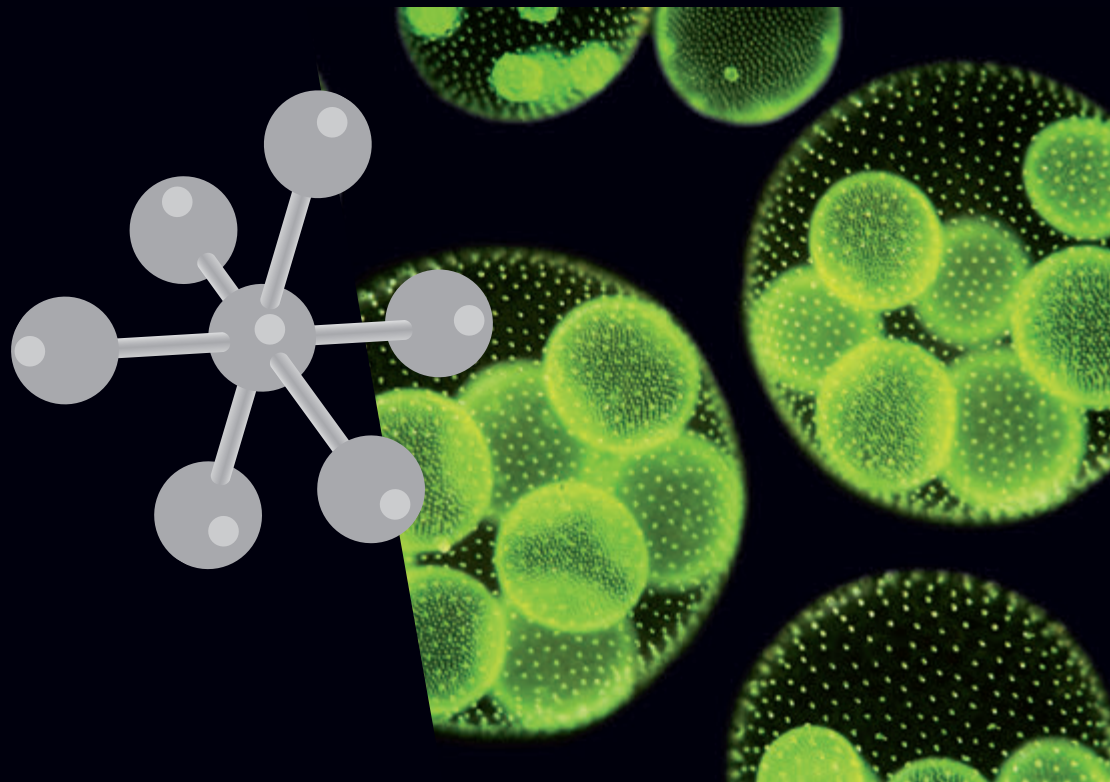


Prescott | Willey  
Sherwood | Woolverton

# Microbiologie

Traduction de J. Coyette et M. Mergeay  
4<sup>e</sup> édition





# Microbiologie

**Extrait du catalogue  
De Boeck Supérieur**

ARCHAMBAUD, CLAVÉ, GROSJEAN, PASQUIER, Bactériologie et virologie pratique, 2<sup>e</sup> éd.

GRIFFITHS, WESSLER, LEWONTIN, CARROLL, Introduction à l'analyse génétique, 6<sup>e</sup> éd.

GUILLAUME, Mycologie

GUILLAUME, Parasitologie

GUILLAUME, Parasitologie sanguine

JANEWAY, MURPHY, TRAVERS, WALPORT, Immunobiologie, 3<sup>e</sup> éd.

MURRAY, BENDER, BOTHAM, KENNELLY, RODWELL, WEIL, Biochimie de Harper, 5<sup>e</sup> éd.

RAVEN, JOHNSON, MASON, LOSOS, SINGER, Biologie, 2<sup>e</sup> éd.

RAVEN, EVERT, EICHHORN, Biologie végétale, 2<sup>e</sup> éd.

SILVERSTEIN, WEBSTER, KIEMLE, Identification spectrométrique de composés organiques, 2<sup>e</sup> éd.

VOET & VOET, Biochimie, 2<sup>e</sup> éd.

VOLLHARDT & SCHORE, Traité de chimie organique, 5<sup>e</sup> éd.

Prescott | Willey | Sherwood | Woolverton

# Microbiologie

4<sup>e</sup> édition

Traduction de Jacques Coyette et Max Mergeay

## Ouvrage original

*Prescott's Microbiology*, 8<sup>e</sup> Edition, Willey, Sherwood, Woolverton, 2011.

Original edition copyright (2011) by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020. Copyright © 2011 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

The French edition copyright (2013) by De Boeck Supérieur. All rights reserved.

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web: [www.deboeck.com](http://www.deboeck.com)

© De Boeck Supérieur s.a., 2013  
Rue des Minimes, 39 B-1000 Bruxelles

4<sup>e</sup> édition

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

*Imprimé en Italie*

Dépôt légal:  
Bibliothèque nationale, Paris: octobre 2013  
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2013/0074/165

ISBN 978-2-8041-8039-3



**JOANNE M. WILLEY** est professeur de Microbiologie à l'Université Hofstra de Long Island, New York, depuis 1993. Elle fait aussi partie de l'école de Médecine de l'Université Hofstra. Le Dr Willey a obtenu son B.A. en biologie à l'Université de Pennsylvanie où elle s'est intéressée à la microbiologie lors d'une recherche sur la croissance des cyanobactéries dans les cours d'eau eutrophisés. Elle a obtenu son Ph.D. en océanographie biologique (plus particulièrement en microbiologie marine) en 1987 grâce à un programme conjoint de l'Institut de Technologie du Massachusetts (MIT) et de l'Institut Océanographique Woods Hole. Elle est ensuite allée à l'Université de Harvard comme post-doctorante et a étudié *Streptomyces coelicolor*, une bactérie filamenteuse du sol. Le Dr Willey poursuit activement ses travaux sur ce micro-organisme et est co-auteur de nombreuses publications consacrées à son cycle de développement complexe. Elle est un membre actif de la Société Américaine de Microbiologie (l'ASM). Elle a été un membre du bureau éditorial de la revue « *Applied and Environmental Microbiology* » durant neuf ans et présidente de la division de Microbiologie générale. Le Dr Willey enseigne régulièrement la microbiologie aux étudiants en biologie et en sciences médicales. Elle donne également des cours de biologie cellulaire, de microbiologie marine et de techniques de laboratoire en génétique moléculaire. Le Dr Willey vit avec son époux et ses deux fils sur la côte nord de Long Island. Elle adore particulièrement la course à pied et apprécie le ski, les randonnées, la voile et la lecture. Son adresse e-mail est : joanne.m.willey@hofstra.edu.



**LINDA M. SHERWOOD** est membre du Département de Microbiologie de l'Université de l'Etat du Montana. C'est lors du dernier cours suivi pour obtenir le diplôme de B.S. en Psychologie à la Western Illinois University qu'elle a commencé à s'intéresser à la microbiologie. Elle a obtenu son M. S. en Microbiologie à l'Université d'Alabama où elle s'est intéressée à l'utilisation de l'histidine par *Pseudomonas acidovorans*. Par la suite, son étude de la sporulation de *Saccharomyces cerevisiae* lui a permis de recevoir un Ph.D. en Génétique de l'Université de l'Etat du Michigan. Elle a brièvement quitté le monde de la microbiologie pour étudier la biologie moléculaire des mutants *dunce* de la drosophile dans cette même université avant de gagner l'Université de l'Etat du Montana. Le Dr Sherwood a toujours manifesté un vif intérêt pour l'enseignement et son expérience en psychologie l'a aidée à comprendre les modèles actuels de la connaissance et de l'apprentissage ainsi que leurs implications dans l'enseignement. Pendant ces années, elle a enseigné la microbiologie générale, la génétique, la biologie, la génétique et la physiologie microbienne. Elle a été éditrice de la revue « *Focus on Microbiology Education* » de l'ASM et a participé et collaboré à de nombreuses Conférences destinées aux Enseignants du premier cycle organisées par l'ASM (ASMCUE). Avec des enseignants du niveau K-12, elle a également développé une unité à base de kits visant à introduire la microbiologie dans le curriculum des écoles élémentaires. Elle est co-auteur avec Barbara Hudson d'un manuel de laboratoire en microbiologie générale intitulé « *Explorations in Microbiology, A Discovery Approach* » et publié par Prentice-Hall. Son association avec McGraw-Hill a débuté lors de la préparation des guides d'étude des cinquième et sixième éditions de *Microbiology*. Ses intérêts non académiques sont principalement centrés sur sa famille. Elle apprécie également la lecture, les randonnées, le jardinage et les voyages. Son adresse e-mail est : lsherwood@montana.edu.

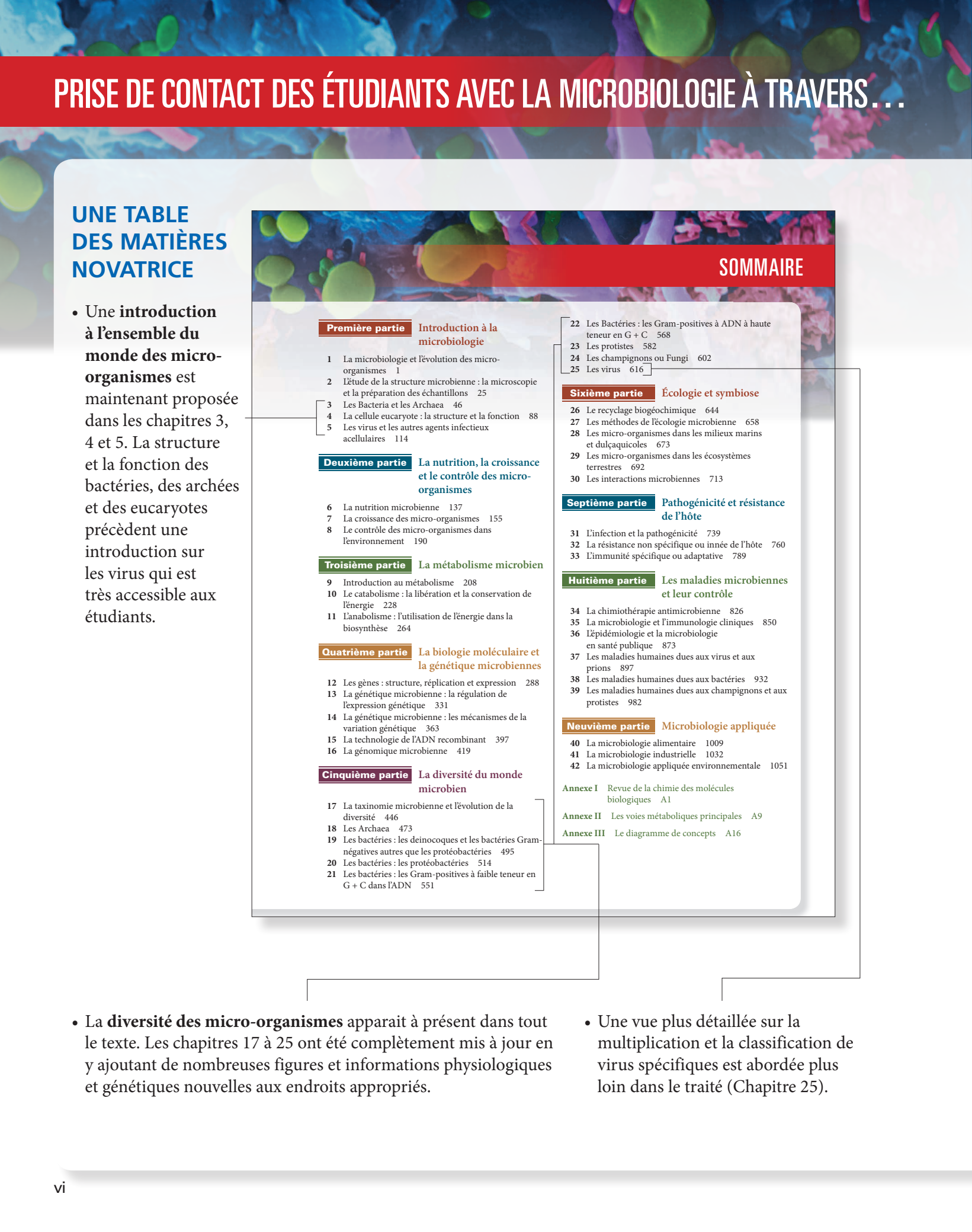


**CHRISTOPHER J. WOOLVERTON** est Professeur en Sciences de la Santé Environnementale et un membre fondateur du Collège de Santé Publique de l'Université d'Etat de Kent (Kent, OH). Le Dr Woolverton a fait partie du Département des Sciences Biologiques pendant 14 ans. Il est Directeur du Centre pour la Préparation de la Santé Publique de l'Université d'Etat de Kent et supervise son Centre d'Apprentissage au niveau BSL-3. Il fait partie aussi de l'Hôpital pour Enfants d'Akron (Akron, OH). Il a obtenu son B. S. au Collège Wilkes, Wilkes-Barre en Pennsylvanie et un M. S. ainsi qu'un Ph.D. en Microbiologie Médicale du Collège de Médecine de l'Université de West Virginia. Il a passé deux ans comme post-doctorant à l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill pour étudier le rôle des bactéries dans la régulation de l'immunité chez des rongeurs axéniques. La recherche du Dr Woolverton est centrée sur la détection en temps réel et l'identification des agents pathogènes en employant un biosenseur à cristaux liquides pour lequel il a pris un brevet en 2001. Le Dr Woolverton a beaucoup publié et donné des conférences sur les mécanismes grâce auxquels les cristaux liquides sont utilisés comme biosenseurs. Il a enseigné la microbiologie aux étudiants en sciences et en sciences paramédicales et a donné des cours de second cycle en immunologie et en physiologie microbienne. Il enseigne également la sécurité au laboratoire, l'estimation du risque et la préparation au bioterrorisme aux personnels des laboratoires. C'est un membre actif de l'ASM et il a été récemment éditrice en chef du *Journal of Microbiology and Biology Education*. Le Dr Woolverton vit à Kent, dans l'Ohio, avec son épouse Nancy et ses filles Samantha et Abbey. Sa fille Lyssa a épousé Ken et vit en Arizona. Le Dr Woolverton aime la randonnée et le camping. C'est un fervent cycliste et un instructeur de Spinning. Son adresse e-mail est : cwoolver@kent.edu.

# PRISE DE CONTACT DES ÉTUDIANTS AVEC LA MICROBIOLOGIE À TRAVERS...

## UNE TABLE DES MATIÈRES NOVATRICE

- Une **introduction à l'ensemble du monde des micro-organismes** est maintenant proposée dans les chapitres 3, 4 et 5. La structure et la fonction des bactéries, des archées et des eucaryotes précèdent une introduction sur les virus qui est très accessible aux étudiants.



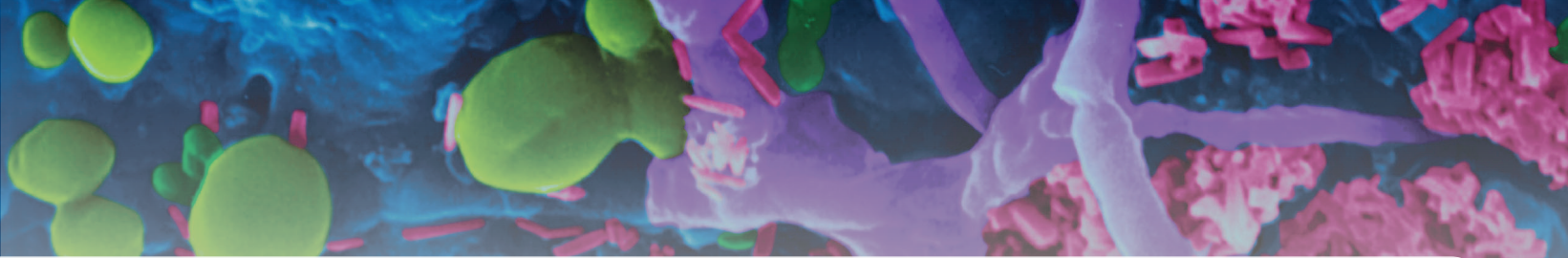
### SOMMAIRE

<b>Première partie</b>	<b>Introduction à la microbiologie</b>	
1	La microbiologie et l'évolution des micro-organismes	1
2	L'étude de la structure microbienne : la microscopie et la préparation des échantillons	25
3	Les Bacteria et les Archaea	46
4	La cellule eucaryote : la structure et la fonction	88
5	Les virus et les autres agents infectieux acellulaires	114
<b>Deuxième partie</b>	<b>La nutrition, la croissance et le contrôle des micro-organismes</b>	
6	La nutrition microbienne	137
7	La croissance des micro-organismes	155
8	Le contrôle des micro-organismes dans l'environnement	190
<b>Troisième partie</b>	<b>La métabolisme microbien</b>	
9	Introduction au métabolisme	208
10	Le catabolisme : la libération et la conservation de l'énergie	228
11	L'anabolisme : l'utilisation de l'énergie dans la biosynthèse	264
<b>Quatrième partie</b>	<b>La biologie moléculaire et la génétique microbiennes</b>	
12	Les gènes : structure, réplication et expression	288
13	La génétique microbienne : la régulation de l'expression génétique	331
14	La génétique microbienne : les mécanismes de la variation génétique	363
15	La technologie de l'ADN recombinant	397
16	La génomique microbienne	419
<b>Cinquième partie</b>	<b>La diversité du monde microbien</b>	
17	La taxinomie microbienne et l'évolution de la diversité	446
18	Les Archaea	473
19	Les bactéries : les deinocoques et les bactéries Gram-négatives autres que les protéobactéries	495
20	Les bactéries : les protéobactéries	514
21	Les bactéries : les Gram-positives à faible teneur en G + C dans l'ADN	551
22	Les Bactéries : les Gram-positives à ADN à haute teneur en G + C	568
23	Les protistes	582
24	Les champignons ou Fungi	602
25	Les virus	616
<b>Sixième partie</b>	<b>Écologie et symbiose</b>	
26	Le recyclage biogéochimique	644
27	Les méthodes de l'écologie microbienne	658
28	Les micro-organismes dans les milieux marins et dulçaquicoles	673
29	Les micro-organismes dans les écosystèmes terrestres	692
30	Les interactions microbiennes	713
<b>Septième partie</b>	<b>Pathogénicité et résistance de l'hôte</b>	
31	L'infection et la pathogénicité	739
32	La résistance non spécifique ou innée de l'hôte	760
33	L'immunité spécifique ou adaptative	789
<b>Huitième partie</b>	<b>Les maladies microbiennes et leur contrôle</b>	
34	La chimiothérapie antimicrobienne	826
35	La microbiologie et l'immunologie cliniques	850
36	L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique	873
37	Les maladies humaines dues aux virus et aux prions	897
38	Les maladies humaines dues aux bactéries	932
39	Les maladies humaines dues aux champignons et aux protistes	982
<b>Neuvième partie</b>	<b>Microbiologie appliquée</b>	
40	La microbiologie alimentaire	1009
41	La microbiologie industrielle	1032
42	La microbiologie appliquée environnementale	1051
<b>Annexe I</b>	Revue de la chimie des molécules biologiques	A1
<b>Annexe II</b>	Les voies métaboliques principales	A9
<b>Annexe III</b>	Le diagramme de concepts	A16

- La **diversité des micro-organismes** apparaît à présent dans tout le texte. Les chapitres 17 à 25 ont été complètement mis à jour en y ajoutant de nombreuses figures et informations physiologiques et génétiques nouvelles aux endroits appropriés.

- Une vue plus détaillée sur la multiplication et la classification de virus spécifiques est abordée plus loin dans le traité (Chapitre 25).






## UNE INTÉGRATION THÉMATIQUE

- **L'évolution** – Elle est introduite immédiatement dans le Chapitre 1 et utilisée comme un thème dominant dans tout le texte. Elle fait le lien entre les éléments et offre un cadre sur lequel les étudiants peuvent construire leur connaissance de la microbiologie.

# 1

## La microbiologie et l'évolution des micro-organismes



*Stromatolites modernes d'Australie occidentale. Chaque stromatolite a une structure quasi rocheuse, typiquement 41 m de diamètre, contenant des couches de cyanobactéries. L'existence de stromatolites fossilisés prouve l'existence d'organismes photosynthétiques très tôt dans l'histoire de la vie sur la Terre.*

**GLOSSAIRE DU CHAPITRE**

**Analyse génomique** Approche de l'étude des organismes vivants qui implique le séquençage de leur génome, l'identification des gènes de ce génome et l'attribution de fonctions à ces gènes.

**Archaea** Le domaine de la vie comprenant des cellules anaérobies qui ont des lipides uniques dans leur membrane.

**domaine** Inclut les protistes, les fungi, les plantes et les animaux.

**Fungi** Groupe diversifié de micro-organismes eucaryotes qui vitent depuis des formes unicellulaires (levures) jusqu'aux moisissures et aux champignons, multicellulaires.

**Génération spontanée** Ancienne théorie, à l'origine de la vie à partir de matière inanimée.

**Protistes** Agents infectieux, composés exclusivement de protéines, qui causent des encéphalopathies spongiformes comme la tremblante du mouton ou de la chèvre.

**Protistes** Eucaryotes unicellulaires pour la plupart dépourvus de différenciation cellulaire en tissus. La différenciation cellulaire est limitée à des cellules spécialisées dans la reproduction.

- **La diversité des micro-organismes** – A présent intégrée dans tout le texte, la diversité du monde microbien est rappelée constamment aux étudiants.

# 16

## La génomique microbienne



*Chaque point dans le microarray représente ici contient un fragment oligonucléotidique d'un seul gène, fixé sur une lame de verre. On peut compter l'expression génétique de deux types de cellules (par exemple un type sauvage et un mutant) en marquant l'ADN de chaque cellule avec un marqueur fluorescent rouge ou vert et en laissant ces ADN se fixer aux séquences homologues attachées au microarray. La couleur de chaque tache révèle le niveau d'expression relatif de chaque gène.*

**GLOSSAIRE DU CHAPITRE**

**Analyse in silico** Étude de la physiologie et de la génétique par l'examen des séquences des acides nucléiques ou des protéines.

**Annotation génomique** Processus de détermination de la position et de la fonction potentielle de gènes spécifiques et d'éléments génétiques dans une séquence génomique.

**Bio-informatique** Domaine interdisciplinaire qui gère et analyse de grands ensembles de données biologiques, y compris les séquences des génomes et des protéines.

**Cadre de lecture ouvert (ORF pour « open reading frame »)** qui n'est pas interrompue par un codon de stop. Elle comporte un promoteur et un site de terminaison du ribosome à son extrémité 3' (le plus souvent déterminé par séquençage de la séquence).

**Génomique** Étude de l'organisation et du contenu des génomes, de l'annotation et des produits du génome codant.

**Génomique comparative** des génomes de différents organismes a pour but d'identifier les différences significatives.

**Génomique fonctionnelle** Analyse des transcrits du génome et des protéines qu'ils codent.

**Métagénomique** C'est l'étude des génomes extraits d'échantillons de l'environnement, sans isolement préalable et mise en culture pure des membres de la communauté microbienne. Aussi appelée génomique environnementale ou génomique des communautés.

**Microarrays d'ADN** Supports solides sur lequel l'ADN est fixé suivant une disposition bien organisée. Ils sont utilisés pour évaluer l'expression de gènes.

**Protéome** Ensemble complet des protéines produites par un organisme.

**Séquençage en aveugle (« shotgun ») d'un génome entier** Méthode de séquençage du génome qui consiste à cliver le génome entier en fragments aléatoires, que l'on séquence.

**Phylotype** Taxon qui n'est caractérisé que par la séquence de son acide nucléique. Il est généralement découvert lors d'une analyse métagénomique.

**Protéome** Ensemble complet des protéines produites par un organisme.

**Séquençage en aveugle (« shotgun ») d'un génome entier** Méthode de séquençage du génome qui consiste à cliver le génome entier en fragments aléatoires, que l'on séquence.

## DES SUJETS BRÛLANTS

- **Le texte VERT !** Le changement climatique global, la santé publique, l'énergie alternative et les biocarburants ont été ajoutés pour faire du **Microbiologie de Prescott** un texte très vert qui va susciter l'intérêt des étudiants. **Pour en savoir plus, voir les chapitres 26 et 41.**
- **Le H1N1** – Ce virus est régulièrement cité dans les médias et assuré d'être un sujet d'intérêt pour les étudiants. **Pour en savoir plus, voir les chapitres 36 et 37.**
- **L'actualisation de la génomique** – Les techniques de séquençage génomique du 21<sup>ème</sup> siècle sont à présent décrites dans le **chapitre 16.**

# 36

## L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique



*Cette laborantienne travaille dans un isolement du niveau le plus élevé (niveau 4) aux CDC (Centres de contrôle et de prévention des maladies) pour éviter un contact avec les micro-organismes et empêcher leur fuite dans l'environnement. Une très grande expérience est requise pour travailler dans ces laboratoires.*

**GLOSSAIRE DU CHAPITRE**

**Anatome** Étude de la structure et de la fonction des organes d'un organisme.

**Changement antigénique** Modification de la structure antigénique d'un organisme qui peut être reconnue par les anticorps immunitaires de l'hôte.

**Dérive antigénique** Modification mineure du caractère antigénique d'un organisme qui permet d'éviter une attaque par le système immunitaire.

**Épidémie liée à une source commune** Épidémie caractérisée par une augmentation brutale jusqu'à atteindre un pic, suivie d'un déclin rapide, mais moins prononcé, du nombre d'individus infectés. Elle implique habituellement une même source infectieuse pour tous les individus.

**Épidémiologie** Science qui étudie la fréquence, les déterminants, la distribution et le contrôle de la santé et de la maladie dans une population humaine définie.

**Épidémique** Se dit d'une maladie dont le nombre de cas augmente soudainement au-dessus du niveau normal dans une population déterminée.

**Immunité de groupe** Résistance d'une population à une infection et à la propagation d'un organisme infectieux, due à l'immunité d'un pourcentage élevé de la population.

**Incidence** Nombre de nouveaux cas d'une maladie dans une population à risque pendant une période temporelle spécifique.

**Infection nosocomiale** Infection qui est contractée au cours du séjour du patient dans un hôpital ou un autre type d'établissement de soins.

**Maladie contagieuse** Maladie causée par un organisme pathogène qui peut être transmis d'un hôte à l'autre.

**Maladie endémique** Maladie constamment présente dans une population, habituellement à une faible fréquence relativement fixe.

**Pandémie** Épidémie caractérisée par une augmentation de nombre de cas dans une population importante et géographiquement étendue (c'est souvent le cas d'une épidémie mondiale).

**Période d'incubation** Période qui suit la pénétration de l'organisme pathogène dans l'hôte et précède l'apparition des premiers signes et symptômes.

**Surveillance de la santé publique** Collecte, analyse et interprétation systématique des données sanitaires de la population dans le but de contrôler ou de prévenir une maladie ou une blessure.

**Taux d'attaque** Proportion des cas qui se développent dans une population ayant été exposée à un agent infectieux.

**Taux de morbidité** Rapport entre le nombre d'individus qui contractent une maladie donnée dans une population sensible pendant une période de temps donnée, et le nombre total d'individus.

**Taux de mortalité** Rapport entre le nombre de décès dus à une maladie donnée et le nombre total de cas de cette même maladie.

**Vaccin** Préparation administrée dans le but d'induire une réponse immunitaire et protéger l'individu contre un germe pathogène ou une toxine.

**Vecteur** Organisme vivant, généralement un arthropode ou un autre animal, qui transfère un germe infectieux d'un hôte à l'autre.

**Vecteur passif (ou véhicule)** Substance ou milieu matériel intervenant dans la transmission d'un germe pathogène.

**Zoonose** Maladie animale qui peut se transmettre à l'homme.

**La génomique est un domaine de la physiologie microbienne qui étudie l'expression génétique des gènes. Comme nous le verrons, la génomique est un domaine holistique, en saisissant donc voir la cellule comme un tout.**

**Le chapitre décrit le but pratique de l'épidémiologie : l'établissement efficace de l'identification, du contrôle, de la prévention et de mesures d'éradication d'une maladie au sein d'une population donnée. Étant donné que les maladies et les organismes émergents et réémergents, les infections nosocomiales (hospitalières) et le bioterrorisme préoccupent fort les milieux de la santé publique, ces sujets seront abordés également ici.**

# PRISE DE CONTACT DES ÉTUDIANTS AVEC LA MICROBIOLOGIE PAR...

## PRÉSENTATION INNOVANTE DES CHAPITRES

### NOUVEAU ! Le glossaire du chapitre

– Chaque chapitre débute par un glossaire  
– une liste de termes clés décrits dans le chapitre.

**Une révision et une réflexion** – Des questions insérées dans le corps de chaque chapitre permettent aux étudiants de maîtriser les concepts de la section avant de passer à d'autres sujets.

**Des diagrammes de concepts** – Les chapitres clés contiennent un diagramme de concepts qui souligne les thèmes essentiels afin de permettre aux étudiants de comprendre les relations importantes.

**Des références croisées** – Des notes internes renvoient les étudiants vers d'autres parties du livre à revoir.

## 7

### La croissance des micro-organismes



Un fumeur noir : un habitat extrême dans lequel il est possible de trouver des micro-organismes.

#### GLOSSAIRE DU CHAPITRE

**Acidophile** Se dit d'un micro-organisme dont l'optimum de croissance se situe entre pH 0 et 5,5.

**Activité de l'eau (a<sub>w</sub>)** Mesure quantitative de la disponibilité en eau dans un habitat. L'activité de l'eau d'une solution est un centième de son humidité relative.

**Aérobie** Se dit d'un organisme qui croît en présence d'oxygène atmosphérique.

**Aérobie obligatoire** Se dit d'un organisme qui ne croît qu'en présence d'oxygène.

**Alcalophile** Se dit d'un micro-organisme qui croît le mieux à des pH compris entre 8,5 et 11,5.

**Anaérobie** Se dit d'un organisme qui se développe en absence d'oxygène libre.

**Anaérobie aérotolérant** Se dit d'un micro-organisme qui croît aussi bien en présence qu'en absence d'oxygène.

**Anaérobie facultatif** Se dit d'un micro-organisme qui n'exige pas d'oxygène pour sa croissance, mais qui se développe mieux en sa présence.

**Anaérobie obligatoire** Se dit d'un organisme qui ne tolère pas la présence d'oxygène et meurt quand il y est exposé.

**Biofilm** Communautés microbiennes disposées en couches, entourées d'une matrice de substances polymériques extracellulaires (EPS) et associées à des surfaces, possédant souvent des caractéristiques structurales et fonctionnelles complexes.

**Chémostat** Appareil de culture continue dans lequel du milieu frais est introduit à la même vitesse qu'est retiré le milieu contenant les micro-organismes. Le milieu de culture contient une quantité limitée d'un nutriment essentiel.

**Culture en « batch » (discontinue)** Population de micro-organismes se développant dans un flacon fermé contenant un seul lot de milieu.

**Cytocinèse** Processus qui répartit le contenu intracellulaire, synthétise un septum et divise une cellule en deux cellules filles, au cours de la division cellulaire.

**Extrémophile** Se dit d'un micro-organisme qui croît dans des conditions environnementales hostiles ou extrêmes.

**Halophile** Se dit d'un micro-organisme qui requiert des concentrations élevées en chlorure sodique pour sa croissance.

**Hyperthermophile** Se dit d'une bactérie ou d'une archée qui a son optimum de croissance supérieure à 85 °C. Les hyperthermophiles ne se développent généralement pas en dessous de 55 °C.

**Mésophile** Se dit d'un micro-organisme dont l'optimum de croissance se situe entre 20 et 45 °C, avec un minimum de 15 à 20 °C et un maximum inférieur à 45 °C.

**Microaérophile** Se dit d'un micro-organisme qui exige de faibles teneurs en oxygène (de 2 à 10 %) pour sa croissance et qu'une teneur atmosphérique normale en oxygène endommage.

**Neutrophile** Se dit d'un micro-organisme qui croît le mieux à pH neutre (entre 5,5 et 8,0).

**Nombre le plus probable (NPP)** Estimation statistique de la population viable probable dans un liquide. Les échantillons dilués en série sont incubés dans un liquide approprié. L'échantillon le plus dilué montrant une croissance est supposé avoir été inoculé avec 1 à 10 cellules.

**Osmotolérant** Qualifie un organisme qui croît dans une gamme relativement large d'activités de l'eau ou de concentrations en soluté.

**Perception du quorum (« quorum sensing »)** Échange de molécules libérées dans le milieu permettant aux micro-organismes

d'estimer la densité cellulaire. Quand la concentration de ces signaux atteint un seuil, il y a expression des gènes qui dépendent du quorum.

**Phase exponentielle (logarithmique)** Phase de la courbe de croissance pendant laquelle la population microbienne augmente à une vitesse constante et maximale, en se divisant et doublant à intervalles réguliers.

**Phase de latence** Phase de la croissance bactérienne dans une culture en « batch », qui suit l'introduction de micro-organismes dans un milieu de culture frais, au cours de laquelle il n'y a pas d'augmentation du nombre ou de la masse des cellules.

**Phase stationnaire** Phase de la croissance bactérienne dans une culture en « batch », lorsque la croissance s'arrête et que la courbe de croissance atteint un plateau.

**Psychrophile** Se dit d'un micro-organisme qui croît bien à 0 °C et présente une température optimale de croissance inférieure ou égale à 15 °C et une température maximale d'environ 20 °C.

**Temps de génération** Temps requis par une population microbienne pour doubler en nombre.

**Thermophile** Se dit d'un micro-organisme capable de croître à une température égale ou supérieure à 55 °C. Le minimum est habituellement proche de 45 °C.

**Unités formatrices de colonie (UFC)** Nombre de micro-organismes qui peuvent former des colonies, lorsqu'ils sont étalés en surface ou en profondeur sur ou dans des boîtes de milieu gélosé. C'est une indication de la quantité de micro-organismes viables dans un échantillon.

### 7.2 Le cycle cellulaire bactérien

Le cycle cellulaire est la séquence complète des événements depuis la formation d'une nouvelle cellule jusqu'à la division suivante. C'est un processus biologique fondamental qui présente un intérêt intrinsèque pour les microbiologistes. Mais la compréhension du cycle cellulaire a également un intérêt pratique. Par exemple, la synthèse du peptidoglycane est la cible de nombreux antibiotiques. ▶ Les inhibiteurs de la synthèse de la paroi (section 34.4)

Les cycles cellulaires de plusieurs bactéries (*Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et *Caulobacter crescentus*, une bactérie aquatique) ont fait l'objet de nombreuses études et notre compréhension du cycle

cellulaire est largement basée sur ces études. Deux voies sont utilisées pendant ce cycle : une voie réplique et répartit l'ADN dans les cellules filles et l'autre réalise la cytotinèse (la formation du septum et des cellules filles). Bien que ces voies se chevauchent, il est plus facile de les considérer séparément.

#### La réplication et la répartition du chromosome

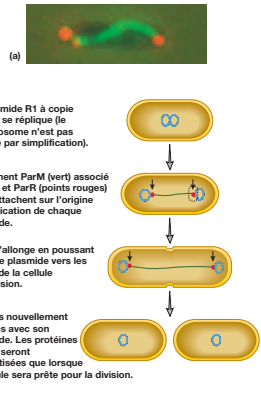
Il faut se souvenir que la plupart des chromosomes sont circulaires. Chaque chromosome circulaire a un site unique où débute la réplication, appelé **origine de réplication** ou plus simplement origine

## LA MATIÈRE EN FIN DE CHAPITRE

**Les résumés des chapitres** sont organisés selon la numérotation des titres et donnent un bref aperçu des concepts importants des chapitres.

**Des questions de réflexion importantes** prises dans la littérature récente complètent les questions de révision et de réflexion rencontrées à divers endroits de chaque chapitre. Elles sont conçues de manière à stimuler les capacités de raisonnement analytique d'un problème.

**NOUVEAU ! Le diagramme de concepts** encourage les étudiants à concevoir leur propre diagramme en se basant sur ce qu'ils ont appris dans le chapitre.



**FIGURE 75 La ségrégation du plasmide R1 d'*E. coli* dépend des protéines Par.** (a) Cellule d'*E. coli* montrant le partage des plasmides R1. Le filament ParM rendu fluorescent (en vert) est attaché aux plasmides (en rouge) qui ont été déplacés vers les pôles de la cellule. (b) Le mécanisme grâce auquel ParM, ParC et ParF assurent le partage des plasmides.

**Figure 7.5 Mini-enquête**  
Qu'arriverait-il si ParM ne se polymérisait qu'à une extrémité, plutôt que de le faire de la même manière aux deux bouts ?

cellule (figure 7.6). Cette oscillation augmente fortement la concentration de MinC aux pôles et y bloque la formation de l'anneau Z. Cet anneau ne peut donc que se former au centre de la cellule dépourvue de MinCDE.  
Une fois l'anneau Z formé, le reste de la machinerie de division, parfois appelée **divisome**, s'assemble comme montré dans

la figure 7.7. Une ou plusieurs protéines d'ancrage fixent d'abord l'anneau Z à la membrane cytoplasmique. La machinerie de synthèse de la paroi se constitue ensuite. Si de nombreux composants du divisome ont été identifiés, la fonction de nombre d'entre eux est encore inconnue (tableau 7.1). Les dernières étapes de la division sont la constriction de l'anneau Z, accompagnée de l'invagination de la membrane cellulaire et de la synthèse de la paroi du septum.  
Le cycle cellulaire décrit ci-dessus est celui observé dans les cellules d'*E. coli* en croissance lente. Dans ce cas, le cycle cellulaire complet dure environ 60 minutes. Mais *E. coli* peut se reproduire beaucoup plus rapidement, en 20 minutes environ, malgré le fait que la réplication de l'ADN exige toujours au moins 40 minutes. *E. coli* y parvient en débutant une seconde réplication de son ADN (et parfois même une troisième ou une quatrième) avant la fin de la première. Les cellules filles reçoivent donc deux foyers de réplication ou plus. La réplication est continue parce que les cellules sont toujours occupées à copier leur ADN. **Le cycle cellulaire bactérien**

**La croissance cellulaire et la détermination de la morphologie cellulaire**

Comme vu plus haut, les cellules bactériennes et archéennes ont des morphologies définies, spécifiques à l'espèce. Ces formes ne sont ni accidentelles, ni aléatoires, car elles se perpétuent fidèlement de génération en génération. En outre, certains micro-organismes changent de forme dans certaines circonstances. Par exemple, *Sinorhizobium meliloti* passe de la forme bacillaire à une forme en Y lorsqu'elle vit en symbiose avec les plantes. De même, *Helicobacter pylori*, l'agent responsable d'ulcères gastriques et de cancers de l'estomac, modifie sa forme hélicoïdale caractéristique en une forme sphérique lors des infections de l'estomac et de cultures prolongées.  
Pour traiter de la forme de la paroi, il faut considérer également ses fonctions. En contenant la pression de la turgescence exercée sur elle par le cytoplasme, la paroi empêche ainsi le gonflement de la cellule et son éclatement. La force, qui s'exerce sur la paroi, est déterminée par l'osmolarité des contenus cytoplasmiques. Elle est également essentielle pour détendre la paroi et permettre l'insertion d'unités fraîchement synthétisées et de ce fait la croissance de la cellule. C'est chez les bactéries que les mécanismes d'équilibre entre ces deux activités opposées, qui déterminent ensuite une morphologie cellulaire spécifique, sont les mieux compris. Il faut se souvenir que seules les bactéries ont du peptidoglycane dans la paroi et que la dynamique de la biosynthèse de ce polymère a été étudiée pendant des décennies. C'est ce qui est décrit ci-dessous. **La structure du peptidoglycane** (section 3.3)

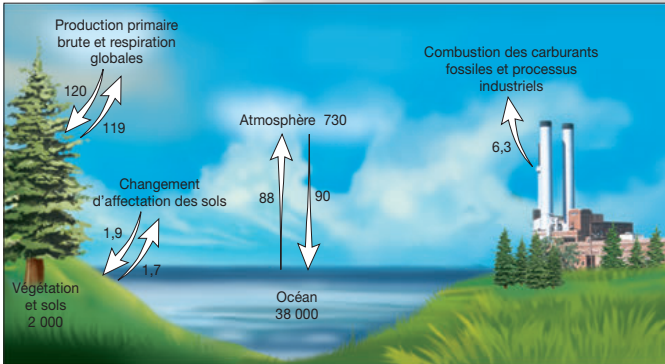
**Rechercher G + CT<sub>m</sub> calculator**

d'abord connues pour leur capacité à fixer la pénicilline. Si cette propriété est importante, elles ont pour fonction de lier entre elles les chaînes de peptidoglycane et de catalyser la dégradation complète pour permettre l'insertion de nouvelles unités pendant la croissance cellulaire. Les enzymes qui dégradent le peptidoglycane sont des **autolysines**. La figure 7.8 montre un schéma général de la synthèse du peptidoglycane (voir figure 11.13 pour un diagramme plus détaillé). Il faut noter que les deux unités NAM et NAG sont associées dans le cytoplasme et ensuite convoyées à travers la membrane

**NOUVEAU !**  
**La mini-enquête**  
Des figures choisies à travers chaque chapitre contiennent une question de réflexion qui offre une occasion supplémentaire à l'étudiant de se tester.

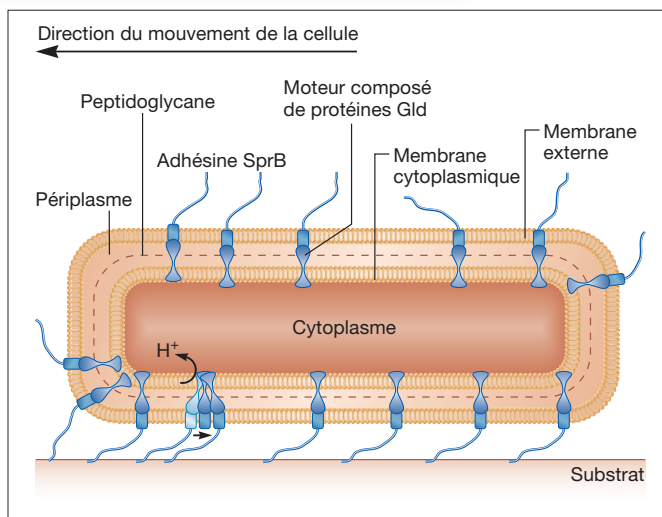
**NOUVEAU ! L'icône d'animation** – Ce symbole indique que la matière présentée dans le texte est également accompagnée d'une animation sur le site Internet du texte [www.mhhe.com/wiley8](http://www.mhhe.com/wiley8).

**NOUVEAU ! Recherche**  
Des icônes disposées à divers endroits du texte mettent en évidence des sujets que les étudiants peuvent rechercher par eux-mêmes.



**UNE ICONOGRAPHIE INSTRUCTIVE ET VIVANTE**

- Des interprétations tridimensionnelles et des couleurs vives et attrayantes.
- Des annotations des voies principales.
- Des diagrammes de concepts.



# INCLUEZ DES MATÉRIAUX ATTRAYANTS POUR LES COURS ET LES LABORATOIRES

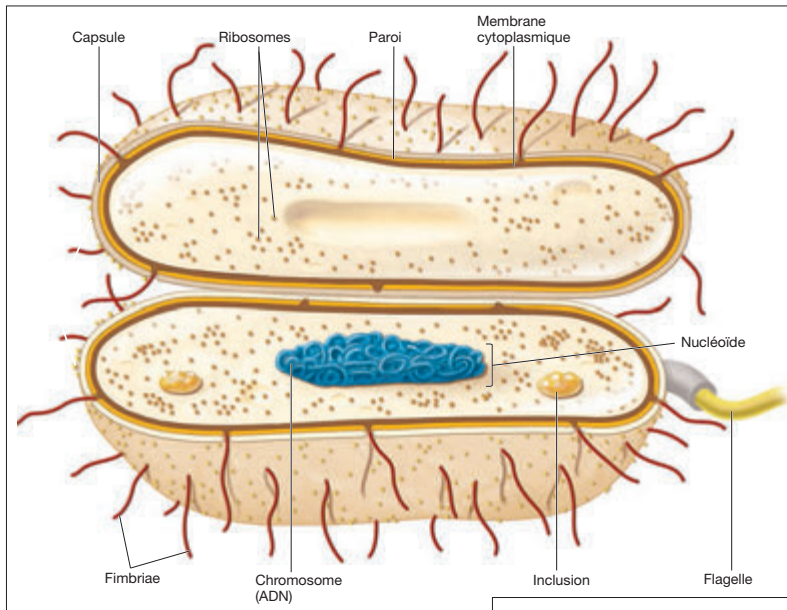


# connect™

## MICROBIOLOGY

Utilisez le programme McGraw-Hill's **Presentation Tools** pour créer des cours personnalisés, des tests et des quizz dont la présentation est mise en valeur, un site Internet d'enseignement attrayant ou des documents imprimés attractifs.

Des dessins animés tridimensionnels, qui rendent vivants les sujets difficiles, sont référencés dans le texte et sont à présent disponibles dans un diaporama PowerPoint pour faciliter leur utilisation.



Les fichiers de diaporamas PowerPoint comprennent des dessins, des photos et des tableaux. Facilitez la personnalisation de vos présentations en classe !

**Tableau 3.1** Les structures communes des bactéries et des archées et leurs fonctions

Membrane cytoplasmique	Barrière perméable sélective, limite mécanique de la cellule, transport des éléments nutritifs et des déchets, localisation de plusieurs processus métaboliques (respiration, photosynthèse), détection de signaux de l'environnement pour le chimiotactisme
Vacuole gazeuse	Permet à la bactérie de flotter dans un environnement aquatique
Ribosomes	Synthèse des protéines
Inclusions	Réserve de carbone, de phosphate et d'autres substances
Nucléotide	Localisation du matériel génétique (ADN)
Espace périplasmique	Chez les bactéries Gram-négatives, contient les enzymes hydrolytiques et les protéines de liaison nécessaires à l'absorption et la transformation de la nourriture. Chez les Gram-positives et les archées, il peut être plus petit ou absent.
Paroi cellulaire	Donne une forme à la bactérie et une protection contre le stress osmotique
Capsules et couches mucoïdes	Résistance à la phagocytose et adhérence aux surfaces, rares chez les <i>Archaea</i>
Fimbriae et pili	Attachement aux surfaces, conjugaison et transformation bactérienne, mobilité par saccades et par glissement
Flagelles	Nage
Endospores	Survie dans des conditions extrêmes de l'environnement. Uniquement chez les <i>Bacteria</i>



**Create and print custom books for your students.**

McGraw-Hill Create™ provides a simple way for instructors to customize their courses.

Easily pull together material from different sources to create textbooks and eBooks tailored to your course and syllabus.

**Curious? Try It!**

**Find content to add to your project.**  
Enter keywords, title, description, author or ISBN  
or Browse by category

**Arrange your project into a book.**  
Rearrange pages and chapters, organize your table of contents, add sections

**Personalize your book's appearance.**  
Choose format (eBook or print), select cover art, style your table of contents

[Find out more >>](#)

Utilisez vos ressources pédagogiques pour les adapter à votre manière d'enseigner. Avec le programme McGraw-Hill Create ([www.mcgrawhill.com](http://www.mcgrawhill.com)), vous pouvez facilement réorganiser les chapitres, combiner des matières provenant d'autres sources et incorporer rapidement ce que vous avez écrit pour en faire votre syllabus ou vos notes de cours. Trouvez le contenu dont vous avez besoin dans Create en cherchant dans les milliers de traités de McGraw-Hill. Organisez votre

livre pour l'accorder à votre style d'enseignement. Create vous permet même de personnaliser la présentation de votre livre en sélectionnant la couverture et en ajoutant votre nom, votre école et vos informations sur le cours. Commandez un livre Create et vous recevrez une copie préliminaire imprimée à titre gracieux dans un délai de 3 à 5 jours ouvrables ou une copie préliminaire électronique (eComp) à titre gracieux par messagerie électronique en une heure de temps. Allez sur [www.mcgrawhill.com](http://www.mcgrawhill.com) dès aujourd'hui et enregistrez-vous. Testez la manière dont McGraw-Hill Create vous permet d'enseigner à votre manière.

**NOUVEAU !** Le programme **Microbiology Prep**, également disponible sur le site [www.mhhe.com/willey8](http://www.mhhe.com/willey8), permet aux étudiants de se préparer pour les futurs travaux en microbiologie. Ce site Internet rend les étudiants à même de s'auto-évaluer, de mener des sessions d'études personnalisées avec des didacticiels et d'évaluer a posteriori de leurs connaissances dans les domaines suivants :

- Techniques d'étude
- Connaissances en mathématique
- Connaissances en chimie
- Connaissances en biologie
- Connaissances en système métrique
- Rédaction de rapports de laboratoire et de référence



Le **Guide d'étude de l'étudiant** (« Student Study Guide ») est une ressource utile qui fournit des objectifs d'étude, des activités d'apprentissage et des matériaux d'auto-expérimentation pour permettre aux étudiants de maîtriser le contenu du cours. Il est disponible en anglais sur le site [www.mhhe.com/willey8](http://www.mhhe.com/willey8).

Visitez le site  
[www.mhhe.com/willey8](http://www.mhhe.com/willey8)

# LISTE DES MODIFICATIONS

## MODIFICATIONS DU CONTENU SELON LES PARTIES

Chaque chapitre a été réexaminé attentivement et presque tous ont subi une révision importante. Les points importants sont :

### Partie I

**Chapitre 1** – Le texte débute par les concepts essentiels de l'évolution microbienne pour mettre en évidence le rôle de l'évolution comme force motrice de tous les systèmes biologiques.

**Chapitre 3** – Une description de la structure cellulaire des archées et des bactéries est intégrée à tous les niveaux.

**Chapitre 4** – Il présente les éléments essentiels de la morphologie des protistes et des champignons de manière telle que les chapitres 23 (Les protistes) et 24 (Les champignons) soient centrés spécifiquement sur leur diversité.

