

mini manuel

Microbiologie

Cours + QCM/QROC

4^e édition

Daniel Prieur

Professeur honoraire de Microbiologie
à l'université de Bretagne Occidentale, Brest.

Claire Geslin

Maître de conférences, HDR, en Microbiologie et Virologie
à l'université de Bretagne Occidentale, Brest.

Christopher Payan

Professeur de Microbiologie, UFR Médecine,
à l'université de Bretagne Occidentale, Brest.

DUNOD

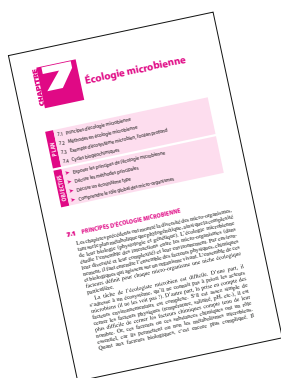
© Dunod, CHLOE TASTARD 2011, 2015, 2020, 2025

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-088725-5

Comment utiliser ce Mini-Manuel

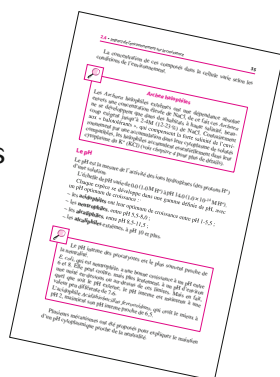
La page d'entrée de chapitre



Elle donne le plan du cours,
ainsi qu'un rappel des objectifs
pédagogiques du chapitre

Le cours

Le cours, concis et structuré,
expose les notions importantes
du programme



Les rubriques



Une erreur à éviter



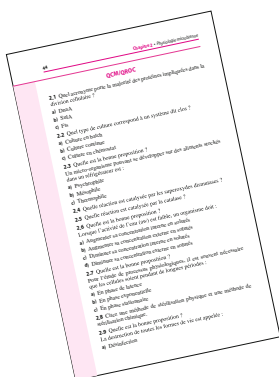
Un peu de méthode



Un exemple pour comprendre



Les points clefs à retenir



Les exercices, QCM ou QROC

Ils sont proposés en fin de chapitre, avec leur solutions, pour se tester tout au long de l'année.

Table des matières

Avant-propos	IX
1 La cellule procaryote	1
1.1 Formes et dimensions	2
1.2 Membranes et parois	4
1.3 Inclusions	14
1.4 Les endospores	15
1.5 Mobilité cellulaire	17
1.6 Le matériel génétique	20
Points clefs	22
QCM/QROC	24
Solutions	25
2 Physiologie microbienne	27
2.1 Division cellulaire	27
2.2 Déterminants de la morphologie cellulaire	30
2.3 Croissance des populations microbiennes	31
2.4 Mesure de la croissance microbienne	34
2.5 Impact de l'environnement sur la croissance	37
2.6 Contrôle de la croissance des micro-organismes	44
Points clefs	47
QCM/QROC	48
Solutions	49

3	Diversité métabolique	51
3.1	Introduction	51
3.2	Rappels et définitions	51
3.3	Oxydo-réduction et conservation de l'énergie	53
3.4	Les métabolismes phototrophes	55
3.5	Les métabolismes chimiolithotrophes	59
3.6	Les métabolismes chimio-organotrophes	66
3.7	La fixation du CO ₂	70
	Points clefs	72
	QCM/QROC	74
	Solutions	75
4	Diversité des micro-organismes	77
4.1	Introduction	77
4.2	Méthodes d'étude de la diversité des Procaryotes	79
4.3	Les Bacteria	83
4.4	Les Archaea	100
4.5	Les micro-Eukarya	107
	Points clefs	116
	QCM/QROC	118
	Solutions	119
5	Éléments génétiques mobiles	123
5.1	Les plasmides	123
5.2	Séquences d'insertion et transposons	130
5.3	Les virus	132
5.4	Les virus d'archées	145

