro-organismes

11<sup>e</sup> édition

Bactéries, micro-algues, champignons, virus... Qu'ils menacent notre santé ou la protègent, qu'ils constituent des acteurs majeurs de la biosphère en assurant le recyclage de la matière organique ou soient devenus des outils précieux dans les domaines des biotechnologies et de l'agroalimentaire, les micro-organismes sont au cœur des défis scientifiques du XXI<sup>e</sup> siècle.

Ouvrage de référence pour tous les microbiologistes, le « Brock » (du nom de son fondateur), aujourd'hui dans sa onzième édition, voit enfin le jour en français, traduit par une équipe de spécialistes du domaine.

Ses principaux atouts :

- il livre dans ses premiers chapitres toutes les notions scientifiques qu'il est indispensable de posséder pour appréhender le monde des micro-organismes : éléments de biochimie, de biologie moléculaire, de biologie cellulaire, de génétique, de métabolisme, etc. ;
- tous les aspects de la microbiologie moderne sont abordés de manière équilibrée ;
- les micro-organismes sont présentés selon différents ordres logiques, par grandes familles évolutives mais aussi par grandes caractéristiques communes (maladies microbiennes transmises d'homme à homme, par les animaux, par l'eau, etc.) ;
- l'écologie microbienne et les applications de la microbiologie sont traitées à part entière ;
- le texte est soutenu par de très nombreux tableaux, schémas et clichés, dont la clarté et la qualité en font des outils inestimables.

*Brock, Biologie des micro-organismes* constitue un manuel de cours d'initiation et d'approfondissement parfaitement adapté pour accompagner l'étudiant tout au long de son cursus. Il représente aussi une référence pour les enseignants de la discipline et les chercheurs des domaines apparentés.

**Public :** étudiants en sciences de la vie, environnement, écologie, médecine et pharmacie.

**Cours :** microbiologie, biologie des micro-organismes, virologie, bactériologie, biologie microbienne, écologie microbienne, maladies microbiennes, immunologie, biologie moléculaire des procaryotes, génétique microbienne, diversité microbienne et évolution, microbiologie industrielle, traitement de l'eau, biotechnologie.

**Niveau :** licence, master, doctoral, BCPST

PEARSON  
Education  
France

Pearson Education France  
47 bis, rue des Vinaigriers  
75010 Paris  
Tél. : 01 72 74 90 00  
Fax : 01 42 05 22 17  
www.pearsoneducation.fr

**Thomas Brock** est le fondateur de cet ouvrage. C'est aussi à lui que nous devons la découverte de la bactérie thermophile dont est issue la polymérase Taq, pierre angulaire de la réaction de polymérisation en chaîne (PCR).

**Michael T. Madigan** est professeur de microbiologie à l'université Carbondale de l'Illinois du Sud (États-Unis). Auteur de plus de 100 articles scientifiques, il a reçu de nombreuses distinctions pour ses travaux de recherche ainsi que pour ses activités d'enseignement.

**John M. Martinko** est professeur associé à l'université Carbondale de l'Illinois du Sud (États-Unis), et dirige le Département de microbiologie. Il a été récompensé à plusieurs reprises pour ses travaux de recherche et la qualité de son enseignement.

ISBN : 978-2-7440-7209-3

7209 0807 89 €



9 782744 072093