**Chapitre 5** – Ce nouveau chapitre, intitulé « *Les virus et les autres agents infectieux acellulaires* », passe en revue les éléments morphologiques, physiologiques et génétiques essentiels des virus ainsi que des viroïdes, des virusoïdes et des prions. Il complète le trio de chapitres introductifs à la vie microbienne.

### Partie II

**Chapitre 7** – La description du cycle cellulaire procaryote mise à jour traite plus largement du cytosquelette bactérien et archéen. Les biofilms et la communication cellulaire sont introduits à la fin du chapitre pour constituer la base d'autres descriptions ailleurs dans le texte.

### Partie III

**Chapitre 9** – En plus d'une vue d'ensemble sur le métabolisme ainsi que sur la structure et la fonction des enzymes, ce chapitre contient maintenant une description des ribozymes.

**Chapitre 10** – Des annotations supplémentaires des voies biochimiques ont été ajoutées. Ce chapitre contient aussi une introduction sur la phototrophie basée sur la rhodopsine de même que sur la photosynthèse oxygénique et anoxygénique.

### Partie IV

**Chapitre 12** – Le repliement et la sécrétion des protéines complètent ce chapitre consacré à la structure et la réplication du génome, à la structure et l'expression du gène.

**Chapitre 13** – Ce chapitre continue d'être centré exclusivement sur la régulation de l'expression génétique selon le niveau auquel se fait la régulation. Il contient une mise à jour et une plus large description des riborégulateurs et de la régulation par de petites molécules d'ARN. La perception du quorum (« quorum sensing ») et son rôle dans la physiologie microbienne ainsi que la formation des biofilms sont traités plus en profondeur.

**Chapitre 14** – Il est consacré à la mutation, la réparation et la recombinaison dans le contexte des processus qui introduisent une variation génétique dans les populations. Les conséquences d'une mutation des gènes encodant les protéines, des séquences régulatrices et des gènes d'ARN sont traitées séparément.

**Chapitre 15** – La construction de molécules d'ADN recombinant est suivie maintenant d'une description de la purification des protéines et de l'utilisation de marqueurs (des tags) fluorescents pour suivre l'expression des gènes et la localisation des protéines.

**Chapitre 16** – Il a pour objectif maintenant de donner les connaissances de base et le vocabulaire indispensables pour que les étudiants comprennent le séquençage et l'annotation du génome. L'emploi de l'annotation du génome pour reconstruire les fonctions métaboliques et de transport dans une cellule est mis en évidence parce que des figures de ce genre figurent maintenant dans les chapitres consacrés à la diversité. L'importance croissante de la métagénomique est introduite ici.

### Partie V

**Chapitre 17** – Réécrit et ré-intitulé « *La taxinomie microbienne et l'évolution de la diversité* », le chapitre décrit de manière plus large la construction et l'utilité des arbres phylogéniques. L'évolution microbienne (introduite au chapitre 1) est étoffée par une description du concept et de la définition de l'espèce microbienne, du noyau génomique ainsi que de l'importance du transfert génétique horizontal et du développement du pangénome.

**Chapitre 18** – Il contient une description plus large de la génétique et de la thermostabilité des archées. Le métabolisme archéen a été complété au moyen de nouvelles figures présentant des modifications alternatives des voies d'Embden-Meyerhof et d'Entner-Doudoroff spécifiques aux archées. Des reconstructions métaboliques basées sur la séquence du génome d'un *Crenarchaeota* (*Sulfolobus*) et d'un *Euryarchaeota* (*Halobacterium*) ont également été ajoutées.

**Chapitre 19** – Ce chapitre est complété par une description mise à jour et plus étendue des pigments photosynthétiques, de la réaction anammox et des nouvelles découvertes intéressantes dans le phylum des *Verrucomicrobia*.

**Chapitre 20** – La physiologie des protéobactéries traitée de manière plus large comprend une description de sujets tels que l'appareil pigmentaire photosynthétique des bactéries pourpres, la nitrification, la méthylothrophie, la réduction catabolique des sulfates et la mobilité par glissement. Y sont présentées aussi des reconstructions métaboliques basées sur la génomique de plusieurs *Proteobacteria*.

**Chapitre 21** – Parmi les nouvelles descriptions, il y a le mécanisme de phototrophie proposé pour *Heliobacterium* et la formation de biofilms par *Bacillus subtilis*.

### Partie VI

**Chapitre 26** – Ré-intitulé « *Le recyclage biogéochimique* », ce chapitre est uniquement centré sur le recyclage biogéochimique et le rôle des micro-organismes dans le changement climatique global.

**Chapitre 27** – Ce nouveau chapitre, intitulé « *Les méthodes de l'écologie microbienne* », passe en revue les techniques les plus fréquentes utilisées dans ce domaine. L'intérêt et la difficulté de cultiver des micro-organismes au laboratoire sont soulignés par l'exposé d'approches nouvelles, qui ont été développées pour isoler et mettre en culture des bactéries et des archées. Des méthodes moléculaires et biogéochimiques d'analyse de la diversité microbienne et de l'activité de la communauté sont également examinées.

**Chapitre 28** – Si les communautés microbiennes présentes dans les principaux biomes des milieux marins et dulçaquicoles gardent leur intérêt, l'importance de la production primaire microbienne et

son rôle potentiel dans la modulation du changement climatique global sont mis en évidence.

**Chapitre 30** – Les interactions microbiennes sont décrites, de même que les interactions humains/micro-organismes de manière à transmettre l'idée selon laquelle que le corps humain est un écosystème. Le concept et l'étude du microbiome humain sont introduits.

## Partie VII

**Chapitre 31** – Ce chapitre a été ré-intitulé « *L'infection et la pathogénicité* » et suit maintenant aussi celui qui est consacré aux interactions microbiennes pour mettre en évidence le fait que les germes pathogènes représentent une moitié de la relation hôte-parasite. Les éléments essentiels requis pour qu'un germe pathogène puisse établir une infection sont introduits, puis suivis par les mécanismes de virulence communs.

**Chapitre 32** – Réorganisé et mis à jour, ce chapitre consacré à la résistance non spécifique (innée) de l'hôte examine en profondeur les composants physiques et chimiques de la réponse innée de l'hôte, puis donne une vue d'ensemble des cellules, des tissus et des organes du système immunitaire. Cela comprend une description étape par étape de la phagocytose et de l'inflammation. Le travail préparatoire est fait de manière à avoir une compréhension complète des connexions entre les branches spécifique et non spécifique du système immunitaire.

**Chapitre 33** – Ce chapitre a été réorganisé et mis à jour pour mieux mettre en évidence les liaisons entre les activités immunitaires innées et acquises. Les concepts de l'immunologie médicale y sont intégrés en ce compris un aperçu des mécanismes régulateurs.

## Partie VIII

**Chapitre 34** – Son contenu est centré sur le mécanisme d'action de chaque agent antimicrobien en insistant sur le développement de la résistance aux antibiotiques.

**Chapitre 36** – Le rôle important de l'épidémiologie dans la médecine préventive et le rôle du système de santé publique sont les aspects plus approfondis de ce chapitre.

**Chapitre 37** – Le chapitre a été mis à jour et étoffé pour traiter de la pathogenèse virale. Il met en évidence les agents sélectionnés (bioterrorisme).

**Chapitre 38** – Le chapitre traite de manière plus large de la pathogenèse bactérienne. Il met en évidence les agents sélectionnés (des armes potentielles du bioterrorisme).

**Chapitre 39** – Le chapitre a été mis à jour pour décrire les voies de transmission des maladies (semblables aux chapitres 37 et 38).

## Partie IX

**Chapitre 40** – Il contient une plus large description du contrôle de la détérioration de la nourriture et des probiotiques.

**Chapitre 41** – Une partie de la matière de ce nouveau chapitre, intitulé « *La microbiologie industrielle* », été traitée dans le chapitre 41 de la 7<sup>ème</sup> édition. Plus complet et mis à jour, il décrit la mise au point de souches microbiennes industrielles et ensuite certaines des applications microbiennes industrielles les plus importantes, comme l'utilisation de micro-organismes dans la production de biocarburants et le développement de piles à combustible microbiennes.

**Chapitre 42** – Il donne une description mise à jour et complétée de la purification de l'eau, de l'épuration des eaux usées et de la bioremédiation.

# REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier le Bureau des conseillers et les Relecteurs qui ont donné des avis constructifs pour chaque chapitre. Leurs connaissances spécialisées ont permis d'assimiler des sources d'informations plus sûres et de trouver des manières plus efficaces d'exprimer une idée pour le lecteur étudiant.

## Bureau des Conseillers

David A. Batigell, *University of North Carolina-Greensboro*  
Mary B. Farone, *Middle Tennessee State University*  
Sandra Gibbons, *University of Illinois at Chicago*  
Michael C. Hudson, *University of North Carolina at Charlotte*  
Dr. Tamara L. McNealy, *Clemson University*  
John Steiert, *Missouri State University*  
Lori Zeringue Crow, *Louisiana State University*

## Relecteurs

Elizabeth Wheeler Alm, *Central Michigan University*  
Shivanti Anandan, *Drexel University*  
Penny P. Antley, *University of Louisiana at Lafayette*  
Larry L. Barton, *University of New Mexico*  
Linda D. Bruslind, *Oregon State University*  
Mary Burke, *Oregon State University*  
Joseph P. Caruso, *Florida Atlantic University*  
Carlton Rodney Cooper, *University of Delaware*  
Ellen C. Cover, *Lamar University*  
Sidney A. Crow Jr., *George State University*  
Richard Crowther, *University of Wisconsin-Stevens Point*  
James S. Dickson, *Iowa State University*  
Lehman L. Ellis, *Our Lady of Holy Cross College*  
Mark Farinha, *Richard College*  
Amy E. Fleishman Littlejohn, *Northern Arizona University*  
Ken Flint, *Department of Biological Sciences, University of Warwick*  
Bernard Lee Frye, *The University of Texas at Arlington*  
Phillip E. Funk, *DePaul University*  
Joseph J. Gauthier, *University of Alabama at Birmingham*  
Sandra Gibbons, *University of Illinois, Chicago*  
Darryl V. Grennell, *Alcorn State University*  
Helmut Hirt, *Kansas State University*  
Gilbert H. John, *Oklahoma State University*  
Karen E. Kesterson, *LSTF-Training Branch*  
Jeff Kingsbury, *Mohave Community College*  
Duncan C. Krause, *University of Georgia*  
Jennifer Kraft Leavey, *Georgia Institute of Technology*  
Jean Lu, *Kennesaw State University*  
John Makemson, *Florida International University*  
D.C. Ghislaine Mayer, *Virginia Commonwealth University*  
Vance J. McCracken, *Southern Illinois University Edwardsville*  
Robert J. C. McLean, *Texas State University*  
Richard L. Myers, *Missouri State University*  
Nick Nagle, *Metropolitan State College of Denver*  
Karen G. Nakaoka, *Weber State University*  
Carolyn Peters, *Spoon River College*  
Marcia M. Pierce, *Eastern Kentucky University*

Don V. Plantz Jr., *Mohave Community College*  
Todd P. Primm, *Sam Houston State University*  
S. N. Rajagopal, *University of Wisconsin-La Crosse*  
Jackie Reynolds, *Richland College*  
Timberley Roane, *University of Colorado at Denver and Health Sciences Center*  
Ben Rowley, *University of Central Arkansas*  
Pratibha Saxena, *University of Texas at Austin*  
Peter P. Sheridan, *Idaho State University*  
Garriet W. Smith, *University of South Carolina, Aiken*  
Geoffrey Battle Smith, *New Mexico State University*  
Lisa Y. Stein, *University of California, Riverside*  
Michael A. Sulzinski, *University of Scranton (Pennsylvania)*  
Stephen Wagner, *Stephen F. Austin State University*  
Kathryn G. Zeiler, *Red Rocks Community College*

Les auteurs souhaitent étendre leur gratitude à nos éditeurs, Jim Connolly, Fran Schreiber, Sandy Wille et Lynn Breithaupt. Nous tenons également remercier notre éditeur photo Mary Reeg et l'immense talent et la patience montrés par les artistes. Nous sommes également très reconnaissants aux Professeurs Mary Ann Moran et Céline Brochier pour les discussions utiles ainsi que les nombreux relecteurs qui ont proposé d'utiles critiques et analyses. Enfin, nous remercions nos conjoints et nos enfants pour leur soutien et leur tolérance à nos absences (mentales, sinon physiques) lorsque nous exécutions cet exigeant projet.



## **Première partie** Introduction à la microbiologie

- 1 La microbiologie et l'évolution des micro-organismes 1
- 2 L'étude de la structure microbienne : la microscopie et la préparation des échantillons 25
- 3 Les Bacteria et les Archaea 46
- 4 La cellule eucaryote : la structure et la fonction 88
- 5 Les virus et les autres agents infectieux acellulaires 114

## **Deuxième partie** La nutrition, la croissance et le contrôle des micro-organismes

- 6 La nutrition microbienne 137
- 7 La croissance des micro-organismes 155
- 8 Le contrôle des micro-organismes dans l'environnement 190

## **Troisième partie** Le métabolisme microbien

- 9 Introduction au métabolisme 208
- 10 Le catabolisme : la libération et la conservation de l'énergie 228
- 11 L'anabolisme : l'utilisation de l'énergie dans la biosynthèse 264

## **Quatrième partie** La biologie moléculaire et la génétique microbiennes

- 12 Les gènes : structure, répllication et expression 288
- 13 La génétique microbienne : la régulation de l'expression génétique 331
- 14 La génétique microbienne : les mécanismes de la variation génétique 363
- 15 La technologie de l'ADN recombinant 397
- 16 La génomique microbienne 419

## **Cinquième partie** La diversité du monde microbien

- 17 La taxinomie microbienne et l'évolution de la diversité 446
- 18 Les Archaea 473
- 19 Les bactéries : les deinocoques et les bactéries Gram-négatives autres que les protéobactéries 495
- 20 Les bactéries : les protéobactéries 514
- 21 Les bactéries : les Gram-positives à faible teneur en G + C dans l'ADN 551

- 22 Les Bactéries : les Gram-positives à ADN à haute teneur en G + C 568
- 23 Les protistes 582
- 24 Les champignons ou Fungi 602
- 25 Les virus 616

## **Sixième partie** Écologie et symbiose

- 26 Le recyclage biogéochimique 644
- 27 Les méthodes de l'écologie microbienne 658
- 28 Les micro-organismes dans les milieux marins et dulçaquicoles 673
- 29 Les micro-organismes dans les écosystèmes terrestres 692
- 30 Les interactions microbiennes 713

## **Septième partie** Pathogénicité et résistance de l'hôte

- 31 L'infection et la pathogénicité 739
- 32 La résistance non spécifique ou innée de l'hôte 760
- 33 L'immunité spécifique ou adaptative 789

## **Huitième partie** Les maladies microbiennes et leur contrôle

- 34 La chimiothérapie antimicrobienne 826
- 35 La microbiologie et l'immunologie cliniques 850
- 36 L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique 873
- 37 Les maladies humaines dues aux virus et aux prions 897
- 38 Les maladies humaines dues aux bactéries 932
- 39 Les maladies humaines dues aux champignons et aux protistes 982

## **Neuvième partie** Microbiologie appliquée

- 40 La microbiologie alimentaire 1009
- 41 La microbiologie industrielle 1032
- 42 La microbiologie appliquée environnementale 1051

**Annexe I** Revue de la chimie des molécules biologiques A1

**Annexe II** Les voies métaboliques principales A9

**Annexe III** Le diagramme de concepts A16

# TABLE DES MATIÈRES

À propos des auteurs v

Préface vi

## Première partie Introduction à la microbiologie

<b>1 La microbiologie et l'évolution des micro-organismes</b>	1
1.1 Les membres du monde microbien	2
1.2 L'évolution des microbes	5
1.3 Les origines de la Microbiologie	13
1.4 La microbiologie d'aujourd'hui	20
<b>2 L'étude de la structure microbienne : la microscopie et la préparation des échantillons</b>	25
2.1 Les lentilles et la déviation de la lumière	26
2.2 Le microscope optique	26
2.3 La préparation et la coloration des échantillons	35
2.4 La microscopie électronique	38
2.5 La microscopie à balayage de sonde	43
<b>3 Les Bacteria et les Archaea</b>	46
3.1 Les procaryotes	47
3.2 Les caractéristiques communes de la structure cellulaire bactérienne et archéenne	47
3.3 Les enveloppes cellulaires bactériennes	52
3.4 Les enveloppes cellulaires archéennes	63
3.5 Le cytoplasme des bactéries et des archées	65
3.6 Les structures externes	73
3.7 La mobilité et le chimiotactisme	76
3.8 Les endospores bactériennes	81
<b>4 La cellule eucaryote : la structure et la fonction</b>	88
4.1 Les caractéristiques communes des cellules eucaryotes	89
4.2 Les enveloppes cellulaires eucaryotes	90
4.3 Le cytoplasme des eucaryotes	92
4.4 Les organites des voies sécrétrices et endocytosiques	93
4.5 Les organites impliqués dans le contrôle génétique de la cellule	97
4.6 Les organites impliqués dans la conservation de l'énergie	99
4.7 Les structures extracellulaires	103
4.8 La comparaison entre cellules bactériennes, archéennes et eucaryotes	105
4.9 La structure et la fonction des protistes : une vue d'ensemble	105

4.10 La structure et la fonction des champignons : une vue d'ensemble	108
---	-----

<b>5 Les virus et les autres agents infectieux acellulaires</b>	114
5.1 Les virus	115
5.2 La structure des virus	115
5.3 La multiplication des virus	121
5.4 Les types d'infection virale	126
5.5 La culture et le dénombrement des virus	129
5.6 Les viroïdes et les virusoïdes	132
5.7 Les prions	133

## Deuxième partie La nutrition, la croissance et le contrôle des micro-organismes

<b>6 La nutrition microbienne</b>	137
6.1 Les éléments de la vie	138
6.2 Le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et les électrons	138
6.3 Les types nutritionnels des micro-organismes	139
6.4 L'azote, le phosphore et le soufre	141
6.5 Les facteurs de croissance	141
6.6 L'absorption des nutriments	142
6.7 Les milieux de culture	146
6.8 L'isolement de cultures pures	150
<b>7 La croissance des micro-organismes</b>	155
7.1 Les stratégies reproductrices	156
7.2 Le cycle cellulaire bactérien	158
7.3 La courbe de croissance	163
7.4 La mesure de la croissance microbienne	168
7.5 La culture continue des micro-organismes	172
7.6 L'influence des facteurs environnementaux sur la croissance	173
7.7 La croissance microbienne dans les milieux naturels	183
<b>8 Le contrôle des micro-organismes dans l'environnement</b>	190
8.1 Définition de termes fréquemment utilisés	193
8.2 La cinétique de la létalité microbienne	193
8.3 Les conditions affectant l'efficacité des agents antimicrobiens	194
8.4 Les méthodes physiques de contrôle	195
8.5 Les agents chimiques de contrôle	199
8.6 L'évaluation de l'efficacité d'un agent antimicrobien	204
8.7 Le contrôle biologique des micro-organismes	205

# TABLE DES MATIÈRES

## Troisième partie Le métabolisme microbien

<b>9 Introduction au métabolisme</b>	208
9.1 Le métabolisme microbien et ses enjeux	209
9.2 Les principes de la thermodynamique	210
9.3 L'énergie libre et les réactions	211
9.4 Le rôle de l'ATP	212
9.5 Les réactions d'oxydo-réduction	213
9.6 Les chaînes de transport d'électrons	214
9.7 Les enzymes	217
9.8 Les ribozymes	222
9.9 La régulation du métabolisme	222
9.10 La régulation post-traductionnelle de l'activité enzymatique	223
<b>10 Le catabolisme : la libération et la conservation de l'énergie</b>	228
10.1 Les processus chimio-organotrophes de fourniture d'énergie	229
10.2 La respiration aérobie	231
10.3 Les voies glycolytiques	231
10.4 Le cycle des acides tricarboxyliques	236
10.5 Le transfert des électrons et la phosphorylation oxydative	236
10.6 La respiration anaérobie	244
10.7 Les fermentations	245
10.8 Le catabolisme des autres hydrates de carbone	248
10.9 Le catabolisme des lipides	249
10.10 Le catabolisme des protéines et des acides aminés	250
10.11 La chimiolithotrophie	250
10.12 La phototrophie	254
<b>11 L'anabolisme : l'utilisation de l'énergie dans la biosynthèse</b>	264
11.1 Les principes qui gouvernent la biosynthèse	265
11.2 Les métabolites précurseurs	266
11.3 La fixation du CO <sub>2</sub>	268
11.4 La synthèse des sucres et des polysaccharides	270
11.5 La synthèse des acides aminés	273
11.6 La synthèse des purines, des pyrimidines et des nucléotides	278
11.7 La synthèse des lipides	283

## Quatrième partie La biologie moléculaire et la génétique microbiennes

<b>12 Les gènes : structure, réplication et expression</b>	288
12.1 L'ADN, matériel génétique	289
12.2 Le flux de l'information génétique	292
12.3 La structure des acides nucléiques et des protéines	293
12.4 La réplication de l'ADN	297
12.5 La structure des gènes	305
12.6 La transcription	308
12.7 Le code génétique	314
12.8 La traduction	316
12.9 La maturation et la sécrétion des protéines	323
<b>13 La génétique microbienne : la régulation de l'expression génétique</b>	331
13.1 Les niveaux de la régulation	332
13.2 La régulation de l'initiation de la transcription	332
13.3 La régulation de l'élongation de la transcription	342
13.4 La régulation de la traduction	345
13.5 La régulation post-traductionnelle	346
13.6 Les systèmes régulateurs globaux	349
13.7 La régulation de l'expression génétique chez les <i>Eucarya</i> et les <i>Archaea</i>	358
<b>14 La génétique microbienne : les mécanismes de la variation génétique</b>	363
14.1 Les mutations et leurs bases chimiques	364
14.2 La détection et l'isolement de mutants	369
14.3 La réparation de l'ADN	371
14.4 La création de variabilité génétique	374
14.5 Les éléments transposables	376
14.6 Les plasmides bactériens	378
14.7 La conjugaison bactérienne	381
14.8 La transformation par l'ADN	387
14.9 La transduction	389
<b>15 La technologie de l'ADN recombinant</b>	397
15.1 Les développements cruciaux de la technologie de l'ADN recombinant	398
15.2 La réaction de polymérisation en chaîne	404
15.3 L'électrophorèse sur gel	406
15.4 Les vecteurs de clonage et la préparation d'ADN recombinant	406

# TABLE DES MATIÈRES

15.5	La construction de banques génomiques	412	<b>20 Les bactéries : les protéobactéries</b>	514	
15.6	L'insertion d'ADN recombinant dans des cellules hôtes	412	20.1	La classe des <i>Alphaproteobacteria</i>	515
15.7	L'expression de gènes étrangers dans des cellules hôtes	414	20.2	La classe des <i>Betaproteoacteria</i>	524
<b>16 La génomique microbienne</b>		419	20.3	La classe des <i>Gammaproteobacteria</i>	528
16.1	La détermination des séquences d'ADN	420	20.4	La classe des <i>Deltaproteobacteria</i>	541
16.2	Le séquençage des génomes	424	20.5	La classe des <i>Epsilonproteobacteria</i>	547
16.3	La bio-informatique	426	<b>21 Les bactéries : les Gram-positives à faible teneur en G + C dans l'ADN</b>	551	
16.4	La génomique fonctionnelle	427	21.1	La classe des <i>Mollicutes</i> (les mycoplasmes)	551
16.5	La protéomique	433	21.2	La classe des <i>Clostridia</i>	555
16.6	La biologie systémique	436	21.3	La classe des <i>Bacilli</i>	559
16.7	La génomique comparative	436	<b>22 Les Bactéries : les Gram-positives à ADN à haute teneur en G + C</b>	568	
16.8	La métagénomique	441	22.1	Les propriétés générales des actinomycètes	568
<b>Cinquième partie La diversité du monde microbien</b>			22.2	Le sous-ordre des <i>Actinomycineae</i>	572
<b>17 La taxinomie microbienne et l'évolution de la diversité</b>		446	22.3	Le sous-ordre des <i>Micrococcineae</i>	573
17.1	Introduction à la classification et à la taxinomie microbiennes	447	22.4	Le sous-ordre des <i>Corynebacterineae</i>	574
17.2	Les rangs taxinomiques	448	22.5	Le sous-ordre des <i>Micromonosporineae</i>	576
17.3	Les techniques de détermination pour la taxinomie et la phylogénie microbiennes	449	22.6	Le sous-ordre des <i>Propionibacterineae</i>	576
17.4	Les arbres phylogénétiques	456	22.7	Le sous-ordre des <i>Streptomycineae</i>	576
17.5	Les processus évolutifs et le concept de l'espèce microbienne	459	22.8	Le sous-ordre des <i>Streptosporangineae</i>	578
17.6	Le <i>Bergey's Manual of Systematic Bacteriology</i>	465	22.9	Le sous-ordre des <i>Frankineae</i>	579
<b>18 Les Archaea</b>		473	22.10	L'ordre des <i>Bifidobacteriales</i>	579
18.1	Vue d'ensemble des <i>Archaea</i>	473	<b>23 Les protistes</b>	582	
18.2	Le phylum des <i>Crenarchaeota</i>	482	23.1	Introduction	584
18.3	Le phylum des <i>Euryarchaeota</i>	485	23.2	Le super-groupe des <i>Excavata</i>	584
<b>19 Les bactéries : les deinocoques et les bactéries Gram-négatives autres que les protéobactéries</b>		495	23.3	Le super-groupe des <i>Amoebozoa</i>	586
19.1	Les <i>Aquificae</i> et les <i>Thermotogae</i>	496	23.4	Le super-groupe des <i>Rhizaria</i>	590
19.2	<i>Deinococcus-Thermus</i>	496	23.5	Le super-groupe des <i>Chromalveolata</i>	591
19.3	Les bactéries photosynthétiques	497	23.6	Le super-groupe des <i>Archaeplastida</i>	598
19.4	Le phylum des <i>Planctomycetes</i>	<b>505</b>	<b>24 Les champignons ou Fungi</b>	602	
19.5	Le phylum des <i>Chlamydiae</i>	506	24.1	La répartition et l'importance des champignons	605
19.6	Le phylum des <i>Spirochaetes</i>	507	24.2	Les <i>Chytridiomycota</i>	605
19.7	Le phylum des <i>Bacteroidetes</i>	509	24.3	Les <i>Zygomycota</i>	606
19.8	Le phylum des <i>Verrucomicrobia</i>	511	24.4	Les <i>Glomeromycota</i>	607
			24.5	Les <i>Ascomycota</i>	608
			24.6	Les <i>Basidiomycota</i>	612
			24.7	Les <i>Microsporidia</i>	613
			<b>25 Les virus</b>	616	
			25.1	La taxinomie et la phylogénie des virus	617

# TABLE DES MATIÈRES

25.2	Les virus à ADN génomique double brin (Groupe I)	618		
25.3	Les virus à ADN génomique simple brin (Groupe II)	630		
25.4	Les virus à ARN génomique double brin (Groupe III)	633		
25.5	Les virus à ARN génomique simple brin positif (Groupe IV)	634		
25.6	Les virus à ARN génomique simple brin négatif (Groupe V)	636		
25.7	Les virus à ARN génomique simple brin négatif (Groupe VI– les rétrovirus)	637		
25.8	Les virus à ADN génomique interrompu (Groupe VII)	640		
			<b>Septième partie</b>	<b>Pathogénicité et résistance de l'hôte</b>
			<b>31 L'infection et la pathogénicité</b>	739
	31.1	Les relations hôte-parasite		740
	31.2	Le processus de la maladie infectieuse		740
	31.3	La virulence		748
			<b>32 La résistance non spécifique ou innée de l'hôte</b>	760
	32.1	Vue d'ensemble de la résistance de l'hôte		761
	32.2	Les barrières physiques dans la résistance non spécifique (innée)		762
	32.3	Les médiateurs chimiques dans la résistance non spécifique (innée)		764
	32.4	Les cellules, tissus et organes du système immunitaire		772
	32.5	La phagocytose		781
	32.6	L'inflammation		784
			<b>33 L'immunité spécifique ou adaptative</b>	789
	33.1	Une vue générale de l'immunité spécifique ou adaptative		790
	33.2	Les antigènes		791
	33.3	Les types d'immunité spécifique		793
	33.4	La reconnaissance de l'étranger		794
	33.5	La biologie des cellules T		797
	33.6	La biologie des cellules B		801
	33.7	Les anticorps		803
	33.8	L'action des anticorps		812
	33.9	La tolérance immunitaire acquise		814
	33.10	Les troubles immunitaires		815
			<b>Huitième partie</b>	<b>Les maladies microbiennes et leur contrôle</b>
			<b>34 La chimiothérapie antimicrobienne</b>	826
	34.1	Le développement de la chimiothérapie		827
	34.2	Les caractéristiques générales des agents antimicrobiens		828
	34.3	La détermination du niveau de l'activité antimicrobienne		830
	34.4	Les agents antibactériens		832
	34.5	Les agents antifongiques		838
	34.6	Les agents antiviraux		839
			<b>Sixième partie</b>	<b>Écologie et symbiose</b>
			<b>26 Le recyclage biogéochimique</b>	644
	26.1	Le recyclage biogéochimique		645
	26.2	Le changement global du climat		653
			<b>27 Les méthodes de l'écologie microbienne</b>	658
	27.1	Les techniques de culture		659
	27.2	Évaluer la diversité microbienne		662
	27.3	L'évaluation de l'activité d'une communauté microbienne		668
			<b>28 Les micro-organismes dans les milieux marins et dulçaquicoles</b>	673
	28.1	L'eau en tant qu'habitat microbien		674
	28.2	Les micro-organismes dans les milieux marins		677
	28.3	Les micro-organismes dans les milieux dulçaquicoles		686
			<b>29 Les micro-organismes dans les écosystèmes terrestres</b>	692
	29.1	Les sols en tant que milieu pour les micro-organismes		693
	29.2	Les micro-organismes dans le sol		696
	29.3	Les associations des micro-organismes avec les plantes vasculaires		698
	29.4	La biosphère souterraine		709
			<b>30 Les interactions microbiennes</b>	713
	30.1	Les interactions microbiennes		714
	30.2	Les interactions entre l'Homme et les micro-organismes		728
	30.3	La microflore normale du corps humain		731

# TABLE DES MATIÈRES

34.7	Les agents antiprotozoaires	842	39.3	Les maladies transmises par les arthropodes	987
34.8	Les facteurs influençant l'efficacité des agents antimicrobiens	843	39.4	Les maladies transmises par contact direct	993
34.9	La résistance aux antimicrobiens	843	39.5	Les maladies transmises par les aliments et l'eau	999
<b>35</b>	<b>La microbiologie et l'immunologie cliniques</b>	<b>850</b>	39.6	Les maladies opportunistes	1002
35.1	Vue d'ensemble du laboratoire de microbiologie clinique	851	<b>Neuvième partie Microbiologie appliquée</b>		
35.2	L'identification des micro-organismes des échantillons	853	<b>40</b>	<b>La microbiologie alimentaire</b>	<b>1009</b>
35.3	L'immunologie clinique	863	40.1	La croissance des micro-organismes et la détérioration des aliments	1009
<b>36</b>	<b>L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique</b>	<b>873</b>	40.2	Le contrôle de la détérioration des aliments	1012
36.1	L'épidémiologie	874	40.3	Les maladies transmises par les aliments	1015
36.2	Les outils de l'épidémiologie	876	40.4	La détection des pathogènes transmis par les aliments	1018
36.3	La mesure de la fréquence de la maladie infectieuse	878	40.5	La microbiologie des aliments fermentés	1020
36.4	Les profils de la maladie infectieuse dans une population	878	40.6	Les micro-organismes en tant qu'aliments et adjuvants alimentaires	1029
36.5	Les maladies et les agents infectieux émergents et réémergents	881	<b>41</b>	<b>La microbiologie industrielle</b>	<b>1032</b>
36.6	Les infections nosocomiales	884	41.1	Les micro-organismes utilisés en microbiologie industrielle	1033
36.7	Le contrôle des épidémies	886	41.2	La croissance des micro-organismes dans une installation industrielle	1039
36.8	La préparation au bioterrorisme	890	41.3	Les principaux produits de la microbiologie industrielle	1040
36.9	Considérations sur la santé mondiale	893	41.4	L'agrobiotechnologie	1045
<b>37</b>	<b>Les maladies humaines dues aux virus et aux prions</b>	<b>897</b>	41.5	Les micro-organismes en tant que produits	1047
37.1	Les maladies transmises par l'air	898	<b>42</b>	<b>La microbiologie appliquée environnementale</b>	<b>1051</b>
37.2	Les maladies transmises par les arthropodes	908	42.1	La purification et l'analyse sanitaire de l'eau	1052
37.3	Les maladies transmises par contact direct	909	42.2	Le traitement des eaux usées	1057
37.4	Les maladies transmises par les aliments et l'eau	922	42.3	La biodégradation et la bioremédiation par des communautés naturelles	1064
37.5	Les zoonoses	924	42.4	La bioaugmentation	1068
37.6	Les maladies à prions	929	<b>Annexe I</b>	<b>Revue de la chimie des molécules biologiques</b>	<b>A1</b>
<b>38</b>	<b>Les maladies humaines dues aux bactéries</b>	<b>932</b>	<b>Annexe II</b>	<b>Les voies métaboliques principales</b>	<b>A9</b>
38.1	Les maladies transmises par l'air	933	<b>Annexe III</b>	<b>Le diagramme de concepts</b>	<b>A16</b>
38.2	Les maladies transmises par les arthropodes	944	Glossaire	G-11	
38.3	Les maladies transmises par contact direct	949	Crédits	C-1	
38.4	Les maladies transmises par les aliments et l'eau	964	Index	I-1	
38.5	Les zoonoses	973			
38.6	Les maladies opportunistes	975			
<b>39</b>	<b>Les maladies humaines dues aux champignons et aux protistes</b>	<b>982</b>			
39.1	Les champignons et les protistes pathogènes	982			
39.2	Les maladies transmises par l'air	983			

# La microbiologie et l'évolution des micro-organismes



*Stromatolithes modernes d'Australie occidentale. Chaque stromatolithe a une structure quasi rocheuse, typiquement d'1 m. de diamètre, contenant des couches de cyanobactéries. L'existence de stromatolithes fossilisés prouve l'existence d'organismes photosynthétiques tôt dans l'histoire de la vie sur la Terre.*

## GLOSSAIRE DU CHAPITRE

**Analyse génomique** L'approche de l'étude des organismes vivants qui implique le séquençage de leur génome, l'identification des gènes de ce génome et l'attribution de fonctions à ces gènes.

**Archaea** Le domaine de la vie comprenant des cellules anucléées qui ont des lipides uniques dans leurs membranes, des séquences d'ARN ribosomiques (ARNr) distinctes et des parois cellulaires dépourvues de peptidoglycane.

**Bacteria** Le domaine de la vie comprenant des cellules anucléées qui possèdent des séquences d'ARN ribosomiques (ARNr) distinctes et des parois cellulaires contenant du peptidoglycane, une molécule structurale.

**Cellules procaryotiques** Cellules dont la structure est caractérisée par l'absence d'un vrai noyau enfermé dans une membrane. Toutes les Archées connues à ce jour et la plupart des Bactéries donnent à voir ce genre de structures.

**Eukarya** Le domaine de la vie qui définit des organismes faits de cellules ayant un noyau délimité par une membrane et différant à bien d'autres égards des Archaea et des Bacteria ; ce

domaine inclut les protistes, les fungi, les plantes et les animaux.

**Fungi** Groupe diversifié de micro-organismes eucaryotiques qui s'étend depuis des formes unicellulaires (levures) jusqu'aux moisissures et aux champignons, multicellulaires.

**Génération spontanée** Ancienne théorie, à présent discréditée, proposant que les organismes vivants se développent au départ de matière non vivante.

**Génome** Le contenu génétique entier d'un organisme.

**Microbiologie** Etude d'organismes habituellement trop petits pour être vus à l'œil nu ; des techniques spéciales sont requises pour les isoler et les faire croître.

**Micro-organisme** Organisme trop petit pour être clairement vu à l'œil nu, dépourvu de cellules hautement différenciées et de tissus cellulaires distincts.

**Postulats de Koch** Ensemble de règles destinées à démontrer qu'un micro-organisme spécifique est l'agent causatif d'une maladie déterminée.

**Prions** Agents infectieux, composés exclusivement de protéines, qui causent des encéphalopathies spongiformes comme la tremblante du mouton ou de la chèvre.

**Protistes** Eucaryotes unicellulaires pour la plupart dépourvus de différenciation cellulaire en tissus. La différenciation cellulaire est limitée aux cellules impliquées dans la reproduction sexuelle, la morphologie de stades végétatifs qui alternent entre eux ou les états de dormance, tels que les cystes. Le terme se réfère aussi à des organismes connus sous le nom d'algues ou de protozoaires.

**Viroïdes** Agents infectieux des plantes composés exclusivement d'ARN monocaténaire.

**Virus** Agents infectieux pourvus d'une organisation acellulaire simple composée d'une enveloppe protéique et d'un acide nucléique génomique, privés de tout métabolisme autonome, et se reproduisant uniquement dans des cellules hôtes vivantes.

**Virusoïdes** Agents infectieux composés exclusivement d'ARN monocaténaire et incapables de se répliquer sans l'aide de virus spécifiques qui coinfectent la cellule hôte.

Il y a des milliards d'années, par un processus chaotique et violent, la poussière émanant d'une étoile nouvellement formée dans la galaxie appelée la Voie Lactée a commencé à s'agréger en corps plus volumineux. Il y a environ 4,5 milliards d'années, l'un de ces corps a atteint la taille d'une planète : la Terre s'était formée. Dans le milliard d'années qui a suivi, les premières formes de vie cellulaires sont apparues : les microbes. Depuis lors, les micro-organismes se sont diversifiés et ont évolué pour occuper pratiquement tout habitat disponible sur la Terre depuis les sources géothermales des profondeurs océaniques jusqu'aux glaces les plus froides de l'Arctique. Aujourd'hui, indispensables au recyclage des éléments essentiels à la vie, ils contribuent de façon essentielle au fonctionnement de la biosphère. Ils sont aussi une source de matières nutritives à la base de toutes les ramifications des écosystèmes. Plus important encore, certains microorganismes, rivalisant donc avec les plantes, font de la photosynthèse pour capturer le dioxyde de carbone, former la matière organique et relarguer l'oxygène dans l'atmosphère. Actuellement, on estime que les microbes contiennent 50 % du carbone biologique et 90 % de l'azote biologique de la Terre et que leur nombre excède largement celui de tous les autres organismes vivants sur la planète.

Les micro-organismes ont aussi évolué de façon à utiliser d'autres organismes comme habitats y compris les humains. Des microbes sont trouvés dans des environnements très divers disponibles dans le corps humain, tels que la peau, la bouche, les intestins et les diverses muqueuses. Il y a même plus de microbes dans un corps humain qu'il n'y en a de cellules. Ces microbes commencent à coloniser le corps humain peu de temps après la naissance, et contribuent, par la même occasion, au développement immunitaire du corps. Ceux qui habitent le gros intestin aident le corps à digérer la nourriture et lui fournissent les vitamines B et K. Par ces moyens et bien d'autres, les microbes bénéficient à la santé et au bien-être de leurs hôtes humains.

La diversité des micro-organismes s'illustre le mieux par celle de leurs capacités métaboliques que les humains ont appris à domestiquer pour produire pain, fromage, bière, vin, antibiotiques, vaccins, vitamines, enzymes et maints autres produits. Leur capacité à produire des biocarburants à base d'éthanol fait l'objet d'une énorme attention. Ces carburants alternatifs sont renouvelables et pourraient aider à diminuer la pollution associée aux carburants fossiles.

Bien que la majorité des microbes sont, soit bénéfiques, soit inoffensifs, certains peuvent nuire aux organismes qui les abritent, plantes ou animaux, et provoquer des maladies. Les pathogènes humains ont ravagé les civilisations au cours des millénaires. Les maladies d'origine microbienne ont joué un rôle majeur dans le déclin de l'Empire romain et la conquête du Nouveau Monde. En 1347, la peste (la Peste Noire), une maladie transmise par un arthropode, a frappé l'Europe de plein fouet, tuant un tiers de la population en quatre ans, soit près de 25 millions d'habitants. Pendant les 80 années qui ont suivi, la maladie a continué à frapper, pour finir par éliminer 75 % de la population. L'effet de la peste a été si grand, si désastreux que maints historiens pensent qu'elle a changé la culture européenne et ainsi ouvert la voie à la Renaissance. Aujourd'hui, la lutte continue, mais contre d'autres tueurs : le sida, la malaria ...

Dans ce chapitre introductif, l'attention sera portée sur l'évolution des micro-organismes, et sur la nature et le développement de la microbiologie, la discipline scientifique qui étudie les microbes. Nous commencerons par les microbes contemporains. Ensuite, nous décrirons comment microbiologistes, géologues et biologistes de l'évolution, ont reconstitué ensemble l'histoire de l'émergence de ces organismes simples et pourtant étonnants. Finalement, nous tournerons notre attention sur la microbiologie, les outils qu'elle utilise, son passé et son présent.

## 1.1 Les membres du monde microbien

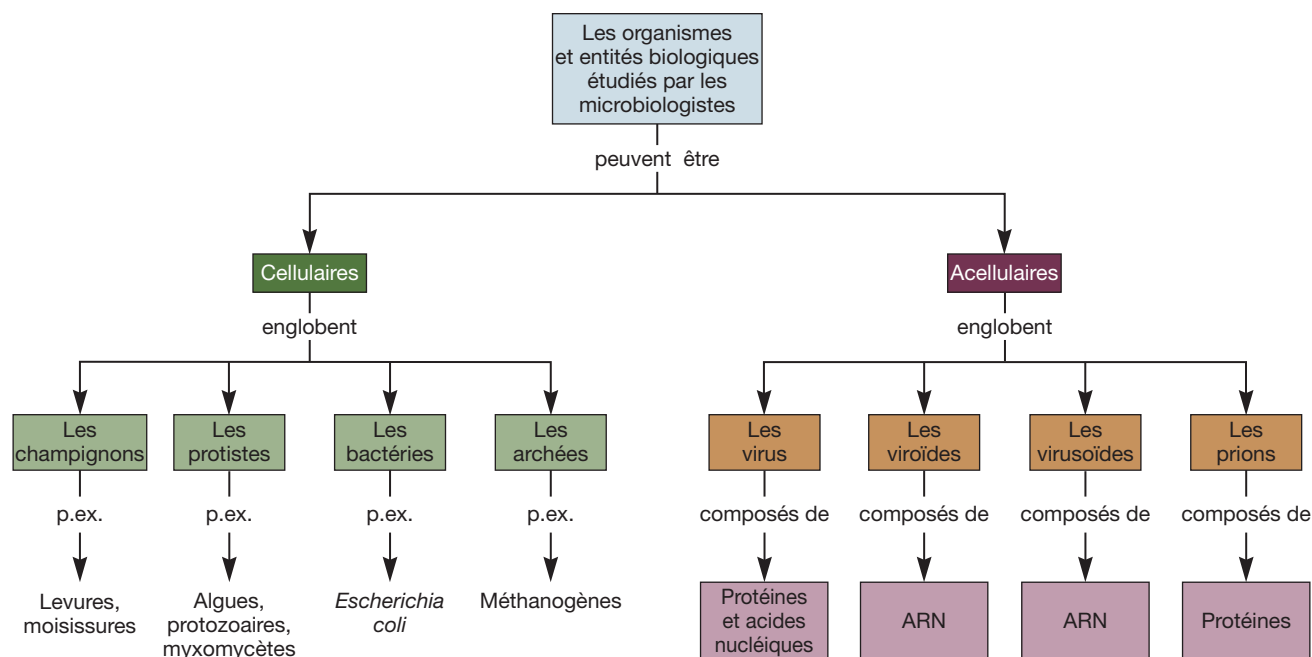
La **microbiologie** a souvent été définie comme l'étude d'organismes trop petits pour être vus à l'œil nu — c'est-à-dire l'étude des **micro-organismes** (figure 1.1). Du fait que les objets d'une taille inférieure à environ un millimètre de diamètre ne peuvent être clairement vus à l'œil nu et doivent être examinés à l'aide d'un microscope, la microbiologie est principalement concernée par des organismes et des agents aussi petits ou plus petits. Cependant, certains micro-organismes, en particulier certains micro-organismes eucaryotes, sont visibles sans microscope, ainsi les moisissures du pain et les algues filamenteuses. Ces microbes macroscopiques forment souvent des colonies constituées de petits agrégats de cellules. D'autres sont multicellulaires et se distinguent des autres formes de vie multicellulaires par l'absence de tissus hautement différenciés. Bien que la plupart des microbes unicellulaires soient microscopiques, il existe d'intéressantes exceptions que nous rencontrerons dans le chapitre 3. En résumé, les microbes cellulaires sont généralement de taille inférieure à 1 mm de diamètre, souvent unicellulaires, et si multicellulaires, dépourvus de de tissus différenciés. ► *Diversité microbienne et écologie 3.1 : Les microbes qui font des bébés*

Les micro-organismes sont différents et leur classification a toujours été un défi pour les taxinomistes. Leur description initiale soit comme plantes soit comme animaux était trop simple. Par exemple, certains sont mobiles comme les animaux, mais ont également des

parois ou sont photosynthétiques comme les végétaux. Ces micro-organismes ne peuvent être aisément placés dans l'un ou l'autre règne. Un autre facteur important dans le classement des micro-organismes est que certains sont composés de cellules procaryotes et d'autres de cellules eucaryotes. Les **cellules procaryotes** (du grec *pro*, avant, et *karyon*, amande) ont une morphologie plus simple que les cellules eucaryotes et n'ont pas de noyau limité par une enveloppe. Par contre, les **cellules eucaryotes** (du grec *eu*, vrai, et *karyon*, amande) ont un noyau entouré d'une enveloppe, leur morphologie est plus complexe et elles sont habituellement plus grandes que les cellules procaryotes.

Ces observations ont alors conduit au développement d'un schéma de classification répartissant les organismes en 5 règnes : *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Animalia* et *Plantae*. Les micro-organismes (exception faite des virus qui sont acellulaires et qui ont leur propre système de classification) furent placés dans les trois premiers règnes. Dans ce schéma, tous les organismes pourvus d'une structure cellulaire procaryotique furent placés dans les *Monera*. Bien que ce système à cinq règnes ait constitué un réel progrès pour la taxinomie microbienne, il est actuellement rejeté par les microbiologistes : on a observé que tous les « procaryotes » n'étaient pas semblables et qu'en conséquence, ils ne devaient pas être regroupés dans un même règne. En plus, le débat soutenu sur la signification du terme procaryote aboutit à la conclusion que ce terme ne signifie plus grand-chose et qu'il doit être abandonné. Comme nous allons le décrire ci-après, cette conclusion repose sur le développement des outils utilisés pour étudier les microbes.





**FIGURE 1.1** Diagramme de concept montrant les divers types d'entités biologiques.

*Figure 1.1* Mini-enquête

Comment modifier ce diagramme de concept de façon à pouvoir distinguer les organismes cellulaires entre eux ?

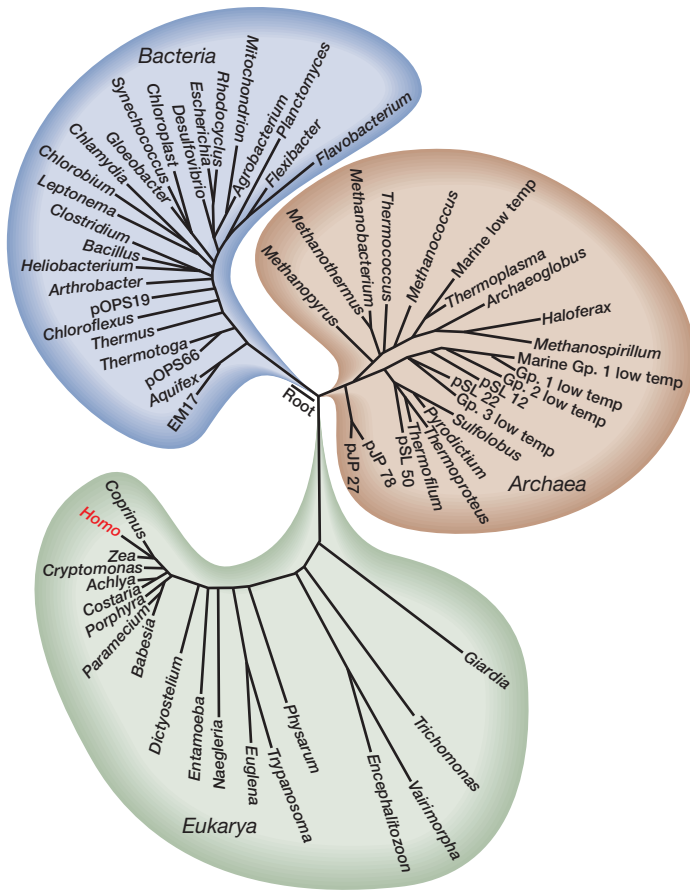
En effet, ces dernières décennies, des progrès énormes ont été réalisés dans trois domaines qui ont profondément affecté la classification des micro-organismes : d'abord, l'étude détaillée de la structure cellulaire par microscopie électronique, ensuite, la caractérisation physiologique et biochimique de nombreux micro-organismes et enfin, la comparaison des séquences d'acides nucléiques et de protéines d'une grande variété d'organismes.