5.5	Les agents de transfert de gènes et vésicules membranaires	146
	Points clefs	150
	QCM/QROC	151
	Solutions	152
6	Génétique bactérienne	155
	6.1 Rappels	155
	6.2 Les mutations	158
	6.3 Les transferts de matériel génétique	165
	6.4 Des systèmes de défense de l'hôte	177
	Points clefs	182
	QCM/QROC	183
	Solutions	184
7	Écologie microbienne	187
	7.1 Principes d'écologie microbienne	187
	7.2 Méthodes en écologie microbienne	192
	7.3 Exemple d'écosystème microbien : l'océan profond	199
	7.4 Cycles biogéochimiques	205
	Points clefs	211
	QCM/QROC	212
	Solutions	213
8	Microbiologie humaine	215
	8.1 Introduction	215
	8.2 Classification, structure et activité	217
	8.3 Épidémiologie, habitat et réservoir	219
	8.4 Physiopathologie	225

8.5	Réponse immunitaire et défense de l'hôte	229
8.6	Éléments diagnostiques	232
8.7	Prévention et approche thérapeutique	237
	Points clefs	245
	QCM/QROC	246
	Solutions	247
Index		249

Avant-propos

Parmi les disciplines des Sciences du Vivant, la Microbiologie est sans doute la plus fascinante, mais aussi la plus complexe. Le dénominateur commun des organismes étudiés par les microbiologistes est leur petite taille, de l'ordre du micron, ce qui nécessite l'emploi d'une batterie de techniques destinées à amplifier le signal : microscopie, cultures, amplification de l'ADN. Pourtant, les micro-organismes, petits et invisibles, sont très nombreux : 1 million dans un centimètre cube d'eau, 1 milliard dans un gramme de sol, 10 à 100 milliards dans un gramme de contenu de tube digestif. Ils ont colonisé les premiers toute la biosphère, y compris dans des environnements extrêmes qu'ils sont les seuls à occuper.

Dans tous les Domaines du Vivant, *Eukarya*, *Bacteria* et *Archaea*, existent des micro-organismes. Les micro-*Eukarya*, unicellulaires, possèdent en fait les mêmes propriétés biologiques que leurs parents pluricellulaires que sont les champignons, les plantes et les animaux. Les grandes lois de la biochimie, de la génétique, de la biologie cellulaire s'appliquent à tous les représentants du Domaine, mais les petits, comme la levure, sont de merveilleux outils pour comprendre la biologie des plus grands. Dans les deux autres Domaines, *Bacteria* et *Archaea*, on ne rencontre que des micro-organismes. Mais pour chacun de ces Domaines, l'organisation cellulaire, la génétique, la physiologie sont différentes. Cependant, ces trois Domaines dérivent d'un ancêtre commun et possèdent quelques propriétés communes, comme le code génétique. Les virus, également étudiés par les microbiologistes, possèdent aussi le même code génétique, mais ils ne sont pas organisés sur le mode cellulaire, et leur biologie est à elle seule une discipline particulière.

La biologie des micro-organismes est donc extraordinairement diversifiée.

Les micro-organismes sont souvent associés aux maladies infectieuses et il est vrai que nombre de virus, *Bacteria* et micro-*Eukarya* sont des agents pathogènes redoutables : SIDA, grippe, choléra, fièvres hémorragiques, etc. Mais ce sont pourtant des auxiliaires indispensables. Sur terre, dans les océans, ils recyclent en permanence les éléments chimiques (carbone, azote, soufre, etc.) indispensables à la vie. Associés à certaines plantes, ils fixent l'azote atmosphérique.

Dans les tractus digestifs des animaux, ils contribuent à la digestion. Avant même qu'ils ne soient découverts, les micro-organismes ont été utilisés pour produire des boissons et des aliments fermentés : vinaigre, bière, vin, fromages, etc. Beaucoup produisent les antibiotiques utilisés en médecine. Ils contribuent aussi à extraire le cuivre et d'autres métaux des minerais, à épurer nos eaux usées, à fabriquer des produits comme l'éthanol. Leurs enzymes sont employées dans de nombreux procédés de l'industrie agro-alimentaire. Plus récemment, grâce aux techniques de l'ADN recombinant (d'ailleurs mises au point sur des micro-organismes), les micro-organismes génétiquement modifiés fabriquent de l'insuline, des enzymes pour l'industrie ou les laboratoires de recherche. Ils sont devenus des outils indispensables pour la recherche en biologie médicale, à l'origine par exemple de vecteurs pour la thérapie génique.