La comparaison des ARN ribosomiques (ARNr), initiée de façon déterminante par Carl Woese dans les années 1970, montre qu'il y a deux groupes très différents d'organismes procaryotes, les *Bacteria* et les *Archaea*, placés ensemble dans le groupe des *Monera* dans le système à 5 règnes. Plus tard, les études basées également sur la comparaison des ARNr suggérèrent que le règne des *Protista* n'était pas non plus une unité taxinomique cohésive (c.-à-d. un taxon) et qu'il devait être divisé en trois règnes au moins. Avec d'autres, ces études amenèrent de nombreux taxinomistes à la conclusion que le système à 5 règnes était trop simple. Plusieurs alternatives ont été proposées mais actuellement, la plupart des microbiologistes pensent que les organismes devraient être divisés en trois domaines : les *Bacteria* (les bactéries vraies ou eubactéries), les *Archaea* (les archées) et les *Eucarya* (tous les organismes eucaryotes) (figure 1.2). Ce système sera utilisé ici dans tout l'ouvrage. Les trois domaines et les micro-organismes qu'ils contiennent sont brièvement décrits ci-dessous. ►► *Les acides nucléiques (annexe I. Les protéines (annexe I)*

Les *Bacteria*<sup>1</sup> sont généralement des organismes unicellulaires dont la plupart ont des parois contenant le peptidoglycane, une molécule structurante. Bien que la grande majorité des bactéries aient une structure procaryotique typique caractérisée par l'absence de noyau lié à une membrane, quelques espèces du très singulier phylum *Planctomyces* ont leur matériel génétique entouré d'une membrane. (Cette incohérence a fourni un argument supplémentaire à certains contre l'usage du terme procaryote et pour son abandon définitif). Les bactéries sont abondantes dans le sol, l'eau et l'air et sont également les principaux habitants de notre peau, de notre bouche et de nos intestins. Certaines bactéries vivent dans des environnements aux températures, pH ou salinité extrêmes. Bien que certaines provoquent des maladies, de nombreuses bactéries ont des rôles bénéfiques tels que le recyclage des éléments dans la biosphère, la dégradation des matières végétales et animales et la production de vitamines. Les cyanobactéries (autrefois appelées algues bleu-vert) produisent des quantités importantes d'oxygène par la photosynthèse. ►► *Le Phylum des Planctomycètes (section 19.4)*

Les *Archaea* se distinguent des *Bacteria* par plusieurs traits, principalement par les séquences particulières de leurs ARNr. Elles sont dépourvues de peptidoglycane pariétal et elles ont des lipides membranaires particuliers. Certaines ont des caractéristiques métaboliques inhabituelles, comme les méthanogènes qui produisent du méthane. De nombreuses archées vivent dans des environnements extrêmes, comme ceux qui impliquent une température élevée (archées thermophiles) ou une forte concentration en sel (archées

<sup>1</sup> Dans cet ouvrage, le terme bactérie se réfèrera exclusivement aux microbes appartenant au domaine des *Bacteria* de même que le terme archée au domaine des *Archaea*. Dans certaines publications, le terme bactérie est utilisé pour toutes les cellules ayant une structure cellulaire procaryotique. Ce n'est pas le cas dans ce texte.



**FIGURE 1.2** L'arbre phylogénétique universel. Ces relations évolutives sont basées sur des comparaisons de séquences d'ARNr. L'homme (*Homo*) est mis en évidence en rouge.

**Figure 1.2** Mini-enquête

Combien de taxons repris dans la figure contiennent des microbes ?

halophiles). Bien que certaines archées appartiennent à des communautés de microbes impliquées dans les gingivites humaines, le caractère pathogène des archées n'a pas été clairement établi.

Le domaine des **Eucarya** comprend les micro-organismes classés comme protistes ou comme champignons. Le domaine comprend également les animaux et les végétaux. Les **Protistes** sont généralement unicellulaires mais plus grands que la plupart des bactéries et des archées. Ils ont été traditionnellement divisés en protozoaires et en algues. Toutefois, aucun de ces termes n'a de signification taxinomique puis que protistes, algues et protozoaires ne constituent pas des taxons cohésifs.

Les types majeurs de protistes sont les algues, les protozoaires, les myxomycètes et les moisissures aquatiques. Les **Algues** sont des protistes photosynthétiques qui, avec les cyanobactéries, produisent environ 75 % de l'oxygène planétaire. Elles forment la base des chaînes alimentaires aquatiques. Les **Protozoaires** sont des protistes unicellulaires de type animal, habituellement mobiles. De nombreux protozoaires libres sont les principaux chasseurs et brouilleurs du monde microbien. Ils obtiennent leurs aliments en ingérant des matières organiques et d'autres micro-organismes. On les

trouve dans de nombreux milieux et certains sont des occupants normaux du tractus intestinal des animaux où ils facilitent la digestion de matières complexes comme la cellulose. Quelques-uns sont des agents pathogènes chez les humains et les animaux. Les **Myxomycètes** sont des protistes qui se présentent comme des protozoaires à un stade de leur cycle biologique et comme des champignons à un autre. Au cours de la phase protozoaire, ils chassent et engloutissent des particules alimentaires en consommant des végétaux en décomposition et d'autres micro-organismes. Comme leur nom l'implique, on trouve les **Moisissures aquatiques** à la surface des eaux douces et des sols humides. Elles se nourrissent de matières végétales en décomposition sur des bûches et des pailis. Certaines d'entre elles ont occasionné des infections végétales dévastatrices comme celle de la pomme de terre qui provoqua la Grande Famine de 1846-1847 en Irlande. ▶▶ Les protistes (chapitre 23)

Les **Champignons** ou **Fungi** sont un groupe varié de micro-organismes allant des levures unicellulaires jusqu'aux moisissures et champignons. Ces derniers sont des organismes multicellulaires qui produisent de fines structures filamenteuses appelées hyphes. Ils absorbent les nutriments de leur environnement, y compris les molécules organiques qu'ils utilisent comme source de carbone et d'énergie. En raison de leurs capacités métaboliques, de nombreux champignons jouent un rôle bénéfique, en intervenant par exemple dans la levée de la pâte à pain, dans la production d'antibiotiques et dans la décomposition des organismes morts. D'autres champignons causent des maladies chez les végétaux (telles que la rouille, le charbon du blé ou le mildiou), les animaux et les humains ▶▶ Les Fungi (chapitre 24)

Le monde microbien abrite aussi de nombreux agents infectieux acellulaires. Les **Virus** sont des entités acellulaires qui doivent envahir une cellule hôte pour se répliquer. Ce sont les plus petits de tous les micro-organismes (le plus petit est 10.000 fois plus petit qu'une bactérie typique) mais leur petite taille contraste avec leur puissance. Ils provoquent de nombreuses maladies végétales et animales, et ont occasionné des épidémies qui ont pesé sur l'histoire de l'Humanité. Parmi les maladies qu'ils provoquent, on peut citer la variole, la rage, la grippe, le sida, le rhume et certains cancers. Les virus jouent aussi un rôle important dans les environnements aquatiques, et leur rôle dans la structuration des communautés microbiennes aquatiques fait l'objet actuellement d'actives recherches. Les **Viroïdes** et les **Virusoïdes** sont des agents infectieux composés uniquement d'acide ribonucléique (ARN). Les viroïdes provoquent de nombreuses maladies chez les plantes tandis que les virusoïdes sont responsables de quelques graves maladies chez les animaux comme l'hépatite. Enfin, les **Prions**, agents infectieux composés uniquement de protéines, interviennent dans diverses encéphalopathies spongiformes comme la tremblante ou la maladie de la « vache folle » ▶▶ Les virus et autres agents infectieux acellulaires (chapitre 5)

1. Comment les méthodes utilisées pour classer les microbes ont-elles changé, en particulier pendant la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle ? Quel a été le résultat de ces progrès technologiques ?
2. Les rotifères, organismes microscopiques, NE sont PAS étudiés par les microbiologistes. D'après vous, pourquoi en est-il ainsi ?
3. Comparez et mettez en évidence bactéries, archées, protistes, champignons, virus, viroïdes, virusoïdes et prions. Pourquoi virus, viroïdes, virusoïdes et prions ne sont pas repris dans le système des trois grands domaines ?

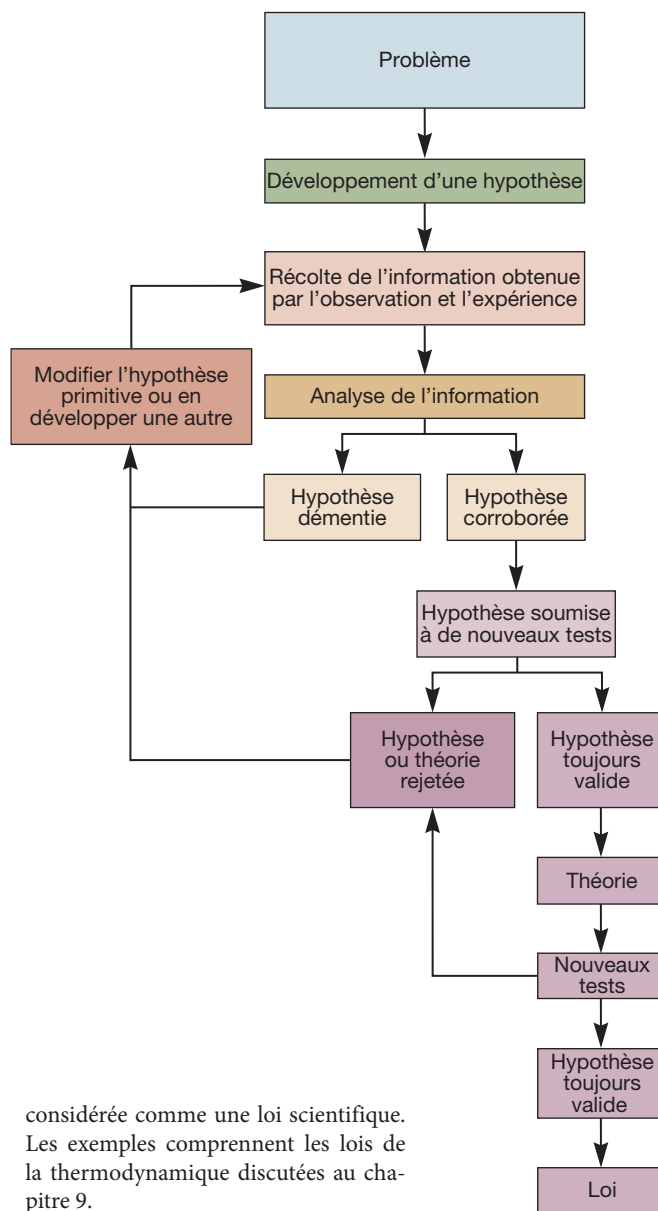
## TECHNIQUES ET APPLICATIONS

### 1.1 La méthode scientifique

Les microbiologistes et autres scientifiques emploient souvent une approche générale appelée la méthode scientifique pour comprendre les phénomènes naturels. Ils rassemblent d'abord les observations sur le processus à étudier puis développent une supposition éclairée, une hypothèse, pour expliquer leurs observations (voir **figure de l'encadré**). Cette étape est souvent inductive et créative parce qu'il n'y a pas de technique automatique détaillée pour générer les hypothèses. Ensuite, ils choisissent l'information requise pour tester l'hypothèse et récoltent cette information au travers d'observations ou d'expériences soigneusement préparées. Après avoir récolté l'information, ils décident si l'hypothèse est confirmée ou non. Si elle est infirmée, elle est rejetée et une nouvelle explication ou hypothèse est construite. Si elle est confirmée, elle est soumise à de nombreux tests rigoureux. La marche à suivre est souvent plus efficace si d'autres hypothèses sont développées, testées et alors affinées. Cette approche générale est souvent appelée la méthode hypothético-déductive. On déduit les prédictions des hypothèses les plus couramment acceptées et on les teste. Dans la déduction, la conclusion sur des cas spécifiques suit logiquement une prémisse générale (le raisonnement « Si..., alors... »). L'induction est le contraire. On arrive à une conclusion générale après avoir considéré des exemples spécifiques. Les deux types de raisonnement sont utilisés par les scientifiques.

Quand on réalise une expérience, il est essentiel d'avoir un groupe témoin et un groupe expérimental. Le contrôle est traité de la même manière que l'échantillon expérimental excepté qu'il n'est pas soumis à la manipulation expérimentale. De cette façon, on peut être certain que n'importe quel changement dans le groupe expérimental est dû à la manipulation plutôt qu'à d'autres facteurs qui n'ont pas été pris en compte.

Si l'hypothèse est vérifiée, elle peut être acceptée comme une théorie valable. Une théorie est un ensemble de propositions et de concepts qui donnent une explication systématique rigoureuse et sûre d'un aspect de la nature. Il est important de noter qu'hypothèses et théories ne sont jamais absolument prouvées. Les scientifiques obtiennent ainsi de plus en plus de certitudes quant à la validité de leurs hypothèses, si celles-ci restent en accord avec de nouvelles expériences et expliquent les phénomènes observés de façon satisfaisante. En fin de compte, si la validation d'une hypothèse ou d'une théorie devient très forte, elle peut être



### 1.2 L'évolution des microbes

Un examen de la figure 1.2 nous rappelle qu'en termes de nombre de taxons, les microbes sont les organismes dominants sur la Terre. Comment la vie microbienne a-t-elle pu se ramifier jusqu'à ce niveau de diversité proprement stupéfiant ? Pour y répondre, nous devons considérer l'évolution des microbes. Comme toute entreprise scientifique, l'étude de l'évolution microbienne est basée sur

la formulation d'hypothèses, la collecte, l'analyse de données et la reformulation des hypothèses établie sur les nouvelles évidences acquises. En d'autres termes, l'étude de l'évolution des microbes est basée sur la méthode scientifique (**Techniques & Applications 1.1**). A dire vrai, il est beaucoup plus difficile de récolter des preuves lorsqu'il s'agit d'événements qui ont eu lieu, il y a des millions et souvent des milliards d'années, mais l'avènement des méthodes moléculaires en biologie a offert aux scientifiques des traces vivantes

de l'histoire ancienne de la vie. Ce chapitre décrit le résultat de cette recherche scientifique.

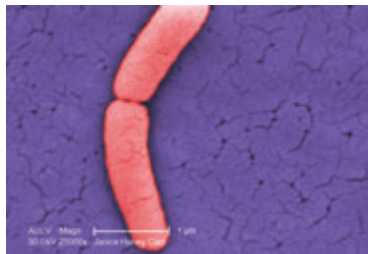
## L'origine de la vie : quelles preuves ?

La datation des météorites au moyen des radioisotopes donne à notre planète un âge estimé de 4,5 à 4,6 milliards d'années. Cependant, pendant les cent premiers millions d'années (à peu près), les conditions sur Terre étaient beaucoup trop sévères pour accueillir le moindre type de vie. Finalement, le bombardement de météorites s'est ralenti, l'eau apparut sous sa forme liquide et les gaz relâchés par l'activité géologique formèrent la première atmosphère de la Terre. Ces conditions étaient compatibles avec l'apparition des premières

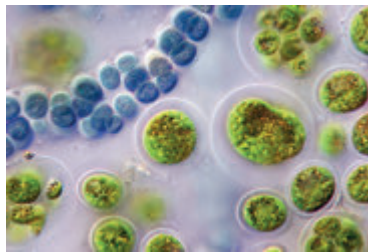
formes de vie. Mais comment cela s'est-il produit, et à quoi ressemblaient ces premières formes de vie ?

En fait, pour être en état de trouver une quelconque preuve de la vie et développer des hypothèses au sujet de son origine et de l'évolution qui a suivi, les scientifiques doivent définir la vie. Même si de très jeunes enfants peuvent examiner un objet et déterminer sans faute s'il est vivant ou non, formuler une définition concise de la vie s'est avéré être un objectif autrement difficile à atteindre pour les scientifiques. En conséquence, la plupart des définitions de la vie ont consisté à définir un ensemble d'attributs (**figure 1.3**). Les attributs considérés comme particulièrement importants par les paléobiologistes sont une structure ordonnée, la capacité d'obtenir de l'énergie et de la consommer (c.-à-d. ; le métabolisme) et la capacité de se reproduire. Souvent les scientifiques commencent leur quête sur l'origine de la vie en examinant les organismes existants, ceux qui existent aujourd'hui. Ces organismes peuvent avoir des structures et des molécules qui seraient des « reliques » des formes anciennes de la vie. En outre, ces organismes existants peuvent fournir aux scientifiques des idées sur les types de preuves à rechercher lorsqu'on formule des hypothèses.

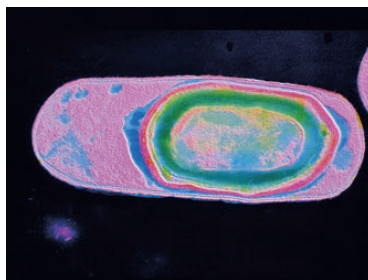
La première preuve directe d'une vie cellulaire a été découverte en 1977 dans une formation géologique d'Afrique du Sud, connue sous le nom de chert de Swartkoppie, un type de silice granuleuse.



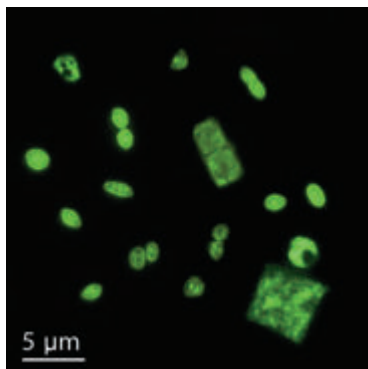
**(a) Cellules et organisation.** Les organismes maintiennent un ordre interne. L'unité d'organisation la plus simple est la cellule. Ci-contre, deux cellules bactériennes.



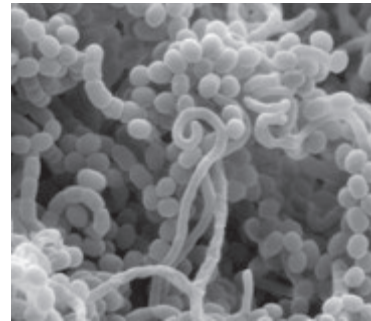
**(b) Énergie et métabolisme.** Les organismes ont besoin d'énergie pour maintenir l'organisation interne. L'énergie est utilisée dans des réactions chimiques dont le nom collectif est métabolisme. Ci-contre, deux organismes photosynthétiques : une cyanobactérie et une algue verte.



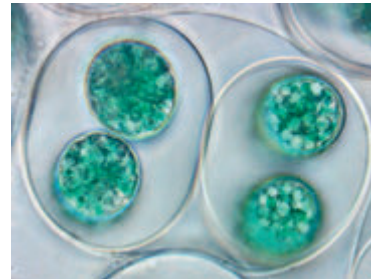
**(c) Réponse à des changements de l'environnement.** Les organismes réagissent à des changements de l'environnement pour promouvoir leur survie. En cas de carence nutritive, certaines bactéries forment des endospores. Ci-contre, une endospore ovale à l'intérieur de la cellule-mère qui est végétative.



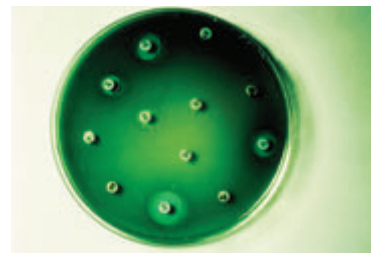
**(d) Régulation et homéostasie.** Les organismes régulent leurs cellules pour maintenir des conditions internes relativement stables, un processus appelé homéostasie. Ci-contre, des bactéries halophiles qui régulent leur métabolisme en fonction de la concentration en oxygène.



**(e) Croissance et développement.** La croissance produit des cellules ou plus nombreuses ou plus grandes, tandis que le développement produit un ensemble de caractéristiques bien défini. Ci-contre, un actinomycète qui fabrique du substrat cellulaire et des hyphes aériennes. Les cellules des hyphes aériennes se différencient en spores.



**(f) Reproduction.** Pour maintenir la vie à travers de nombreuses générations, les cellules doivent se reproduire.



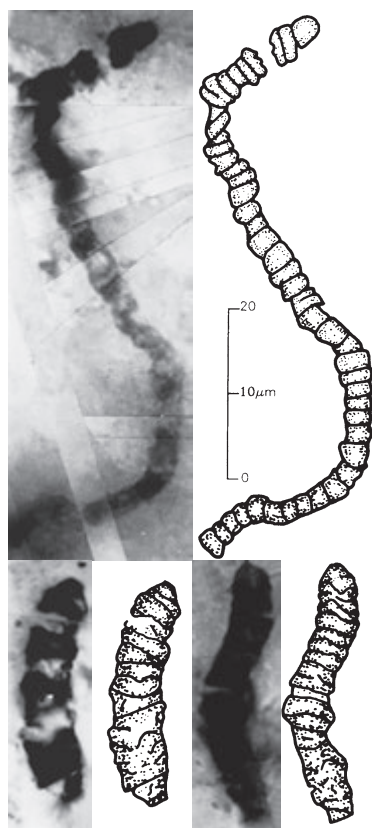
**(g) Évolution biologique.** Les populations d'organismes se modifient au cours des générations. L'évolution produit des caractéristiques qui renforcent la survie et assurent le succès de la reproduction. Les bactéries souvent évoluent pour devenir résistantes aux antibiotiques.

**FIGURE 1.3** Attributs importants de la vie.

Ces fossiles microbiens comme ceux du chert de l'Apex Archéen d'Australie ont été datés d'environ 3,5 milliards d'années (figures 1.4 et 1.5). Malgré ces découvertes et de manière compréhensible, les fossiles microbiens enregistrés sont rares. Donc pour mettre en relation les tout premiers événements qui ont présidé à l'origine de la vie, les biologistes doivent s'appuyer surtout sur des preuves indirectes. Tous les éléments de preuve doivent s'emboîter comme les pièces d'un puzzle pour faire apparaître une image cohérente.

## Le monde d'ARN

L'origine de la vie repose sur une seule question. Comment les premières cellules sont-elles apparues ? Les cellules modernes se composent au minimum d'une membrane plasmique contenant de l'eau dans laquelle de nombreuses substances chimiques sont dissoutes et où nagent des structures subcellulaires. Bien que personne ne le sache avec certitude, il semble vraisemblable que la première entité autorépliquative ait été beaucoup plus simple que même les plus primitives des cellules vivantes actuelles. Avant qu'il n'y ait vie, la Terre était un lieu très différent : chaud et anoxique, avec une atmosphère riche en gaz comme l'hydrogène, le méthane, le dioxyde de carbone, l'azote et l'ammoniac. La surface de la Terre était une soupe prébiotique de produits chimiques qui réagissaient entre eux, « testant » au hasard l'efficacité des réactions chimiques et la stabilité des molécules résultantes. Certaines réactions libéraient de l'énergie et finalement formeraient la base du métabolisme cellulaire moderne.



**FIGURE 1.4** Microfossiles dans le chert de l'Apex Archéen en Australie. Ces microfossiles sont semblables aux cyanobactéries filamenteuses modernes.

D'autres réactions ont généré des molécules pouvant agir comme catalyseurs ou d'autres capables de s'agréger pour former les précurseurs des structures cellulaires actuelles, ou encore d'autres capables de se répliquer et d'agir comme des unités d'information héréditaire.

Dans les cellules modernes, trois molécules différentes remplissent ces rôles (figure 1.6). Les protéines ont deux rôles majeurs : structural et catalytique. Les protéines catalytiques sont appelées enzymes et accélèrent les myriades de réactions chimiques qui s'opèrent dans les cellules : elles sont les chevaux de labour des cellules. L'ADN contient l'information héréditaire et peut être répliqué pour transmettre l'information à la génération suivante. L'ARN est impliqué dans la conversion en protéines de l'information contenue dans l'ADN.

Toute hypothèse sur l'origine de la vie doit expliquer l'évolution de ces trois molécules, mais la nature même de leurs relations complexes entre elles dans les cellules modernes complique toutes les tentatives pour imaginer comment elles ont évolué. Les protéines sont capables d'effectuer du travail cellulaire comme montré dans la Figure 1.6, mais leur synthèse fait intervenir d'autres protéines et l'ARN, et requiert l'information contenue dans l'ADN. L'ADN ne peut pas effectuer de travail cellulaire. Il emmagasine l'information génétique et sert de modèle pour sa propre répllication laquelle requiert des protéines. Quant à l'ARN, il est synthétisé en utilisant l'ADN comme modèle et les protéines comme catalyseurs de la synthèse. En tenant compte de toutes ces considérations, il est apparu aux biologistes de l'évolution qu'à un moment de l'évolution de la vie, il fallait une molécule qui pouvait à la fois se répliquer et effectuer du travail cellulaire. Une solution possible à ce problème a été suggérée en 1981, lorsque Thomas Cech découvrit l'auto-épissage de l'ARN chez le micro-organisme eucaryote *Tetrahymena* : la molécule était capable de s'exciser un fragment interne et de renouer ensemble les deux sections restantes. Depuis lors, d'autres molécules d'ARN catalytiques ont été découvertes et notamment un ARN trouvé dans les ribosomes et responsable de la formation des liens peptidiques : ces liens qui tiennent ensemble les acides aminés, les briques qui constituent les protéines. Les molécules d'ARN qui possèdent une activité catalytique s'appellent des **ribozymes**.

La découverte des ribozymes a fait penser que l'ARN a eu, à un certain moment, la capacité de catalyser sa propre répllication en se servant de lui-même comme modèle. En 1986, Walter Gilbert a forgé l'expression monde d'ARN pour décrire un stade précellulaire de l'évolution de la vie lors duquel l'ARN a été capable d'emmagasiner, de copier et d'exprimer de l'information génétique, et aussi de catalyser d'autres réactions chimiques. Toutefois, pour que ce stade précellulaire puisse évoluer vers des formes de vie cellulaire, il faut qu'une membrane lipidique se soit formée autour de l'ARN (figure 1.7). Cette étape importante dans l'évolution est plus facile à imaginer que d'autres événements dans les formes primitives de vie cellulaire parce qu'il est bien connu que les lipides, composants structurels majeurs des membranes d'organismes modernes, forment spontanément des liposomes, vésicules bordées par une bicouche lipidique. Une expérience fascinante réalisée par Marin Hanczy, Shelly Fujikawa et Jack Szostak en 2003 a montré que l'argile favorisait la formation de liposomes qui, en fin de compte, croissaient et se divisaient. Si on rapproche ces observations des données sur les ribozymes, il semble plausible que les cellules primitives puissent avoir été des liposomes contenant de l'ARN (figure 1.7). ►► *Les lipides (annexe I)*

Indépendamment de ses capacités de se répliquer et d'exercer des activités enzymatiques, la fonction de l'ARN suggère une

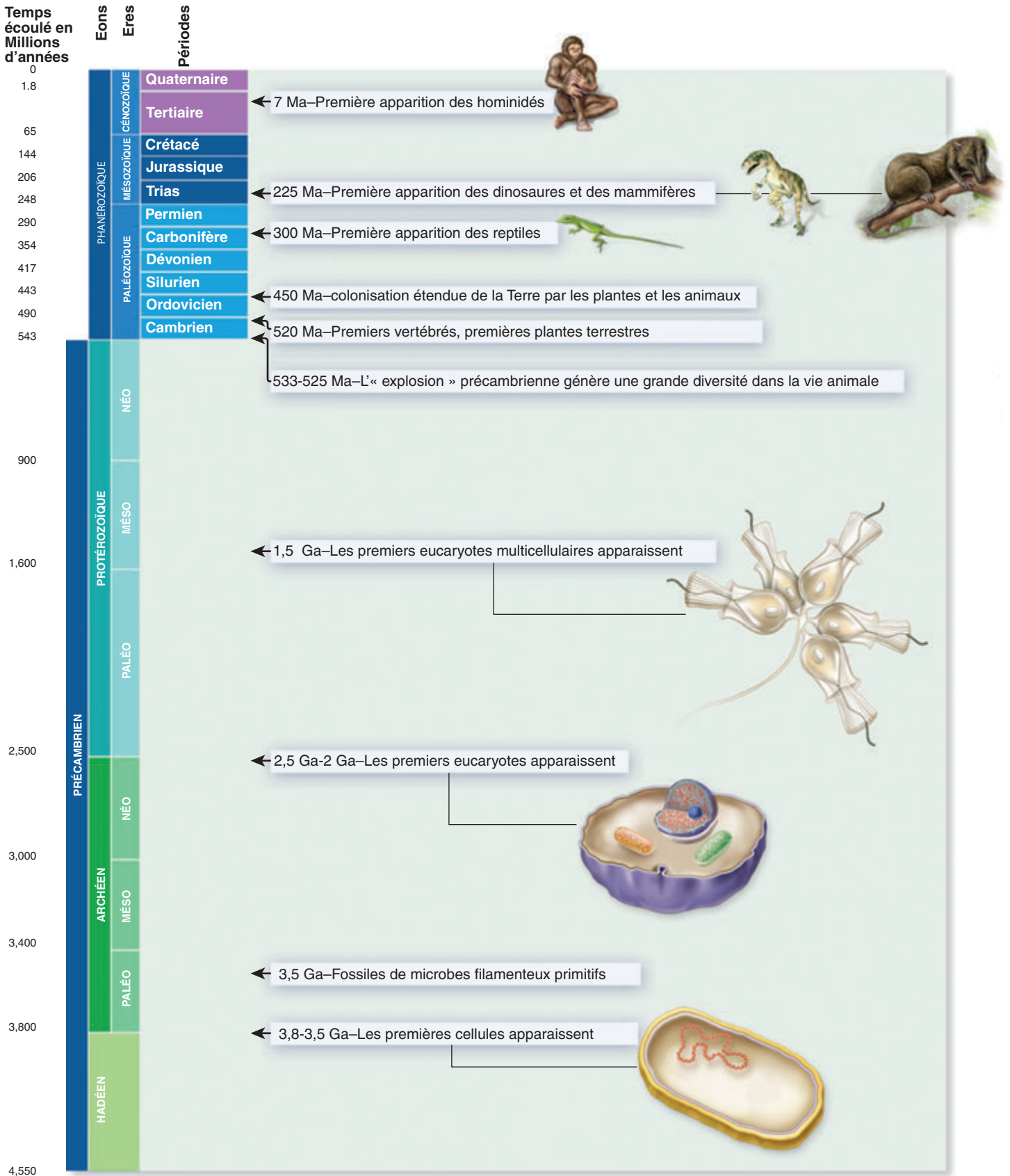
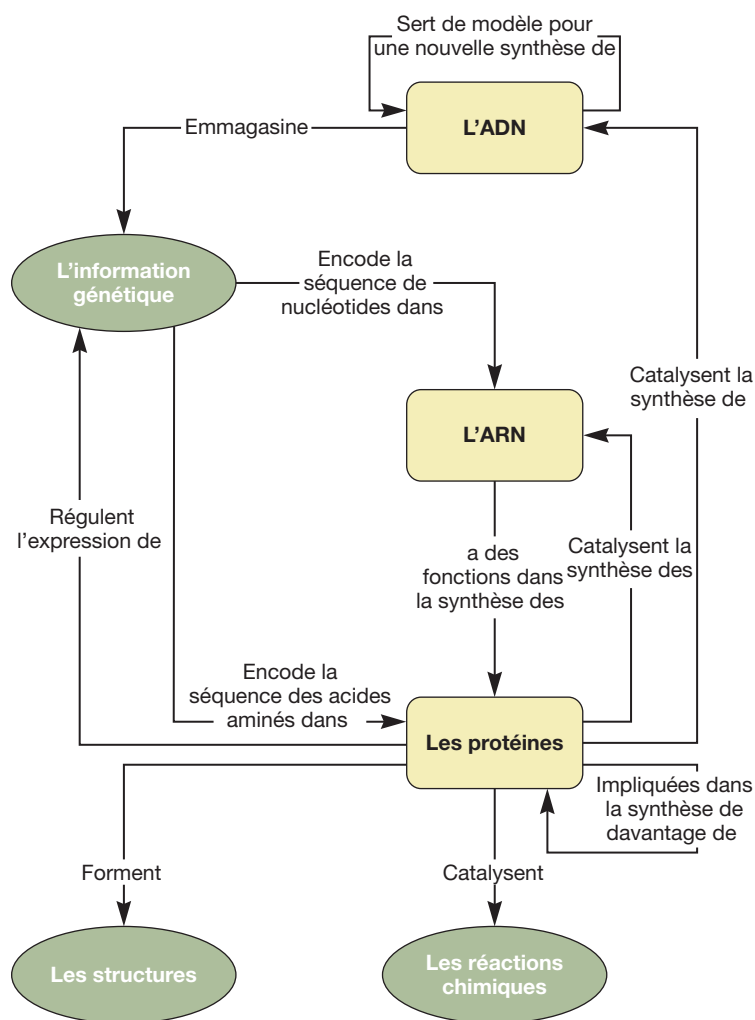


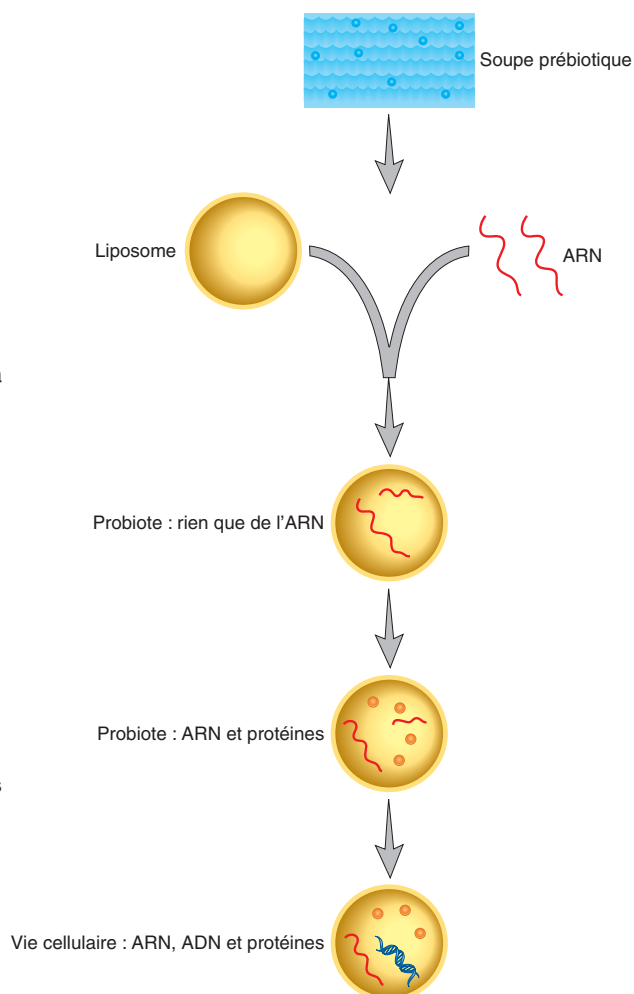
FIGURE 1.5 Panorama de l'Histoire de la Vie sur la Terre.



**FIGURE 1.7** Fonctions de l'ADN, de l'ARN et des protéines et leurs relations croisées dans les cellules modernes.

origine ancienne. Considérez qu'une grande partie du pool d'ARN des cellules actuelles se trouvent dans le ribosome, une structure qui consiste largement en ARN ribosomique (ARNr) et utilise l'ARN messager (ARNm) et l'ARN de transfert (ARNt) pour construire des protéines. En fait, l'ARNr lui-même catalyse la formation du lien peptidique lors de la synthèse protéique. L'ARN semble donc bien adapté à un rôle important dans le développement des protéines. L'ARN et l'ADN sont de structure similaire, l'ARN pourrait donc avoir donné naissance à l'ADN double brin. Lorsque l'ADN est apparu, il est devenu la molécule de stockage pour les fonctions cellulaires, parce qu'il apportait une structure plus stable chimiquement. Deux autres éléments de preuve appuient l'hypothèse du monde d'ARN : le fait que la monnaie énergétique de la cellule, l'ATP, soit un ribonucléotide, et la découverte plus récente que l'ARN pouvait réguler l'expression génétique. Ainsi, il semblerait que protéines, gènes et énergie cellulaire puissent tous nous ramener à l'ARN. ►► *L'ATP (section 9.4). Les riborégulateurs (sections 13.3 et 13.4)*

En dépit des arguments qui la soutiennent, l'hypothèse d'un monde d'ARN soulève des problèmes et a ses détracteurs. Un autre domaine de recherches envahi de débats est celui de l'évolution du



**FIGURE 1.6** L'hypothèse du monde d'ARN et l'origine de la vie.

*Figure 1.7* **Mini-enquête**

Pourquoi les probiotes reproduits ci-dessus ne sont-ils pas considérés comme de la vie cellulaire ?

métabolisme, en particulier l'évolution des processus métaboliques qui conservent l'énergie. Rappelons que la Terre primitive était un environnement chaud dépourvu d'oxygène. Donc, les cellules qui y sont nées devaient être capables d'y utiliser des sources d'énergie disponibles. Aujourd'hui, nous connaissons des espèces d'archées qui aiment la chaleur (hyperthermophiles) et qui sont capables d'utiliser comme source d'énergie de molécules inorganiques telles que le sulfure ferreux (FeS). Certains suggèrent que cette intéressante capacité métabolique pourrait être un vestige de la première forme existante de métabolisme énergétique. Une autre stratégie métabolique, la photosynthèse qui produit l'oxygène, apparaît avoir émergé

très tôt dans l'histoire de la Terre jusqu'il y a environ 2,5 milliards d'années. L'existence de fossiles de cellules semblables à des cyanobactéries soutient cette hypothèse, de même que la découverte de stromatolithes anciens (figure 1.8). Les **stromatolithes** sont des roches feuilletées, souvent en forme de dôme, qui se construisent par incorporation de sédiments minéraux dans des tapis microbiens dominés par les cyanobactéries (voir la **figure en tête de ce chapitre**). L'apparition de cellules semblables à nos cyanobactéries a été une étape importante dans l'évolution de la vie sur la terre. L'oxygène qu'elles produisaient a finalement transformé la composition de l'atmosphère jusqu'à son stade actuel, riche en oxygène et ainsi permis l'émergence de nouvelles stratégies pour capter l'énergie, y compris la respiration aérobie utilisée par de nombreux microbes et animaux.



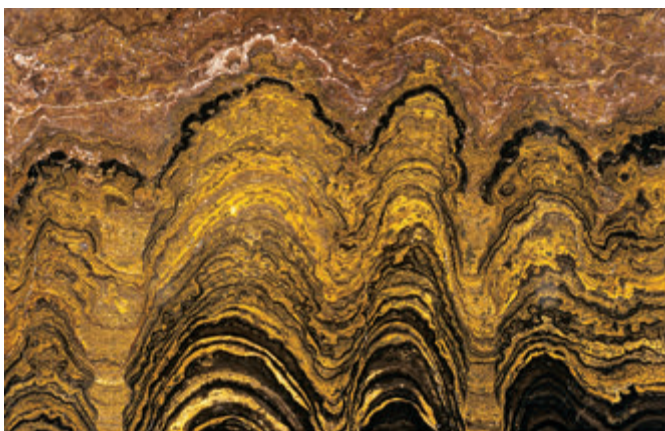
Recherche : Le monde d'ARN/Evo/Wiki

## L'évolution des trois domaines du monde vivant

Comme indiqué dans la section 1.1, la grande percée dans la classification des microbes a aussi ouvert des perspectives sur l'histoire de la vie, donc son évolution. Ce qui a commencé avec l'étude de l'ARNr d'un nombre relativement restreint d'organismes a été étendu par de nombreux chercheurs, dont Norman Pace qui a développé un **arbre phylogénétique universel** (figure 1.2). Cet arbre est basé sur la comparaison des molécules de la petite sous-unité de l'ARNr (ARNr-PSU), c'est-à-dire l'ARNr trouvé dans la petite sous-unité des ribosomes. Nous allons voir dans ce qui suit comment ces comparaisons ont été effectuées et ce que nous raconte l'arbre phylogénétique universel. ►► *Les ribosomes (section 3.5)*

### Comparer les molécules d'ARNr (petite sous-unité)

Bien que les détails de la construction de l'arbre phylogénétique universel soient développés au chapitre 17, le principe général n'en est



**FIGURE 1.8** Section d'un stromatolithe fossilisé. D'après les biologistes de l'évolution, les feuilletés de matière rocheuse se sont formés lorsque des tapis de cyanobactéries étendus les uns sur les autres se sont minéralisés.

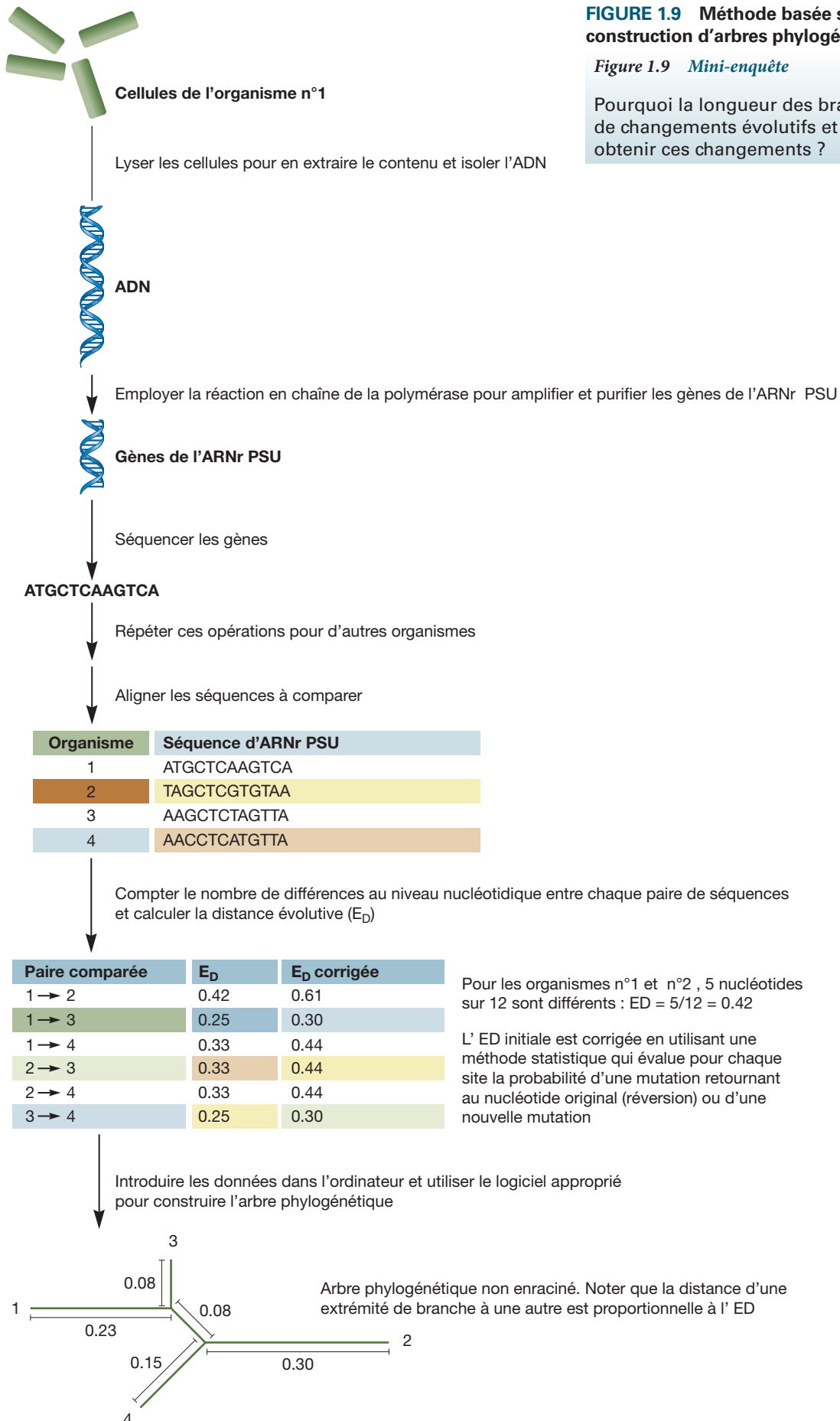
pas difficile à comprendre : une approche courante consiste à aligner les séquences nucléotidiques des gènes d'ARNr-PSU de divers organismes et d'en faire des comparaisons deux par deux. Pour chaque paire de séquences de gènes d'ARNr-PSU, chaque différence dans la séquence nucléotidique est comptée et intervient pour représenter la distance évolutive entre les organismes (figure 1.9). Quand on compare les données d'un grand nombre d'organismes au moyen de programmes informatiques très élaborés, on peut construire un arbre où chaque extrémité d'une branche correspond à un des organismes utilisés dans la comparaison. La distance d'une extrémité d'une branche à celle d'une autre branche est la distance évolutive calculée d'après le nombre de différences entre les séquences des deux organismes représentés par les branches. Il faut remarquer que cette distance est une mesure de la parenté évolutive et non de la vitesse avec laquelle un organisme a divergé d'un autre. La distance évolutive se mesure donc le long de chaque ligne : plus longue est la ligne, plus les organismes (ou types d'organismes) situés aux extrémités ont divergé évolutivement (et moins leur parenté évolutive est élevée). Toutefois, nous ne savons pas quand les organismes ont commencé à diverger les uns des autres. Le concept est analogue à celui d'une carte qui montre avec précision les distances entre deux villes, mais à cause de divers facteurs tels que l'état des routes ou l'intensité du trafic ne peut donner le temps nécessaire pour aller de l'une à l'autre.

### LUCA

Qu'est-ce que l'arbre phylogénétique universel nous apprend sur l'origine de la vie ? Au centre, une ligne est marquée « racine » (figure 1.2). C'est à cet endroit que devrait se placer, selon les données, le dernier ancêtre commun aux trois domaines (ici, il n'y a pas de branches parce qu'il n'existe plus aucun organisme de ce type) surnommé aussi LUCA (« Last universal Common Ancestor »). La racine, ou origine de la vie moderne, est sur la branche bactérienne ; il semble que les *Archaea* et les *Eucarya* aient évolué indépendamment, séparés des *Bacteria*. Quand on suit les lignées de descendance qui s'éloignent de la racine, vers les *Archaea* et les *Eucarya*, il est évident que ces deux groupes ont partagé une ascendance commune, mais ont divergé et sont devenus des domaines séparés. L'évolution commune de ces deux formes de vie se marque aussi dans la manière dont *Archaea* et *Eucarya* traitent l'information génétique. Par exemple, les ARN polymérases des *Eucarya* et des *Archaea* se ressemblent, et diffèrent de l'enzyme bactérienne. L'arbre phylogénétique universel présente donc une image où toute vie, de quelque domaine que ce soit, dérive d'un seul ancêtre commun. On peut envisager l'arbre universel de la vie comme un arbre réel qui croît à partir d'une seule graine.

Malheureusement, la nature de LUCA n'est toujours pas connue : certains affirment qu'il ressemble surtout aux bactéries modernes, d'autres, au contraire, qu'il est plus proche des eucaryotes modernes bien que probablement dépourvu de noyau. L'observation suivante a compliqué mais aussi nourri le débat : les *Archaea* partagent un certain nombre de caractéristiques communes avec les *Bacteria* (en particulier, les mécanismes de conservation de l'énergie) et d'autres fort proches de leurs contreparties chez les *Eukarya* (p.ex. ; le traitement de l'information génétique). L'évolution du noyau est aussi au centre de maintes controverses et ce problème reste non résolu. Toutefois, les hypothèses concernant d'autres organites délimités par une membrane sont plus largement acceptées et seront développées ci-après.





**FIGURE 1.9** Méthode basée sur la distance pour la construction d'arbres phylogénétiques.

*Figure 1.9* Mini-enquête

Pourquoi la longueur des branches indique la quantité de changements évolutifs et non le temps requis pour obtenir ces changements ?

## L'origine endosymbiotique des mitochondries, des chloroplastes et des hydrogénosomes

L'origine du noyau reste non élucidée, alors qu'au contraire pour l'origine des mitochondries, des chloroplastes et des hydrogénosomes, l'**hypothèse endosymbiotique** est généralement acceptée. L'endosymbiose est une interaction entre deux organismes par laquelle l'un se met à vivre à l'intérieur de l'autre. La formulation première de l'hypothèse endosymbiotique énonçait qu'au cours du temps l'endosymbiote d'un eucaryote ancestral finissait par perdre sa capacité de vivre indépendamment, devenant ainsi soit une mitochondrie, si la bactérie intracellulaire était capable de respirer en aérobiose, soit un chloroplaste, si l'endosymbiote était une bactérie photosynthétique.

Qu'une endosymbiose soit responsable du développement de ces organites (quel qu'en soit le mécanisme exact) est soutenu par le fait que tous deux abritent des ribosomes de type bactérien et que la plupart ont un seul chromosome circulaire. En effet, la figure 1.2 montre que les mitochondries et les chloroplastes appartiennent à la lignée bactérienne sur la base des données fournies par les séquences d'ARNr-PSU. Une preuve importante de l'origine des mitochondries vient de la séquence génomique de l' $\alpha$ -protéobactérie, *Rickettsia prowazekii*, un parasite intracellulaire obligatoire et l'agent causatif du typhus épidémique propagé par les poux. Le génome de ce micro-organisme est plus proche du génome des mitochondries actuelles que de celui de n'importe quelle autre bactérie. Dans le même ordre d'idées, on pense que les chloroplastes des plantes et des algues vertes descendent d'un ancêtre du genre actuel *Prochloron*, qui contient des espèces vivant dans des invertébrés marins.

Récemment, la théorie endosymbiotique pour les mitochondries a été modifiée par l'**hypothèse de l'hydrogène**. Celle-ci propose que l'endosymbiote était une bactérie anaérobie qui produisait de l'H<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub> comme produits finaux de son métabolisme. Au cours du temps, l'hôte est devenu dépendant de l'H<sub>2</sub> produit par l'endosymbiote. En phase ultime, l'endosymbiote a évolué en l'un des deux organites. S'il a développé la capacité d'effectuer la respiration aérobie, il a évolué en mitochondrie. Mais, dans les cas où il n'a pas acquis cette faculté de respirer, il a évolué en **hydrogénosome**—un organite trouvé chez certains protistes encore existants qui produisent de l'ATP par fermentation (voir figure 4.17).

## L'évolution des microbes cellulaires

Bien que l'histoire des premières formes de vie cellulaire puisse ne jamais être connue, nous savons qu'une fois qu'elles ont émergé, elles ont été soumises aux mêmes processus évolutifs que les organismes modernes. Les bactéries, archées et eucaryotes ancestraux possédaient de l'information génétique qui pouvait être dupliquée, réarrangée, perdue ou mutée de quelque autre façon. Ces mutations pouvaient avoir différents résultats. Les unes menaient à la mort du microbe muté, mais d'autres permettaient l'émergence de nouvelles fonctions ou caractéristiques. Des mutations qui permettaient à un organisme d'augmenter ses capacités reproductives ont été sélectionnées de façon positive et sont passées aux générations postérieures. Au fil du temps, de nouveaux assemblages de gènes (c.-à-d. des génotypes) ont émergé et de nombreuses espèces nouvelles se sont développées.

Le processus évolutif ainsi décrit est commun à tous les organismes vivants : les mutations sont le « terreau » sur lequel la sélection agit. Outre les processus mutagéniques, les organismes disposent d'autres mécanismes pour reconfigurer les génotypes d'une espèce. La plupart des eucaryotes augmentent leur diversité génétique via la reproduction sexuelle. Toute la progéniture de deux parents a ainsi acquis un mélange de gènes parentaux et un génotype unique. Les bactéries et les archées ne se reproduisent pas sexuellement, mais augmentent leur diversité génétique par le transfert horizontal (latéral) de gènes (THG). Pendant ce processus, de l'information génétique est transférée d'un organisme donneur à un organisme récepteur, créant un nouveau génotype. Ainsi, l'information génétique n'a pas besoin de passer d'une génération à la suivante mais entre individus de la même génération et même entre espèces microbiennes différentes. Le séquençage des génomes montre que le THG a joué un rôle important dans l'évolution des espèces de bactéries et d'archées, et continue à façonner les génomes pour poursuivre l'évolution des espèces par l'acquisition de résistance aux antibiotiques et aux produits toxiques, de nouvelles propriétés de virulence ou de nouvelles capacités métaboliques.

## Espèces microbiennes

Tous les étudiants en biologie sont confrontés tôt ou tard dans leurs études ou leur carrière avec le concept d'espèce. Mais le terme a différentes significations si l'organisme est sexué ou non. Les taxinomistes travaillant sur plantes ou animaux définissent une **espèce** comme un groupe de populations s'entre-croisant sexuellement ou potentiellement capables de s'entre-croiser et qui est ainsi isolé de la reproduction avec d'autres groupes. Cette définition est aussi appropriée pour les nombreux microbes eucaryotes qui se reproduisent sexuellement. Toutefois, les espèces bactériennes et archéennes ne peuvent pas être définies par ce critère, puisqu'elles ne se reproduisent pas sexuellement. Trouver une définition adéquate fait l'objet actuellement d'un débat considérable. Une définition courante est que les espèces de bactéries et d'archées sont une collection de souches qui partagent entre elles de nombreuses propriétés stables et différent de façon significative d'autres groupes de souches. Une **souche** est constituée de tous les descendants d'une seule culture pure de microbes. Les souches à l'intérieur d'une espèce peuvent être décrites de plusieurs façons différentes. Les biovars sont des souches variantes caractérisées par des différences biochimiques ou physiologiques, les morphovars diffèrent par leur morphologie, les sérovars ont des propriétés distinctes qui peuvent être détectées par des anticorps et les pathovars sont des souches pathogènes distinguées via les plantes où elles provoquent des maladies. ►► *Processus évolutifs et le concept de l'espèce microbienne (section 17.5)*

Les microbiologistes nomment les microbes en utilisant le système binomial du biologiste et médecin suédois Carl Linné (1707-1778). Le nom latin, italicisé, consiste en deux parties. La première avec une lettre initiale capitale est le nom générique, c'est-à-dire le nom du genre auquel appartient ce microbe, et la seconde est l'épithète non capitalisée (qui peut être un adjectif, un nom au génitif ou un attribut). Par exemple, la bactérie qui cause la peste est appelée *Yersinia pestis*. Souvent le nom d'un organisme sera raccourci en réduisant le nom de genre à la seule initiale capitalisée (p.ex. *Y. pestis*).

1. Pourquoi pense-t-on que l'ARN a été la première biomolécule autorépliquative ?
2. Expliquez l'hypothèse endosymbiotique de l'origine des mitochondries, des hydrogènesomes et des chloroplastes. Donnez deux éléments de preuves qui appuient cette hypothèse.
3. Quelle est la différence entre une espèce microbienne et une souche ?
4. Quelle est la façon correcte d'écrire le nom du microbe suivant : *bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus Subtilis* ou *Bacillus subtilis* ? Identifiez le nom du genre et l'épithète de l'espèce.

### 1.3 Les origines de la Microbiologie

Même avant la découverte des micro-organismes, plusieurs chercheurs suspectaient l'existence et le rôle de ceux-ci dans les maladies. Le philosophe romain Lucrèce (~98-55 av. J-C) et le médecin Girolamo Fracastoro (1478-1553) avaient suggéré que des êtres vivants invisibles provoquaient les maladies. Toutefois, jusqu'à ce que les microbes puissent être finalement observés ou étudiés de quelque autre façon, leur existence était matière à conjectures. C'est pourquoi, la **microbiologie** se définit non seulement par les organismes qu'elle étudie mais aussi par les outils utilisés pour les étudier. Comme les microbes sont le plus souvent ...microscopiques, le développement des microscopes a été la première étape critique dans l'évolution de la discipline. Mais la microscopie toute seule est incapable de répondre à de nombreuses questions que posent les microbiologistes à propos des microbes. Une caractéristique typique de la microbiologie est que les microbiologistes retirent souvent les micro-organismes de leurs habitats et les cultivent en les isolant ainsi des autres microbes. Bien que le développement des techniques d'isolation de microbes en cultures pures ait été une autre étape critique dans l'histoire de la microbiologie, on en reconnaît actuellement les limites. Les microbes en cultures pures ressemblent en quelque sorte à des animaux dans un jardin zoologique. Mais de même qu'un zoologiste ne peut pas comprendre entièrement l'écologie des animaux en les étudiant dans des zoos, les microbiologistes ne peuvent entièrement comprendre l'écologie des microbes en les étudiant dans des cultures pures. Aujourd'hui, les techniques de génétique moléculaire et les analyses génomiques nous fournissent de nouvelles perspectives dans la vie des microbes.

Dans cette section, nous allons décrire comment les outils utilisés par les microbiologistes ont influencé le développement de la microbiologie. Et lorsque la microbiologie s'est déployée en tant que science, elle a largement contribué au bien-être de l'humanité. La **figure 1.10** évoque le contexte historique des découvertes essentielles de la microbiologie.

#### La Microscopie et la Découverte des Microorganismes

Les premières observations au microscope furent sans doute réalisées entre 1625 et 1630 sur des abeilles et des charançons par l'Italien Francesco Stelluti (1577-1652) à l'aide d'un microscope probablement fabriqué par Galilée (1564-1642). Le mérite d'avoir publié les premiers dessins de micro-organismes dans la littérature

scientifique revient à Robert Hooke (1635-1703). En 1665, il a publié un dessin très détaillé du champignon filamenteux *Mucor* dans son livre *Micrographia*. *Micrographia* est important non seulement pour ses dessins raffinés mais aussi pour l'information qu'on y retrouve sur la construction de microscopes. Un modèle décrit dans *Micrographia* était probablement un prototype des microscopes construits et utilisés par Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), un amateur de microscopes de Delft (Pays-Bas) (**figure 1.11a**). van Leeuwenhoek gagnait sa vie comme drapier et boutiqueur spécialisé dans la confection pour messieurs, mais passait la plupart de ses loisirs à construire des microscopes simples, composés de lentilles doubles convexes maintenues entre deux plaques d'argent (**figure 1.11b**). Ses microscopes agrandissaient de 50 à 300 fois ; il pouvait aussi observer des échantillons en milieu liquide en les plaçant entre deux morceaux de verre et en les éclairant sous un angle de 45°. Ceci aurait produit une sorte d'éclairage sur champ noir, dans lequel les micro-organismes apparaissaient comme des objets brillants sur un fond noir, ce qui rendait les bactéries clairement visibles (**figure 1.11c**). À partir de 1673, van Leeuwenhoek envoya des lettres détaillées décrivant ses découvertes à la Royal Society de Londres. D'après ses descriptions, il avait clairement vu à la fois des bactéries et des protozoaires.

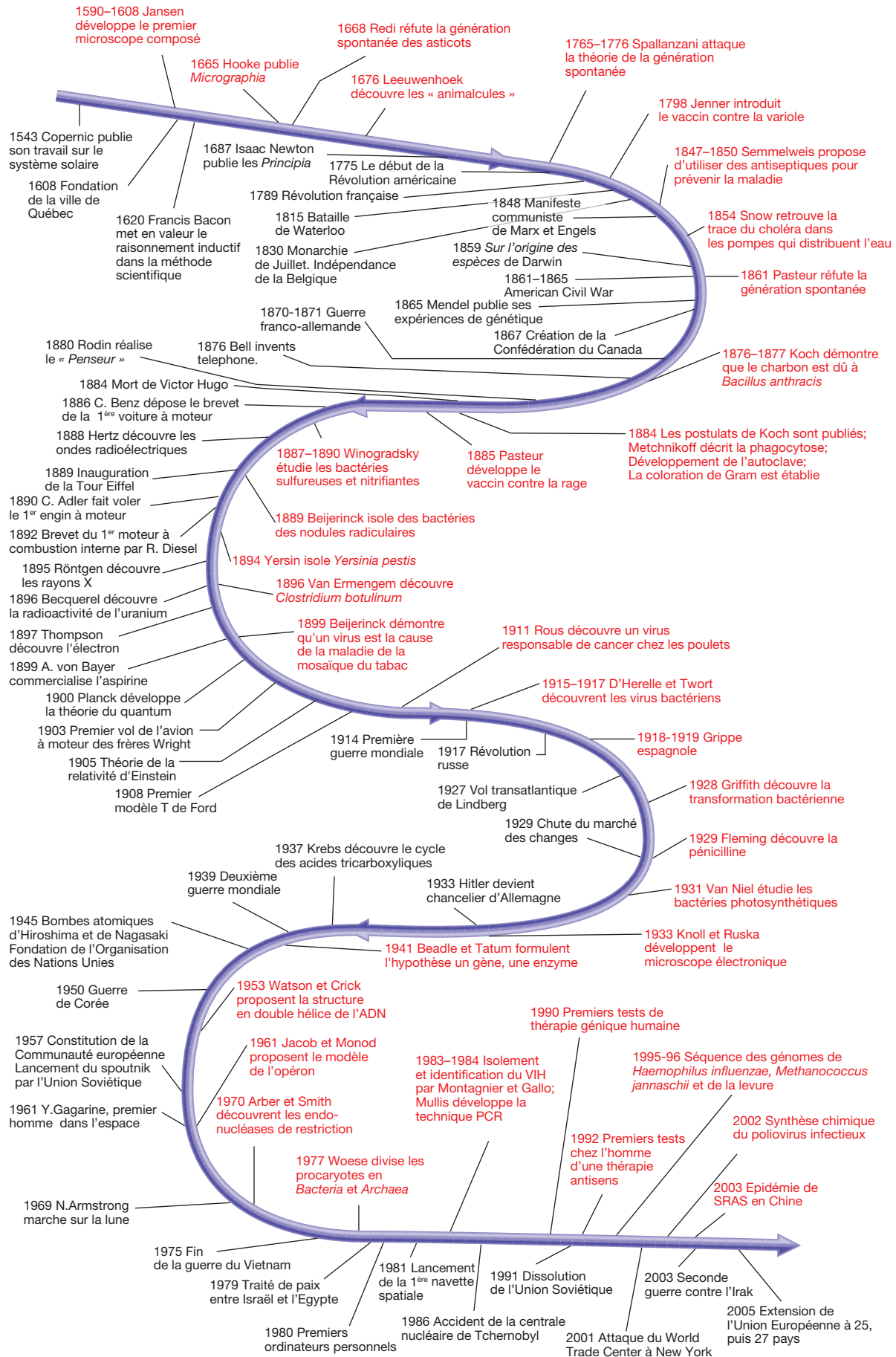
1. Donnez quelques exemples du type d'informations qui, selon vous, peuvent être fournies par des observations microscopiques des micro-organismes.
2. Donnez quelques exemples du type d'informations qui peuvent être fournies en isolant les micro-organismes de leur environnement naturel et en les cultivant au laboratoire.

#### Les méthodes basées sur les cultures pour étudier les micro-organismes

Aussi importantes qu'elles ont été les observations de van Leeuwenhoek, le développement de la microbiologie languit, pour l'essentiel, pendant les 200 années suivantes jusqu'à ce que les techniques pour isoler et cultiver les micro-organismes furent mises au point au laboratoire. Beaucoup de ces techniques commencèrent à apparaître lorsque les scientifiques abordèrent la controverse sur la théorie de la génération spontanée. Ce débat et les études qui suivirent sur le rôle joué par les micro-organismes dans l'apparition des maladies, conduisirent finalement à ce qui est appelé maintenant l'âge d'or de la microbiologie.

##### La génération spontanée

Pendant très longtemps, les gens crurent à la **génération spontanée** — grâce à laquelle les organismes vivants pouvaient se développer à partir de matière morte ou en décomposition. Cette opinion fut finalement mise en doute par le médecin italien Francesco Redi (1626-1697) qui réalisa une série d'expériences sur la production spontanée d'asticots par de la viande en décomposition. Redi mit de la viande dans trois récipients. Le premier n'était pas couvert, le second était couvert de papier et le troisième d'une fine gaze pour écarter les mouches. Celles-ci déposèrent leurs œufs sur la viande non couverte et les asticots se développèrent. Les deux autres morceaux de viande ne produisirent pas spontanément d'asticots. Mais



**FIGURE 1.10** Quelques événements importants dans le développement de la microbiologie. Les étapes importantes de la microbiologie sont en rouge ; d'autres événements historiques sont en noir.

les mouches attirées par le récipient couvert de gaze pondirent sur la gaze. Leurs œufs ne donnèrent pas de larves. Ainsi la production d'asticots par de la viande en décomposition était donc due à la présence d'œufs de mouches et la viande ne générait pas spontanément des asticots. Des expériences similaires aidèrent à discréditer la théorie en ce qui concerne de plus grands organismes.

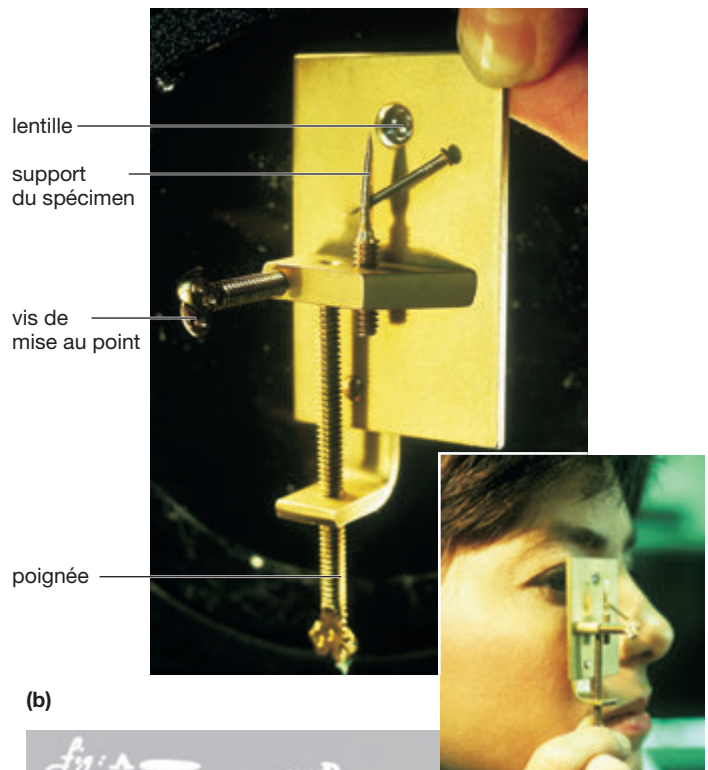
La découverte des micro-organismes par Leeuwenhoek raviva la controverse. Quelques-uns proposaient que les micro-organismes apparaissent par génération spontanée même si des organismes plus grands n'apparaissent pas spontanément. Ils faisaient remarquer que des extraits de foin ou de viande bouillis donnaient naissance à des micro-organismes après un temps d'incubation. De fait, ces extraits furent les précurseurs des milieux de culture qu'on utilise encore aujourd'hui dans de nombreux laboratoires de microbiologie.

En 1748, l'ecclésiastique anglais John Needham (1713-1781) publia les résultats de ses expériences sur la génération spontanée qui étaient en accord avec l'idée que la matière organique possédait une force vitale qui pouvait conférer la vie à de la matière non vivante. Quelques années plus tard, Lazzaro Spallanzani (1729-1799), prêtre et naturaliste italien, améliora les expériences de Needham en scellant d'abord les flacons de verre contenant de l'eau et les germes. Si les flacons scellés étaient placés dans de l'eau bouillante pendant 3/4 d'heure, il n'y avait pas de croissance tant que les flacons restaient fermés. Il suggéra que l'air transportait les germes dans l'infusion, mais aussi que l'air externe était nécessaire à la croissance des animaux déjà présents dans l'infusion. Les défenseurs de la génération spontanée rétorquèrent que le chauffage de l'air dans les flacons scellés détruisait sa capacité à maintenir la vie.

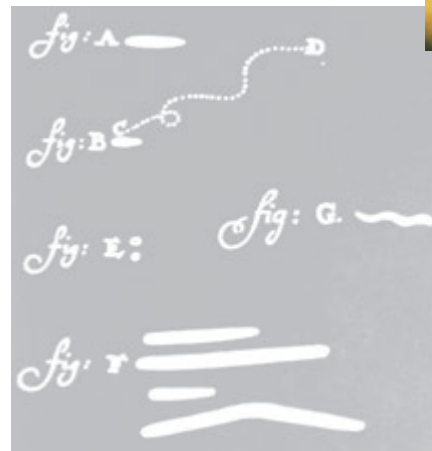
Plusieurs chercheurs essayèrent de contrer ces arguments. En laissant entrer de l'air, par un tube chauffé au rouge, dans un flacon contenant une solution nutritive stérile Théodore Schwann (1810-1882) montra que le flacon restait stérile. Plus tard, en laissant entrer de l'air dans un flacon de milieu stérilisé par la chaleur au travers d'ouate stérile Georg Friedrich Schroder (1810-1885) et Theodor von Dusch (1824-1890) n'observèrent pas de croissance dans le milieu même si l'air n'avait pas été chauffé. En dépit de ces expériences, en 1859, le naturaliste français Félix Pouchet (1800-1872) prétendit avoir réalisé des expériences prouvant de manière concluante que les micro-organismes se développaient sans contamination par l'air.



(a)



(b)



(c)

**FIGURE 1.11 Antonie van Leeuwenhoek.** (a) Portrait (peinture à l'huile) de van Leeuwenhoek (1632-1723). (b) Réplique en laiton du microscope de van Leeuwenhoek. L'insert montre comment il est tenu. (c) Bactéries provenant de la bouche, dessins de van Leeuwenhoek.

Cette affirmation incita Louis Pasteur (1822-1895) à résoudre ce problème une fois pour toutes. Pasteur (**figure 1.12**) filtra d'abord l'air au travers de coton et trouva que des objets ressemblant à des spores végétales y étaient piégés. Si le morceau de coton était placé dans un milieu stérile après que de l'air y ait été filtré, une croissance microbienne était observée. Ensuite, il plaça des solutions nutritives dans les flacons, chauffa leur goulot à la flamme et les étira de diverses façons, en gardant l'extrémité ouverte à l'air (**figure 1.13**). Pasteur fit alors bouillir des solutions pendant quelques minutes puis les refroidit. Aucune croissance n'apparut même si les contenus des flacons avaient été exposés à l'air. Pasteur fit observer qu'il n'y avait pas de croissance parce que la poussière et les germes avaient été piégés sur les parois des tubes courbes. Si les tubes étaient cassés, la croissance commençait immédiatement. Pasteur avait non seulement résolu la controverse en 1861, mais, en outre, il avait montré comment garder des solutions stériles.

Le médecin anglais John Tyndall (1820-1893) et le botaniste allemand Ferdinand Cohn (1828-1898) donnèrent le coup de grâce à la génération spontanée. En 1877, Tyndall démontra que la poussière portait réellement les germes et que si la poussière était absente, le bouillon restait stérile, même s'il était exposé directement à l'air. Durant ces études, Tyndall montra l'existence de formes bactériennes exceptionnellement résistantes à la chaleur. Travaillant indépendamment, Cohn découvrit l'existence d'endospores bactériennes résistantes à la chaleur. Plus tard, Cohn joua un rôle déterminant en établissant une classification des bactéries basée sur leur morphologie et leur physiologie. ►► *Les endospores bactériennes (section 3.8)*

Clairement, ces premiers microbiologistes ont non seulement invalidé la génération spontanée, mais aussi permis la renaissance de la microbiologie. Ils ont développé des milieux pour cultiver les microbes. Ils ont développé des méthodes pour stériliser ces milieux et maintenir leur stérilité. Ces techniques furent ensuite appliquées pour comprendre le rôle des microorganismes dans la maladie.

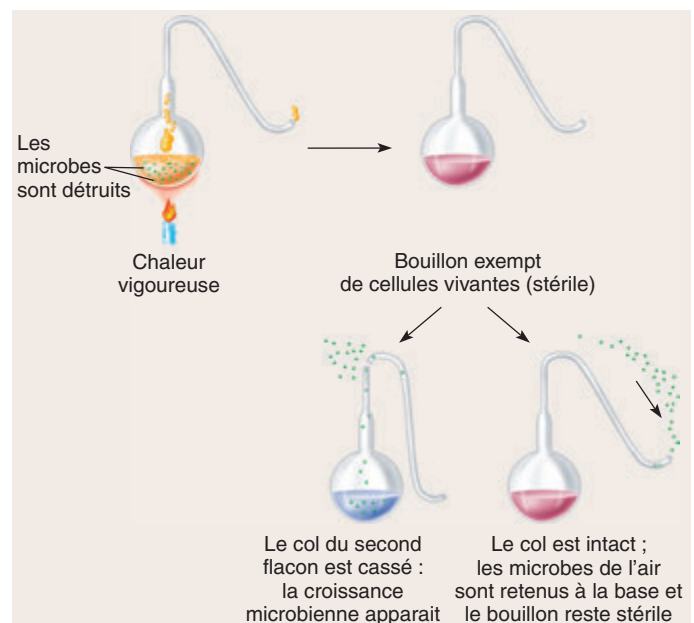


**FIGURE 1.12** Louis Pasteur (1822-1895).

1. Comment Pasteur, Tyndall et Cohn ont-ils mis un point final à la controverse sur la génération spontanée ?
2. Pourquoi la croyance en une génération spontanée était-elle un obstacle au développement de la microbiologie en tant que discipline scientifique ?
3. Qu'a prouvé Pasteur lorsqu'il a montré que le morceau de coton, qui avait filtré l'air, promouvait la croissance microbienne si on le transférait dans le milieu de croissance ? Quel argument énoncé précédemment voulait-il ainsi tester ?

### L'établissement de la relation entre micro-organismes et maladies

Bien que Fracastoro et d'autres aient suggéré que des organismes invisibles étaient responsables de maladies, beaucoup pensaient que les maladies étaient provoquées par des forces surnaturelles, des vapeurs empoisonnées, appelées miasmes, et des déséquilibres entre les quatre humeurs que l'on croyait présentes dans le corps. L'idée que la maladie résultait d'un déséquilibre entre ces quatre humeurs (le sang, le phlegme, la bile jaune et la bile noire) était acceptée partout depuis le temps du médecin grec Galien (129-199). Les arguments en faveur du rôle des micro-organismes dans la maladie s'accumulèrent au début du dix-neuvième siècle. Agostino Bassi (1773-1856) démontra d'abord qu'un micro-organisme pouvait provoquer une maladie, quand il prouva, en 1835, qu'une maladie du ver à soie était due à une infection fongique. Il suggéra aussi que beaucoup de maladies étaient dues à des infections microbiennes. En 1845, M. J. Berkeley (1803-1889) prouva que la pourriture des pommes de terre en Irlande était aussi due à une moisissure aquatique et, en 1853, Heinrich de Bary (1831-1888) montra que les champignons du charbon et de la rouille provoquaient des maladies céréalières.



**FIGURE 1.13** Les expériences de Pasteur avec les flacons à col de cygne dans ses expériences sur la génération spontanée des micro-organismes.

Pasteur a aussi contribué à ce domaine de recherches sur plusieurs sujets. Sa formation était cependant celle d'un chimiste et il a passé plusieurs années à étudier les fermentations alcooliques qui produisaient l'éthanol et étaient utilisées pour produire le vin et d'autres breuvages alcoolisés. Lorsqu'il a commencé son travail, les chimistes en vue de l'époque croyaient que les micro-organismes n'étaient pas impliqués dans les fermentations. Ils étaient convaincus que la fermentation était due à une instabilité chimique qui dégradait les sucres du jus de raisin et d'autres substances en alcool. Pasteur n'était pas d'accord : il pensait que les fermentations étaient dues à des êtres vivants.

En 1856, M. Bigo, un industriel de Lille en France, où Pasteur travaillait à ce moment-là, lui demanda son assistance. Son entreprise produisait de l'alcool éthylique, ou éthanol, au départ de sucre de betterave : les rendements en alcool n'arrêtaient pas de décliner et le produit était devenu aigre. Pasteur découvrit que la fermentation alcoolique avait échoué parce que la levure normalement responsable de la production d'alcool avait été remplacée par des bactéries qui produisaient une substance acide au lieu de l'alcool. En résolvant ce problème bien concret, Pasteur a démontré que toutes les fermentations étaient liées à l'activité de levures ou de bactéries bien spécifiques, et il a publié plusieurs articles sur la fermentation entre 1857 et 1860.

Pasteur fut aussi prié de venir en aide auprès des producteurs de vins et de l'industrie de la soie. L'industrie du vin se préoccupait de la mauvaise qualité de nombreux vins que Pasteur a considérés comme malades. Les maladies correspondantes étaient liées à des microbes déterminés contaminant le vin. En fin de compte, Pasteur a suggéré une méthode de chauffage pour détruire les microbes indésirables. Ce procédé est appelé maintenant la pasteurisation. L'industrie de la soie lui a demandé d'étudier la *pébrine*, la maladie des vers à soie qui ruinait cette industrie. Après quelques années de travail, Pasteur montra que la maladie était due à un protozoaire parasite.

Les travaux du chirurgien anglais Joseph Lister (1827-1912) sur la prévention des infections des plaies, montrèrent indirectement que les micro-organismes étaient les agents des maladies humaines. Lister, impressionné par les études de Pasteur sur le rôle des micro-organismes dans la fermentation et la putréfaction, développa une méthode chirurgicale, destinée à empêcher l'infection des plaies. Les instruments étaient stérilisés par la chaleur et le phénol utilisé sur les pansements chirurgicaux et parfois vaporisé sur la zone à soigner. Ces méthodes furent couronnées de succès et transformèrent la chirurgie. Le rôle préventif joué par le phénol bactéricide dans les blessures infectées apportait une preuve indirecte du rôle des micro-organismes.

### Les postulats de Koch

La première démonstration directe du rôle des bactéries dans les maladies vint de l'étude du charbon par le médecin allemand Robert Koch (1843-1910). Koch ([figure 1.14](#)) utilisa le critère proposé par son ancien professeur Jacob Henle (1809-1885) entre autres, pour établir la relation entre *Bacillus anthracis* et le charbon et publia ses découvertes en 1876. Koch injecta du matériel provenant d'animaux malades à des souris saines qui devinrent malades. Après avoir inoculé le charbon à une série de 20 souris, il incuba un morceau de rate contenant le bacille du charbon dans du sérum de bœuf. Les

bacilles se multiplièrent et produisirent des spores (endospores). Lorsque ces bacilles ou leurs spores étaient injectés aux souris, ils provoquaient le charbon. Ces critères pour établir les relations causales entre un micro-organisme et une maladie spécifique sont connus sous le nom de **postulats de Koch**. Le fait que *B. anthracis* était responsable du charbon, fut confirmé indépendamment par Pasteur et ses collaborateurs. Ils montrèrent qu'après inhumation des animaux morts, des animaux sains devenaient malades après ingestion de spores ramenées à la surface par les vers de terre.

Après avoir utilisé l'approche générale décrite dans les postulats durant ses études du charbon, Koch les décrivit complètement lors de ses travaux sur les causes de la tuberculose ([figure 1.15](#)). En 1884, il rapporta que cette maladie était due à une bactérie en forme de bâtonnet, *Mycobacterium tuberculosis*. Il reçut le prix Nobel en 1905 pour ses travaux. Les postulats de Koch devinrent rapidement la pierre angulaire de la relation cause à effet entre de nombreuses maladies et un agent infectieux. Mais, leur utilisation n'est pas toujours possible. Certains organismes, comme par exemple *Mycobacterium leprae*, l'agent responsable de la lèpre, ne peuvent être isolés en culture pure. Certaines maladies humaines (comme la fièvre hémorragique d'Ebola) sont à ce point dangereuses et mortelles qu'en l'absence d'un modèle animal approprié, il est impossible de rencontrer les exigences des postulats de Koch. Pour contourner ces difficultés, les microbiologistes utilisent parfois des preuves moléculaires et génétiques. C'est ainsi que les méthodes moléculaires pourraient être utilisées pour détecter directement dans des tissus corporels l'acide nucléique d'un virus, plutôt que d'isoler le virus dans des cultures pures. Ou encore, on pourrait muter les gènes associés à la virulence d'un microbe pathogène. Dans ce cas, l'organisme muté devrait perdre tout ou partie de son pouvoir pathogène



**FIGURE 1.14 Robert Koch.** Koch examinant un spécimen dans son laboratoire.

**Postulats**

1. Le micro-organisme doit être présent dans chaque cas de maladie et être absent chez les individus sains.
  
2. Le micro-organisme suspecté doit être isolé sous forme d'une culture pure.
  
3. La même maladie doit se produire lorsque le micro-organisme purifié est inoculé dans un organisme sain.
  
4. Le même micro-organisme doit pouvoir être réisolé au départ de l'organisme malade.

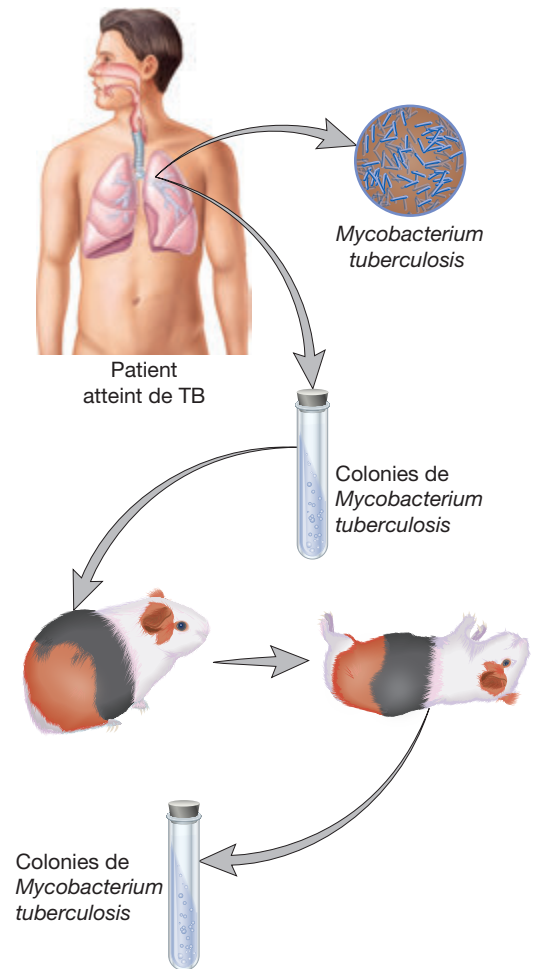
**Expérimentation**

Koch a développé une technique de coloration spécifique pour examiner les tissus humains. *Mycobacterium tuberculosis* a pu être identifié dans le tissu malade.

Koch fait pousser *Mycobacterium tuberculosis* en culture pure avec du sérum de sang coagulé.

Koch injecte des cellules de la culture pure de *Mycobacterium tuberculosis* à des cobayes. Les cobayes meurent de tuberculose.

Au départ des cobayes morts, Koch isole *Mycobacterium tuberculosis* en culture pure sur du sérum de sang coagulé.



**FIGURE 1.15 Postulats de Koch appliqués à la tuberculose.**

et la réintroduction du gène normal dans le mutant devrait restaurer la pathogénicité.

**Les méthodes de culture pure**

Pendant les travaux de Koch sur les maladies bactériennes, il fallut isoler les bactéries pathogènes suspectes en culture pure (une culture ne contenant qu'un seul type de micro-organisme). D'abord, Koch les cultiva sur des tranches de pommes de terre cuites, ce qui n'était pas satisfaisant parce que les bactéries ne se multipliaient pas toujours bien. Finalement, il développa des milieux de culture à base d'extraits de viande et de protéines digérées en raison de leur similarité avec les liquides corporels. Il essaya d'abord de solidifier le milieu en ajoutant de la gélatine. Des colonies bactériennes se développaient après ensemencement de la surface avec un échantillon bactérien. L'échantillon pouvait aussi être mélangé à un milieu gélatineux liquéfié. Quand le milieu à base de gélatine se solidifiait, les bactéries séparées produisaient des colonies séparées.

En dépit de ses avantages, la gélatine n'était pas un agent solidifiant idéal parce qu'elle était digérée par de nombreuses bactéries

et fondait à une température supérieure à 28 °C. Une meilleure alternative fut apportée par Fannie Eilshemius Hesse (1850-1934), épouse de Walther Hesse (1846-1911), un des assistants de Koch. Elle suggéra d'employer l'agar comme agent solidifiant, elle l'avait utilisé pour faire de la gelée. L'agar n'était pas attaqué par les bactéries et ne fondait qu'à une température de 100 °C. De plus, une fois fondu, il ne se solidifiait pas avant d'atteindre la température de 50 °C, éliminant ainsi la manipulation d'un liquide bouillant et donnant du temps pour manipuler le milieu. Certains des milieux développés par Koch et ses collaborateurs, comme le bouillon et l'agar nutritifs, sont encore largement utilisés de nos jours. Un autre outil important développé dans le laboratoire de Koch a été un récipient pour milieu de culture solide, la boîte de Petri, d'après le nom de Richard Petri. Ces développements firent directement progresser tous les domaines de la bactériologie. ▶▶ *Les milieux de culture (section 6.7). L'isolement de cultures pures (section 6.8)*

Notre attention jusqu'ici s'est surtout portée sur les méthodes pour cultiver des bactéries, mais comme les virus pathogènes furent également étudiés à cette époque, des méthodes pour les cultiver ont aussi été mises au point. La découverte des virus et de leur rôle



dans la maladie devint possible quand Charles Chamberland (1851-1908), un des collaborateurs de Pasteur, construisit en 1884 un filtre en porcelaine retenant les bactéries. Dimitri Ivanowski (1864-1920) et Martinus Beijerinck (1851-1931) utilisèrent le filtre pour étudier la maladie de la mosaïque du tabac. Ils trouvèrent que des extraits et de la sève de plantes malades étaient infectieux, même après filtration sur le filtre de Chamberland. Comme l'agent infectieux passait à travers le filtre conçu pour retenir les bactéries, il devait être plus petit qu'une bactérie. Beijerinck proposa les termes « virus filtrable » pour cet agent. Ultérieurement, il fut démontré que les virus étaient de petits agents acellulaires.

1. Discutez les contributions de Lister, Pasteur et Koch à la théorie du rôle des micro-organismes dans la maladie et au traitement ou à la prévention des maladies. Quelles sont les autres contributions de Koch à la microbiologie ?
2. Décrivez les postulats de Koch. Qu'est-ce qu'une culture pure ? Pourquoi les cultures pures sont-elles importantes pour les postulats de Koch ?
3. La microbiologie se serait-elle développée plus lentement si Fannie Hesse n'avait pas suggéré d'utiliser l'agar ? Expliquez votre raisonnement.
4. Certains individus sont infectés par un pathogène et pourtant ne développent pas de maladie. En fait, certains sont des porteurs chroniques du pathogène. Comment cette observation affecte-t-elle les postulats de Koch ? Comment modifier les postulats pour tenir compte de l'existence des porteurs chroniques ?

## L'immunologie

La capacité de cultiver des microbes a aussi joué un rôle déterminant dans les premières études d'immunologie. En étudiant le choléra des poules, Pasteur et Pierre Roux (1853-1933) découvrirent qu'une incubation de leurs cultures pendant de longs intervalles entre les transferts atténuait les bactéries, ce qui signifiait qu'elles avaient perdu leur capacité de provoquer la maladie. Des poulets soumis à ces cultures atténuées restaient sains et devenaient résistants à la maladie. Pasteur appela cette culture atténuée, un *vaccin* (du latin *vacca*, vache) en hommage à Edward Jenner (1749-1823) qui, de nombreuses années auparavant, s'était servi du liquide issu de pustules de la vaccine des vaches pour protéger les hommes de la variole. Peu après, Pasteur et Chamberland préparèrent un vaccin anti-charbon atténué de deux autres manières : par traitement des cultures au bichromate de potassium et par incubation des bactéries à 42-43 °C. ▶▶ *Les vaccins et l'immunisation (section 36.7)*

Pasteur prépara ensuite le vaccin contre la rage en utilisant une souche atténuée du virus de la rage. Au cours de ces travaux, un garçon âgé de 9 ans, Joseph Meister, mordu par un chien enragé, fut présenté à Pasteur. Comme la mort de l'enfant était certaine en l'absence de traitement, Pasteur accepta de le vacciner. Joseph subit 13 injections sur 10 jours avec des préparations de plus en plus virulentes du virus atténué et survécut.

Pour remercier Pasteur de son travail sur les vaccins, des personnes du monde entier contribuèrent à la construction de l'Institut

Pasteur à Paris en France. Une des premières tâches de l'Institut fut la production de vaccins.



**Internet : Rechercher : Institut Pasteur/FR**

Toutes ces avancées pionnières en immunologie ont été réalisées sans savoir comment le système immunitaire fonctionnait. Le système immunitaire utilise des molécules produites par le corps et certains types de cellules sanguines pour protéger l'organisme. Parmi ces molécules, il y a des protéines solubles appelées anticorps, qu'on retrouve dans le sang, la lymphe et d'autres fluides corporels. Le rôle de ces substances solubles dans la prévention de la maladie a été reconnu par Emile von Behring (1854-1917) et Shibasaburo Kitasato (1852-1931). Après la découverte d'une toxine produite par le bacille de la diphtérie, ils injectèrent la toxine diphtérique inactivée à des lapins, ce qui induisait la production d'une antitoxine et protégeait de la maladie. On sait maintenant que ces antitoxines sont des anticorps qui neutralisent les toxines en s'y liant de façon spécifique et constituent l'immunité humorale. Il devint clair que les cellules sanguines étaient aussi importantes dans l'immunité (immunité cellulaire) quand Elie Metchnikoff (1845-1916) découvrit que certains leucocytes pouvaient englober des bactéries pathogènes. Il appela ces cellules des phagocytes et le processus la phagocytose (du grec *phagein*, manger).

## L'écologie microbienne

Les techniques de culture de microbes ont été aussi appliquées à l'étude des bactéries du sol et des habitats aquatiques. L'écologie microbienne se développa lorsque quelques-uns des premiers microbiologistes choisirent d'investiguer le rôle des micro-organismes dans les cycles du carbone, de l'azote et du soufre. Le microbiologiste russe Serguei Winogradsky (1856-1953) apporta beaucoup à la microbiologie du sol. Il découvrit que les bactéries du sol oxydaient le fer, le soufre et l'ammoniaque pour obtenir de l'énergie et que de nombreuses bactéries pouvaient incorporer du CO<sub>2</sub> dans la matière organique à la manière des organismes photosynthétiques. Winogradsky isola aussi du sol des bactéries anaérobies, fixatrices d'azote et étudia la décomposition de la cellulose. Martinus Beijerinck (1851-1931) fut l'un des plus grands microbiologistes pour sa contribution fondamentale à l'écologie microbienne et à de nombreux autres domaines. Il isola la bactérie aérobie fixatrice d'azote, *Azotobacter*, puis une bactérie d'un nodule racinaire également capable de fixer l'azote (appelée plus tard *Rhizobium*), ainsi que des bactéries sulfatoréductrices. Beijerinck et Winogradsky développèrent également la technique d'enrichissement des cultures et l'utilisation de milieux sélectifs, qui sont tellement importants en microbiologie. ▶▶ *Le recyclage biogéochimique (section 26.1). Les milieux de culture (section 6.7)*

1. Comment Jenner, Pasteur, von Behring, Kitasato et Metchnikoff ont-ils contribué au développement de l'immunologie? Pourquoi le fait de pouvoir cultiver des microbes est-il important dans leurs travaux ?
2. Comment Winogradsky et Beijerinck ont-ils contribué à l'étude de l'écologie microbienne ? Quelles nouvelles techniques de culture ont-ils mis au point ?

## 1.4 La microbiologie d'aujourd'hui

La microbiologie contemporaine est aussi diverse que les organismes qu'elle étudie. Comme science, elle est à la fois fondamentale et appliquée. L'orientation fondamentale concerne la biologie des micro-organismes eux-mêmes. L'orientation appliquée concerne des problèmes pratiques tels que la maladie, le traitement de l'eau et des eaux usées, la détérioration et la production des aliments et l'utilisation industrielle des micro-organismes. Les orientations fondamentale et appliquée sont imbriquées l'une dans l'autre. Une recherche fondamentale est souvent menée dans des domaines appliqués et des applications découlent souvent de la recherche fondamentale.

Un développement majeur et récent en microbiologie est l'usage croissant de méthodes moléculaires et génomiques pour étudier les microbes et leurs interactions avec d'autres organismes. Ces méthodes nous introduisent dans une phase de progrès rapides qui rivalise avec l'âge d'or de la microbiologie, au point que beaucoup pensent que nous vivons un second âge d'or de cette science. Ces importants progrès dans les méthodes moléculaires et génomiques sont décrits ci-dessous ainsi que la recherche qu'elles soutiennent dans les nombreuses disciplines de la microbiologie.

### Les méthodes moléculaires et génomiques pour étudier les microbes

Les méthodes moléculaires et génomiques pour étudier les microbes relèvent du génie génétique, c.-à-d. de la capacité acquise par les scientifiques de manipuler les gènes et le génome des organismes étudiés. Le **génome** d'un organisme est toute l'information génétique qu'un organisme contient. Pour étudier de simples gènes ou le génome entier, les microbiologistes doivent pouvoir isoler l'ADN et l'ARN, couper l'ADN en morceaux, insérer un morceau d'ADN dans un autre, et déterminer la séquence des nucléotides dans l'ADN (et parfois dans l'ARN).

Couper l'ADN en petits morceaux fut rendu possible, dans les années 1960, par la découverte par Werner Arber et Hamilton O. Smith que des enzymes bactériennes pouvaient couper l'ADN double brin. Ces enzymes sont connues sous le nom d'endonucléases de restriction ou, simplement, enzymes de restriction. Cette découverte fut suivie relativement vite par l'annonce en 1972 que David Jackson, Robert Symons et Paul Berg avaient fabriqué avec succès des molécules d'ADN recombinées, molécules réalisées en combinant ensemble deux molécules d'ADN ou plus. Ils l'ont fait en coupant l'ADN de deux organismes différents avec la même enzyme de restriction, puis en mélangeant les fragments obtenus et en les reliant ensemble avec une enzyme appelée ADN ligase. ►► *Développements majeurs dans la technologie de l'ADN recombinant (section 15.1)*

La percée fondamentale qui a suivi a été le développement de méthodes pour déterminer la séquence de nucléotides dans l'ARN et l'ADN. Les techniques de séquençage de l'ARN sont essentielles au travail de Carl Woese décrit dans la section 1.1. Cependant, c'est surtout l'ADN qui sera séquencé. Dans les années 1970, Frederick Sanger introduisit une méthode qui est encore celle la plus couramment utilisée pour déchiffrer l'ADN. Pendant les trente années qui ont suivi, cette méthode a été modifiée et adaptée pour des systèmes entièrement automatisés de sorte qu'actuellement ce n'est qu'une

question de jours pour arriver à séquencer le génome entier des micro-organismes. ►► *Séquençage du génome (section 16.2)*

Mais le séquençage des génomes n'est que la première étape dans l'**analyse génomique**. Une fois qu'on a le génome en main, il faut encore pouvoir en déchiffrer l'information y contenue. Les étapes en sont : identifier les gènes susceptibles de correspondre à une protéine, déterminer la fonction encodée et identifier les autres régions du génome qui peuvent avoir d'autres fonctions importantes autres que l'encodage de protéines, comme les gènes qui encodent pour l'ARNr et l'ARNt ou les séquences qui interviennent dans la régulation de l'expression des gènes. Ce travail exige l'intervention d'ordinateurs et une nouvelle discipline en a émergé : la bioinformatique est la discipline qui gère la masse toujours croissante d'informations génétiques susceptibles d'être analysées. La bioinformatique est impliquée dans la détermination des fonctions gouvernées par les gènes et est aussi sollicitée pour générer des hypothèses qui seront, par après, soit testées *in silico* (c.-à-d. dans l'ordinateur), soit au laboratoire. ►► *Bioinformatique (section 16.3)*

### Les domaines majeurs de la microbiologie

Bien que les microbes pathogènes ne soient qu'une minorité, ils concentrent beaucoup d'attention. Un des domaines les plus actifs et importants est donc la microbiologie médicale qui s'occupe des maladies humaines et animales. Les microbiologistes identifient l'agent responsable d'une maladie infectieuse et prennent les mesures pour l'éliminer. Fréquemment, ils sont impliqués dans l'identification de nouveaux agents pathogènes tels que l'agent responsable de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (version humaine de la maladie de la vache folle), du hantavirus responsable du syndrome pulmonaire, du virus du Nil occidental (West Nile virus) lié à des encéphalites. Ces microbiologistes étudient aussi la façon dont les micro-organismes provoquent la maladie. Notre compréhension du rôle des microbes, dans la maladie se cristallise à partir du moment où nous pouvons les isoler en cultures pures, la section 1.3 nous l'a rappelé. Aujourd'hui, les microbiologistes des laboratoires cliniques et hospitaliers utilisent la microscopie et une grande variété de techniques basées sur les cultures microbiennes pour fournir l'information requise par les médecins pour diagnostiquer des maladies infectieuses. De plus en plus aussi, les méthodes de génétique moléculaire y interviennent.

L'ouverture de ce chapitre a signalé que de grandes épidémies ont régulièrement affecté l'histoire de l'humanité. La grippe pandémique de 1918 (« grippe espagnole ») en est un exemple impressionnant : elle a tué en à peine un an, plus de 50 millions de personnes. La microbiologie de santé publique s'occupe de contrôler la propagation des maladies contagieuses. Les microbiologistes de santé publique mesurent la fréquence des maladies contagieuses dans la population. Leurs observations leur permettent de repérer les foyers d'infection émergents, de suivre les développements épidémiques et d'assurer les mesures de contrôle appropriées. Ils surveillent aussi bien les maladies émergentes que les événements liés au bioterrorisme, de même que les entreprises alimentaires et les approvisionnements en eau de la communauté dans le but de les garder sains et dépourvus d'agents infectieux.