Traiter l'ensemble de la Microbiologie dans un mini-manuel est une tâche impossible. Cependant, le lecteur trouvera dans les chapitres qui suivent les principales clefs pour comprendre la discipline, et qui sait, faire le choix de devenir microbiologiste.

La cellule procaryote

PLAN

- 1.1 Formes et dimensions
- 1.2 Membranes et parois
- 1.3 Inclusions
- 1.4 Les endospores
- 1.5 Mobilité cellulaire
- 1.6 Le matériel génétique

OBJECTIFS

- Décrire la cellule procaryote.
- En présenter les caractères distinctifs.

L'organisation des cellules procaryotes est relativement simple (*figure 1.1*). Leurs principales caractéristiques sont présentées au cours de ce chapitre.

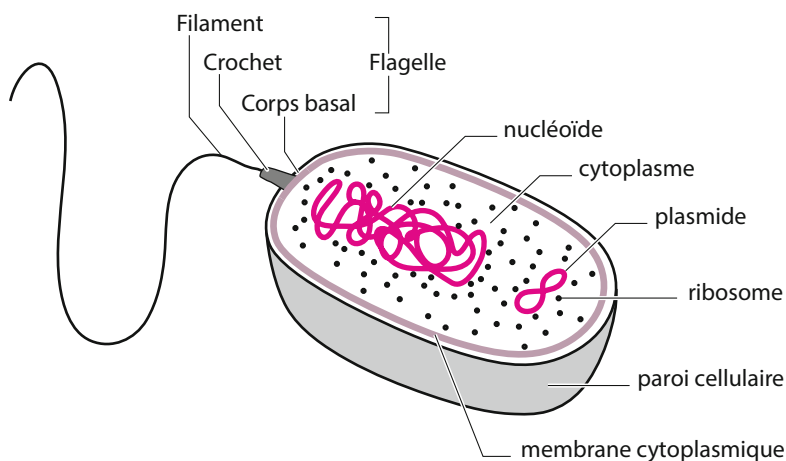


Figure 1.1 Organisation d'une cellule procaryote.

1.1 FORMES ET DIMENSIONS

Les cellules procaryotes présentent une variété de formes relativement limitée, que l'on regroupe en types morphologiques désignés par des termes spécifiques (figure 1.2).

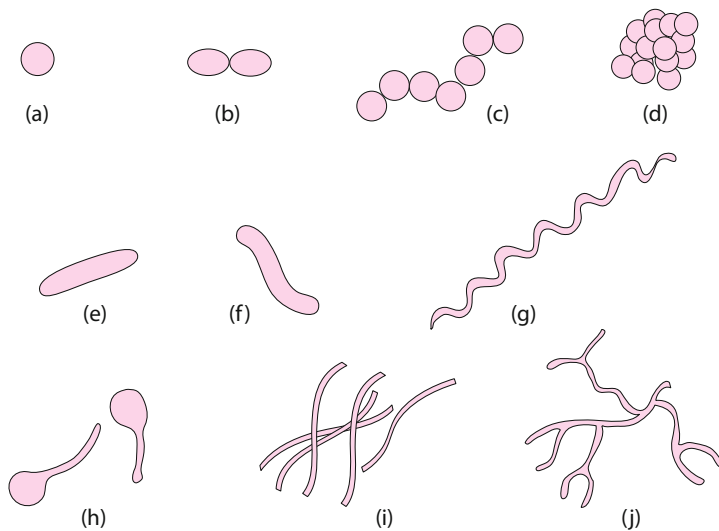


Figure 1.2 Types morphologiques de cellules procaryotes.