L'immunologie s'intéresse à la façon dont le système immunitaire protège le corps contre les germes pathogènes et à la réponse des agents infectieux. C'est un des domaines qui se développent le plus rapidement, et l'accélération de sa croissance coïncide notamment

avec la découverte du virus de l'immunodéficience humaine (HIV) qui cible spécifiquement les cellules du système immunitaire. L'immunologie traite aussi des problèmes pratiques de santé tels que la nature et le traitement des allergies et des maladies auto-immunes comme l'arthrite rhumatoïde. ►► *Techniques et applications 29.1. La technologie des anticorps monoclonaux*

L'écologie microbienne, un autre domaine important de la microbiologie, s'est développée lorsque des pionniers comme Winogradsky et Beijerinck ont choisi de s'y intéresser plutôt qu'au rôle des microbes dans les maladies. Aujourd'hui, une palette d'approches sont utilisées pour décrire l'immense diversité des microbes en termes de physiologie, de morphologie et d'interactions entre les micro-organismes et les constituants de leurs habitats. Bien que les contributions globales et locales des micro-organismes aux cycles du carbone, de l'azote et du soufre soient bien documentées, de nombreuses questions attendent encore leur réponse. En particulier, l'attention se tourne sur le rôle des microbes dans la production et l'élimination des gaz à effets de serre comme le méthane et le dioxyde de carbone. L'étude des effets de la pollution sur les micro-organismes est aussi très importante à cause de leur impact sur l'environnement. On utilise les micro-organismes dans la bioremédiation pour réduire la pollution. L'étude des microbes normalement associés au corps humain est devenue une nouvelle frontière de l'écologie microbienne. En effet, les scientifiques essaient actuellement d'identifier tous les membres des diverses communautés qui colonisent la peau, les muqueuses et le gros intestin en faisant recours aux techniques moléculaires qui ont émergé des travaux pionniers de Woese pour établir la phylogénie des microbes. ►► *Changements climatiques globaux (section 26.2) ; Biodegradation et bioremédiation dans les communautés naturelles (section 42.3)*

La microbiologie agronomique, reliée à la fois à la médecine et à l'écologie microbienne, concerne l'impact des micro-organismes sur l'agriculture. Les bactéries fixatrices de l'azote atmosphérique sont centrales dans le cycle de l'azote et la fertilité des sols. Considérons aussi les bactéries colonisant les systèmes digestifs des ruminants comme ceux du bétail d'élevage et qui métabolisent les végétaux ingérés et n'oublions pas les pathogènes des plantes et des animaux d'élevage. Les scientifiques s'efforcent ainsi de combattre les maladies végétales qui affectent les cultures d'importance alimentaire, essayent d'augmenter la fertilité du sol ainsi que le rendement des récoltes et étudient le rôle des micro-organismes dans l'appareil digestif des ruminants tels que les bovins. Actuellement, on s'intéresse beaucoup à l'utilisation de bactéries ou de virus pathogènes des insectes comme substituts des pesticides chimiques. ►► *Biotechnologie agronomique (section 41.4)*

La microbiologie agronomique a facilité la production abondante et rapide d'une nourriture de qualité, de même, la microbiologie alimentaire et laitière. De nombreux aliments sont fabriqués à base de micro-organismes. D'autre part, certains microbes abiment la nourriture et d'autres, pathogènes, se disséminent via l'alimentation. Un exemple bien connu de ce dernier danger est l'*Escherichia coli* O157:H7, qui, en 2006, a causé une maladie qui s'est répandue très largement lorsqu'elle a contaminé une filière importante de production d'épinards aux États-Unis. Les microbiologistes de l'alimentation et de l'industrie laitière essaient d'empêcher la contamination de la nourriture et la transmission des maladies alimentaires, et ont mis au point de nombreuses techniques pour la détection précoce

de pathogènes dans la nourriture. A nouveau, ces techniques font de plus en plus appel à des méthodes moléculaires. Dans le futur, les micro-organismes eux-mêmes seront une source nutritive importante pour le bétail et l'homme. ►► *La microbiologie alimentaire (chapitre 40)*

Depuis des milliers d'années, les humains ont utilisé des microbes sans trop s'en rendre compte. L'usage conscient et systématique des microbes en microbiologie industrielle n'a pas débuté avant le XIX<sup>ème</sup> siècle. La microbiologie industrielle s'est créée pour une large part au départ des travaux de Pasteur sur les fermentations alcooliques (section 1.3). Son succès a conduit au développement de la pasteurisation pour préserver le vin pendant le stockage. Les études de Pasteur sur la fermentation se sont poursuivies pendant 20 ans. Une de ses découvertes majeures a été l'observation que certains microbes impliqués dans la fermentation étaient anaérobies et ne pouvaient vivre qu'en absence d'oxygène (anaérobies stricts), tandis que d'autres pouvaient vivre de façon aérobie ou anaérobie. ►► *Le contrôle de la dégradation des aliments (section 40.2)*

Une autre avancée capitale en microbiologie industrielle survint lorsqu'en 1929, Alexander Fleming découvrit que le champignon *Penicillium* produisait ce qu'il appela la pénicilline, le premier antibiotique qui pouvait contrôler avec succès les infections bactériennes. Bien qu'il ait fallu attendre la seconde guerre mondiale pour que les scientifiques apprennent à la produire en masse, ils trouvèrent vite d'autres organismes capables de produire d'autres antibiotiques ainsi que des composés tels que l'acide citrique, la vitamine B12 et le glutamate monosodique. Aujourd'hui, ils utilisent des micro-organismes pour produire des substances telles que des antibiotiques, des vaccins, des stéroïdes, des alcools et d'autres solvants, des vitamines, des acides aminés et des enzymes. Les microbiologistes industriels identifient les micro-organismes utiles à l'industrie, leur ajoutent certaines caractéristiques et développent des systèmes pour les cultiver et isoler les produits ainsi fabriqués.

Les progrès en microbiologie médicale, agronomique, alimentaire et industrielle sont, à bien des égards, des conséquences directes des travaux effectués en recherche fondamentale par des microbiologistes dans des domaines tels que la physiologie, la génétique, la biologie moléculaire et la bioinformatique. La diversité métabolique des microbes est considérable : ils peuvent employer une large variété de sources d'énergie incluant la matière organique, des substances inorganiques, comme l'hydrogène ou l'ammoniac, et la lumière solaire. Les spécialistes en physiologie et la biochimie microbienne étudient de nombreux aspects de la biologie des micro-organismes. Ils s'intéressent, par exemple, à la synthèse des antibiotiques et des toxines, à la production d'énergie, à la façon dont les micro-organismes survivent aux conditions extrêmes, à la fixation de l'azote, aux effets d'agents chimiques et physiques sur la croissance et la survie microbiennes. Les généticiens, biologistes moléculaires et bioinformaticiens se concentrent sur la nature de l'information génétique et sur la façon dont elle régule le développement et le fonctionnement des cellules et des organismes. Les bactéries *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*, la levure de boulangerie *Saccharomyces cerevisiae* et les bactériophages T4 et lambda restent toujours des modèles importants pour comprendre les phénomènes biologiques.

Vu l'importance pratique des microbes, leur emploi comme systèmes modèles, l'apparition de l'analyse génomique globale, on peut considérer que l'avenir de la microbiologie est brillant. La

génomique est en train de révolutionner la microbiologie : en effet, nous commençons à comprendre les organismes in toto, plutôt que par le biais de l'approche réductionniste parcellaire. Comment évoluent les génomes des microbes, la nature des interactions hôtes-pathogènes, la combinaison minimale de gènes requis pour la survie d'un organisme, et de nombreux autres sujets de recherche sont à l'heure actuelle étudiés avec ardeur via les approches moléculaires et génomiques. L'époque est excitante pour un microbiologiste. Que le voyage proposé dans ces pages vous soit agréable !



Cherchez sur Internet : *Carrières en microbiologie/ASM*

1. Depuis les années 70, les microbiologistes sont capables d'étudier des gènes isolés et des génomes entiers au niveau moléculaire. Quels types de progrès cela a-t-il permis ?
2. Décrivez brièvement les principales sous-disciplines de la microbiologie. Lesquelles considérez-vous comme appliquées et lesquelles fondamentales ?
3. Pourquoi les micro-organismes sont-ils tellement utiles aux biologistes comme modèles expérimentaux ?
4. Donnez toutes les activités ou entreprises auxquelles vous pouvez penser qui dépendent directement de la microbiologie.

## Résumé

### 1.1 Les membres du monde microbien

- a. La microbiologie étudie des organismes microscopiques qui sont souvent unicellulaires ou qui, s'ils sont pluricellulaires, n'ont pas de tissus très différenciés. La discipline s'intéresse aussi à des entités biologiques acellulaires, c'est-à-dire qui ne sont pas composées de cellules (**figure 1.1**).
- b. Les cellules procaryotes diffèrent des cellules eucaryotes par l'absence d'une membrane nucléaire et par d'autres éléments également.
- c. Les microbiologistes répartissent les organismes en trois domaines : les *Bacteria*, les *Archaea* et les *Eucarya*.
- d. Les domaines des *Bacteria* et des *Archaea* comprennent les micro-organismes procaryotes. Les micro-organismes eucaryotes (protistes et champignons) sont placés dans les *Eucarya*. Les virus sont des entités acellulaires qui ne sont placées dans aucun domaine et qui sont classées selon un système différent.

### 1.2 L'évolution microbienne

- a. Les données fossiles de l'évolution microbienne sont très rares et clairsemées. Par conséquent, les biologistes et autres scientifiques intéressés par l'origine de la vie doivent s'appuyer sur de multiples sortes de preuves.
- b. La Terre a environ 4,5 milliards d'années. La vie a émergé pendant le premier milliard d'années de son existence.
- c. L'hypothèse du monde d'ARN postule que la plus ancienne entité auto-répliquative sur la Terre a utilisé de l'ARN à la fois pour emmagasiner de l'information génétique et pour conduire des processus cellulaires. La découverte des ribozymes et de molécules d'ARN régulateur soutient cette hypothèse.
- d. L'examen de l'arbre phylogénétique universel de la vie fournit de l'information sur l'évolution de la vie après son émergence. L'arbre est basé sur les comparaisons des gènes de la petite sous-unité de l'ARNr (ARNr PSU).
- e. Le dernier ancêtre universel commun (LUCA) est placé sur la branche bactérienne de l'arbre phylogénétique universel. En conséquence, les *Bacteria* ont été les premières à diverger,

tandis que les *Archaea* et les *Eukarya* ont partagé ensemble une longue ligne d'ascendants communs jusqu'à ce qu'elles finissent par diverger les unes des autres, pour devenir des domaines séparés.

- f. De nombreux arguments soutiennent l'hypothèse endosymbiotique postulant que les mitochondries, les chloroplastes et les hydrogénosomes dérivent d'endosymbiotes bactériens des cellules eucaryotiques ancestrales. Cette hypothèse a été récemment modifiée par l'hypothèse hydrogène, laquelle propose que l'endosymbiote bactérien originel était anaérobie. Dans certains eucaryotes ancestraux, l'endosymbiote a développé la capacité d'effectuer la respiration aérobie. Chez d'autres eucaryotes, l'endosymbiote est resté un anaérobie et a évolué comme hydrogénosome.
- g. Le concept d'espèce chez les bactéries et les archées est difficile à définir et est une source de débats animés puisque ces organismes ne se reproduisent pas sexuellement. Toutefois, leurs espèces sont nommées en utilisant le système binomial de Linné.

### 1.3 La microbiologie et ses origines

- a. La microbiologie est définie non seulement par les organismes qu'elle étudie mais aussi par les outils qu'elle utilise. La microscopie et les techniques de culture des microbes ont joué et jouent encore un rôle déterminant dans l'évolution de cette discipline scientifique.
- b. Antonie van Leeuwenhoek est le premier à avoir décrit des micro-organismes de façon extensive. Il a utilisé des microscopes simples et décrit des bactéries et des protistes (**figure 1.11**).
- c. Les techniques basées sur la culture des microbes ont commencé à se développer pendant la controverse sur la génération spontanée. Les expériences de Redi et d'autres ont discrédité la théorie de la génération spontanée en ce qui concerne les plus grands organismes. La génération spontanée des micro-organismes a été réfutée par Spallanzani, Pasteur, Tyndall, Cohn et d'autres.
- d. L'existence de techniques pour cultiver les micro-organismes a été importante pour l'étude des microbes comme agents

causatifs de maladies. Les arguments en faveur du rôle des micro-organismes dans la maladie viennent des travaux de Bassi, Pasteur, Koch et d'autres. Avec le développement de la chirurgie aseptique, Lister en a apporté une preuve indirecte.

- e. Les postulats de Koch sont utilisés pour prouver une relation directe entre un agent pathogène suspect et une maladie. Lorsque Koch et ses collaborateurs ont appliqués les postulats de Koch pour l'étude du charbon et de la tuberculose, ils ont aussi développé les techniques nécessaires au développement des bactéries sur milieux solides et à l'isolement de cultures pures d'agents pathogènes (**figure 1.15**).
- f. Les virus ont été découverts et les méthodes pour les cultiver se sont aussi développées. Dimitri Ivanowski et Martinus Beijerinck ont fortement contribué aux débuts de la virologie.
- g. La capacité de cultiver des bactéries et des virus a contribué au développement de l'immunologie. Les vaccins contre le charbon et la rage ont été préparés par Pasteur en générant des cultures atténuées de *Bacillus anthracis* et du virus de la rage. Les anticorps, produits solubles du système immunitaire ont été découverts par von Behring et Kitasato pendant leurs travaux sur la diphtérie. Metchnikoff a découvert que certains leucocytes du sang peuvent phagocyter et détruire des bactéries pathogènes.

- h. L'écologie microbienne a pris son essor au départ des travaux de Winogradsky et Beijerinck. Ils ont étudié le rôle des micro-organismes dans les cycles du carbone, de l'azote et du soufre et développé des techniques d'enrichissement dans les cultures et des milieux sélectifs.

## 1.4 La microbiologie aujourd'hui

- a. Aujourd'hui, les méthodes moléculaires et génomiques ont ouvert la voie à la description des microbes comme systèmes biologiques. Ces analyses ont été rendues possibles par les chercheurs qui ont développé des techniques pour isoler l'ADN, découper les molécules d'ADN en fragments, rejoindre ensemble des fragments d'ADN d'origines différentes, et déterminer la séquence nucléotidique de l'ADN.
- b. Il y a une grande variété de domaines en microbiologie. Ils comprennent des disciplines plus appliquées comme la microbiologie médicale et la microbiologie de la santé publique, la microbiologie industrielle, alimentaire et laitière. L'écologie, la physiologie, la biochimie et la génétique des micro-organismes sont autant d'exemples de domaines de la microbiologie de base. Les méthodes moléculaires et génomiques jouent un rôle de plus en plus important en microbiologie.

## Questions de réflexion

1. Considérez l'impact des micro-organismes sur le cours de l'histoire du monde. Il y a de nombreux exemples historiques de circonstances dans lesquelles un groupe de personnes a perdu une bataille contre un autre groupe. En fait, quand on y regarde de plus près, les « perdants » avaient souvent le malheur d'être plus exposés ou plus sensibles à un agent infectieux ou incapables d'y résister. Affaiblis ou démoralisés par une maladie dévastatrice, ils étaient facilement vaincus par les « conquérants ».
  - a. Choisissez un exemple de bataille ou autre activité humaine comme l'exploration d'un territoire nouveau et déterminez le rôle des micro-organismes indigènes ou importés dans la région.
  - b. Discutez l'effet des micro-organismes sur l'issue de l'événement choisi comme exemple.
  - c. Examinez si l'avènement des antibiotiques, des techniques de préparation ou de conservation des aliments ou des procédés de stérilisation aurait modifié cette issue.
2. van Leeuwenhoek est souvent considéré comme le père de la Microbiologie. Toutefois, de nombreux historiens estiment que Louis Pasteur ou Robert Koch ou peut-être les deux méritent cet honneur. A votre avis, qui est le père de la microbiologie et pourquoi ?
3. Passez en revue les découvertes mentionnées dans les sections 1.3 et 1.4. A votre avis, lesquelles sont les plus importantes pour le développement de la microbiologie et pourquoi ?
4. La vaccination contre différentes maladies infantiles a contribué à l'entrée des femmes, particulièrement des mères, sur le marché du travail à temps plein.
  - a. Cette idée est-elle supportée par des données comparant la disponibilité et l'étendue des vaccinations avec les statistiques de l'emploi à différents endroits et différentes époques ?
  - b. Avant la vaccination contre la rougeole, les oreillons et la varicelle, quels étaient le temps d'incubation et la durée de ces maladies infantiles ? Quelles conséquences ces maladies ont-elles eues pour des mères avec plusieurs enfants en âge d'école primaire si elles avaient du travail à temps plein et peu d'aide pour les enfants ?
  - c. Qu'arriverait-il si les enfants de toute une génération (ou un groupe d'enfants d'un pays) n'étaient pas vaccinés contre toutes ces maladies ? Et que se passerait-il si ces jeunes vivaient en internat au contact d'autres qui auraient reçu tous les vaccins recommandés ?
5. Les scientifiques sont très intéressés de savoir quand les cyanobactéries ont émergé puisque, étant les premiers organismes capables de photosynthèse oxygénique, elles ont ainsi déclenché une augmentation brutale de l'oxygène atmosphérique. Pendant de nombreuses années, on a considéré que la preuve fossile la plus ancienne de présence de cyanobactéries remontait à 2,15 milliards d'années. A la fin du 20<sup>ème</sup> siècle, des marqueurs biolipidiques furent détectés dans des échantillons géologiques d'Australie Occidentale et ont fait penser que les cyanobactéries étaient déjà là, il

y a 2,7 milliards d'années. Toutefois, en 2008, on a prouvé que ces lipides étaient des contaminants, et l'on est revenu à l'estimation de 2,15 milliards d'années pour les cyanobactéries. Discutez les défis spécifiques que l'on rencontre dans l'étude de l'évolution ancienne des microbes. Confrontez-les

à l'avènement des marqueurs moléculaires comme la petite sous-unité de l'ARNr pour évaluer l'évolution des microbes.

**LIRE L'ARTICLE ORIGINAL** Rasmussen, B et al. 2008. Reassessing the first appearance of eukaryotes and cyanobacteria. *Nature* 455:1101

### *Pour en savoir plus*

Pour en savoir plus, visitez le site web [www.mhhe.com/willey8](http://www.mhhe.com/willey8), où vous trouverez une liste de références complète.

# 2

## L'étude de la structure microbienne : la microscopie et la préparation des échantillons



*Clostridium tetani, une bactérie en forme de bâtonnet, qui forme des endospores et libère la toxine tétanique, responsable du tétanos. Sur cette image (colorisée) en contraste de phase, les endospores sont ovales, brillantes et situées aux extrémités des bâtonnets.*

### GLOSSAIRE DU CHAPITRE

**Coloration de Gram** Procédé de coloration différentielle, qui divise les bactéries en deux grands groupes (les Gram-négatives et les Gram-positives) et basé sur la capacité de retenir le cristal violet après la décoloration avec un solvant organique comme l'éthanol.

**Coloration négative** Procédé de coloration par lequel un colorant rend le fond sombre sans colorer l'échantillon.

**Coloration simple** Consiste à colorer un échantillon avec un seul colorant.

**Fixation** Procédé par lequel les structures internes et externes des cellules sont préservées et fixées en position.

**Indice de réfraction** Une mesure de la capacité à défléchir un rayon lumineux de son chemin direct lorsqu'il passe d'un milieu (p.ex. le verre) à un autre (p.ex. l'air).

**Microscope à contraste de phase** Microscope qui convertit de faibles différences d'indice de réfraction et de densité cellulaire, en différences d'intensités lumineuses, facilement observables.

**Microscope à contraste d'interférence différentielle** Microscope optique qui emploie deux rayons de lumière plane polarisée. Les rayons sont combinés après passage à travers l'échantillon et leur interférence est utilisée pour créer l'image.

**Microscope à fluorescence** Microscope qui expose l'échantillon à une lumière de longueur d'onde spécifique et forme alors une image grâce à la lumière fluorescente émise produite. L'échantillon est habituellement coloré au moyen d'une substance fluorescente ou **fluorochrome**

**Microscope à fond clair** Microscope où l'objet est directement illuminé de manière intense et forme une image sombre sur un fond plus clair.

**Microscope à fond noir** Microscope où l'échantillon est fortement éclairé, alors que le fond est noir.

**Microscope à force atomique** Microscope à balayage de sonde qui donne une image d'une surface en déplaçant une fine sonde à une distance constante de cette surface. Une force très légère est exercée sur la pointe et le mouvement de la sonde est suivi au laser.

**Microscope confocal à balayage au laser** Microscope optique dans lequel le rayon laser monochromatique balaie l'échantillon à un niveau donné et illumine un point à la fois pour former une image. La lumière perdue dans les autres parties de l'objet est éliminée ce qui donne une image dont le contraste et la résolution sont excellents.

**Microscope électronique à balayage** Microscope électronique qui balaie la surface de l'échantillon avec un faisceau d'électrons et forme une image de cette surface à partir des électrons émis par celle-ci.

**Microscope électronique à transmission** Microscope qui forme une image en faisant passer un faisceau d'électrons à travers un échantillon et en concentrant les électrons dispersés à l'aide de lentilles magnétiques.

**Parfocal** Microscope qui maintient sa mise au point lorsqu'on change les objectifs.

**Résolution** Capacité d'un microscope de séparer ou de distinguer de petits objets proches l'un de l'autre.

La microbiologie s'intéresse habituellement à des organismes si petits qu'ils ne peuvent être vus distinctement à l'œil nu. Les microorganismes et les entités étudiées par les microbiologistes se rangent depuis les virus dont la taille se mesure en nanomètres (nm) aux protistes dont les plus grands atteignent 200  $\mu\text{m}$  de diamètre (**table 2.1**). Le microscope a par conséquent une importance fondamentale pour observer les microorganismes et comprendre leur structure, d'autant plus que certains types de microscopie fournissent de précieuses informations sur les fonctions des structures observées. Il est donc essentiel de comprendre le fonctionnement du microscope et la façon de préparer les échantillons à examiner.

Les microscopes d'aujourd'hui sont bien différents de ceux construits par van Leeuwenhoek au 17<sup>ème</sup> siècle (voir figure 1.11). Ses microscopes sont des microscopes optiques, et les microscopes optiques sont toujours les microscopes le plus couramment utilisés. Le chapitre commence par l'examen détaillé du microscope à fond clair standard, il décrit ensuite d'autres types courants de microscopes optiques, y compris la microscopie confocale, puis la préparation et la coloration

des échantillons à examiner à l'aide du microscope optique. Vient ensuite la description des microscopes électroniques à transmission et à balayage, dont on fait un usage considérable en microbiologie moderne. Le chapitre se termine par un bref aperçu de la microscopie électronique à balayage.

Tableau 2.1		Unités de mesure les plus utilisées
Unité	Abréviation	Valeur
1 centimètre	cm	$10^{-2}$ mètre
1 millimètre	mm	$10^{-3}$ mètre
1 micromètre	$\mu\text{m}$	$10^{-6}$ mètre
1 nanomètre	nm	$10^{-9}$ mètre
1 Angstrom	Å	$10^{-10}$ mètre

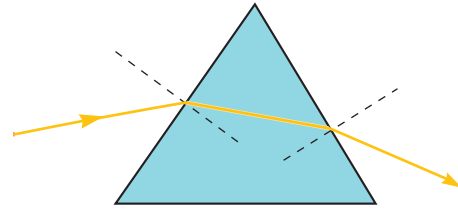
## 2.1 Les lentilles et la déviation de la lumière

Pour comprendre le fonctionnement d'un microscope optique, il faut connaître la façon dont les lentilles dirigent la lumière pour former des images. Quand un rayon lumineux passe d'un milieu à un autre, il est **réfracté** ; il est dévié à l'interface entre les deux milieux. L'**indice de réfraction** mesure de combien une substance ralentit la vitesse de la lumière. La direction et l'angle de déviation sont déterminés par les indices de réfraction des deux milieux formant l'interface. Quand un rayon lumineux passe de l'air dans du verre, un milieu à indice de réfraction plus grand, il est ralenti et est dévié vers la normale, une ligne perpendiculaire à la surface (figure 2.1). Quand le rayon lumineux quitte le verre et retourne dans l'air, un milieu dont l'indice de réfraction est plus petit, il est accéléré et s'écarte de la normale. Un prisme de verre dévie un rayon lumineux, parce qu'il a un indice de réfraction différent de celui de l'air, et le rayon lumineux fait un angle à sa surface.

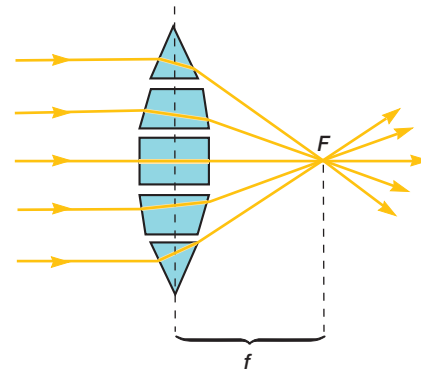
Les lentilles fonctionnent comme une collection de prismes opérant ensemble. Quand la source lumineuse est éloignée, les rayons lumineux qui pénètrent dans la lentille sont pratiquement parallèles. La lentille convexe focalise ces rayons en un point spécifique, le **foyer** ( $F$  dans la figure 2.2). La distance entre le centre de la lentille et le foyer est appelée **distance focale** ( $f$  dans la figure 2.2).

Nous ne pouvons pas accommoder notre regard sur des objets situés à une distance de moins de 25 cm (tableau 2.1). On dépasse cette limite en utilisant une lentille convexe comme simple loupe (ou microscope) et en la tenant tout près de l'objet. Une loupe donne une image nette, à une distance beaucoup plus proche de l'œil, et l'objet apparaît plus grand. La puissance d'une lentille dépend de la distance focale ; une lentille ayant une distance focale courte agrandit plus un objet qu'une lentille dont la distance focale est plus grande.

1. Définissez réfraction, indice de réfraction, foyer et distance focale.
2. Décrivez le chemin d'un rayon lumineux au travers d'un prisme.
3. Quelle est la puissance d'une lentille par rapport à la distance focale ? Comment ce principe est-il appliqué aux verres correcteurs montés dans les lunettes ?



**FIGURE 2.1** La déviation de la lumière par un prisme. Les normales (droites perpendiculaires à la surface du prisme) sont indiquées par des traits interrompus. Quand le rayon lumineux pénètre dans le prisme, il dévie vers la première normale. Quand le faisceau lumineux quitte le verre et retourne dans l'air, il s'écarte de la normale. Le prisme dévie donc le faisceau lumineux qui le traverse.



**FIGURE 2.2** Le fonctionnement d'une lentille. Une lentille fonctionne un peu comme une collection de prismes. Les rayons lumineux provenant d'une source éloignée sont focalisés au foyer ( $F$ ). Le foyer se trouve à une distance  $f$ , la distance focale, du centre de la lentille.

### Figure 2.2 Mini-enquête

Si la lentille montrée ici était plus épaisse, que deviendrait la distance focale ?

## 2.2 Le microscope optique

Les microbiologistes utilisent couramment divers microscopes optiques : le microscope à fond clair, à fond noir, à contraste de phase, à fluorescence et confocal. Chaque sorte de microscope a son utilité pour des applications précises. Les microscopes modernes sont tous des microscopes composés : l'image agrandie formée par l'**objectif**, soit la lentille la plus proche de l'échantillon, est agrandie par une ou plusieurs lentilles supplémentaires.



## Le microscope à fond clair

Le **microscope à fond clair** est utilisé en routine dans les laboratoires de microbiologie où il peut être employé pour l'analyse d'échantillons traités par des colorants fixateurs ou non traités. Ce microscope est ainsi appelé parce qu'il forme, en effet, une image foncée sur un fond clair. Le microscope est constitué d'un corps métallique robuste ou pied, composé d'un socle et d'une potence sur laquelle les autres parties sont attachées (**figure 2.3**). La source lumineuse, un miroir ou une ampoule électrique, est située dans le socle. Deux boutons de focalisation, les boutons d'ajustement fin et grossier, sont localisés sur la potence et peuvent déplacer soit le plateau, soit le porte-objectifs pour mettre au point l'image.

La platine est positionnée à mi-hauteur de la potence et maintient les lames porte-objets par de simples pinces ou par une pince mécanique. Le chariot mécanique permet à l'opérateur de déplacer la lame porte-objet doucement grâce à deux boutons de contrôle, tout en procédant à l'observation. Le **condenseur** est monté à l'intérieur ou sous le plateau et dirige le faisceau lumineux vers la lame porte-objet. Sa position est souvent fixe sur les microscopes les plus simples mais peut être ajustée sur les modèles plus évolués.

La partie supérieure courbe de la potence porte le corps auquel sont attachés le porte-objectifs et un ou plusieurs **oculaires**. Les microscopes plus évolués ont des oculaires pour les deux yeux et sont appelés microscopes binoculaires. Le corps lui-même contient une série de miroirs et de prismes, la partie cylindrique portant

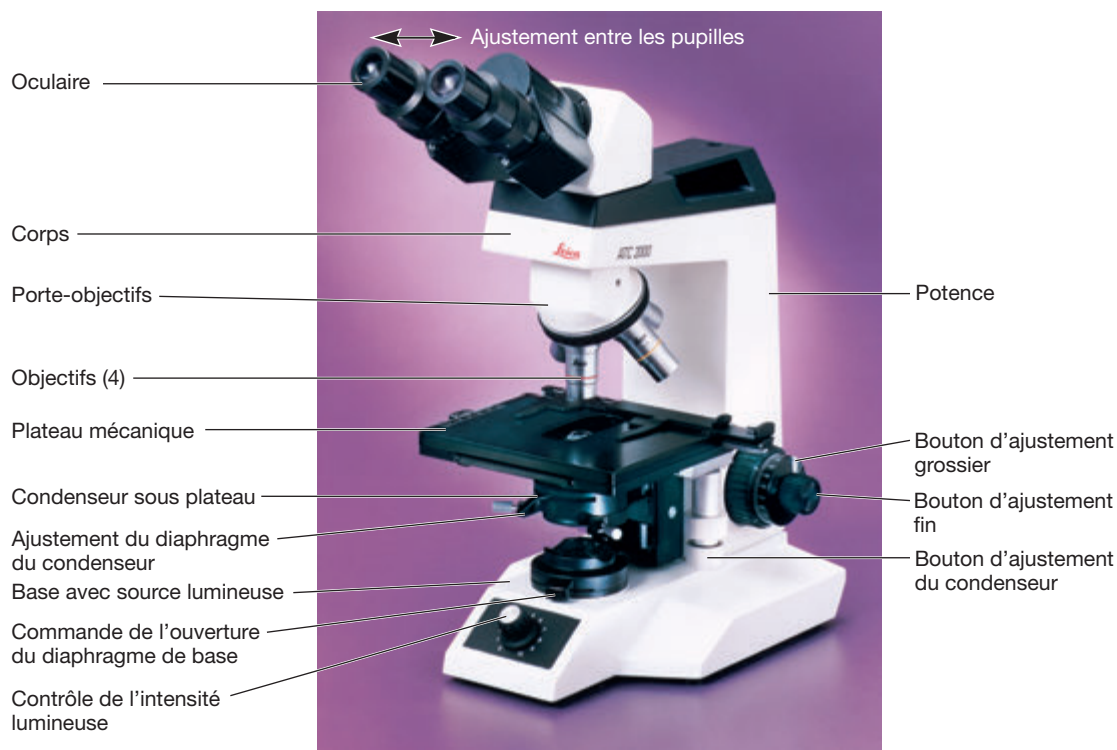
l'oculaire peut ainsi être inclinée pour faciliter l'observation. Le porte-objectifs porte trois à cinq **objectifs** avec des lentilles de puissance de grossissement différente, il pivote pour placer n'importe quel objectif sous le corps. Idéalement, il faudrait un microscope compensateur ou **parfocal**, c'est-à-dire que l'image devrait rester au point quand on change d'objectif.

L'image vue lors de l'examen d'un échantillon dans un microscope composé est créée par l'action combinée de l'objectif et de l'oculaire. La lumière provenant de l'échantillon illuminé est focalisée par l'objectif formant une image agrandie dans le microscope. L'oculaire agrandit encore cette première image. Le grossissement total est calculé en multipliant le grossissement de l'objectif par celui de l'oculaire. Par exemple, si un objectif 45× est utilisé avec un oculaire 10×, le grossissement total de l'échantillon sera de 450×.

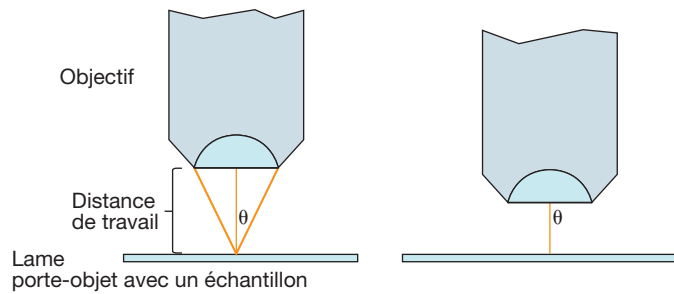
## La résolution du microscope

La partie la plus importante du microscope est l'objectif. Il doit produire une image nette et pas seulement un agrandissement. La résolution est donc très importante. La **résolution** est la capacité d'une lentille de séparer ou distinguer des petits objets proches l'un de l'autre.

C'est le physicien allemand Ernst Abbé qui, dans les années 1870, développa en grande partie la théorie de l'optique d'un microscope. La distance minimale ( $d$ ) entre deux objets, qui permet de les discerner l'un de l'autre, est donnée par l'équation de Abbé,



**FIGURE 2.3** Un microscope à fond clair. Le microscope représenté est un peu plus sophistiqué que ceux des laboratoires pour étudiants. Il s'agit d'un binoculaire (il a deux oculaires) possédant un chariot mécanique, un condenseur ajustable et une ampoule électrique encastrée.



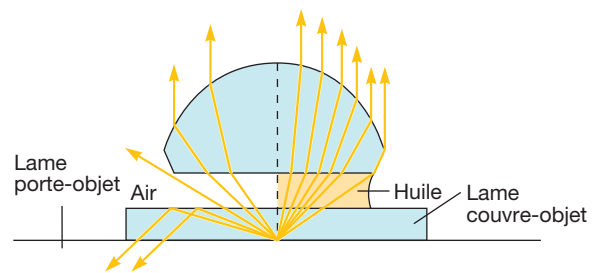
**FIGURE 2.4** L'ouverture numérique d'un microscope. L'ouverture angulaire  $\theta$  est la moitié de l'angle du cône de lumière qui vient de l'échantillon et pénètre dans la lentille. L'ouverture numérique est  $n \sin \theta$ . À droite de l'illustration, la lentille a une ouverture angulaire et numérique plus grande, sa résolution est plus grande et sa distance de travail plus petite.

dans laquelle  $\lambda$  (lambda) est la longueur d'onde de la lumière utilisée pour éclairer l'échantillon et  $n \sin \theta$  est l'**ouverture numérique**.

$$d = \frac{0,5\lambda}{n \sin \theta}$$

Lorsque  $d$  devient plus petit, la résolution augmente et des détails plus fins peuvent être discernés dans un échantillon ;  $d$  devient plus petit lorsque la longueur d'onde de la lumière utilisée diminue et lorsque l'ouverture numérique (ON) augmente. La plus grande résolution est donc obtenue avec une lentille d'ouverture numérique la plus grande possible et une lumière de la longueur d'onde la plus courte, à la fin du bleu dans le spectre visible (entre 450 et 500 nm).

L'ouverture numérique ( $n \sin \theta$ ) est plus difficile à comprendre. Elle est définie par deux composants :  $n$  est l'indice de réfraction et  $\theta$  est la moitié de l'angle du cône de lumière entrant dans l'objectif (figure 2.4). Quand le cône a un angle très étroit et seffile en un point, il ne se disperse pas beaucoup après avoir quitté la lame et par conséquent ne sépare pas de façon adéquate les images d'objets très proches l'un de l'autre. Si le cône de lumière a un angle très large et se disperse rapidement après avoir traversé l'échantillon, des objets très proches l'un de l'autre apparaîtront bien séparés et résolus. L'angle du cône de lumière, qui peut pénétrer dans une lentille, dépend de l'indice de réfraction ( $n$ ) du milieu dans lequel la lentille se situe tout autant que de l'objectif lui-même. L'indice de réfraction de l'air est 1,00. Puisque  $\sin \theta$  ne peut pas être plus grand que 1 ( $\theta$  maximum est  $90^\circ$  et  $\sin 90^\circ$  est 1,00). Aucune lentille utilisée dans l'air ne peut donc avoir une ouverture numérique supérieure à 1,00. Le seul moyen pratique d'augmenter l'ouverture numérique au-dessus de 1,00 et donc d'atteindre une meilleure résolution, est d'augmenter l'indice de réfraction avec de l'huile à immersion, un liquide incolore ayant le même indice de réfraction que le verre (tableau 2.2). Si on remplace l'air par de l'huile à immersion, les rayons lumineux, qui ne pénétraient pas dans l'objectif à cause de la réflexion et de la réfraction à la surface de l'objectif et de la lame, y entreront (figure 2.5). Il en résulte une augmentation de l'ouverture numérique et de la résolution.



**FIGURE 2.5** L'objectif à immersion. Objectif à immersion opérant dans l'air et dans l'huile à immersion.

L'ouverture numérique dépend d'une autre caractéristique de l'objectif, la distance de travail. La **distance de travail** d'un objectif est la distance entre la surface inférieure de l'objectif et la surface de la lame couvre-objet (s'il y en a une) ou de l'échantillon après une mise au point fine. Les objectifs ayant de grandes ouvertures numériques et un grand pouvoir de résolution ont une courte distance de travail (tableau 2.2).

La résolution d'un microscope composé dépend aussi de l'ouverture numérique (ON) du condenseur comme le montre l'équation suivante :

$$d_{\text{microscope}} = \frac{\lambda}{(ON_{\text{objectif}} + ON_{\text{condenseur}})}$$

Le condenseur est une grande lentille convergente qui dirige un large cône de lumière à travers la lame et dans l'objectif. Dans la plupart des microscopes, le condenseur a une ouverture numérique comprise entre 1,2 et 1,4. Cependant, l'ouverture numérique du condenseur ne dépassera pas 0,9 environ à moins qu'il n'y ait de l'huile entre le sommet du condenseur et le bas de la lame. En microscopie courante, il n'y a pas d'huile sur le condenseur, ce qui limite la résolution globale du microscope même équipé d'un objectif à immersion.

Bien que la résolution du microscope dépende du condenseur et de l'objectif, de manière générale, la limite de la résolution d'un microscope optique est calculée en utilisant l'équation d'Abbé applicable au seul objectif. Le pouvoir de résolution théorique maximum d'un microscope avec un objectif à immersion (ouverture numérique de 1,25) et de la lumière bleu-vert est approximativement de  $0,2 \mu\text{m}$ .

$$d = \frac{(0,5)(530 \text{ nm})}{1,25} = 212 \text{ nm ou } 0,2 \mu\text{m}$$

Au mieux, un microscope à fond clair permet de distinguer deux points séparés de  $0,2 \mu\text{m}$  (la même dimension qu'une toute petite bactérie). Par conséquent, la grande majorité des virus ne peut être examinée à l'aide d'un microscope optique.

Il est possible de déterminer le plus fort grossissement d'un microscope optique – le grossissement nécessaire pour augmenter la taille du plus petit objet pouvant être résolu. Notre œil peut à peine

**Tableau 2.2** Les propriétés des objectifs de microscope

Propriété	Objectif			
	Balayage	Faible puissance	Puissance élevée	Huile à immersion
Grossissement	4×	10×	40–45×	90–100×
Ouverture numérique	0,10	0,25	0,55–0,65	1,25–1,4
Distance focale approximative ( <i>f</i> )	40 mm	16 mm	4 mm	1,8–2,0 mm
Distance de travail	17–20 mm	4–8 mm	0,5–0,7 mm	0,1 mm
Pouvoir de résolution approximatif avec une lumière de 450 nm (lumière bleue)	2,3 μm	0,9 μm	0,35 μm	0,18 μm

détecter un point de 0,2 mm de diamètre et par conséquent la limite utile du grossissement est environ 1 000 fois l'ouverture numérique de l'objectif. La plupart des microscopes standards ont un oculaire de 10× et le grossissement maximum avec l'huile à immersion est de 1 000×. Un oculaire 15× est utilisé avec de bons objectifs pour atteindre un grossissement de 1 500×. Une augmentation supplémentaire du grossissement ne permettra pas de voir plus de détails. On pourrait construire un microscope optique qui aurait un grossissement final de 10 000×, mais l'image serait floue. Seul le microscope électronique a une résolution suffisante pour permettre des grossissements plus importants.

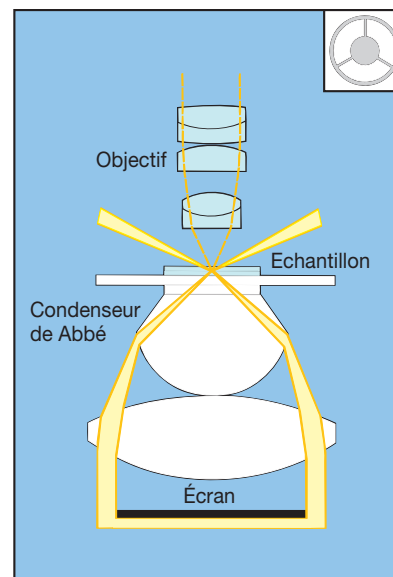


Rechercher : Microscopy

## Le microscope à fond noir

Les cellules vivantes non pigmentées ne sont pas clairement visibles au microscope à fond clair à cause de la faible différence de contraste entre les cellules et l'eau. Ainsi qu'il apparaîtra dans la section 2.3, une solution à ce problème est de tuer et colorer les cellules avant de les observer, ceci pour augmenter le contraste et produire des différences de coloration entre les structures cellulaires. Mais que faire si un chercheur doit observer des cellules vivantes de façon à suivre un processus dynamique tel qu'un mouvement ou une phagocytose ? Trois types de microscope optique peuvent créer des images claires et détaillées de spécimens vivants : le microscope à fond noir, le microscope à contraste de phase et le microscope à contraste d'interférence différentielle.

Le **microscope à fond noir** permet d'observer les cellules et les organismes vivants non colorés en modifiant simplement la façon dont ils sont éclairés. Un cône creux de lumière est dirigé vers l'échantillon de telle sorte que les rayons non réfléchis et non réfractés n'entrent pas dans l'objectif. Seule la lumière réfléchie ou réfractée par l'échantillon forme une image (figure 2.6). Le champ qui entoure l'échantillon apparaît noir, tandis que l'objet lui-même est brillant (figure 2.7). Le microscope à fond noir peut révéler de grandes structures internes dans les plus grands micro-organismes eucaryotes (figure 2.7b). Il est également utilisé pour identifier des bactéries telles que *Treponema pallidum*, responsable de la syphilis et de forme mince caractéristique (figure 2.7a).



**FIGURE 2.6** Le microscope à fond noir. La façon la plus simple de convertir un microscope en microscope à fond noir est de placer un écran sous un condenseur à lentilles convergentes. Ce condenseur produit un cône creux de lumière et la lumière, qui entre dans l'objectif, vient uniquement de l'échantillon.

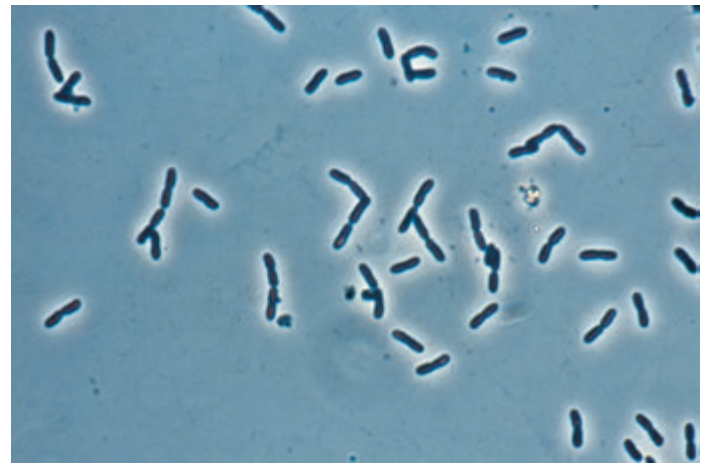
## Le microscope à contraste de phase

Un **microscope à contraste de phase** transforme de légères différences d'indice de réfraction et de densité cellulaire en différences d'intensité lumineuse observables.

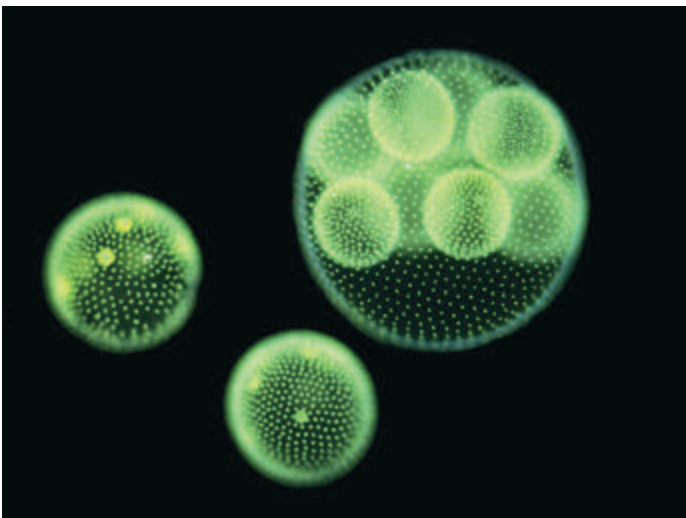
Le condenseur du microscope à contraste de phase possède un disque opaque avec un anneau transparent qui produit un cône lumineux creux (figure 2.9). Quand ce cône passe au travers d'une cellule, certains rayons lumineux sont déviés à cause des variations de densité et d'indice de réfraction dans l'échantillon et sont retardés d'environ 1/4 de longueur d'onde. La lumière déviée est dirigée pour former une image de l'objet. Les rayons lumineux non déviés touchent l'anneau de phase dans la lame de phase, un disque optique spécial localisé dans l'objectif, alors que les rayons déviés ne passent pas par l'anneau mais au travers de la partie épaissie de la lame de



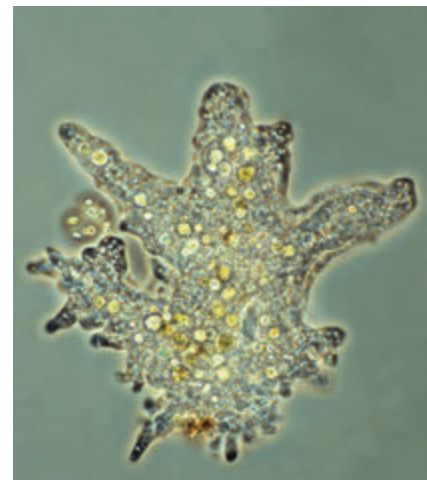
(a) *T. pallidum*



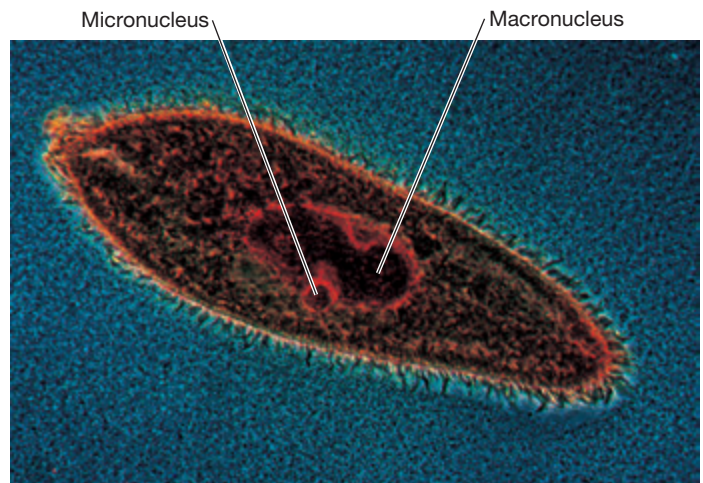
(a) *Pseudomonas*



(b) *Volvox*



(b) Une amibe



(c) *Paramecium*

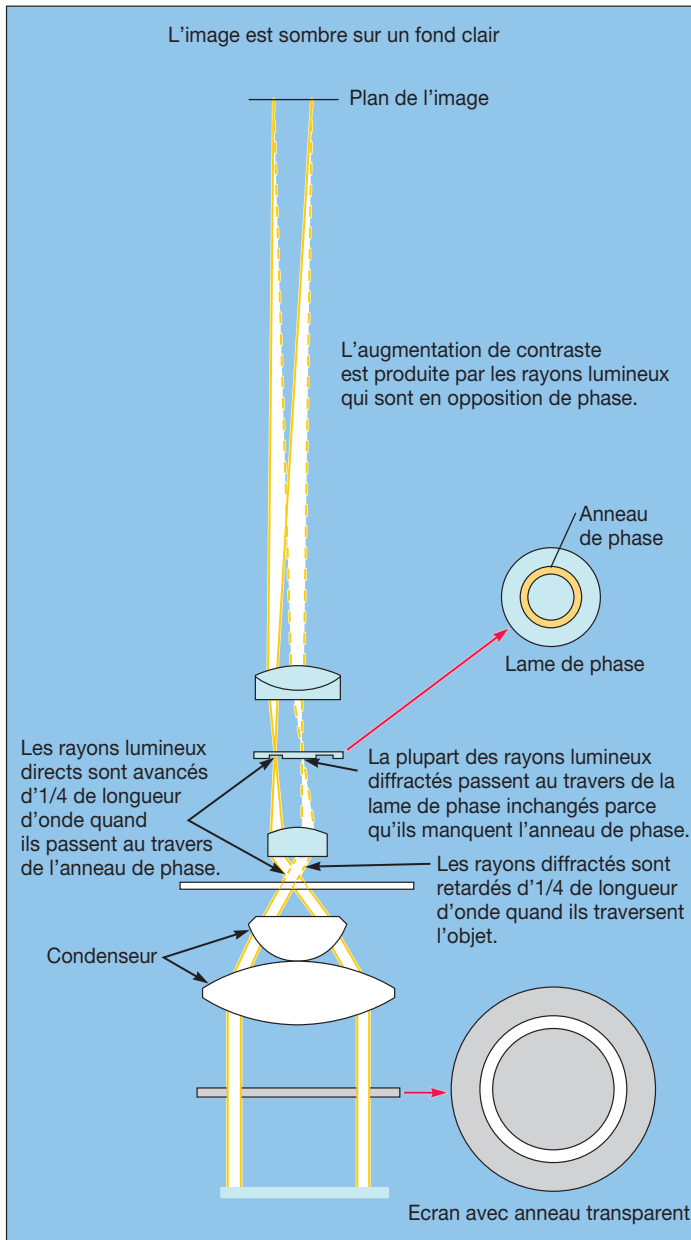
**FIGURE 2.7 Observations à l'aide de microscopes à fond noir.**

(a) *Treponema pallidum*, spirochète responsable de la syphilis (b) *Volvox*. Notez les colonies filles à l'intérieur de la colonie mature de *Volvox*.

phase. Si l'anneau de phase est construit de sorte que le faisceau non dévié le traversant soit avancé d'1/4 de longueur d'onde, les rayons déviés et non déviés seront déphasés d'environ 1/2 longueur d'onde et s'annuleront quand ils viendront former l'image ensemble (figure 2.10). Le fond formé par la lumière non déviée est clair tandis que l'objet non coloré apparaît sombre et bien défini. Ce type de

**FIGURE 2.8 Observations à l'aide de microscopes à contraste de phase**

(a) Cellules de *Pseudomonas*, d'une longueur de 1 à 3  $\mu\text{m}$  (b) une amibe. (c) *Paramecium* coloré pour montrer le macronoyau central et le micronoyau sphérique ( $\times 100$ ).



**FIGURE 2.9** Le microscope à contraste de phase. Schéma de l'optique.

*Figure 2.9* **Mini-enquête**

Quelle est la fonction de l'anneau de phase dans un microscope à contraste de phase ? Est-il présent dans d'autres types de microscope optique ?

microscope est appelé microscope à contraste de phase à fond noir. Des filtres colorés sont souvent utilisés pour améliorer l'image.

Le microscope à contraste de phase est spécialement utilisé pour étudier la mobilité microbienne, pour déterminer la forme des cellules vivantes et pour détecter des constituants bactériens tels que les endospores et les corps d'inclusion. Ils sont clairement

visibles car leur indice de réfraction est assez différent de celui de l'eau. Les microscopes à contraste de phase servent aussi beaucoup à l'étude des cellules eucaryotes. ►► *Les endospores bactériennes (section 3.8). Les inclusions (section 3.5)*

## Le microscope à contraste d'interférence différentielle

Le **microscope à contraste d'interférence différentielle (DIC)** ressemble au microscope à contraste de phase en ce qu'il produit une image en détectant des différences d'indice de réfraction et d'épaisseur. Des prismes génèrent deux rayons de lumière polarisée dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre. Dans un type de microscope, un rayon passe à travers l'échantillon tandis que l'autre traverse une zone claire de la lame. Après ce passage, les deux rayons sont recombinaés et interfèrent l'un avec l'autre pour former une image. Un échantillon vivant, non coloré, apparaît ainsi en trois dimensions et avec des couleurs vives (**figure 2.11**). Des structures comme les parois cellulaires, les endospores, les granules, les vacuoles et les noyaux de cellules eucaryotes sont nettement visibles.



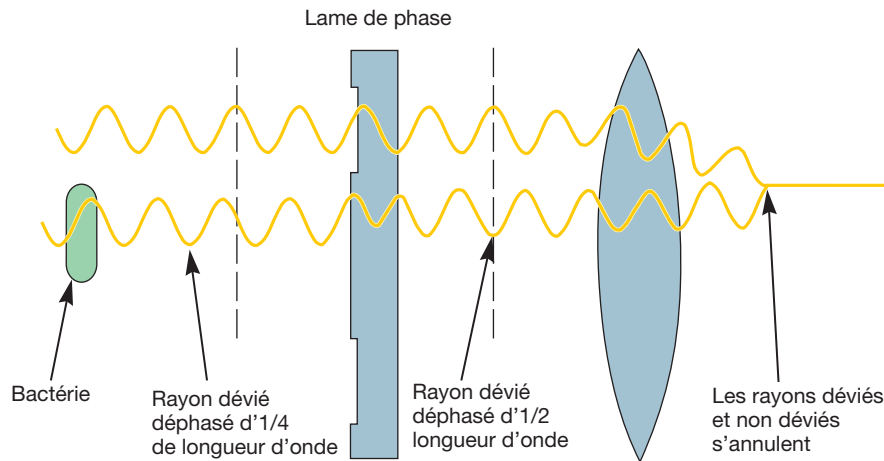
*Rechercher sur internet : Microscopie (DIC) Nomarsky /JIC*

1. Faites la liste des parties d'un microscope et décrivez leur fonction
2. Si un échantillon est examiné en utilisant un objectif  $5\times$  dans un microscope avec un oculaire  $15\times$ , l'image obtenue sera agrandie de combien de fois ?
3. Expliquez comment la résolution d'une image dépend de la longueur d'onde, de l'indice de réfraction et de l'ouverture numérique. Comment l'ouverture numérique et le grossissement sont-ils reliés ?
4. Quelle est la fonction de l'huile d'immersion ?
5. Pourquoi la plupart des microscopes optiques n'utilisent pas d'oculaire  $30\times$  pour des grossissements plus forts ?

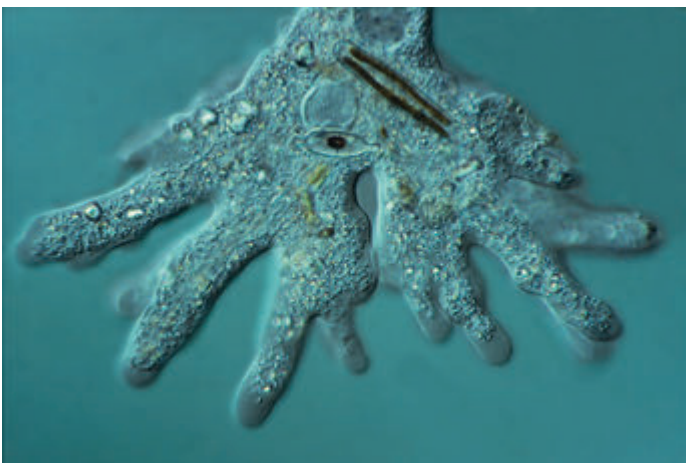
## Le microscope à fluorescence

Les microscopes considérés jusqu'à présent forment une image à partir de la lumière qui passe au travers de l'échantillon. Un objet peut aussi être vu parce qu'il émet de la lumière, ce qui est la base de la microscopie à fluorescence. Certaines molécules, lorsqu'elles absorbent une énergie radiante, sont excitées et ensuite libèrent une grande partie de cette énergie sous forme de lumière. Toute lumière émise par une molécule excitée aura une longueur d'onde plus grande (ou sera de plus faible énergie) que la radiation originellement absorbée. La **lumière fluorescente** est émise très rapidement par la molécule excitée qui libère l'énergie accumulée et retourne à un état plus stable.

Dans le **microscope à fluorescence**, on éclaire l'échantillon avec une lumière ultra-violette, violette ou bleue, la lumière fluorescente résultante produira l'image de l'objet. La microscopie à fluorescence la plus communément utilisée est la microscopie à épifluorescence, également appelée microscopie à fluorescence à lumière incidente ou à lumière réfléchi. Les microscopes à épifluorescence ont un

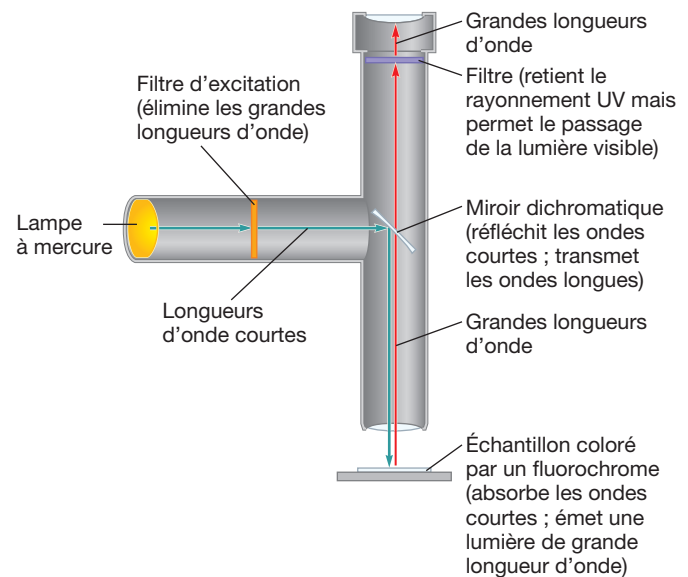


**FIGURE 2.10** La production de contraste dans un microscope à contraste de phase. Le trajet des rayons lumineux déviés et non déviés ou non diffractés dans un microscope à contraste de phase. Les rayons lumineux tendant à s'annuler, l'image de l'échantillon sera sombre sur un fond clair.



**FIGURE 2.11** Le microscope à contraste d'interférence différentielle. Une image du protozoaire *Amoeba proteus*. Cette image en trois dimensions contient une information considérable.

objectif qui agit comme un condenseur (figure 2.12). Une lampe à mercure (ou autre source) produit un rayon lumineux qui passe au travers d'un filtre d'excitation. Ce dernier transmet seulement la lumière d'excitation de la longueur d'onde désirée qui est ensuite dirigée vers le bas du microscope par un miroir particulier appelé miroir dichromatique. Ce miroir réfléchit les faibles longueurs d'onde (c.-à-d. : la lumière d'excitation), mais laisse passer les grandes longueurs d'onde. La lumière d'excitation descend et traverse l'objectif jusqu'à l'échantillon qui est habituellement traité avec des molécules colorantes spéciales appelées **fluorochromes** (tableau 2.3). Le fluorochrome absorbe l'énergie du rayonnement d'excitation et fluoresce avec éclat. La lumière fluorescente émise remonte dans le microscope à travers l'objectif. Comme la lumière émise a une plus grande longueur d'onde, elle traverse le miroir dichromatique et atteint un

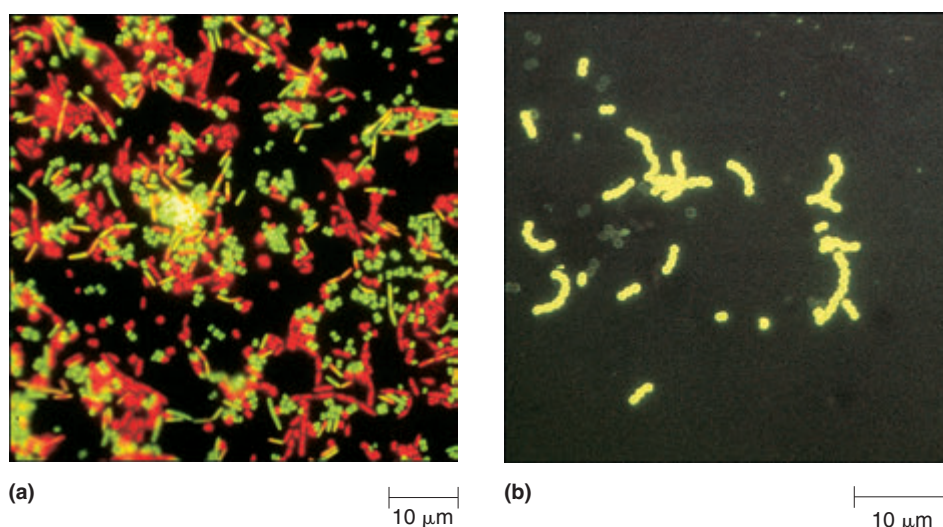


**FIGURE 2.12** Le microscope à épifluorescence. Les principes du fonctionnement du microscope à épifluorescence.

filtre qui arrête toute lumière d'excitation restante. Finalement, la lumière émise traverse le filtre jusqu'à l'oculaire.

Le microscope à fluorescence est devenu très important en microbiologie. Des bactéries pathogènes peuvent être identifiées après coloration à l'aide de fluorochromes ou après marquage spécifique avec des anticorps fluorescents en utilisant des techniques d'immunofluorescence. En écologie, on utilise le microscope à fluorescence pour observer des micro-organismes marqués par des sondes fluorescentes ou des fluorochromes qui se fixent sur des constituants cellulaires spécifiques (tableau 2.3). En outre, les écologistes utilisent la microscopie à épifluorescence pour voir

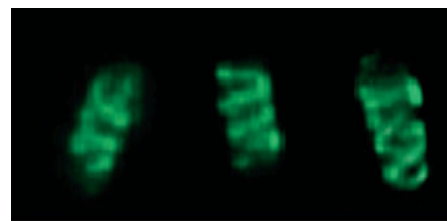
Tableau 2.3 Fluorochromes communément employés	
Fluorochrome	Usages
Acridine orange	Colore l'ADN
Diamino-2-phényl indole (DAPI)	Colore l'ADN
Isothiocyanate de fluorescéine (FITC)	Souvent liée aux anticorps qui fixent des composants cellulaires spécifiques ou des sondes d'ADN
Isothiocyanate de tétraméthyle rhodamine (rhodamine)	Souvent liée aux anticorps qui fixent des composants cellulaires spécifiques



**FIGURE 2.13 Colorants et marqueurs fluorescents.** (a) Colorants qui permettent d'émettre une fluorescence verte pour les cellules vivantes et rouge pour les mortes. (b) Des anticorps fluorescents marquent des molécules spécifiques. Dans ce cas, l'anticorps se fixe à une molécule spécifique de *Streptococcus pyogenes*, pathogène responsable de l'angine.

les micro-organismes photosynthétiques car leurs pigments fluorescent naturellement lorsqu'ils sont excités par une lumière de longueur d'onde spécifique. Il est même possible de distinguer les bactéries vivantes des mortes par leur fluorescence après traitement par un mélange spécial de colorants (figure 2.13a). On peut ainsi visualiser et compter directement les micro-organismes dans une niche écologique relativement peu perturbée. ►► *L'identification des micro-organismes dans les échantillons : les techniques microscopiques (section 35.2)*

Un autre usage important de la microscopie à fluorescence est la localisation de protéines spécifiques à l'intérieur des cellules. Une approche courante est d'utiliser les techniques du génie génétique qui fusionnent le gène gouvernant la protéine étudiée avec un gène isolé d'une méduse appartenant au genre *Aequorea*. Ce gène de méduse gouverne une protéine qui émet naturellement de la fluorescence verte lorsqu'exposée à certaines longueurs d'onde et qui est appelée « protéine à fluorescence verte/ green fluorescent protein » ou GFP. Depuis sa découverte, ce gène a été modifié pour créer des protéines qui émettent de la fluorescence de diverses couleurs. La GFP et ses variantes ont été abondamment utilisées dans les



**FIGURE 2.14 La protéine fluorescente verte.** Visualisation de Mbl, une protéine du cytosquelette de *Bacillus subtilis*. La protéine hélicoïdale Mbl a été fusionnée avec la protéine fluorescente verte et, donc, émet une fluorescence verte.

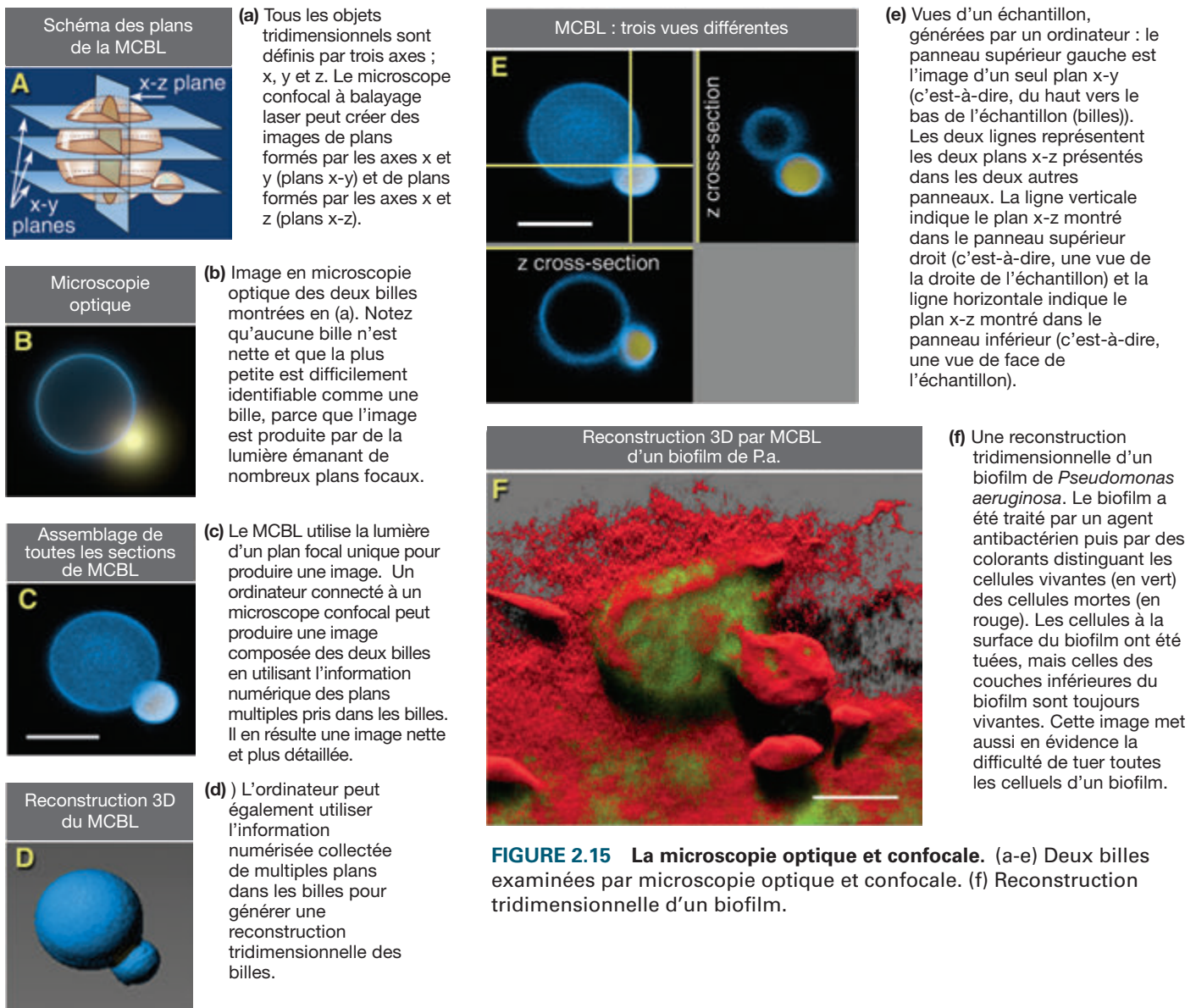
recherches sur la division cellulaire des bactéries et les phénomènes connexes (figure 2.14). Par ailleurs, le Prix Nobel de Chimie a été attribué en 2008 à Osamu Shimomura (Japon) et aux américains Martin Chalfie et Roger Tsien pour les développements de cet outil important. ►► *Les marquages fluorescents (section 15.7)*

## La microscopie confocale

Comme la grosse et la petite bille montrée dans la **figure 2.15a**, les spécimens biologiques sont tridimensionnels. Lors de l'examen d'objets de ce type dans un microscope conventionnel, la lumière de toutes les zones de l'objet, pas seulement de la zone de mise au point, entre dans le microscope et est utilisée pour créer une image brouillée et confuse. Ce problème a été résolu par le développement du **microscope confocal à balayage laser (MCBL)** ou plus simplement microscope confocal. Dans ce microscope, un rayon laser monochromatique illumine un échantillon habituellement rendu fluorescent. Un composant important de ce microscope est une ouverture, placée au-dessus de l'objectif, qui bloque alors les rayons parasites venant des parties de l'échantillon inférieures et supérieures au plan

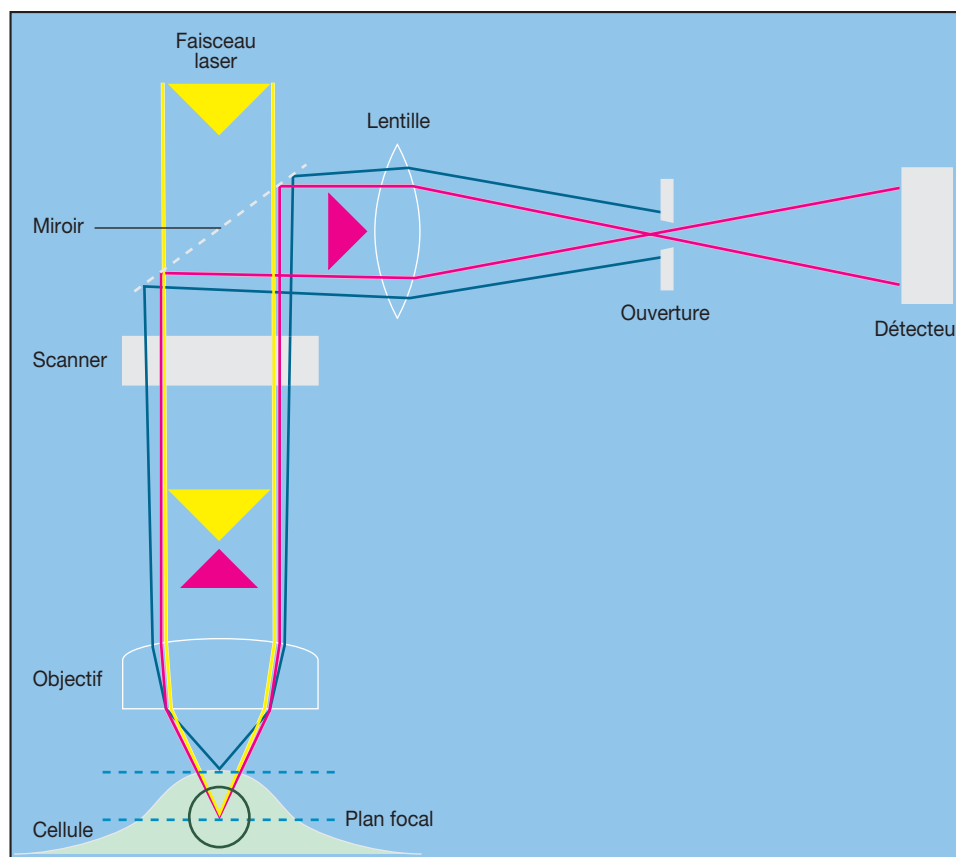
focal (**figure 2.16**). Grâce à cela, seule la lumière provenant du plan focal sert à créer une image nette.

Un ordinateur est indispensable pour former des images confocales. Il reçoit les informations numérisées de chaque plan de l'échantillon examiné. Ces informations permettent de créer une image composite très claire et détaillée (**figure 2.15c**) ou de créer une reconstruction tridimensionnelle de l'échantillon (**figure 2.15d**). Des images de coupes dans le plan x-z de l'échantillon peuvent également être générées pour donner à l'observateur des vues de l'échantillon sous trois angles (**figure 2.15e**). La microscopie confocale a de nombreuses applications, y compris dans l'étude des biofilms, qui peuvent se former sur de nombreux types de surfaces, entre autres sur des dispositifs médicaux à demeure comme les hanches artificielles. La **figure 2.15f** montre qu'il est difficile de



**FIGURE 2.15** La microscopie optique et confocale. (a-e) Deux billes examinées par microscopie optique et confocale. (f) Reconstruction tridimensionnelle d'un biofilm.





**FIGURE 2.16** Le trajet du rayon dans un microscope confocal à balayage laser. Les lignes jaunes représentent le faisceau laser éclairant. Les lignes rouges symbolisent la lumière provenant du plan focal et les lignes bleues indiquent la lumière provenant de l'échantillon au-dessus et au-dessous du plan focal. Voir texte pour plus d'explications.

*Figure 2.16* **Mini-enquête**

En quoi diffère la source lumineuse d'un microscope confocal par rapport à d'autres microscopes optiques ?

tuer toutes les cellules dans un biofilm. C'est un sujet de préoccupation dans le domaine médical car la formation de biofilms sur des dispositifs médicaux peut entraîner des infections difficiles à traiter. ►► *Les biofilms* (section 7.7)

1. Faut-il colorer tous les spécimens biologiques examinés au microscope à fluorescence avec un fluorochrome ? Détaillez votre réponse.
2. En quoi la GFP ressemble-t-elle à un fluorochrome et en quoi s'en distingue-t-elle ? Quel est l'avantage de la GFP par rapport à un fluorochrome traditionnel ?
3. Comment fonctionne un microscope confocal ? Pourquoi donne-t-il de meilleures images d'un échantillon épais qu'un microscope optique composé de type standard ?
4. Décrivez brièvement comment fonctionnent les microscopes de type suivant : à fond noir, à contraste d'interférence différentielle, à épifluorescence et confocal, et les images produites par chacun, ainsi qu'une application spécifique pour chacun.

## 2.3 La préparation et la coloration des échantillons

Bien que les micro-organismes vivants puissent être directement examinés au microscope optique, ils doivent souvent être fixés et colorés pour augmenter la visibilité, pour accentuer les particularités morphologiques spécifiques et pour les conserver en vue d'études ultérieures.

### La fixation

Les cellules colorées, observées au microscope, devraient ressembler le plus possible aux cellules vivantes. La **fixation** est le procédé par lequel les structures internes et externes des cellules et des organismes sont conservées et fixées en place. Elle inactive les enzymes qui peuvent détruire la morphologie cellulaire et durcit les structures pour qu'elles ne se modifient pas durant la coloration et l'observation. Le micro-organisme est habituellement tué et fermement fixé à la lame porte-objet durant la fixation.

Il y a deux types fondamentalement différents de fixation. Les bactériologistes utilisent régulièrement une **fixation à la chaleur** pour observer les procaryotes. Ils chauffent doucement un film bactérien (un frottis) séché à l'air en le passant dans une flamme. Cela conserve correctement la morphologie générale mais pas les structures intracellulaires. La **fixation chimique** doit être utilisée pour protéger les structures cellulaires fines et la morphologie de micro-organismes plus grands et plus délicats. Les fixateurs chimiques pénètrent dans les cellules et réagissent avec les composants cellulaires, généralement les protéines et les lipides, afin de les rendre inactifs, insolubles et immobiles. Les mélanges de fixateurs les plus courants contiennent des composés tels que l'éthanol, l'acide acétique, le chlorure mercurique, le formaldéhyde et le glutaraldéhyde.

### Les colorants et la coloration simple

Les nombreux types de colorants utilisés pour visualiser les micro-organismes ont deux propriétés en commun. Ils sont colorés grâce à la présence de **groupes chromophores** possédant des doubles liaisons conjuguées. Ils peuvent se lier aux cellules par interaction ionique, covalente ou hydrophobe. La plupart des colorants colorent directement la cellule ou l'objet étudié mais certains (p.ex. l'encre de Chine et la nigrosine) sont employés pour obtenir une coloration négative où le fond, mais pas la cellule, est colorée. Les cellules non colorées apparaissent comme des objets brillants sur un fond noir.

Les colorants, qui se fixent par interactions ioniques, sont sans doute les plus couramment utilisés. Ils sont divisés en deux classes générales suivant la nature de leurs groupes chargés.

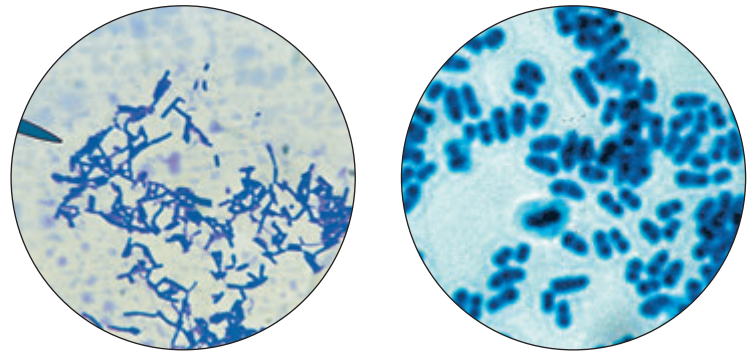
1. Les **colorants basiques** – bleu de méthylène, fuchsine basique, cristal violet, safranine, vert de malachite – ont des groupes chargés positivement (habituellement certaines formes d'azote pentavalent). Ils sont généralement vendus sous forme de chlorures. Les colorants basiques se fixent aux molécules chargées négativement comme les acides nucléiques et de nombreuses protéines et la surface des cellules bactériennes.
2. Les **colorants acides** – éosine, rose Bengale et fuchsine acide – possèdent des groupes chargés négativement tels que les groupes carboxyle ( $-\text{COOH}$ ) et hydroxyle des phénols ( $-\text{OH}$ ). Les colorants acides, à cause de leur charge négative, se lient aux structures cellulaires chargées positivement.

Le pH peut altérer l'efficacité de la coloration puisque la nature et le degré de la charge des constituants cellulaires varient avec le pH. Ainsi, les colorants anioniques colorent mieux les protéines et de nombreuses autres molécules portant une charge positive dans des conditions acides ; les colorants basiques sont plus efficaces aux pH élevés.

Les colorants qui se fixent de façon covalente ou grâce à leurs propriétés de solubilité ont également une utilité. L'ADN, par exemple, est coloré par la méthode de Feulgen où le réactif de Schiff est fixé par liaison covalente au désoxyribose, après traitement à l'acide chlorhydrique. Le noir Soudan colore sélectivement les lipides parce qu'il est soluble dans les lipides et ne se dissoudra pas dans les zones aqueuses de la cellule.

Les micro-organismes peuvent souvent être colorés de façon satisfaisante par une **coloration simple** : un seul agent colorant est

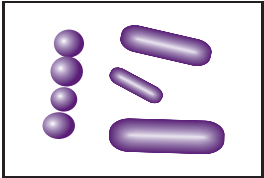
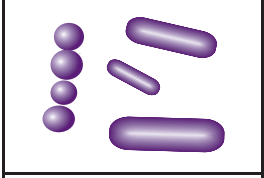
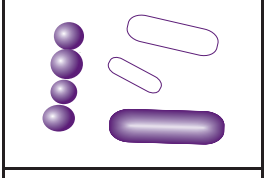
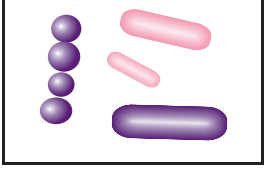
utilisé (**figure 2.17**). Le mérite de cette coloration est sa simplicité et sa facilité d'utilisation. On couvre les frottis fixés de colorant pendant un laps de temps déterminé, on lave l'excès de colorant à l'eau et on sèche la lame. Les colorants basiques comme le cristal violet, le bleu de méthylène ou la carbolfuchsine (ou fuchsine phéniquée) sont fréquemment utilisés pour déterminer la taille, la forme et l'arrangement des procaryotes.



(a) La coloration d'*Escherichia coli* au cristal violet

(b) La coloration de *Corynebacterium* au bleu de méthylène

**FIGURE 2.17** Colorations simples.

Étapes de la coloration	États des bactéries
 <p>Étape 1 : Cristal violet (colorant primaire) pendant une minute. Rincer à l'eau.</p>	Les cellules sont violettes.
 <p>Étape 2 : Iode/iodure (mordant) pendant une minute. Rincer à l'eau.</p>	Les cellules sont violettes.
 <p>Étape 3 : Alcool (dénaturant) pendant 10-30 secondes. Rincer à l'eau.</p>	Les cellules Gram-positives sont violettes ; les cellules Gram-négatives sont incolores.
 <p>Étape 4 : Safranine (contre-colorant) pendant 30-60 secondes. Rincer à l'eau. Sécher.</p>	Les cellules Gram-positives sont violettes ; les cellules Gram-négatives sont roses.

**FIGURE 2.18** La technique de coloration de Gram. Les étapes de la coloration de Gram.

#### Figure 2.18 *Mini-enquête*

Pourquoi l'étape de décoloration est-elle considérée comme l'étape la plus critique de la technique de coloration de Gram ?

## La coloration différentielle

La **coloration de Gram**, développée en 1884 par le médecin danois Christian Gram, est la méthode de coloration la plus largement utilisée en bactériologie. C'est un exemple de technique de **coloration différentielle** – des techniques utilisées pour distinguer les organismes sur la base de leur coloration. La coloration de Gram permet de diviser les bactéries en deux classes : Gram-négatives et Gram-positives.

Dans la première étape de la coloration de Gram (**figure 2.18**, le frottis est coloré avec le cristal violet, un colorant basique, pour obtenir une coloration primaire. Ensuite la préparation est traitée avec une solution d'iode qui agit comme un **mordant**, c'est-à-dire qu'elle augmente les interactions entre la cellule et le colorant pour que la cellule soit plus fortement contrastée. Le frottis est alors décoloré par lavage avec de l'éthanol ou de l'acétone. Cette étape engendre l'aspect différentiel de la coloration de Gram ; les bactéries Gram-positives gardent le cristal violet, tandis que les bactéries Gram-négatives le perdent et se décolorent. Enfin, le frottis est contre-coloré à l'aide d'un colorant basique de couleur différente. La safranine, le contre-colorant le plus commun, colore les bactéries Gram-négatives en rose ou rouge et laisse les bactéries Gram-positives colorées en violet foncé (**figure 2.19a**) ▶▶ La paroi de la bactérie (section 3.3)



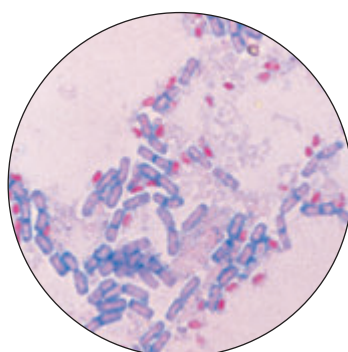
Recherchez sur Internet : Gram-stain/microbiologybytes

La **coloration acido-alcoolo-résistante** est une autre technique de coloration différentielle importante. C'est la méthode la plus couramment employée pour identifier *Mycobacterium tuberculosis* et *M. leprae* (figure 2.19b), responsables respectivement de la tuberculose et de la lèpre. Les parois de ces bactéries ont un contenu élevé en lipides ; en particulier en acides mycoliques – un groupe de lipides hydroxylés à chaînes ramifiées, qui empêchent une fixation aisée des colorants sur les cellules. Cependant, *M. tuberculosis* et *M. leprae* peuvent être colorées par un traitement sévère tel que la méthode de Ziehl-Neelsen, qui utilise la chaleur et du phénol pour forcer la fuchsine basique à entrer dans les cellules. Une fois que la fuchsine basique est entrée, *M. tuberculosis* et *M. leprae* ne sont pas facilement décolorées par de l'alcool acide. C'est pourquoi, on les dit acido-alcoolo-résistantes. Les bactéries non acido-alcoolo-résistantes sont décolorées par l'alcool acide et sont par conséquent colorées en bleu par le bleu de méthylène, le contre-colorant.

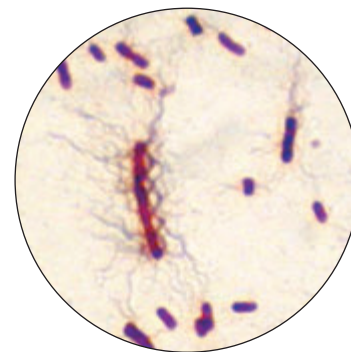
De nombreux procédés spéciaux de coloration ont été développés au cours des années pour étudier des structures bactériennes spécifiques à l'aide du microscope optique. La **coloration des endospores**, comme la coloration acido-alcoolo-résistante, exige



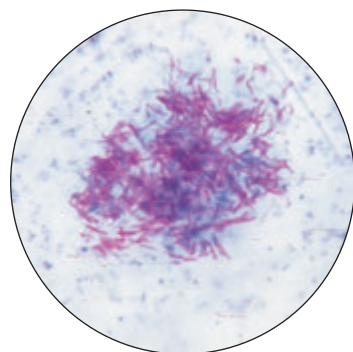
(a) La coloration de Gram.  
Les cellules violettes sont Gram-positives.  
Les cellules rouges sont Gram-négatives.



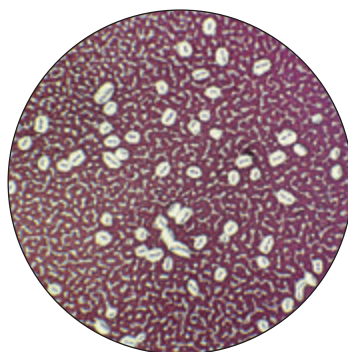
(c) La coloration des endospores  
(en rouge) et des cellules végétatives  
(en bleu) (*Bacillus subtilis*).



(e) La coloration des flagelles  
de *Proteus vulgaris*. Un  
colorant basique permet  
d'épaissir les flagelles.



(b) La coloration acido-alcoolo-résistante ;  
les cellules rouges sont acido-alcoolo-résistantes.  
Les cellules bleues ne le sont pas.



(d) La coloration de capsules bactériennes

**FIGURE 2.19** Colorations différentielles.

également un traitement sévère. L'endospore est une structure exceptionnellement résistante produite par certains genres (p.ex. *Bacillus* et *Clostridium*). Elle est capable de survivre durant de longues périodes dans un environnement défavorable. Elle est appelée endospore parce qu'elle se développe dans la cellule bactérienne parentale. La morphologie de l'endospore et sa localisation varient selon les espèces et sont souvent précieuses pour l'identification. Les endospores peuvent être sphériques, elliptiques et plus petites ou plus grandes que le diamètre de la bactérie parentale. Les endospores ne sont pas bien colorées par la plupart des colorants, cependant une fois colorées, elles résistent fortement à la décoloration. Cette propriété est à la base de la plupart des méthodes de coloration des endospores (figure 2.19c). Dans le procédé de Schaeffer-Fulton, les endospores sont d'abord colorées par chauffage des bactéries avec du vert de malachite, un colorant très puissant qui pénètre dans les endospores. Ensuite les cellules sont lavées à l'eau et contre-colorées à la safranine. Grâce à cette technique, l'endospore apparaît verte dans une cellule rose ou rouge. ►► *L'endospore bactérienne (section 3.8). La classe des Clostridia (section 21.2). La classe des Bacilli (section 21.3)*

Une des plus simples techniques de coloration est la **coloration des capsules** (figure 2.19d), une technique qui révèle la présence de capsules, habituellement des réseaux de polysaccharides entourant de nombreuses bactéries et certains champignons. Les bactéries sont suspendues dans de l'encre de Chine ou de la nigrosine et étalées en un fin film sur une lame. Après séchage à l'air, les bactéries apparaissent comme des corps plus clairs sur un fond bleu foncé parce que l'encre ou le colorant ne pénètrent ni dans la cellule ni dans la capsule. La coloration des capsules est donc un exemple de **coloration négative**. L'étendue de la région lumineuse est déterminée par la dimension de la capsule et de la cellule elle-même. Il y a une faible distorsion de la forme bactérienne et la cellule peut même être contre-colorée pour une plus grande visibilité. ►► *Les composants externes de la paroi cellulaire : les capsules, les couches muqueuses et les couches S (section 3.3)*

Les méthodes de **coloration des flagelles** apportent des informations taxinomiques importantes au sujet de la présence et de la localisation des flagelles (figure 2.19e, voir aussi la figure 3.41). Les flagelles procaryotiques sont des organites de locomotion fins comme des fils, tellement minces (environ 10 à 30 nm de diamètre) qu'on ne les voit qu'au microscope électronique. Pour les observer au microscope optique, on les épaissit en les entourant de mordants comme l'acide tannique et l'alun de potasse, ils sont alors colorés à l'aide de para-rosaniline (méthode de Leifson) ou de fuchsine basique (méthode de Gray). ►► *Les flagelles et la mobilité (section 3.6)*

1. Décrivez les deux types généraux de fixation. Lequel utiliserez-vous normalement pour les procaryotes ? Pour les protozoaires ?
2. Pourquoi doit-on s'attendre à ce que les colorants basiques soient plus efficaces en conditions alcalines ?
3. Décrivez la technique de coloration de Gram et son fonctionnement. Quelle étape de cette technique pourrait-elle être omise sans perdre la possibilité de distinguer les bactéries Gram-positives des bactéries Gram-négatives ? Pourquoi ?
4. Quels autres procédés de coloration différentielle peuvent-ils être utilisés pour identifier une bactérie ? Quelles informations fournissent-ils ?

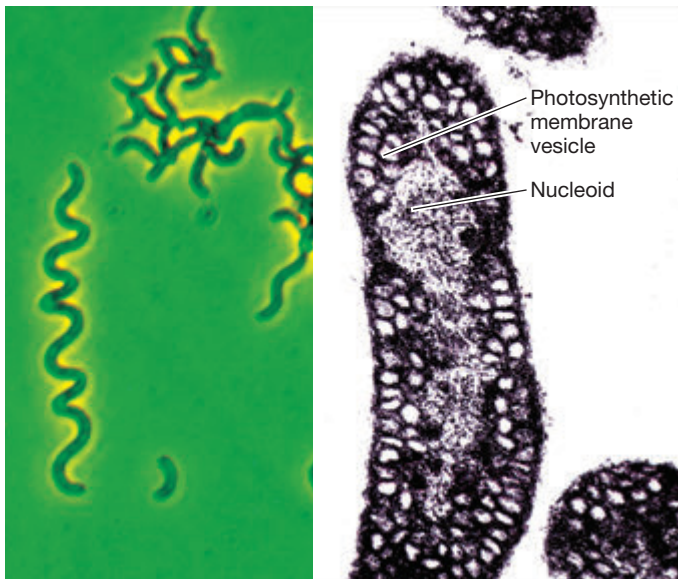
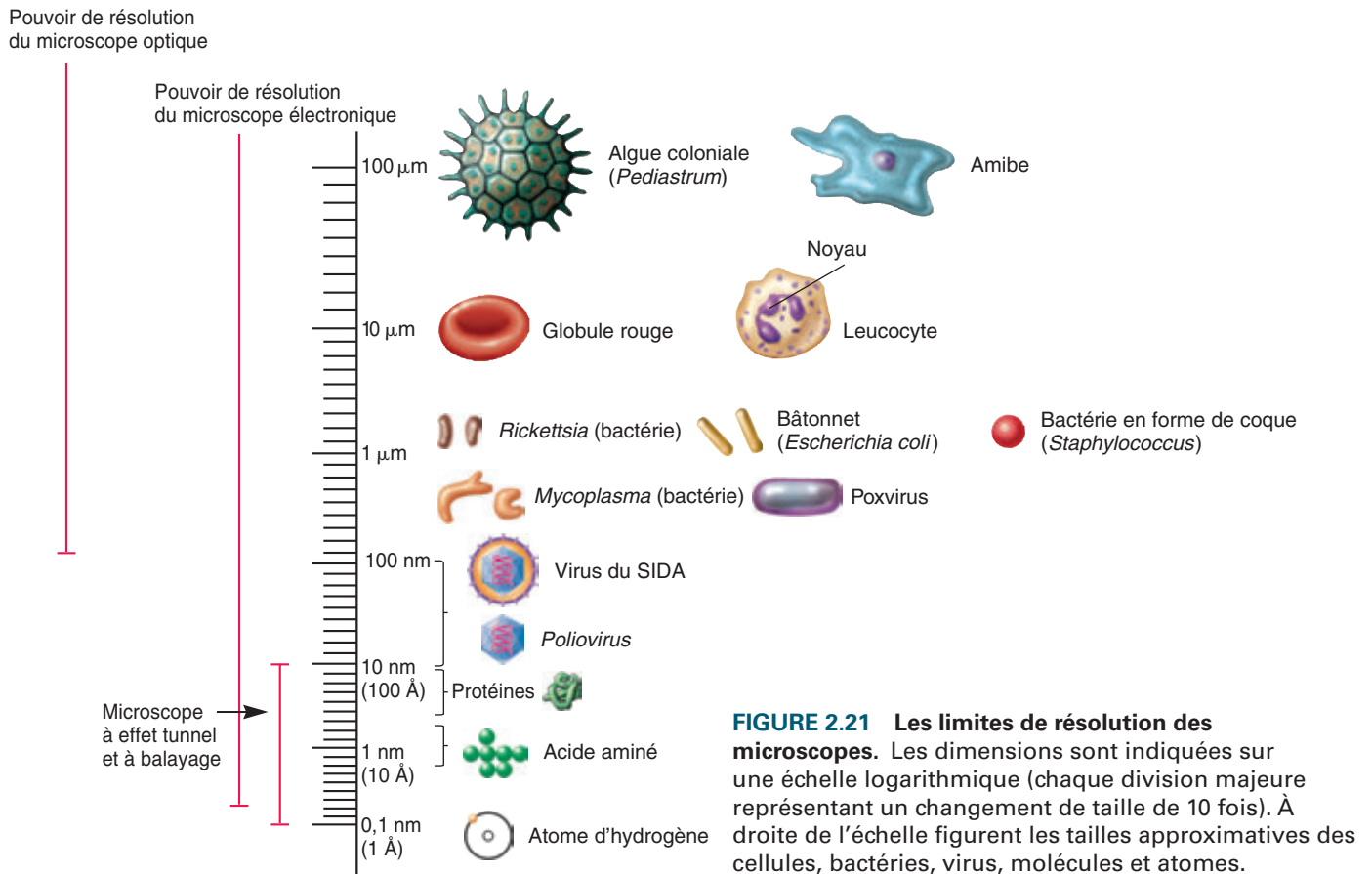
## 2.4 La microscopie électronique

Pendant des siècles, le microscope optique a été l'instrument le plus important pour étudier les micro-organismes. Cependant, la limite de résolution des meilleurs microscopes optiques est d'environ 0,2  $\mu\text{m}$  ce qui compromet grandement leur utilité pour des études détaillées de nombreux micro-organismes. Les virus, par exemple, sont trop petits pour être vus au microscope optique. Les bactéries et les archées sont observables mais, comme elles n'ont habituellement que 1 à 2  $\mu\text{m}$  de diamètre, seules leurs formes et leurs principales caractéristiques morphologiques sont visibles. La structure interne détaillée des micro-organismes de plus grande taille ne peut pas non plus être bien étudiée au microscope optique. Ces limitations proviennent de la nature même des ondes lumineuses visibles et non de l'insuffisance du microscope optique. Les microscopes électroniques ont une résolution beaucoup plus élevée. Ils ont transformé la microbiologie et permis d'accroître considérablement nos connaissances. Les types de microscope électronique et la façon dont les échantillons sont préparés sont brièvement passés en revue dans cette section.

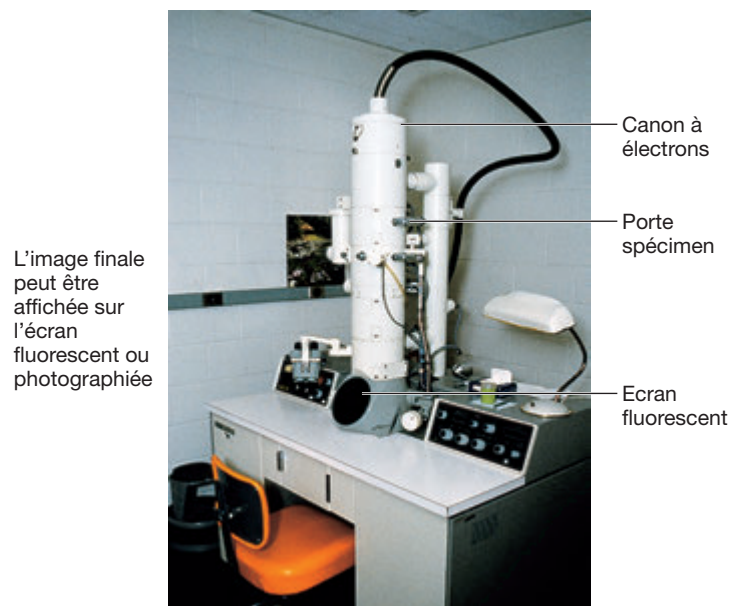
### Le microscope électronique à transmission

Les microscopes électroniques utilisent un faisceau d'électrons et créent des images agrandies des spécimens. Rappelons que la résolution du microscope optique augmente avec la diminution de la longueur d'onde de la lumière utilisée pour l'éclairage. Les électrons remplacent la lumière. Ils peuvent être concentrés comme la lumière l'est dans un microscope optique, mais leur longueur d'onde de 0,005 nm est environ 100 000 fois plus courte que celle de la lumière visible. C'est pourquoi les microscopes électroniques ont une résolution environ 1 000 fois meilleure que le microscope optique. Avec la plupart des microscopes électroniques, des points proches de moins de 5 Å ou 0,5 nm peuvent être distingués et le grossissement habituel est supérieur à 100 000× (figure 2.20). L'intérêt du microscope électronique est évident quand on compare les photos de la figure 2.21 ; la morphologie microbienne peut être maintenant étudiée en plus en détail.

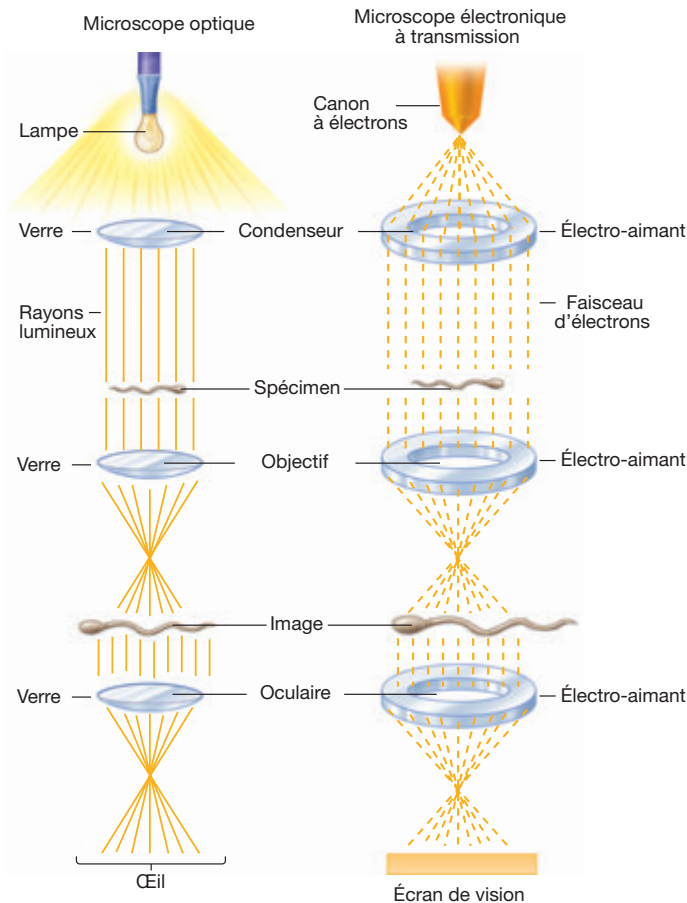
Un **microscope électronique à transmission** moderne est complexe et sophistiqué (figure 2.22) mais les principes de base de son fonctionnement se comprennent facilement. Un filament de tungstène chauffé dans le canon à électrons génère un faisceau d'électrons qui peut être dirigé sur l'échantillon grâce au condenseur (figure 2.23). Comme les électrons ne traversent pas une lentille de verre, des électro-aimants en forme d'anneau, appelés lentilles magnétiques, sont utilisés pour focaliser le faisceau électronique. La colonne contenant les lentilles et l'échantillon doivent être sous vide pour obtenir une image nette, ceci empêche une déviation des électrons par collision avec des molécules d'air. L'échantillon disperse certains électrons, mais ceux qui le traversent sont utilisés pour former une image agrandie sur un écran fluorescent. Une région plus épaisse de l'échantillon diffractera plus d'électrons et apparaîtra plus sombre sur l'image puisque moins d'électrons touchent cette région de l'écran. Ces régions sont dites « denses aux électrons ». Par contre, les régions transparentes seront plus claires. L'écran peut aussi être remplacé par un film photographique, ce qui permet d'avoir un document permanent.