(a) coque, (b) diplocoque, (c) streptocoque, (d) staphylocoque, (e) bacille, (f) spirille, (g) spirochète, (h) formes bourgeonnante et pédonculées, (i) filaments, (j) filaments ramifiés.

Les cellules de forme sphérique, ou légèrement ovales, portent le nom de coques. Assemblées par deux, en chaînes, ou en amas irréguliers, elles portent alors les noms de diplocoques, streptocoques ou staphylocoques.

La forme cylindrique (plus ou moins allongée) est nommée bacille, ou parfois bâtonnet. Ces bacilles peuvent être incurvés (vibrions) ou spiralés (spirilles).

Certaines cellules de procaryotes présentent des morphologies particulières comme les spirochètes (en forme de tire-bouchon), ou possèdent des appendices (hyphes, pédoncules) parfois utilisés pour se fixer à un support. Certaines cellules en formes de bâtonnets allongés restent attachées par leurs extrémités, formant des filaments, parfois de grande taille, pouvant être entourés d'une gaine. Autour de ces morphologies de base, il existe de nombreuses formes intermédiaires, mais aussi des formes étranges, telles des étoiles ou des cercles.

La taille d'une cellule de procaryote est de l'ordre du micron (μm), mais il existe une grande disparité. Ainsi, pour les formes sphériques, la bactérie pathogène *Mycoplasma pneumoniae* a un diamètre de 0,2 μm

et la bactérie sulfo-oxydante *Thiovulum majus*, 18 μm . Ce sont d'autres bactéries sulfo-oxydantes, filamenteuses cette fois, qui atteignent les plus grandes dimensions connues : 750 μm pour certaines cellules de *Thiomargarita namibiensis*, et jusqu'à 1 à 2 cm de long (soit la taille d'un cil humain) pour *Thiomargarita magnifica*, découverte dans la mangrove de la Guadeloupe. Pour les formes en bâtonnets, diamètres et longueurs varient considérablement. La bactérie « modèle », *Escherichia coli*, mesure 1 $\times$ 2 μm , mais certaines espèces atteignent quelques centaines de microns. En ce qui concerne les filaments, ils forment souvent des amas très denses, parfois visibles à l'œil nu. De plus, selon l'état physiologique des cellules, par exemple en situation de carence nutritionnelle, la taille peut diminuer considérablement.



Observer les cellules procaryotes : les microscopes

La petite taille des cellules procaryotes nécessite l'emploi de microscopes pour les observer. Ces microscopes appartiennent à deux grandes familles : les microscopes optiques et les microscopes électroniques. Le microscope optique « classique », à fond clair, est utilisé essentiellement pour l'observation de la coloration de Gram (voir § 8.4, p. 216). La morphologie des cellules vivantes (le plus souvent non pigmentées) est mieux observée en microscopie à contraste de phase. D'emploi plus récent, le microscope à fluorescence permet l'observation de cellules produisant une fluorescence naturelle (bactéries photosynthétiques contenant de la chlorophylle) ou colorées par un fluorochrome plus ou moins spécifique. Le plus fort grossissement possible d'un microscope optique est de $\times 1\,500$. La limite de résolution est de 0,2 μm .

Les microscopes électroniques utilisent, au lieu des photons, des faisceaux d'électrons. Ils nécessitent une longue préparation des échantillons avant l'observation. Le microscope électronique à transmission permet d'observer les structures intracellulaires, avec une résolution possible de 0,2 nm. Le faisceau d'électrons traverse la préparation (sous forme de coupes ultra-fines de quelques dizaines de nm d'épaisseur). Selon leur densité, les structures rencontrées apparaissent plus ou moins foncées. Le microscope électronique à balayage permet, lui, d'observer les cellules entières (comme avec une loupe), avec des grossissements allant jusqu'à plus de $\times 100\,000$. Dans les laboratoires de recherche, d'autres microscopes comme le microscope à force atomique, ou le microscope confocal à balayage laser, permettent l'observation en trois dimensions, avec une très grande résolution.