**FIGURE 2.20 Les microscopies optique et électronique.** Une comparaison de la résolution des microscopes électronique et optique. (a) *Rhodospirillum rubrum* au microscope à contraste de phase ( $\times 600$ ). (b) Une fine coupe de *R. rubrum* au microscope électronique à transmission ( $\times 100.000$ ).



**FIGURE 2.22 Un microscope électronique moderne à transmission.** Le canon à électrons est au sommet de la colonne centrale et les lentilles magnétiques sont à l'intérieur de la colonne. L'image sur l'écran fluorescent peut être vue au travers d'une loupe positionnée devant le hublot d'observation. La caméra est dans un compartiment sous l'écran.



**FIGURE 2.23** Le fonctionnement du microscope électronique à transmission. Comparaison entre un microscope optique et un microscope électronique à transmission.

Le **tableau 2.4** compare quelques caractéristiques importantes des microscopes optique et électronique. Les particularités du microscope électronique à transmission apportent des restrictions sévères quant à la nature et au mode de préparation des échantillons. Puisque les électrons sont défléchis par les molécules d'air et sont très facilement absorbés et diffractés par la matière solide, seules de très fines coupes (20 à 100 nm) d'un échantillon microbien peuvent être examinées au moyen du microscope électronique à transmission. Une coupe de ce type ne peut être obtenue sans que l'échantillon ne soit inclus dans un support ; le support nécessaire est un polymère. Après fixation avec des produits chimiques comme le glutaraldéhyde ou le tétr oxyde d'osmium pour stabiliser la structure de la cellule, l'échantillon est déshydraté à l'aide de solvants organiques (p.ex. l'acétone ou l'éthanol). La déshydratation complète est essentielle parce que la plupart des résines d'enrobage utilisées ne sont pas solubles dans l'eau. L'échantillon est ensuite trempé dans une résine époxy liquide non polymérisée jusqu'à ce qu'il soit complètement imprégné, ensuite le plastique durcit pour former un bloc solide. Des coupes fines sont réalisées à partir du bloc avec un couteau de verre ou de diamant grâce à un instrument spécial appelé ultra-microtome.

Les cellules doivent en général être colorées avant d'être examinées au microscope électronique à transmission, comme pour le microscope à fond clair. La probabilité de diffraction des électrons est déterminée par la densité (nombre atomique) des atomes de l'échantillon. Les molécules biologiques sont principalement composées d'atomes de faible nombre atomique (H, C, N ou O) et la diffusion des électrons est relativement constante au travers d'une cellule non colorée. Par conséquent, les échantillons sont préparés pour l'observation en trempant les coupes fines dans des solutions de sels de métaux lourds comme le citrate de plomb et l'acétate d'uranium. Les ions de plomb et d'uranium se lient aux structures cellulaires et les rendent plus opaques aux électrons, augmentant ainsi leur contraste. Les atomes lourds d'osmium du tétr oxyde d'osmium, le fixateur, « colorent » aussi les cellules et augmentent le contraste. Les coupes fines colorées sont alors montées sur de minuscules grilles en cuivre et examinées.

**Tableau 2.4** Caractéristiques des microscopes optique et électronique à transmission

Caractéristique	Microscope optique	Microscope électronique
Grossissement maximum utile	Environ 1000–1500	Plus de 100 000
Résolution la meilleure <sup>a</sup>	0,2 µm	0,5 nm
Source de rayonnement	Lumière visible	Faisceau d'électrons
Milieu	Air	Vide poussé
Type de lentille	Verre	Électromagnétique
Source de contraste	Absorption différentielle de la lumière	Diffraction des électrons
Mécanisme de focalisation	Ajustement mécanique de la lentille	Ajustement du courant de la lentille magnétique
Méthode de changement du grossissement	Changement de l'objectif ou de l'oculaire	Ajustement du courant de la lentille magnétique
Montage de l'échantillon	Lame de verre	Grille métallique (souvent en cuivre)

<sup>a</sup> La limite de résolution de l'œil humain est d'environ 0,2 mm.

# Index

- 1,1,1-trichloro-2,2-bis-(p-chlorophényl)éthane (DDT) 1066  
1,1-dichloro-2,2-bis-(p-chlorophényl)éthylène (DDE) 1066  
1,3-bisphosphoglycérate 246  
1,3-propanediol  
production 1034  
1-méthylpseudo-uridine 479  
2,3-butanediol 247  
produits industriels 1040  
2-aminopurine 366  
2-céto-3-désoxy-6-phosphogluconate (CDPG) 234  
2-céto-3-désoxygluconate (KDG) 480  
2-désoxyadénosine 294  
2-désoxyadénosine monophosphate 294  
3-hydroxybutyrate 249  
3-hydroxytridécane-4-one 185, 355  
3-phosphoglycérate 233, 267, 269, 481  
3TC 841  
3TC (lamivudine) 840, 914  
4', 6-diamido-2-phénylindole 663  
4-hydroxybutyrate 270, 481  
4-méthylumbelliféryl- $\beta$ -D-glucuronide (MUG) 1056  
5-bisphosphate carboxylase 69, 264, 268  
5-bisphosphate carboxylase – oxygénase 533  
5-bromo-4-chloro-3-indolyl- $\beta$ -D-galactopyranoside 408  
5-bromouracile 365-366  
5-flucytosine 839-840  
5-fluorocytosine 839, 997  
5-hydroxyméthylcytosine (HMC) 621  
5-méthylcytosine 373  
5-phosphoribosyl 1-pyrophosphate 280, 282  
6-bisphosphate 234, 270  
6-phosphogluconate 234  
7-méthylguanosine 312  
8-oxo-7,8-dihydrodésoxyguanine 364  
 $\Delta G$   
fonds marins 685  
 $\Delta G$  positif 723  
 $\alpha$ -amanitine 612  
 $\alpha$ -cétoglutarate 231, 236-237, 250, 267, 274-275, 1041  
 $\alpha$ -cétoglutarate déshydrogénase 278  
 $\alpha$ -hémolysine  
sécrétion 327  
 $\alpha$ -protéobactérie 498, 518, 520, 523-524, 531, 1043  
fixation de l'azote 648  
méthanotrophes 722  
oxydation du méthane 646  
pourpres non sulfureuses 517  
rhodopsines 681  
 $\alpha$ -protéobactérie *Rickettsia prowazekii* 461  
 $\beta$ -amylases 1027  
 $\beta$ -carotène 142, 254, 256  
 $\beta$ -galactosidase 249, 333, 337-339, 369, 407  
réactions 335  
 $\beta$ -galactoside perméase 337  
 $\beta$ -hémolysine 563  
 $\beta$ -lactamase 380, 407, 960  
 $\beta$ -lactamase (pénicillinase) 832  
 $\beta$ -oxydation des acides gras 250  
 $\beta$ -propiolactone 203  
 $\beta$ -protéobactérie 498, 522, 524, 532, 651  
fixation de l'azote 648, 703  
relations mycorhiziennes 702  
 $\beta$ -semialdéhyde aspartique 279  
 $\gamma$ -hexachlorocyclohexane 1068  
 $\gamma$ -protéobactérie 498, 522-523, 528, 531, 536, 651, 714, 1043, 1044  
communauté bactérienne endosymbiotique 719  
endosymbiotes 719  
pourpres sulfureuses 517  
rhodopsine 442  
 $\Delta G^\circ$  218  
 $\delta$ -protéobactéries 541, 651, 725  
communauté bactérienne endosymbiotique 719  
endosymbiotes 719  
relations phylogénétiques 541  
respiration anaérobie 650  
sulfate accepteur final d'électrons 650  
sulfato-réductrices 652, 685  
 $\epsilon$ -protéobactéries 547  
 $\phi X174$  121
- A**  
abcès 562  
abondance  
des microbes marins 683  
virale 683  
*A. bovis* 573  
absorbance  
du milieu 171  
*Acanthamoeba* 984, 1000  
*Acanthamoeba keratitis* 1000  
*Acanthamoeba polyphaga* 629-630  
*Acantharia* 590  
*Acanthometra elasticum* 590  
*Acanthoplegma* 582  
accepteur d'électrons 213, 229, 244, 246, 251  
 $CO_2$  245  
 $Fe_3^+$  245  
Fumarate 245  
 $HAsO_4^{2-}$  245  
 $NO_3^-$  245  
 $O_2$  245  
 $S^0$  245  
 $SeO_4^{2-}$  245  
 $SO_4^{2-}$  245  
accepteur d'électrons terminaux 244  
accepteur endogène d'électrons 230  
accepteur final d'électrons 230, 251  
accepteurs d'électrons 534  
accepteurs d'électrons terminaux externes 535  
accepteur terminal d'électrons 240  
ACE-2 (enzyme de conversion de l'angiotensine 2) 906  
acellulaires 114  
*Acetabularia* 599  
acétaldéhyde 1022  
acétate 247-248, 715  
acétate d'uranium 40  
acétoacétate 249  
*Acetobacter*  
rhizosphère 699  
acétogène 245, 269, 723, 1062  
acétogénèse réductrice 715  
acétone  
produits industriels 1040  
acétyl-CoA 236-237, 242, 244, 249-250, 267, 269-270, 278, 284, 480-481  
acétyl-coenzyme A (acétyl-CoA) 236  
achèvement de la réplication 303  
achinobactéries  
*Bifidobacterium* 1023  
*Achlya* 598  
*Acholeplasma* 551  
caractéristiques 553  
*Acholeplasmatales* 551  
*Achromobacter* 699  
*Acidaminococaceae* 556  
acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique 1065  
acide 2,4-dichlorophénoxyacétique 149, 1065  
acide 2-mercaptoéthanesulfonique ou coenzyme M (CoM) 488  
acide 6-aminopénicillanique 833  
acide 7-aminocéphalosporanique 834  
acide acétique 248  
acide adénylique 224  
acide aminé 292, A-5  
A charge négative 296  
A charge positive 296  
fermentation 556-557  
non polaires 296  
polaires 296  
production industrielle 1040  
séquençage 455  
source d'énergie 266  
structure 294, 296-297  
acide aminé-I  
structure A-7  
acide aminé non polaire 367  
acide aminé polaire 367  
acide arachidonique 786  
acide aspartique 282-283, 296  
acide benzoïque 1014  
acide caprylique 1014  
acide carbonique 674  
acide citrique  
conservateur 1014  
production 1041  
acide clavulanique 843  
acide déshydroacétique 1014  
acide désoxyribonucléique 71, 278, 293  
acide D-glutamique 54-55  
acide diaminopimélique 273, 571  
acide dihydrofolique 837  
acide dihydrorotique 283  
acide dipicolinique 83-84, 560  
acide domoïque 678  
acide farnésique 185-186  
acide folique 142, 221, 282, 836-837, 843  
acide formique 248  
acide fulvique 694  
acide galacturonique 249  
acide glutamique 174, 296  
production 1041  
acide gras 449  
analyse 449  
souche 449  
structures A-5  
acide humique 694, 1064  
acide hyaluronique 978  
acide hypochloreux 784  
acide inosinique 282, A-15  
acide lactique 230, 248, 736, 1010, 1014, 1022-1023, 1025, 1036  
fermentation 247  
acide lipoïque 142  
acide lipoteichoïque 57-58  
acide lysergique 758  
acide lysergique diéthylamide (LSD) 611  
acide malique 1025  
acide méso-diaminopimélique 54-56, 575  
acide méthyl-dodécénoïque (DSF) 185  
acide mycolique 58  
acide N-acétylmuramique 54-55, 61, 271-272, 732  
dans la synthèse du peptidoglycane 272-273  
synthèse du peptidoglycane 272  
acide N-acétylmuramique (NAM) 162  
acide N-acétyltalosaminuronique 64, 65  
acide nalidixique 838, 839  
acide nucléique  
caractéristiques 647  
composition 294

- hybridation 451-452  
structure 293
- acide organique A-4
- acide orotique 283
- acide p-aminobenzoïque (PABA)  
836-837
- acide pantothénique 142
- acide phosphatidique 284
- acide poly-D-glutamique 61
- acide polylactique 1015
- acide propionique 210, 1014
- acide pyruvique A-4
- acide ribonucléique 278, 294
- acide rosmarinique 1011
- acide salicylique (aspirine) 903
- acide sorbique 1014
- acide succinique 248
- acide sulfurique 252
- acide tartrique 1025
- acide teichoïque 57-58
- acide tétrahydrofolique 837
- acides aminés 231, 236, 250
- aromatiques 234
- mutualismes entre micro-organismes et insectes 714
- protéines 265
- synthèse 234, 273, 280
- acides dicarboxyliques 705
- acides gras 249
- avec un noyau cyclopropane 284
- catabolisme 100
- cyclopropane 283
- insaturés 283
- synthèse 284
- β-oxydation 250
- acides gras insaturés 284
- acides mycoliques 37, 568, 574-575, 932, 937
- structure 575
- acides nucléiques
- hybridation 862
- séquençage 862
- structure A-3, A-7
- acides organiques 1041
- production 1041
- production industrielle 1040
- acides teichoïques 496
- Acidianus* 116
- Acidianus convivator* 116
- acidification de l'océan 718
- Acidimethylosilex fumarolicum* 511
- Acidithiobacillus* 252
- Acidithiobacillus ferrooxidans*  
251-252, 526, 528, 651
- Acidithiobacillus thiooxidans* 527
- acidobacteria*
- photosynthèse 259
- Acidobacteria* 497
- microflore normale 733
- sol 696
- Acidobacteriaceae*
- réduction catabolique du fer ferrique 651
- acidobactérie 254
- pigment photosynthétique 255
- Acidobacterium* 449, 497
- acidophile 155, 174, 176-177
- Acidovorax* 525
- Aciduliprofundum* 492
- Acinetobacter* 529, 885
- acné vulgaire 733
- aconitase 1041
- ACP 284
- acquise ou adaptative 761
- acridine orange 33, 169, 853
- acridines 72, 365
- Acromyrmex* 727-728
- actine 65, 66, 92-93, 479
- Actinobacillus* 539
- Actinobacteria* 57, 470, 560, 570-571
- microflore normale 733
- profil métagénomique des bactéries gastro-intestinales 734
- transformation naturelle 387
- actinobactéries 234, 568, 572, 697
- peptidoglycane 570
- taxinomie 570
- Actinobaculum* 572
- Actinomadura* 578
- Actinomadura madurae* 578
- Actinomucor elegans* 1027
- actinomyces 572-573
- peptidoglycane 573
- Actinomyces viscosus* 977
- actinomycète 139, 568, 578, 648
- bioconversion 1042
- caractéristiques générales 568
- composition de la paroi cellulaire 569
- exospores 569
- métagénomique 1036
- motifs à sucres 571
- paroi cellulaire 569
- peptidoglycane 569-570
- sol 694
- spores 570
- sporulation 569
- taxinomie 568-571
- teneur en sucres 569
- types de paroi 571
- actinomycètes filamenteux
- écosystèmes de sols 697
- actinomycétomes 578
- Actinomycineae* 572
- actinoplanes 572, 576
- Actinoplanes teichomyceticus* 834
- actinoplanètes 576
- actinorhizes 706-707
- actinorhodine 568
- activateur protéique 335-336
- activateur transcriptionnel 355, 359
- activation des acides aminés 317
- activées
- boues 1060
- activité de l'eau 173-174, 1013
- détérioration des aliments 1013
- activité de l'eau ( $a_w$ ) 155, 175
- activité enzymatique 220-221
- effet de la température 177
- facteurs de l'environnement 220
- inhibition 221
- mécanisme 220
- régulation post-traductionnelle 346
- activité microbienne
- sédiments des fonds océaniques 685
- acyclovir 840, 898-899
- acyclovir (Zovirax ou Valtrex) 915, 918
- acyl-CoA 250
- adaptation chromatique 501
- adaptative 761
- ADCC
- Voir cytotoxicité à médiation cellulaire dépendant des anticorps 776
- additifs alimentaires 1014, 1040
- microbiologie industrielle 1040
- additions 366
- Adefovir dipivoxil* 920
- adénine 278, 293, 295, 301, 308, 310, 450, A-7
- adénine arabinoside (vidarabine) 839, 841
- adénine base purique 294
- adénosine 294
- adénosine 3',5'-monophosphate cyclique (AMPC) 351
- adénosine 5'-phosphosulfate 252-253
- adénosine 5'-triphosphate 212
- adénosine diphosphate 212
- adénosine diphosphate glucose 271
- adénosine monophosphate 282
- synthèse 282
- adénosine monophosphate cyclique (AMPC) 351
- adénosine phosphosulfate 424, 541, 543
- Adenovirus* 923
- adénovirus 119, 854, 905, 922
- arrangement cristallin 125
- adénylate cyclase 351, 353
- adhérence 749
- adhésines 511
- adjuvant
- incomplet de Freund 886
- ADN 9, 36, 71, 278, 292-293, 373, 451, A-7
- amplification 404, 862
- complémentaire (ADNc) 397
- composition en bases 450
- détermination des séquences 420
- empreinte génomique 862
- fonctions 288
- forme A 294
- forme B 293-295
- forme Z 294
- hémi-méthylé 373
- hétéroduplex 376
- interaction avec les protéines 435
- matériel génétique 289
- méthode de Feulgen 36
- méthylation 373
- méthylé 373
- mitochondrial 100
- noir Soudan 36
- PCR 404
- prise d'empreintes génomiques 453
- redistribué à l'échelle du génome 1036
- réparation 371, 373
- réparation par recombinaison 373
- réplication 160
- réplication de 297-298
- séquençage 452
- structure 293-295
- surenroulements 482
- température de fusion ( $T_m$ ) 446
- thermostabilité 482
- transformation 387
- ADNc 670
- synthèse 401
- ADNc (complémentaire) 401
- ADN complémentaire (ADNc) 397, 400
- ADN double brin 301, 387, 450
- ADN glycosylase 372
- ADN gyrase 299-301, 838, 1020
- ADN gyrase reverse 482
- ADN hétéroduplex 376-377
- ADN ligase 299, 301-303, 372, 401, 407
- ADN ligase lié 303
- ADN polymérase 288, 401
- ADN-dépendante 616, 619, 624, 640
- ARN-dépendante 616, 637, 640
- séquençage de l'ADN 420, 424, 426
- ADN polymérase I 299, 301, 371-372
- ADN polymérase III 299-301, 374
- ADN polymérase 123, 298, 371
- archéens 477
- ADN polymérase IV 373
- ADN polymérase V 373
- ADN polymérase thermostable 404
- ADN primase 299-300, 302
- ADN recombinant 398, 402
- ADN simple brin 299, 451
- ADN T 707-708, 1046
- ADN topoisomérase II 300
- ADN translocase 389
- ADP 212, 229
- ADP-glucose 271
- AE (lésions attachantes-éffaçantes) 969
- Aequorea* 33
- protéine fluorescente verte 33
- Aequorea victoria* 414
- aération prolongée 1060
- aérobie 155
- culture 181
- obligatoire 155, 180
- aérobie strict 174
- aérobiose 230
- Aeromonas* 245
- Aeromonas hydrophila* 968
- aérosols contaminés 534
- aérotactisme 77
- Aeschynomene sensitiva*
- Bradyrhizobium* 706
- A. ferrooxidans* 527
- affinage 1024, 1026
- aflatoxine 365, 371, 611, 757, 1009, 1017
- A. flavus* 1003
- A. fumigatus* 609
- agamontes 590
- agar 137, 147
- agarase 249
- Agaricus bisporus* 1029
- Agaricus campestris* 612



- Agence américaine de protection de l'environnement 1052
- Agence de la santé publique du Canada (ASPC) 874
- Agence de Protection de l'Environnement 1053
- agent alkylant 366
- agent antifongique 838, 840  
mycoses 838
- agent antimicrobien  
antifongiques 838, 840  
antiprotozoaires 842  
antiviraux 839, 841  
antibactériens 832  
antibactériens. *Voir* antibiotique(s) 828  
caractéristiques générales 828  
concentration, efficacité 194  
conditions affectant l'efficacité 194  
durée d'exposition, efficacité 194  
évaluation de l'efficacité 204  
facteurs influençant l'efficacité 843  
intensité, efficacité 194  
synthèse du peptidoglycane ciblée par 272  
voies d'administration 843
- agent antiprotozoaire 842
- agent cancérigène 365
- agent cancérigène potentiel 371
- agent chimiothérapeutique  
*Voir aussi* antimicrobien ou agent antimicrobien 826
- agent chimique de contrôle de micro-organisme 199
- agent Delta 921
- agent d'intercalation 364-366
- agent pathogène 739, 761
- adhérence 749  
champignon 611, 614  
colonisation 749  
croissance 747  
invasion 749  
mécanismes d'adhérence 749  
opportuniste 611, 740  
reconnaissance 781  
réservoir 741  
résistance aux défenses de l'hôte 750  
sensibilité aux antibiotiques 861  
source 741  
transmission 741-742
- agent pathogène intracellulaire  
facultatifs 747  
obligatoires 747
- agent pathologique  
reconnaissance d'un agent pathogène 782
- agent phytopathogène  
Urédiniomycètes 613  
Ustilaginomycètes 613
- agent qui modifient l'ADN 364-365
- agents antimousse 1039
- agents antiviraux 839
- agents gélifiants 1041
- agents infectieux 114  
émergents 881  
réémergents 881
- agents pathogènes  
arme biologique potentielle 891  
nosocomiaux 885
- agents probiotiques 579
- agents sélectionnés 948
- agglutinat 131, 864
- agglutination 864  
complexes immuns 812, 814  
tests 865
- agglutination de billes de latex 864
- Agrobacterium* 234, 459, 521, 707, 1067  
caractéristiques 516  
évolution de 461  
galle du collet 522  
plasmide Ti 708  
*Agrobacterium tumefaciens* 522, 707, 1045  
génomme 438  
perception du quorum 186  
plasmide 73
- agrobiotechnologie 1045
- AHL 186, 355
- AID (cytidine désaminase induite par activation) 810
- air  
filtration 197
- akinètes 495, 502-503
- alanine 250, 278, 296, 412, A-4, A-5
- alanine racémase 219
- albendazole 1005
- Alcaligenaceae* 526
- alcaloïdes 1040
- alcaloïdes hallucinogènes 1010
- alcalophile 155, 174, 176
- extrêmes 176-177
- alcool 200-202, A-4  
antiseptiques 201  
désinfectants 201
- alcool acide 37
- alcool de maïs 1026
- alcool de seigle 1026
- alcool déshydrogénase 248
- aldéhyde 202-203, A-4
- ale 248, 1026
- Alessandro Volta 485
- Alexandrium 592  
fleurs d'eau 678
- Alferon N 922
- algue 4, 254, 583, 678, 726  
efflorescence 677  
évolution de 461  
fleur d'eau 504, 677, 690  
rouges 461
- algue brune 596, 674
- algue brun-jaune 596
- algue coccolithophore  
fleurs d'eau 683
- algue eucaryote 257
- algue verte 598-600
- algue vert-jaune 596
- algues bleues-vertes 501
- algues brunes 102
- algues rouges  
origine 102
- algues vertes  
origine 102
- AlgZ 546
- alignement  
séquençage génomique 427-428
- alignement des fragments  
séquençage génomique 425
- alimentation continue 1039
- aliment probiotique  
développement 1023
- aliments  
détérioration 1010
- aliments fermentés  
dérivés de fruits, de légumes, de graines et de produits apparentés 1028
- aliments végétaux fermentés 564
- alkyltransférase 372
- allèle 363-374
- allergène 789, 815
- allergie 773, 815-816
- allicine 1011
- allochtone 673, 687
- allogreffes 821
- allolactose 333, 335, 338-339, 351
- Allomonas* 536
- Allomyces* 606
- allophycocyanine 501
- Allorhizobium*  
fixation de l'azote 703
- allostériques 278
- Alnus* 706
- Alnus rubra* 579
- Alphaherpesvirinae* 917
- Alphaproteobacteria* 515  
caractéristiques 516  
fixation de l'azote 703
- Alphavirus* 909
- Alternaria*  
microflore normale 733
- Alteromonadales* 534
- Alteromonas* 534, 650  
réduction du sulfate 650
- Altman, Sydney 222
- Altona*  
épidémie de choléra 1054  
filtration lente sur sable 1054
- AluI 398, 400
- alun *Voir* hydroxyde d'aluminium 886, 1052
- Alveolata* 590-591, 717
- Alvinella* 723
- Alvinella pompejana* 723
- Amanita* 603
- Amanita phalloides* 612
- amantadine 839, 841
- amantadine (Symmetrel) 903
- amas paracrystallins 125
- amastigotes 991-992
- amensalisme 713-714, 726-727, 736
- American Society for Microbiology 1041
- amibe 30  
mitochondries 100
- amibe à thèque *Arcella* 108
- amibes  
à thèque 586  
nues 586
- amibes (*Sarcodina*) 584
- amibiase 982-983, 999-1000  
hépatique 999
- amibiase (dysenterie amibienne) 999
- amidon A-5  
caractéristiques 647  
catabolisme 731  
structure 6  
synthèse 271
- amikacine 846, 937
- amination réductrice 274
- amine A-4
- aminé en position 3 569
- amine secondaire cyclique 296
- amino- 828
- aminoacyl-ARNt 320
- aminoacyl-ARNt synthétases 317-318
- Aminobacter* 525
- aminoglycoside 826, 835-836, 842-843
- ammoniac 274, 282  
assimilation 274  
incorporation 275
- ammoniaque 750
- ammonium 645, 1062  
AMO 485  
argiles du sol 695  
eaux souterraines 695  
lessivage 695  
réaction anammox 485, 649, 506
- ammonium mono-oxygénase (AMO) 485, 526-527, 670
- ammonium oxygénase (AMO) 523
- ammonium quaternaire 200-203  
AMO 485
- amodiaquine 989
- amoeba* (lobopodes) 587
- amoeba proteus* 32, 587
- Amoebozoa* 586, 590, 730
- amorce 301, 397, 401, 404
- amorce ARN 304
- amorce d'ARN 300, 302-303
- amorce d'avant 405
- amorce matrice 302
- amorce oligonucléotidique 454
- amorce reverse 405
- amorces  
détection de pathogènes 1020
- amoxicilline 952
- AMP 212
- AMP cyclique (AMPC) 350, 352
- amphotéricine 578
- amphotéricine B 839-840, 985-987, 997, 1004
- amphotéricine B (Fungizone) 984
- ampicilline 833, 843
- amplificateur 358-359
- amplification d'ADN 404
- amplification enzymatique 664
- amplification par déplacement multiple (MDA) 419, 426
- A. muscaria* 612
- amygdales 779
- amygdalite 905, 942
- amylopectine  
catabolisme 731
- Anabaena* 276, 503-504, 675, 689  
fixation de l'azote 648

- Anabaena flosaquae*  
vacuoles gazeuses 69  
vésicules 69
- Anabaena spiroides* 502
- anabolisme 208-209, 230, 264, 266-267  
métabolite précurseur 233, 242, 264, 267  
vitesse du 265
- Anacystis* 504
- anaérobiose 155, 181, 230  
aérotolérant 155, 174, 180  
culture 181  
facultatif 155, 174, 180, 245  
facultatifs 180, 245  
obligatoire 155, 245, 268  
strict 174, 180
- anaérobiose 230
- Anaeroplasma* 551  
caractéristiques 553
- Anaeroplasmatales* 551
- A. naeslundii* 573, 977  
anagenèse 463  
analogue de base 364-366  
analyse de séquence multilocus (MLSA) 453  
analyse des isotopes stables 668  
analyse FAME 449-450  
analyse FAME des acides gras 463  
analyse génomique 1, 20  
analyse hiérarchisée par groupes 431-432  
analyse informatique 1036  
analyse *in silico* 419, 426  
analyse métagénomique 719  
analyse phylogénétique 466  
analyse polyphasique 463  
analyse RFLP (polymorphisme de longueur des fragments de restriction) 1019  
analyse sanitaire  
eau 1052  
analyse sanitaire des eaux 1054  
analyse SNP 455  
anammo 649  
anammosome 47, 67, 252, 505  
anaphylaxie  
localisée 815  
systémique 815  
anaplasie 128  
anatoxine 739, 754, 873, 889  
anatoxine tétanique 963  
anergie 800, 815  
angine à streptocoques 566  
angiogénine-4 736  
anhydrase carbonique 69  
anibiotique  
développement 846
- A. nidulans* 610
- Animalia* 2
- animaux 730  
axéniques 730, 736  
gnotobiotique 713, 730
- anions A-3  
anisogamie 108  
anisomycine 479  
annamox 506, 644  
*Annamoxoglobus* 505
- anneaux cyclopentane 477  
anneau Z 159, 160, 161  
anomalie de comptage sur boîtes 659  
anomalie des comptages sur boîtes de Petri 658
- Anopheles*  
moustique 987  
*gambiae* 988
- Antarctique 686  
antenne 256, 257, 258  
anthéridie 608  
anthrax 961  
antibiothérapie 562  
antibiotique 21, 826  
aminoglycoside 826, 828, 835  
antibactériens 832  
antimétabolites 829, 836  
céphalosporines 828, 833  
chloramphénicol 829, 835  
conception rationnelle 847  
développement 827  
diamètre de la zone d'inhibition 831  
E-test 830, 832  
inhibiteurs de la synthèse de la paroi 832  
inhibiteurs de la synthèse des acides nucléiques 838  
inhibiteurs de la synthèse des parois cellulaires 272  
inhibiteurs de la synthèse protéique 834  
macrolide 826, 829, 835  
méthode de Kirby-Bauer 830, 831, 832  
méthodes de dilution 830  
pénicillines 828, 832  
propriétés 828-829  
quinolones 826, 838  
résistance aux antimicrobiens 843  
rifampine 829  
teicoplanine 834  
tétracycline 826, 829, 835  
vancomycine 828, 834  
voies d'administration 843
- antibiotiques 1039  
colite pseudomembraneuse 975  
microbiologie industrielle 1040  
production industrielle 1040  
semi-synthétiques 1040
- anticodon 288, 305, 308, 315, 317, 318, 344
- anticorp  
domaines 324
- anticorps 761, 801, 803  
action 812  
affinité 791  
avidité 791  
cinétique 808  
diversité 809  
interaction antigène-anticorps 812, 814  
polyclonaux 813  
production 808  
récepteurs 801  
structure 805  
taux 808, 863  
*voir aussi* immunoglobuline 789
- anticorps fluorescents 33  
anticorps maternels 793-794  
anticorps monoclonal (mAc) 850  
en microbiologie clinique 853  
anticorps monoclonaux (mAc) 812-813  
applications biomédicales 813  
en microbiologie clinique 853, 861  
formation 813
- antigène 760-761, 789, 791  
caractéristiques 793  
fixation au récepteur 792  
interaction antigène-anticorps 812, 814  
thymo-dépendant 789  
thymo-indépendant 789  
valence 791
- antigène delta 133  
antigène O 59  
antigène protecteur (PA) 973  
antigène thymo-dépendant  
activation 803  
antigènes thymo-dépendants 802  
activation 802  
antigènes thymo-indépendants 802-803  
activation 802  
antihelminthiques 568  
antihorlogique 347  
antilopes 722  
antimétabolite 826, 829, 836  
antimicrobien  
à large spectre 826, 828  
à spectre étroit 826, 828
- antiport 145  
antiseptie 192-194, 199  
antiseptique 190, 193  
efficacité relative 201  
structure 202
- anti-terminateur 343-344  
antitoxine 789, 812  
antiviraux ciblant 841
- A. oryzae* 610  
*A. parasiticus*  
mycotoxines 757
- APC 886  
*aphidicola* 726  
API 20 538  
*Apicomplexa* 591  
apicomplexé 582, 593, 595  
identification clinique 855  
apicoplaste 582, 595  
API Profile Index 860  
apoenzyme 208, 218  
apoptose 134, 791  
aporéporteur 335-336
- appareil de Golgi 88, 90-91, 94, 95, 125  
structure 94
- appareil prothétique  
biofilm 958
- appariement de bases 293  
appendices conducteurs d'électricité 535
- Appert, Nicolas 1014  
*apressoria* 608  
apprêtement des antigènes 796  
endogènes 789, 796  
exogènes 789, 796
- approches basées sur la distance 457  
approches biogéochimiques 668  
approches moléculaires 669  
Approved List of Bacterial Names 466  
 $\alpha$ -protéobactéries 514  
caractéristiques 516  
APS 528, 541, 543  
APS réductase 528  
aptamères 1035  
aquaporine 44, 143  
*Aquaspirillum magnetotacticum* 70, 651  
aquifères 710  
aquifex 269, 496  
*Aquifex pyrophilus* 496  
*Aquificae* 470, 496  
*Arabidopsis thaliana* 1067  
arabinose 340  
AraC 340  
*Arachaea*  
génomés 436  
arachéorhodopsine 255  
Arber, Werner 20, 398  
arbovirus 908  
arbre non raciné 458  
arbre phylogénétique 456, 476  
*Archeaea* 475  
*Bacteria* 475  
arbre phylogénique universel 4, 10, 446, 458-459, 583  
*Archeaea* 4  
*Bacteria* 4  
*Eukarya* 4  
*Homo* 4  
arbre raciné 458  
arbres phylogénétiques 11, 456  
arbre non raciné 457  
arbre raciné 457  
branches 457  
construction 457  
nœuds 457  
non raciné 458  
raciné 458  
arbuscule 700, 702  
*Arcanobacterium* 572  
*Arcella* 587  
*Archeaea* 1, 3, 10, 47, 50, 314, 459, 473, 475, 532, 697  
ARN de la petite sous-unité ribosomique 453  
ARN messenger 308  
ARN polymérase ADN dépendante 460  
ARNr PSU 459, 473  
bactériorhodopsine 681  
biologie moléculaire 477  
chimiotactisme 80  
comparaison 106, 460  
division cellulaire 477  
évolution 459, 461, 463  
génétique 477  
génomés 289  
hyperthermophiles 477  
lipides membranaires 460, 477  
mécanismes de la variation génétique 458  
membranes archéennes 478

- mésophiles 477  
 méthanotrophes 489  
 petites molécules d'ARN 358  
 protéines reployées 480  
 régulation de l'expression génétique 358  
 relations phylogénétiques 515  
 réplication de l'ADN 297, 477  
 rhodopsine 681  
 ribosome 319  
 sécrétion des protéines 479  
 système TAT 480  
 taxinomie 448, 470, 474  
 teneur en G + C 452, 477  
 thermophiles 477  
 traduction 316, 479  
 transcription 313-314, 316, 479  
 vitesse maximale 316  
 vue d'ensemble 473  
*Archaeplastida* 102, 598  
*Archea*  
   post-traduction 333  
   traduction 333  
   transcription 333  
 archée 260, 270, 289, 486, 492, 532, 668  
   absorption de nutriments 142  
   ADN polymérase eucaryotiques de la famille B 479  
   anabolisme 266  
   ARNm 309  
   arrangement 47  
   autotrophie 481  
   catabolisme 266  
   chaîne de transfert des électrons 238  
   conjugaison 363, 375  
   contenu en G + C de l'ADN 451  
   couches S 475  
   *Crenarchaeota* 475  
   croissance 160  
   cycle cellulaire 157  
   dans les zones souterraines 710  
   diversité 667  
   diversité génétique 463-464  
   écosystèmes de sols 697  
   enveloppes 475  
   *Euryarchaeota* 475  
   évolution 463  
   flagelles 475  
   forme 47  
   gamme de températures 177-178  
   génomés 438  
   habitats 176, 178  
   halophiles 488  
   halophiles extrêmes 474  
   hyperthermophile 116  
   lipides membranaires 485  
   mécanismes de défense 622  
   membranes cytoplasmiques 63  
   membranes intracytoplasmiques 66  
   mésophiles 681  
   méthanogènes 474, 480, 487  
   morphologie 160  
   mouvement flagellaire 77  
   nitrifiantes 522  
   oxydant l'ammonium 522  
   oxydation du méthane 646  
   oxydatrices de l'ammonium 523  
   parois 64  
   parois cellulaires 475, 485  
   phototrophes 254  
   phototrophie 480  
   pression osmotique 174  
   processus de régulation 332  
   psychrophiles 475  
   réductrices de sulfates 474  
   relations phylogénétiques 552  
   réplication de l'ADN 298  
   ribosome 318  
   sans paroi cellulaire 474  
   sécrétion des protéines 479  
   stratégies reproductrices 156  
   structure 105  
   structure des gènes 305  
   systèmes à deux composants 342  
   système Sec 326  
   système Tat 326  
   taille 47  
   teneur en G + C 475  
   thermophiles extrêmes 474  
   traduction 318, 323, 479  
   transcription 479  
   transduction 363, 375  
   transfert génétique horizontal 374  
   transfert horizontal de gènes 375  
   transformation 363, 375  
   translocation des protéines 325  
 archée autotrophe 268  
 archée halophile 260, 481, 490  
 archée méthanogène 686  
 archée non photosynthétique  
   gammes de températures 178  
 archéens 70  
   sous-unités 70  
 archée thermophile  
   chaudron de soufre 483  
*Archeoglobus* 492, 650  
*Arcobacter butzleri* 1019  
 arcome de Kaposi 913  
*Arenaviridae* 924  
 arginine 296, 553  
 armes biologiques potentielles 891  
*Armillaria bulbosa* 697  
 ARN 7, 9, 278, 288, 294, A-7  
   agents thérapeutiques 1035  
   antisens 331, 358  
   ARNm 9  
   atténuation 344  
   épissage 313  
   évolution dirigée 1038  
   monde d' 7, 9  
   réplication 288  
   sensoriels 344  
   structure 294  
   types 292  
 ARN 16s 455  
 ARN antisens 331, 333, 346, 358  
 ARN de la petite sous-unité ribosomique  
   *Archaea* 453  
   *Bacteria* 453  
   *Eucarya* 453  
 ARN de transfert 292, 308  
   bras anticodon 317  
   bras variable 317  
   structure 317  
   tige acceptrice 317  
 ARNi 622  
 ARNm 292, 305-306, 414  
   atténuation 344  
   monocistronique 309  
   polycistronique 309  
   région de tête 346  
 ARN messenger 292, 305, 307  
   *Archaea* 308  
   *Bacteria* 308  
   monocistronique 309  
   polycistronique 308-309  
   synthèse 306  
 ARN MicF 346  
 ARNm monocistronique 309  
 ARNm polycistronique 309, 337  
   archées 479  
 ARNm subgénomique 616, 635  
 ARNnc  
   contrôle de l'expression génétique 358  
 ARN non codant (ARNnc) 346  
 ARN polymérase 288, 307, 309, 311-312, 314, 316, 335-336, 338-339, 342, 352, 414  
   ADN-dépendante 616, 637  
   *Archaea* 479  
   ARN-dépendante 616, 633-637  
   atténuation 342  
   facteur sigma  $\sigma 70$  350  
   structure 310  
 ARN polymérase et facteurs généraux de la transcription 359  
 ARN polymérase II 313  
 ARN polymérase 292, 301, 310  
 ARNr 3, 9, 292, 305, 454  
   5S 308  
   16S 308  
   23S 308, 318  
   double brin 294  
   gènes 308  
   gènes codant 307  
 ARNr 16s 454, 497, 515, 663, 1057  
   séquençage 464  
   diversité bactérienne dans les sols 696  
 ARNr de la petite sous-unité (ARNr PSU) 452  
 ARN ribosomique 292, 308  
 ARN ribosomique 16S 455  
   identification clinique 862  
 ARN ribosomique 18S 663  
 ARN ribosomiques 70, 451  
 ARNr PSU 11-12, 452-453, 459, 463-465, 658, 665, 711  
   arbre phylogénétique 473  
 ARN subgénomiques 636  
 ARNt 9, 292, 305  
   appariement 315  
   double brin 294  
   gènes 308  
   gènes codant 307  
   inhabituel 480  
   maturation 307  
   structure 317  
   structure en trèfle 317  
 ARNt espaceur 308  
 ARNt séquence de queue 308  
 aromatiques nitrés  
   phytothérapie 1067  
 arrangement en palissade 568, 574  
 arsénite 661  
 arsphénamine (salvarsan) 827, 957  
 artémisine 842  
*Arthrobacter* 572-574, 652, 696  
*Arthrobacter globiformis* 573  
 arthroconidies 109-110  
 arthropodes suceurs de sang  
   rickettsies 518  
*Arthrospira* 1029  
 arthrospore 109  
 artificiel bactérien (BAC) 410  
 ascocarpe 609  
 ascogone 608  
 ascomycète 602, 608  
   cycle biologique 610  
   cycle cellulaire 608-609  
   filamenteux 608, 610  
   reproduction asexuée 609  
   voir *Ascomycota* 603  
 ascomycètes 699  
*Ascomycota* 602-603, 608, 726  
   caractéristiques 604  
   aseptisant 190  
*Asfarviridae* 628  
*Ashbya*  
   vitamines 1040  
 Asparagine 296  
 aspartate 278-279  
 aspartate transcarbamylase 219, 282, A-8  
 aspergillomes 1003  
 aspergillose 1003  
*Aspergillus* 1021  
   microflore normale 733  
   reproduction 609  
   virulence 747  
*Aspergillus flavus* 1003, 1017  
   mycotoxines 757  
*Aspergillus fumigatus* 1003  
*Aspergillus glaucus* 1025  
*Aspergillus niger* 1041  
 aspirine (acide salicylique) 903  
 asque 608  
 assemblage d'oligonucléotides sur mesure 1036  
 assimilation de l'azote 274  
 assimilation du phosphore 281  
 assimilation du soufre 277  
 Association des Laboratoires de Santé Publique (APHL) 892  
 associations mycorhiziennes  
   à arbuscules 700  
   Ascomycètes 700  
   Basidiomycètes 700  
   Ectendomycorhizes 700  
   Ectomycorhizes 700  
   Gloméromycètes 700  
   Mycorhizes d'éricacées 700  
   Mycorhizes d'orchidées 700  
   Mycorhizes monotropoïdes 700  
 astate 201  
*Asteroleplasma* 551  
   caractéristiques 553

- astrovirus 922, 923  
 atabrine (quinacrine) 1002  
 atazanavir (Reyataz) 914  
*Atelopus* 656  
 atmosphère contrôlée  
   conditionnement des aliments  
     1015  
 atomes A-1  
 atomiseur  
   phages 1015  
 atovaquone 839, 842-843, 1006  
 ATP 210, 212, 229, 231-232, 236,  
   240, 248, 253-254, 258, 265, 276,  
   281, 309  
   agent de couplage 212  
   biosynthèse 265  
   conformation 242  
   fermentations 246  
   monnaie énergétique 100  
   phosphorylation au niveau du  
   substrat 246  
   respiration aérobie 242, 245  
   respiration anaérobie 245  
   structure de l' 212  
   synthèse 233, 236, 242, 486, 490,  
   492  
   synthèse des protéines 323  
 ATPase F1F0 241  
 ATP sulfurylase 424  
 ATP synthase 228, 239, 241, 243,  
   246, 257, 259, 492  
 Atta 727, 728  
 attaque en meute 725, 726  
 atténuation 331, 342  
   opéron trp 343  
 Attenuvax  
   vaccin contre la rougeole 905  
 Attines  
   inférieures 727  
   paléo-attines 727  
   supérieures 727  
*A. tumefaciens* 1046  
   galle du collet 522  
   génomés 440  
 AUG 314  
 aulne 579  
 auto-anticorps 820  
 auto-assemblage 266  
   capside 118  
   flagelle 75  
 autochtone 673, 687  
 autoclave 190, 196  
 autocorrection 371, 372  
   ADN polymérase III 301  
   par le ribosome 323  
   transcription inverse 640  
 auto-épissage 222, 324  
 autogamie 108  
 auto-immunité 820  
 auto-inducteur 186, 355, 357, 537  
 auto-inducteur-2 (AI-2) 186  
 auto-induction 355  
 autolysine 160-161, 272  
 automate en microbiologie 860  
 autophagie 96-97  
 autophagosome 96-97  
 autophosphorylation 342  
 autoradiographie 401  
 autorégulation positive  
   gène luxI 355  
 autotrophe 137, 139, 229  
   photolithotrophe 139  
   source de carbone 139, 229  
 autotrophe(s) 209  
   source de carbone 209  
 autotrophes 268  
   gluconéogenèse 270  
   métabolites précurseurs 267  
   source de carbone 267  
 auxiliaires de la mycorhization 702  
 auxines 699  
 auxotrophe 363, 367, 412-413  
   histidine 370  
   isolation 369  
   lysine 370  
   pour l'alanine 412  
 Avery 291  
 Avery, Oswald 289  
 avidine 403  
 avidité  
   d'un anticorps 791  
 axénique 658, 663, 730  
 axonème 104  
 axopode 93, 590  
 azidothymidine (AZT) 840  
 azidothymidine (AZT) or zidovudine  
   841  
 azithromycine 835, 937, 951  
*Azolla* 648  
*Azorhizobium*  
   fixation de l'azote 703  
*Azorhizobium caulinodans* 706  
*Azospirillum* 518  
   rhizosphère 699  
 azote  
   abondance naturelle 669  
   atome A-1  
   besoins en 141  
   élimination 1062, 1064  
   formes principales 645  
*Azotobacter* 19, 234, 276, 518, 529,  
   530, 648  
   coopération 723  
   fixation de l'azote 648  
   rhizosphère 699  
 AZT 841  
 AZT (azidothymidine) 840  
 AZT (zidovudine) 914
- B**  
 B19 virus 918  
 Babésiose 742  
 babeurre 564  
   fermenté 1020  
 BAC 411  
*Bacillales* 559-561  
*Bacillariophyta* von Diatomée 582  
 bacille 46, 551  
   détermination de la morphologie  
     162  
   forme 163  
 bacilles 48, 696  
 bacilles de Döderlein 736  
*Bacillus megaterium*  
   synthèse des acides gras 284  
*Bacilli* 470, 551, 559  
   caractéristiques 559  
 bacillus 245, 247  
   dénitrication 245  
   fermentation 248  
*Bacillus* 38, 82, 518, 553, 560, 694,  
   1021, 1025, 1027, 1046  
   caractéristiques 559  
   conjugaison 385  
   endospore 81  
   relations mycorhiziennes 702  
   sol 1035  
*Bacillus alcalophilus* 177  
*Bacillus anthracis* 17, 455, 463, 973  
   arme biologique 890, 892  
   capsule 61  
   génomé 438  
   pouvoir invasif 750  
*Bacillus cereus* 1011, 1016  
   empoisonnement alimentaire 966  
   intoxications alimentaires 1016  
*Bacillus infernus* 173  
*Bacillus megaterium* 48, 56, 68, 83  
   incorporation d'ammoniac 275  
   paroi 56  
   sporulation 84  
*Bacillus subtilis* 33, 37, 66, 81, 357,  
   389, 412, 1029  
   bactéries réceptrices 1038  
   biofilm 561  
   cycles cellulaires 158  
   cytosquelettes 65  
   endospore 82  
   morphologie 163  
   opéron riboflavine (rib) 344  
   organisme modèle 560  
   réplication de l'ADN 303  
   sporulation 357  
   structures multicellulaires fructi-  
   fiantes 561  
   systèmes de phosphorelais 342  
   systèmes de sécrétion de type I 327  
 bacitracine 273, 560  
*Bacteria* 1, 3, 47, 50, 459, 461  
   ARN de la petite sous-unité riboso-  
   mique 453  
   ARN messager 308  
   ARN polymérase ADN dépendante  
   460  
   ARNr PSU 459  
   chaperons 323  
   comparaison 106, 460  
   évolution 459, 461, 463  
   génomés 437  
   lipides membranaires 460  
   mécanismes de la variation géné-  
   tique 458  
   post-traduction 333  
   relations phylogénétiques 515  
   réplication de l'ADN 297  
   repliement des protéines 323-324  
   réseaux régulateurs globaux 350  
   ribosome 318-319  
   système Sec 326  
   système Tat 326  
   taxinomie 448, 470  
   teneur en G + C 452  
   traduction 316, 318, 322, 333  
   transcription 309, 311, 313, 316,  
   333  
   translocation 325  
   vitesse maximale 316  
 bactéricide 190, 193, 826, 830  
 bactérie 259, 271, 289, 378, 495  
   absorption de nutriments 142  
   acido-alcool-résistantes 57  
   amphitriches 74  
   anabolisme 266  
   à prosthèque 157  
   ARNm 309  
   arrangement 47  
   auxiliaires de la mycorhization 702  
   bactériophages tempérés 389  
   bactériophages virulents 389  
   benthiques 688  
   catabolisme 266  
   chaîne de transfert des électrons  
     238, 259  
   chaînes de transfert d'électrons 253  
   chimolithotrophes endosymbio-  
   tiques 713  
   chimiotactisme 342  
   comme adjuvants 886  
   communication intercellulaire 355  
   comparaison avec eucaryotes 106  
   conjugaison 363, 375, 381  
   contenu en G + C de l'ADN 451  
   croissance 160  
   cycle cellulaire 157-158  
   cycle lytique 389  
   de la saumure des champs pétro-  
   liers 547  
   des grottes calcaires 547  
   des sources sulfureuses 547  
   diversité génétique 463-464  
   endosymbiotiques 720  
   entériques 536, 538  
   évolution 463  
   fixation de l'azote 276  
   formatrices de cystes 518  
   forme 47  
   gainées 526  
   gamme de températures 177-178  
   géantes 686  
   génomés 289, 438  
   gram-positives 551, 559  
   habitats 178  
   identification clinique 853, 855  
   intracellulaires 509  
   la plus grande 532  
   lophotriches 74  
   luminescentes 537  
   lysogènes 126  
   lysogénie 389  
   magnéto-aérotactiques 651  
   magnétotactiques 70, 651  
   mécanismes de défense 622  
   membranes intracytoplasmiques  
     66  
   monotriches 74  
   morphologie 51, 160  
   mouvement flagellaire 77  
   nitrifiantes 522-524, 526  
   organisation chromosomique 306  
   oxydant l'ammoniac 524  
   oxydant le nitrite 524

- oxydatrices de méthane 532  
oxydatrices du soufre 527, 686  
perception du quorum 537  
péritriches 75  
photosynthétiques 497-498, 515  
photosynthétiques oxygéniques 502  
phototrophes 254-255  
phytopathogènes 709  
pourpres 515  
pourpres non sulfureuses 516  
pourpres sulfureuses 529  
prédateurs facultatifs 725  
prédatrices 725  
pression osmotique 174  
processus de régulation 332  
régulation 355  
relations phylogénétiques 552  
réplication de l'ADN 298  
résistance aux antibiotiques 843  
respiration aérobie 242  
rhodopsine 490  
sites de tapis microbiens 686  
stérilisation par la chaleur 196  
stratégies reproductrices 156, 157  
structure 105  
structure des gènes 305  
suintements froids 686  
sulfato-réductrices 532  
synthèse des acides gras 284  
système chimiotactique 346  
système de transferts d'électrons 239  
systèmes à deux composants 342  
taille 47, 50, 132  
temps de génération 168  
traduction 320  
transduction 363, 375, 389  
transduction de signal à deux composants 341  
transduction généralisée 391  
transfert génétique horizontal 374  
transfert horizontal de gènes 375  
transformation 363, 375, 388  
transformation bactérienne 388  
transformation naturelle 387  
transformation par un plasmide 388  
vivipares 82  
bactérie acétogène 270  
bactérie « anammox » 252  
bactérie compétente artificielle 389  
bactérie du sol 230  
bactérie entérique 247  
bactérie fixatrice d'azote 692  
  nodule racinaire 692  
bactérie Gram-négative 54, 75, 467  
  assimilation du phosphate 282  
  autres que les protéobactéries 495  
  communication intercellulaire 185-186  
  endotoxine 756-757  
  flagelle 75, 78  
  identification 858  
  milieux sélectifs 148  
  osmolarité 341  
  paroi 54, 58-59  
  porines 341  
  pression osmotique 54  
  respiration aérobie 234  
  ribocommutateur 345  
  riborégulateurs 345  
  structure de la paroi cellulaire 271  
bactérie Gram-positif 54, 75, 467  
  communication intercellulaire 186  
  endospore 81  
  flagelle 75  
  identification 858  
  milieux sélectifs 148  
  paroi 54, 57-58  
  paroi cellulaire 55  
  pression osmotique 54  
  ribocommutateur 345  
  sécrétion des protéines 325  
  sol 696  
bactérie hémolytique  
  milieux de culture 148  
bactérie homolactique 1026  
bactérie lactique 247, 551, 563, 932  
bactérie magnétotactique 651  
bactérie méthylotrrophe 139  
bactérie microaérophile 268  
bactériémie 739, 750, 979  
bactérie nitrifiante 251  
bactériens 70  
  sous-unités 70  
bactérie pathogène  
  facteurs de virulence 750  
bactérie pathogène intracellulaire  
  queues d'actine 751  
bactérie photosynthétique 268, 501  
  anoxygéniques 498  
  caractéristiques 498  
  *Cyanobactéries* 498  
  gammes de températures 178  
  oxygéniques 498  
  phototrophes aérobies anoxygéniques 498  
  pourpres non sulfureuses 498  
  pourpres sulfureuses 498  
  taxinomie 499  
  vertes non sulfureuses 498  
  vertes sulfureuses 498  
bactérie phototrophe 140  
bactérie phototrophe verte sulfureuse 259  
bactérie pourpre  
  photosynthèse 259  
bactérie pourpre non sulfureuse 254, 500, 679  
bactérie pourpre sulfureuse 254  
bactérie propionique 247  
bactéries endophytes 1068  
bactéries entériques 514  
bactéries fixatrices d'azote 717  
bactéries Gram-négatives 37  
bactéries Gram-positives 37  
bactéries halophiles 1013  
bactéries lactiques 1009, 1022  
  fermentation lactique en présence de moisissures 1024  
  laits fermentés 1020  
bactéries lactiques non levain 1024  
bactéries magnétotactiques  
  microbiologie industrielle 1048  
bactéries méthanotrophes 721  
bactéries nitrifiantes 67, 514, 522  
  caractéristiques 524  
bactéries oxydatrices du soufre 527  
  incolores 528  
bactéries photosynthétiques  
  vacuoles 69  
bactéries photosynthétiques anoxygéniques 556  
bactéries pourpres 515, 531  
  appareil photosynthétique 517  
bactéries pourpres non sulfureuses 514  
  appareil photosynthétique 516  
  source d'énergie 517  
bactéries pourpres sulfureuses 514, 529, 531  
  photosynthétiques 531  
bactéries réductrices du sulfate ou du soufre (BRS) 541  
bactéries sulfureuses incolores 526  
bactéries transmises par l'eau  
  bactéries 968  
bactérie sulfato-réductrice 646  
bactérie sulfureuse 448  
bactérie sulfureuse pourpre 140  
bactérie sulfureuse verte 659  
bactérie thermophile 404  
bactérie verte  
  pigment photosynthétique 255  
  système photosynthétique 260  
bactérie verte non sulfureuse 254, 269, 495, 499, 510, 670  
  photosynthèse 259  
bactérie verte sulfureuse 254, 260, 269, 495, 499-500  
bactériochlorophylle 228, 255, 259, 497, 499, 516-517  
bactériochlorophylle a 255  
bactériochlorophylle a (Bchl<sub>a</sub>) 682  
bactériochlorophylle g 556  
bactériochlorophylles (Bchl) 499, 500  
bactériocine 205, 765, 1009, 1014-1015, 1025, 1034  
bactériocines 73  
bactériophage 114-115, 408, 465  
  bactériophages tempérés 389  
  bactériophages virulents 389  
  conservation des aliments 1014  
  cycle lysogène 390  
  cycle lytique 389-390  
  *E. coli* 410  
  lambda (λ) 410  
  lysogénie 389  
  outil de recherche sur l'ADN 290  
  prophage 390  
  T7 410  
  tempéré 392  
  T-pair 114  
  transduction 389-390  
  usage thérapeutique 205  
  vecteurs de clonage 410  
bactériophage lambda 384  
bactériophage P1 408  
bactériophages  
  utilisation médicale 847  
bactériophage T2 289  
  outil de recherche sur l'ADN 292  
bactériophage T2 d'*E. coli* 50  
bactériophage T4 123  
  structure 120  
bactériophage tempéré 389, 392  
bactériophage virulent 389  
bactériophage. Voir phage 618  
bactériophage (λ) lambda 393  
bactériophage φX174  
  chromosome 306  
bactériophéophytine 259  
bactériorhodopsine 228, 255, 260, 473, 489  
  photocycle 491  
bactériose à *Pseudomonas* (agrumes) 709  
bactériostatique 190, 193, 826, 830  
bactéroïde 692, 704-705  
bactéroïdes 62, 509, 510, 734  
  microflore normale 736  
*Bacteroides gingivalis* 180  
*Bacteroides melaninogenicus* 977  
*Bacteroides ruminicola* 510  
*Bacteroides thetaiotaomicron* 734  
  radeaux nutritifs 734  
*Bacteroidetes*  
  rhodopsine 490  
*Bacteroidetes* 509-510, 546, 681, 729  
  microflore normale 733  
  profil métagénomique des bactéries gastro-intestinales 734  
bactéroïdètes  
  tendance à l'obésité 729  
bactoprénol 161, 272-273  
bactoprénol phosphate 272-273  
bactoprénol pyrophosphate 272-273  
*Bactrim* (triméthoprime/sulfaméthoxazole) 1002, 1006  
baecocytes 157  
*B. afzelii* 944  
baie de Chesapeake 678  
  pollution industrielle 677  
baie de Minamata 652  
baie du Prince William 1067  
*Balamuthia mandrillaris* 984  
balanite 1004  
*Balantidium coli* 593  
BALT  
  Voir tissu lymphoïde bronchique 780  
Baltimore, David 400, 617  
BamHI 400  
banque de donnée  
  BLAST 671  
banque génomique 397, 412-413, 420-421, 424-425, 441-442  
banques  
  métagénomiques 1037  
banques métagénomiques  
  sol 697  
*B. anthracis* 560  
  noyau génomique 439  
  pangéome 439  
*B. aphidicola* 714  
barophile 174, 181  
barophiles  
  obligatoires 685  
barotolérant 181  
barrière mécanique 762  
barrière physique 762

- Bary, Heinrich, A. de 16, 713  
 base de Schiff 489  
 base pyrimidique 294  
 baside 612  
 basidiocarpes 612  
 basidiomycète 602, 612  
 chapeau 612  
 cycle biologique 612  
*voir Basidiomycota* 603  
 basidiomycètes 699  
 écosystèmes de sols 697  
 basidiomycota 602-603, 612  
 caractéristiques 604  
*Basidiomycota*  
 écosystèmes de sols 697  
 basidiospores 612  
 basilic 1011  
 basophile 760, 773-774  
 Bassi, Agostino 16  
 bassin de décantation 1051-1052  
 bassin de sédimentation 1052  
 bassins de saumure 685  
 bâtonnet 48  
 bâtonnet coque  
 rapport surface/volume 50  
 rapport S/V 50  
*Batrachochytrium dendrobatidis* 656  
 Bauer, A.W. 830  
*B. bifidus* 579  
*B. bronchiseptica* 526  
*B. burgdorferi*  
 plasmide 72  
*B. cepacia* 1068  
 pathogène nosocomial 525  
*B. cereus* 463, 560  
*bd* 239  
*Bdellovibrio* 205, 543-544  
 caractéristiques 542  
 prédation 724-725  
 probiotique 724  
*Bdellovibrio bacteriovorus* 544  
*Bdellovibrionaceae* 543  
*Bdellovibrionales* 543  
 bdellovibrions 541  
*Beggiatoa* 526, 529-530, 679  
 colonne de Winogradsky 678  
 oxydatrices du soufre 686  
 séquençage du génome 426  
*Beggiatoa alba* 141, 531  
 Beijerinck 644  
 Beijerinck, Martinus 19, 616  
 benthique 684  
 systèmes lotiques 688  
 benthos 677, 679, 685  
 cycle du carbone 682  
 benzimidazole 992  
 béocytes 503-504  
 Bergey 449, 466, 470, 473, 475, 476,  
 492, 501, 503, 507, 514-515, 522,  
 529, 559  
 Bergey, David 465  
 Bergey's Manual of Determinative  
 Bacteriology 465, 466  
 Bergey's Manual of Systematic Bacte-  
 riology 465-467, 471  
 Bergey's Manual of Systematic Micro-  
 biology 482  
 Berg, Paul 20, 398  
 Berkeley, M. J. 16  
 bernache du Canada 1053  
 bétadine 202  
*Betaherpèsvirus* 627  
 bétail 722  
 bêtaïne 174, 488, 677  
 bêta-propiolactone 202  
*Betaproteobacteria* 515, 524  
 betterave 578  
 beurre  
 détérioration 1010  
 beurre rance 1010  
*B. fragilis* 510  
*B. garinii* 944  
 biais PCR 665, 670  
 bicarbonate 674  
 bière 248, 1009, 1026-1027  
 pasteurisation 1013  
*Bifidobacteriaceae* 579  
*Bifidobacteriales* 572, 579  
 bifidobactéries 1023  
 catabolisme 731  
 colonisation 731  
 microflore normale du corps hu-  
 main 731  
*Bifidobacterium* 572, 579, 1023  
 culture 660  
*Bifidobacterium bifidum* 579  
 Binnig, Gerd 43  
 bioamplification 652  
 bioaugmentation 1068  
 biocarburant 411, 1032  
 bioéthanol 1043  
 éthanol 1040, 1042  
 H<sub>2</sub> 1044  
 hydrocarbures 1043  
 hydrogène 1040, 1042-1043  
 méthane 1040, 1043-1044  
 microbiologie industrielle 1040  
 production industrielle 1040  
 biocatalyseurs 1042  
 bioconversion 1042  
 biodégradation 230, 1051, 1064-1065  
 par des communautés naturelles  
 1064  
 pétrole 1066  
 processus 1064  
 sols contaminés 1066  
 biodiversité  
 métagénomique 1037  
 points chauds de la 1037  
 bioélectronique 1048  
 biofilm 155, 183, 195, 355, 688, 1054  
 commensalisme 724  
 croissance 152  
 croissance des micro-organismes  
 151  
 dispositif médical 185  
 dispositifs médicaux 183  
 exemples 183  
 formation 184  
 hétérogénéité 184, 185  
 biofilms 957, 958  
 pathogénicité et 752  
 pouvoir pathogène 958  
 biofiltre 1060-1061  
 biogaz 1043  
 bio-informatique 419, 426  
 bioingénierie  
 des plantes 1046  
 bioinsecticides 1032, 1046  
 biolixiviation 1068  
 biolixiviation des métaux 1068  
 biologie moléculaire 477  
 biologie systémique 436  
 bioluminescence 356-357, 536-537  
 luxCDABEG 355  
 biomasse 676, 683, 685  
 biopesticides 1046  
 biopolymères  
 dextrans 1041  
 microfibrilles 1041  
 polyesters 1041  
 polysaccharides 1041  
 production 1041  
 xanthane 1041  
 bioprospection 1037  
 bioréacteur  
 urbain 1043  
 bioredressement 1051-1052, 1064  
 bioremédiation 230, 1042,  
 1051-1052, 1064  
 Exxon Valdez 1067  
 hydrocarbures 1067  
 par des communautés naturelles  
 1064  
 pétrole 1067  
 pétrole brut 1067  
 processus 1064  
 sols contaminés 1066  
 biosenseur 861, 1048  
 microbiologie industrielle 1048  
 modèle 1048  
 surveillance de l'environnement  
 1048  
 biosphère chaude et profonde 711  
 biosphère souterraine 709  
 peu profonde 710  
 biosynthèse 242  
 antibiotiques 1034  
 cobalamine 345  
 combinatoire 1037  
 métabolites secondaires 1034  
 méthionine 345  
 principes qui gouvernent 265  
 riboflavine 345  
 biosynthèse combinatoire 1032, 1035  
 biosynthèse de la biotine 391  
 biosynthèse de la cobalamine 345  
 biosynthèse de la méthionine 345  
 biosynthèse de la riboflavine 345  
 biosynthèse des acides aminés 278,  
 353  
 biosynthèse des purines 282  
 biotechnologie 397, 399, 403, 406,  
 411, 1039, 1048  
 fixation de l'azote 706  
 biotensioactifs 1041-1042  
 bioterrorisme  
 préparation au 890  
 biotine 142, 278, 402, 404, 1041  
 biotransformation 1042  
 stéroïde 1042  
 biovars 449  
 biphenyle polychloré 230, 1051, 1064  
 biphenyles polychlorés (PCB) 677  
 biphytane 485  
 biseau salé 677  
 bisons 722  
*Blakeslea*  
 vitamines 1040  
 blanc d'œuf 403  
 blanchiment des coraux 718  
 BLAST 671  
*Blastomyces dermatitidis* 984-985  
*Blastomycese* 985  
 blastospores 109-110  
 blattes 585  
 blattes xylophages 508  
 blennorragie 953-954  
 bleu coton au lactophénol 855  
 bleu de méthylène 37, 68, 855  
 bleu de trypan 131  
 bleu-vert 501  
 bloc pour répliques 370  
*B. megaterium* 48, 284  
 Bodian, David 925  
 boîte CAAT 312  
 boîte de Petri 18, 149, 369-371  
 boîte de Pribnow 307, 310  
 boîte DnaA 299  
 boîte S 345  
 boîtes de conserve 555  
 boîte T 344-345  
 boîte TATA 312-314, 358, 479  
 boîte THI 345  
 bol alimentaire 722  
 bombage vrai 1012  
 Bonaparte, Napoléon 888  
 bonnet 722  
 bootstrap 458, 476  
 bootstrapping 458  
*B. oralis* 977  
 borate de furanosyle 355  
*Bordetella* 327, 525-526  
*Bordetella pertussis* 526, 941  
 bore 355  
*Borrelia* 508  
*Borrelia burgdorferi* 509, 944-945  
 chromosome 71  
 forme 163  
 séquençage du génome 426  
 borréliose de Lyme *Voir* maladie de  
 Lyme 944  
 Bosch, Karl 655  
 Botox 965  
 botulisme 556, 932, 964, 968, 1012  
 botulisme infantile 964  
 bouche  
 microflore normale 732-733  
 boucle antiterminatrice 342  
 boucle de pause 342, 344  
 boucle de terminaison de transcrip-  
 tion 343  
 boucle microbienne 673, 676, 679,  
 688  
 benthique 688  
 des eaux pélagiques 698  
 écosystèmes aquatiques 698  
 rôle des virus 684  
 sols 698  
 systèmes lotiques 688  
 boucle terminatrice 342  
 boue 1051, 1058, 1061

- boue activée 1051, 1060-1061  
 boues encombrantes 1051, 1060  
 bouilloires de brassage 1027  
 bouillon 1055  
   à la bile 1055  
   au soja 147-148  
   au thioglycolate 180  
   lactosé 1055-1056  
   nutritif 147-148  
   trois fois concentré 1056  
   tryptosé au lauryl-sulfate 1055-1056  
   vert brillant 1055  
 bouillon à l'urée 856  
 bouquet du vin  
   fermentation 1025  
 bourbon 1026  
 bourgeon  
   reproduction 520  
 bourgeonnement 108, 110, 502-503,  
   514, 520  
   cicatrice de 90  
 boutons de fièvre 740, 914-915  
 bouts collants 398-399, 401, 407, 409  
 bouts francs 398  
 BOX-PCR 454  
 Boyer, Herbert 398  
*B. paraptus* 526, 941  
*B. pertussis*  
   toxine PTx 941  
 β-protéobactéries 514  
   caractéristiques 525  
 bradykinine 785-786  
*Bradyrhizobiaceae* 523  
*Bradyrhizobium* 692  
   fixation de l'azote 703, 706  
*Bradyrhizobium* BTA1 706  
*Bradyrhizobium japonicum* 438  
*Branhamella catarrhalis* 733  
 bras anticodon 317  
 brassage 1026-1027  
 brasserie Carlsberg 1027  
 bras variable 317  
 brin avancé 288, 300-301  
 brin codant 306-307, 309-311  
 brin complémentaire 292-293, 306  
   comme matrice 371  
 brin matrice 288, 292, 297, 305-307,  
   309-311  
 brin moins ou négatif 616  
 brin négatif ou moins 617  
 brin parental 303, 366  
 brin parents 297  
 brin plus ou positif 616  
 brin positif ou plus 617  
 brin retardé 288, 300-303  
*Brocardia* 505  
*Brochothrix* 563  
 brome 201  
 bronchite 539, 905  
 BRS 542  
 Bruce Ames 370  
*Brucella* 516, 522  
*Brucella abortus* 747  
*Brucellaceae* 522  
*Brucella suis*  
   arme biologique 892  
 brucellose 522  
   détection 866  
 brucellose (fièvre ondulante ou fièvre  
   de Malte) 742, 974  
*B. sphaericus* 561  
*B. subtilis* 345  
   ARN polymérase 357  
   biofilms 560  
   communication par oligopeptide  
     186  
   facteurs sigma 560  
   formation de l'endospore 350  
   génomique 560  
   hétérogénéité de population 661  
   pénurie de nutriments 357  
   sporulation 350  
*B. thuringiensis* 560, 1046-1047  
 bubons 945-946  
*Buchnera*  
   réduction génomique 726  
*Buchnera aphidicola* 714  
   réduction de génome 461  
 bulking 1051, 1060  
 bulle de transcription 310-311  
*Bunyaviridae* 637, 924, 926-927  
*Burkholderia* 276, 525  
   fixateurs d'azote 525  
   fixation de l'azote 648  
   relations mycorrhiziennes 702  
   symbiose avec *Rhizopus* 607  
*Burkholderia caribensis*  
   fixation de l'azote 703  
*Burkholderiaceae* 525  
 Burkholderiacées 230  
*Burkholderia cepacia* 139, 885, 1068  
   perception du quorum 186  
   sources de carbone 139  
*Burkholderiales* 524-525  
*Burkholderia mallei*  
   arme biologique 892  
*Burkholderia pseudomallei* 514, 751  
 butanediol 248  
 butanol 247, 556  
   produits industriels 1040  
 butyrate 247
- C**  
*C. acetobutylicum* 556  
 cadavérique 1010-1011  
 cadre de lecture 288, 305, 427  
 cadre de lecture ouvert 419, 426  
 CAI-1 357  
 caillé  
   rennine 1024  
 caillé de tofu 1027  
 caillette 722  
*C. albicans* 1004  
 calcium 138  
 calcofluor blanc 855  
*Caldisphaera* 482  
*Caldisphaerales* 482  
 calicivirus 922, 1052  
 calorie 210-211  
*Calothrix* 183, 504  
 calotte glaciaire antarctique orientale  
   lac Vostok 687  
 Calsporin 1029  
*Calymmatobacterium granulomatis*  
   953  
*Caminibacter hydrogeniphilus*  
   caractéristiques 548  
*Caminobacter* 547  
*Campylobacter* 547, 1020, 1029  
   caractéristiques 542  
   transmission par l'eau 968  
*Campylobacteriaceae* 547  
*Campylobacteriales* 547  
 Campylobactériose 742  
 campylobactériose (gastroentérite à  
   *Campylobacter*) 964  
*Campylobacter jejuni* 199, 964, 966,  
   1016, 1019, 1052  
   transmises par les aliments 1015  
*Campylobacter pylori* 466  
 canalisation 223  
 canalisation métabolique 222  
 canaux mécanosensibles (MS) 174  
 cancer 129  
   virus 128  
 cancer du col utérin 129  
 cancer du foie 129, 1017  
 cancérigène 365, 370  
 cancérogenèse 129  
 cancers du col 918  
*Candida* 839, 1012  
   infections nosocomiales 1004  
   microflore normale 733  
*Candida albicans* 186, 1003-1004  
   microflore 734  
*Candida rugosa* 1021  
 candidats microbiens au confinement  
   strict 1052  
*Candidatus* 449  
*Candidatus Carsonella rudii* 714  
*Candidatus Desulforudis audaxviator*  
   711  
*Candidatus Korarchaeum cryptofilum*  
   475  
 candidose 1003  
   orale (muguet) 1004  
 cannelle 1011  
 CAP 337-338  
   fixation sur l'ADN 352  
   répression catabolique 350  
   structure 352  
 capréomycine 846  
 caprylate de sodium 1004  
 capsid 114-115, 118  
   hélicoïdales 118  
   icosaoédriques 118-119  
   symétrie complexe 118  
 capsomère 118  
 capsule 46, 50-51, 61-63, 290  
   *Bacteroides* 62  
   *K. pneumoniae* 62  
   mécanismes d'adhérence 749  
   résistance aux défenses de l'hôte  
     739, 751  
 caractères morphologiques 450  
 caractéristiques biochimiques 449  
   en microbiologie clinique 855, 857  
 caractéristiques classiques de la  
   taxinomie 449  
 caractéristiques écologiques 450  
 caractéristiques moléculaires 450  
 caractéristiques morphologiques 449  
 caractéristiques physiologiques et  
   métaboliques 449  
 carbamylaspartate 282-283  
 carbamyl-phosphate 282-283  
 carbénicilline 833  
 carbolfuchsine 36  
 carbonate 674  
 carbonate de calcium 92, 674, 718  
 carbone 138, 645  
   abondance naturelle 669  
   allochtone 687  
   atome A-1  
     formes principales 645  
     sol 694  
   source 139, 266  
   source de carbone 209  
 carbone anomérique A-5  
 carbone organique 674  
 carbone organique dissous (COD)  
   679  
 carbone organique total (COT) 1057  
 carboxylation 278  
 carboxysomes 69, 268, 495, 501, 533  
 carburant fossile 654  
 carburants fossiles 1042  
 carcasses de viande  
   agents conservateurs 1014  
 carcinogénèse 370  
 carcinome du nasopharynx 129  
 carcinome hépatocellulaire 129  
 CARD-FISH 663-664  
 carence 166  
   acides aminés 354  
   fer 354  
   phosphore 354  
   stratégies de survie 165  
   vitamines 354  
 carence en nourriture 357  
 carie 977  
 carie dentaire 566, 977  
 caroténoïde 101, 183, 254, 256, 499,  
   517, A-5  
 carottes  
   dans les sédiments 684  
   sédiments profonds 685  
 carte du phage φX174  
   chevauchement 306  
 carte physique 427, 429  
 caryophanon  
   caractéristiques 559  
 cas indice 876  
 cassettes de gènes 846  
 cassure chromosomique 366  
 cassure double-brin 377  
 cassure monocaténaire 366  
*Casuarina* 706  
 catabolisme 208-209, 228, 230, 266  
   acides aminés 250  
   glycérol 349  
   hydrates de carbone 249  
   lactose 337  
   protéines 250  
 catabolisme des hydrates de carbone  
   248  
 catabolisme des lipides 249  
 catalase 180, 960

- catalyseur 208, 218  
 caténane 303  
*Catencoccus* 536  
 cathélicidine 732, 765  
 cations A-3  
*Caulobacter* 520-521  
   caractéristiques 516  
   crampon 520  
   cycle biologique 520  
   prosthète 520  
*Caulobacteraceae* 520  
*Caulobacter crescentus* 66  
   cycles cellulaires 158  
   cytosquelettes 65  
   forme 163  
   morphologie 163  
*Caulobacteriales* 516  
 cavéosome 96, 97  
*C. botulinum* 248, 556  
*C. burnetti* 534, 975  
*C. crescentus* 66  
 CD  
   classes de molécules de différenciation 796  
 CDC (Centres de contrôle et de prévention des maladies) 873, 1019  
*C. difficile* 976  
*C. diphtheriae*  
   souches lysogènes 127  
 CDP 284  
 CDPG 234  
 CDR. Voir régions hypervariables 805  
*Ceanothus* 706  
   nodules actinorhiziens 707  
 Cech, Thomas 7, 222  
 cécité des rivières 717  
 cécité évitable 506  
 céfixime 954  
 Céfopérazone 834  
 Céfoxitine 834  
 ceftriaxone 834, 954  
 cellobiose 249, 694  
 cellobiose phosphorylase 249  
 cellotriose 694  
 cellulase 249, 347, 585  
 cellule 50  
   arrangement 47  
   chimiotactisme 770  
   chimiotactisme 770  
   compartimentées 505  
   compétente 363  
   construction 264-265  
   croissance 160  
   cycle de l'énergie cellulaire 213  
   déclin prolongé du nombre 167  
   de Langerhans 779  
   dendritique 774-775  
   différenciation 770  
   division 770  
   évolution 459  
   forme 47  
   hyperprolifératives 129  
   morphologie 160  
   mort cellulaire programmée 770  
   mortes 660  
   organisation 50  
   pédonculée 521  
   persistantes 165  
   prolifération 770  
   quiescentes 502  
   sanguines 774  
   système immunitaire 773  
   taille 47  
   types de travail 210  
   viable mais non cultivable 166  
   viables non cultivables (VNC) 165  
   vivantes 660  
 cellule APC présentatrice d'antigène 800  
 cellule archéenne  
   comparaison 105  
   comparaison avec bactériennes et eucaryotes 105-106  
 cellule B 760, 774, 776  
   activation 802  
   activation thymo-dépendante ou thymo-indépendante 802  
   biologie 801  
   développement 777, 792  
   fonction 777, 802  
   sélection clonale 811, 815  
 cellule bactérienne  
   comparaison 105  
   comparaison avec archéennes et eucaryotes 105-106  
 cellule compétente 363, 387, 389  
 cellule dendritique 760, 800-801  
 cellule dessaimage 520-521  
 cellule eucaryote  
   absorption des nutriments 144  
   caractéristiques communes 89  
   cils 104  
   comparaison 105  
   comparaison avec bactériennes et archéennes 105-106  
   flagelles 103-104  
   noyau 89  
   organites 89  
   structures extracellulaires 103  
   ultrastructure 90  
 cellule eucaryotique  
   aigues 462  
   animaux 462  
   évolution 462  
   fungi 462  
   plantes 462  
   protistes 462  
 cellule M 780, 781  
 cellule mémoire 789  
 cellule mère 357  
 cellule NK 778  
   Voir cellules tueuses naturelles 776  
 cellule non transformée 406  
 cellule présentatrice d'antigène (APC) 789, 796, 801, 886  
 cellules auxiliaires T 638  
 cellules dendritiques 776, 779, 784, 796  
 cellules de Paneth 764  
 cellules effectrices 797, 800  
 cellules eucaryotes 2  
 cellules gobelets 733  
 cellules intestinales de Paneth 736  
 cellules mémoire 776, 797, 802, 812  
 cellules présentatrices d'antigènes (CPA) 784  
 cellules procaryotes 2  
 cellules procaryotiques 1  
 cellules R 291  
 cellules S 289, 291  
 cellules souches  
   hématopoïétiques 773  
   pluripotentes 773  
 cellules T auxiliaires (TH) 776  
 cellules T régulatrices (Treg) 789, 800  
 cellules tueuses naturelles 776  
 cellules tumorales 1045  
 cellule T 760, 774, 776  
   activation 797, 800  
   biologie 797  
   cellule TH2 802  
   développement 777, 792, 799  
   fonction 777  
   sélection clonale 811, 815  
   suppressives 815  
   type 800  
   types 797  
 cellule T auxiliaire 801  
 cellule T auxiliaires 796-798  
   cellules TH0 798  
   cellules TH1 798  
   cellules TH2 798  
   cellules TH17 798  
   folliculaires (TFH) 798  
 cellule T auxiliaire (TH) 789  
 cellule T cytotoxiques (Tc) 798, 821  
 cellule T mémoire 796  
 cellule transformée 406  
 cellule T régulatrices 800  
 cellule tueuse naturelle (NK) 760  
 cellule végétative 520  
 cellulite 961  
 cellulomonas 696, 723  
   coopération 723  
 cellulose 92, 694, 715, 1042  
   caractéristiques 647  
   coopération 723  
   milieux de culture 148  
*Centaurea maculosa*  
   mycorhizes 701  
 Centre de contrôle et Prévention des maladies (CDC pour « Centers for Disease Control and Prevention ») 851, 874  
   PulseNet 1019  
 Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM) 874  
 centre réactionnel (CR) 256-257, 516-517  
 centrioles 90  
 Céphalo- 828  
*Cephalosporium acremonium* 1034  
 céphalosporinase 1036  
 céphalosporine  
   production 1034  
 céphalosporines 833  
   structure 834  
*Cephalosporium* 833  
 Céphalothine 834  
 céramide synthase 1018  
 cervidés 722  
 cétocanazole 839-840, 985, 987, 1004  
 cétone A-4  
 C-extéine 325  
*C. fetus* 547  
*C. gattii* 985  
*C. glabrata* 1003  
 CGO 258  
 chaddarisation 1025  
 chaîne de transfert d'électrons (CTE) 77, 208, 214, 230, 236, 240-241, 246, 255, 258  
   localisation 215  
   localisés dans les membranes 215  
   réduction métallique 535  
   photosynthèse 259  
   respiration aérobie 236  
 chaîne de transport d'électrons (CTE) 214, 522  
 chaîne de transporteurs 232  
 chaîne J 806  
 chaîne latérale 58  
 chaîne latérale O 60  
 chaîne légère 805, 809  
 chaîne lourde 809-810  
 chaîne mitochondriale de transfert des électrons 238  
   location 238  
 chaîne pentapeptidique 272  
 Chain, Ernest 827  
 chaînes latérales lipopolysaccharides (LPS) 59  
 chaînes légères 805, 809, 811  
 chaînes légères (L) 804  
 chaînes lourdes 805, 811  
 chaînes lourdes (H) 804  
 chaînes tétra-éther 477  
 chaîne sucre-phosphate 295  
 chaîne transporteuse d'électrons (CTE) 516  
 Chakrabarty, A. M. 1068  
 chaleur humide  
   stérilisation 195-197  
 chaleur sèche  
   stérilisation 197  
 Chalfie, Martin 33  
 Chamberland 19, 196  
 chambre de comptage de Petroff-Hausser 168-169  
 chambre de travail anaérobies 181  
 chambres d'incubation hyperbares 685  
 champagnes 1025  
 champagnes naturels  
   fermentation en bouteille 1026  
 champignon 89  
   cellules 109  
   dissémination 110  
   fonction 108  
   gammes de températures 177-178  
   hétérothalliques 109  
   homothalliques 109  
   identification 110  
   mitochondries 100  
   phytopathogène 692  
   reproduction 109-110



- reproduction asexuée 110
- rhodopsines 260
- structure 108
- structures reproductives 109
- temps de génération 168
- champignon parasite 728
- champignons 4, 277, 602
  - à chapeau ou à carpophore 612
  - écosystèmes de sols 697
  - identification clinique 855, 858
  - importance 605
  - milieux de culture 859
  - mycorhiziens 607
  - parasitisme 726
  - pathogène 613
  - pathogènes 611, 982-983
  - phytopathogènes 613
  - répartition 605
  - sérologie 865
  - taxinomie 603-604
  - teneur en G + C 452
- champignons basidiomycètes
  - sol 694
- champignons mycorhiziens 692-693, 698-699
- champignons mycorhiziens à arbuscule
  - échange d'azote 703
- champignons mycorhiziens arbusculaires
  - hyphes extraracinaires 702
- chancre 708-709, 932, 955
- chancre bactérien (tomate) 709
- changement antigénique 873, 880-881, 902
- changement climatique 488
  - maladie infectieuse 884
- changement climatique global 655, 1042
  - CO<sub>2</sub> 679
  - communautés de phytoplancton 679
- changement de mobilité électrophorétique (EMSA) 435
- changement global du climat 653
- changement tautomérique 364
- chaperon moléculaire
  - repliement des protéines 99
  - transport des protéines vers des organites 99
- chaperons 324
- chaperons archéens 324
- chaperons bactériens 324
- chaperons moléculaires 288, 323
  - archées 323
- charbon 16-17, 560, 710, 742, 932, 973
  - bioterrorisme 890
  - cutané 973
  - diagnostique 861
  - gastro-intestinal 973
  - pulmonaire 973
  - traitement 974
  - vaccin 887, 974
- charbon activé 1062
- charbons
  - plantes 613
- chargeur de pince 302
- Chase 292
  - outil de recherche sur l'ADN 290
- Chase, Martha 289
- chaux 1052
- CheA 347
- cheddar 1025
- cheminées de gaz 685
- cheminées de sources hydrothermales profondes
  - Alvinella* 723
- chémostat 155, 172-173
- chert de l'Apex Archéen 7
- chert de Swartkoppie 6
- chevauchement du gène 306
- CheW 347-348
- CheY 348
- chimiohétérotrophe 139
- chimiokine 760, 765, 769-770, 784
- chimioolithoautotrophe 137, 229
  - source de carbone 140
  - source d'électrons 140
  - source d'énergie 140
  - thermophile 496
- chimioolithoautotrophes 720
- chimioolithohétérotrophe 137, 141
  - source de carbone 140
  - source d'électrons 140
  - source d'énergie 140
- chimioolithotrophe 141, 228, 251-252, 259
  - source d'énergie 209, 250
  - STE localisés 215
- chimioolithotrophes 269, 718
- chimioolithotrophie 213, 215, 229, 250
- chimio-organohétérotrophe 137, 229
  - de carbone 139
  - d'électrons 139
  - d'hydrogène 139
  - source de carbone 140
  - source d'électrons 140
  - source d'énergie 140
- chimio-organotrophe 213, 229-231, 244
  - métabolites précurseurs 266-267
  - sources d'énergie 209, 230
  - STE 215
  - voies cataboliques 230
- chimiorécepteur Aer 349
- chimiorécepteurs 80
- chimiosmose 260
- chimiostats 728, 1039
- chimiotactisme 46, 76-77, 79-80, 145, 342, 346-347, 533
  - circuit de transmission 348
  - nage 502
  - négatif 80
  - positif 80
- chimiotaxie 325
- chimiotaxine 785
- chimiothérapie 190, 192-193, 826
  - développement 827, 846
- chimiotrophe 137, 139
  - source d'énergie 139
- ChIP 435
  - immunoprécipitation de la chromatine 435
- chiraux 1065
- chitine 92, 109, 576-577, 717
  - caractéristiques 647
- chlamydia 932
  - pneumonie 933
- Chlamydia* 506, 519
  - réduction de génome 461
  - virulence 747
- Chlamydiae* 506, 509, 534
  - division cellulaire 506
  - infection 506
  - métabolisme 507
  - métabolites 506
  - reproduction 506-507
  - sol 696
- Chlamydia psittaci* 507
- chlamydias
  - identification clinique 853, 855, 862, 866
- Chlamydia trachomatis* 953-955
  - sérotypes A, B et C 963
- Chlamydia* UWE25 507
- chlamydies 495, 506
  - cycle biologique 506
- chlamydirose 405
- Chlamydomonas* 598-600
- Chlamydomonas nivalis* 178
- Chlamydomonas reinhardtii* 106
- Chlamydomophila pneumoniae* 933
- Chlamydomophila psittaci* 974
- Chlamydomorphys* (lopodes) 587
- Chloram- 829
- chloramphénicol 479, 578, 827, 835, 859, 941
- chlorate 651
- chlore 201-202
- Chlorella* 599
- Chlorhexidine 200-201
- Chlorobi* 497-499, 509, 650
  - photosynthèse 259
  - sol 696
  - transformation naturelle 387
- Chlorobia* 499
- Chlorobiaceae* 499
- Chlorobiales 499
- Chlorobium* 269, 499-500, 678
  - colonne de Winogradsky 678
- Chlorobium limicola* 260
- Chloroflexi 497-499, 670
  - photosynthèse 259
- Chloroflexus* 269, 500
- Chlorophyceae* 501
- chlorophylle 101, 228, 254, 256-257, 497, 499, 679
  - à la surface du globe 679
- chlorophylle a 255, 257
- chlorophylle b 255
- Chlorophylles* (chl) 499
- Chlorophyta* 598
- chlorophytes 599
- chloroplaste 99, 101, 106-107, 258, 459
  - ADN 101
  - événement endosymbiotique 461
  - origine 102
  - ribosomes 99
- structure 103
- thylacoïdes 101
- chloroplastes 66, 91, 501
- Chloroplastida* 598
- chloroquine 842, 988-989
- chlorosome 259, 495, 499-500
- chlortétracycline 835, 837
- chlorure d'ammonium quaternaire 190
- chlorure de benzalkonium 202-203
- chlorure de cétypyridinium 202-203
- chlorure de vinyle 1065-1066
  - cancérogène 1066
- chlorure mercurique 36
- chlorure sodique 175
- chocolat 1009, 1021-1022
- choc septique 757, 971
- choléra
  - détection 866
  - épidémie de 1054
  - épidémiologie 875, 965
  - transmission 965
  - vaccin 887-888
- choléra aviaire 539
- cholerae*, autoinducteur 355
- cholérage 965
- cholestérol 54, 553
- choline 174
- chondroïtine 476
- Chondromyces* 544
- Chondromyces crocatus* 545
- Chorioméningite lymphocytaire 742
- Chorismate* 280
- choucroute 564, 1027
- Chromalveolata* 590-591
- chromate 534
- Chromatiaceae* 499, 529
- Chromatiae* 522
- Chromatiales* 529
- chromatine 97, 99
  - ARN polymérase II 311
- chromatium 723
  - coopération 723
- Chromatium* 529-530, 678
  - colonne de Winogradsky 678
- Chromatium vinosum* 68, 517, 531
- chromatographie liquide à haute performance (HPLC) 451
- chromatographie nano-liquide bidimensionnelle 671
- Chromera velia* 595
- chromoblastomycose (chromomycose) 997
- chromogène 866
- chromomycose 997
- chromomycose (chromoblastomycose) 997
- chromophore 408, 489
- chromosome 51, 72, 93, 97, 298, 303, 410
  - artificiels 410-411
- chloroplastiques 99
- circulaire 71
- linéaire 71, 304
- mitochondriaux 99
- répartition 158-159
- réplication 158
- chromosome artificiel 397, 410-411

- chromosome artificiel bactérien (BAC) 408, 411, 424  
 chromosome artificiel de levure (YAC) 408, 410  
 chromosome artificiel de P1 (PAC) 408  
 chromosome circulaire 297  
 chromosome eucaryote 304  
 chromosome linéaire 297, 305  
 Chromotrope 2R 1005  
*Chroococcidiopsis* 504  
*Chroococcus* 504  
*Chroococcus furgidus* 502  
 chrysolaminarine 596  
*Chrysophyceae* 596  
 chytride 602, 605, 613  
 chytrides 605  
 amphibiens 606  
 voir *Chytridiomycota* 603  
 Chytrides 656  
*Chytridiomycota* 602-606  
 caractéristiques 604  
 cidofovir (HPMPC) 840-841  
 cidofovir (Vestide) 917  
 cil 88, 91, 93, 104  
 battement 104  
 eucaryotes 103  
 mouvement 103  
 mouvement de retour 104  
 mouvement effectif 104  
 structure 105  
 cilié 676  
 pellicules 107  
 ciliés 591  
 ciliés (*Ciliophora*) 582, 592  
 ciliés (*Infusoria* ou *Ciliophora*) 584  
*Ciliophora* 108, 591, 593  
 cinchona (arbre) 988  
 cinétique de Michaelis-Menten 220, 222  
 cinquième maladie (érythème infectieux) 918  
 ciprofloxacine 838-839, 937, 974  
 cires d'abeille 886  
 cistron 305  
 citernes 94  
 réticulum endoplasmique 94  
 citrate 231, 236  
 citrate de bismuth 952  
 citrate de plomb 40  
 citrate synthase 1041  
 citrobacter 885  
*Citrobacter*  
 caractéristiques 540  
 plasmide 73  
*C. jejuni* 547  
 CJ (maladie de Creutzfeldt-Jakob) 929  
 clades 470  
 cladistique 457  
 clairance immunitaire 810  
 clarithromycine 937, 951-952  
 classe 448  
 classe des *Gammaproteobacteria* 528  
 classe des molécules de différenciation (CD) 789, 796  
 classes de molécules de différenciation 797  
 classification 450  
 phylogénétique 466  
 classification de Gell-Coombs 815  
 classification et taxinomie microbiennes  
 introduction 447  
 classification génotypique 446, 448  
 classification naturelle 446-447  
 classification officielle 466  
 classification phénétique 447  
 classification phylétique 446  
 classification phylogénétique 446-447  
*Archaea* 474  
 clathrine 96  
*Claviceps purpurea* 611, 758, 1010  
 alcaloïdes 1040  
 clé dichotomique 539  
*Clevelandina* 509  
 clindamycine 835, 842  
 clivage par une enzyme de restriction 413  
 clofazimine 937, 950  
 clonage 397  
 ADN 398, 402  
 ADN fabriqué par PCR 406  
 ADN recombinant 408  
 fragments d'ADN cellulaire 406  
 gènes 398  
 vecteurs 400, 406, 408  
 clonage de gènes 398  
 clonage génétique 397  
 clone 812  
*clostridia* 230  
*Clostridia* 551, 555  
 clostridiales 556  
 clostridies 556  
 caractéristiques 555  
 clostridium 247  
*C. botulinum* 248  
*C. sporogenes* 248  
 fermentation 248  
*Clostridium* 38, 82, 276, 518, 551, 553, 555, 648, 650, 678, 1010  
 caractéristiques 555  
 colonne de Winogradsky 678  
 endospore 81  
 réduction du sulfate 650  
*Clostridium acetobutylicum*  
 2,3- Butanediol 1040  
*Clostridium botulinum* 892, 964, 1013-1014, 1016  
 empoisonnement alimentaire 966  
 intoxications alimentaires 1016  
 spores 197  
*Clostridium difficile* 966  
*Clostridium pasteurianum* 284  
*Clostridium pectinovorum* 84  
*Clostridium perfringens* 949, 1011, 1016  
 empoisonnement alimentaire 966  
*Clostridium tetani* 556-557, 750, 889, 962  
 clotrimazole (Lotrimin) 839, 995, 1004  
 clous de girofle 1011  
 Clustal 457  
 CMH-I 782  
 CMH-II 782  
 CMH Voir complexe majeur d'histocompatibilité 794  
 CMI (concentration minimale inhibitrice) 830, 843  
 CML (concentration minimale létale) 830  
 CMVH (cytomégalo-virus humain) 916  
*C. novyi* 949  
 CO 517  
 CO<sub>2</sub> 229, 234, 267, 282  
 fixation 251, 254  
 fixation du CO<sub>2</sub> 267-268  
 source de carbone 139, 229  
 CO<sub>2</sub> atmosphérique 674  
 coagulant 1053  
 coagulase 563, 750, 932, 960  
 coagulation 1052  
 cobalt 138, 414, 579  
*Coccidioides immitis* 985  
 coccidioïdomycose 985  
*Coccolithales* 598  
 coccolithophores 598  
 code barre 454  
 code génétique 105, 315  
 dégénérescence du code 314  
 Code International de Nomenclature des Bactéries 466  
 CO déshydrogénase 682  
 codon 305, 314, 320  
 anticodon 288, 317  
 d'arrêt de la traduction 307  
 initiateur 307, 314, 318  
 non-sens 288, 314, 322  
 sens 314  
 stop 288, 307, 315  
 terminaison 288  
 codon d'arrêt de la traduction 307  
 codon de terminaison 288, 309  
 codon initiateur 305, 307, 309, 314, 318  
 codon non-sens 314  
 codons sens 314  
 codon stop 288, 367  
 codon stop UGA 344  
 codon trp 343  
 coefficient de sédimentation 70  
 coenzyme 208, 218, 281  
 A 277, 284  
 CoQ 238  
 Q 217, 238, 240, 246, 259  
 Q (CoQ) 216  
 coenzyme A 142  
 coenzyme M (acide 2-mercaptoéthanesulfonique) 485  
 coenzyme Q 238-240  
 coenzymes  
 F420 487  
 F430 487  
 M 487  
 coévolution 210, 714, 727-728  
 cofacteur 218, 266  
 Cohn 16  
 coiffe en 5' 312  
 coïntégré 377  
*Colacium cyclopicolum* 103  
 col en fraise 998-999  
 colicines 765  
 coliformes 1055  
 contamination de l'eau 1054  
 coliformes fécaux 1053, 1055-1056  
 milieu 170  
 vitamine K grâce 730  
 coliformes totaux 1053, 1055  
 coliphage T-pair 117  
 colite associée aux antibiotiques (colite pseudomembraneuse) 975-976  
 colite pseudomembraneuse (colite associée aux antibiotiques) 975  
 colite pseudomembraneuse 976  
 Collagénase 750  
 collagènes défensifs 772  
 collectines 772  
 Colomb, Christophe 957  
 cõlon  
 microflore 734  
 microflore normale 732  
 vitamines B et K 736  
 cõlon humain  
 microflore normale 735  
 population bactérienne 735  
 colonie 137, 150  
 croissance 152  
 forme 152  
 morphologie 152  
 morphologie caractéristiques 151  
 taille 151-152  
 colonisation 739, 749  
 colonne de Winogradsky 678  
 bactéries pourpres non sulfureuses 679  
*Beggiatoa* 679  
 cyanobactéries 679  
 diatomées 679  
*Rhodospseudomonas* 679  
*Rhodospirillum* 679  
*Thiothrix* 679  
 colorant fluorescent DAPI 663  
 colorants 36  
 acides 36  
 basiques 36  
 bleu de méthylène 36  
 cristal violet 36  
 encre de Chine 36  
 éosine 36  
 fuchsine acide 36  
 fuchsine basique 36  
 nigrosine 36  
 rose Bengale 36  
 safranine 36  
 vert de malachite 36  
 colorants acides 36  
 colorants basiques 36  
 coloration 25, 35, 54, 660  
 DAPI 663  
 des capsules 38  
 des échantillons 35  
 des flagelles 38  
 Gram, Christian 54  
 négative 25  
 négatives 61  
 simple 25  
 techniques 663  
 coloration acido-alcool-résistante 37, 853

- coloration DAPI 663  
coloration de Giemsa 853, 855  
coloration de Gram 25, 37, 466, 853  
mécanisme 59  
coloration des endospores 37  
coloration de Wright 989  
coloration différentielle 37, 660  
acido-alcool-résistante 37  
de capsules bactériennes 37  
de gram 37  
des endospores 37  
des flagelles 37  
colostrum 793  
*Comamonas* 525  
cométabolisme 139, 1051, 1066  
Comité International de la Systématique des Procaryotes (ICSP) 463  
Comité International de Taxinomie des Virus 617  
commensal 724  
commensalisme 713-714, 723-724  
commensalistes  
interactions plantes-micro-organismes 698  
comminution 1059  
communauté 658  
communauté microbienne 666, 668  
approches moléculaires 669  
métagénomique 669  
microdamiers 669  
communautés  
benthiques 688  
communautés microbiennes  
alimentées par les hydrocarbures 685  
facteurs physiques et biologiques 687  
habitats dulçaquicoles 687  
communautés planctoniques 687  
communication de cellule 355  
communication intercellulaire 185-186, 355  
commutation de classe 789, 808, 810  
compartimentation 222, 266, 357, 505  
compétition 713-714, 728  
complément 765  
complémentation génétique 416  
complexe à l'état de transition 218  
complexe à *M. Avium* 937  
complexe à *M. Avium* (MAC) 932, 937  
complexe apical 582, 593, 595  
complexe capteur de lumière 500  
complexe collecteur de lumière  
LH-I 517  
LH-II 517  
complexe CR-Bchl 516  
complexe d'attaque membranaire (MAC) 760, 766, 769  
complexe de la pyruvate déshydrogénase 236-237  
complexe de piline (ComGC) 389  
complexe de répllication 634  
complexe des cytochromes bf 258  
complexe du pore nucléaire 97-98  
complexe générateur d'oxygène 258  
complexe immun 864-865, 869  
complexe majeur d'histocompatibilité 778, 794  
de classe I 795  
de classe II 795  
réaction de rejet 821-822  
complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) 776, 789, 794  
complexe ouvert 310  
complexe polyribosomique 316  
complexes collecteurs de lumière  
bactéries pourpres 516  
LH-I 516  
LH-II 516  
complexes de Ghon 940  
complexes immuns  
formation 812, 814  
complexe « Sox » 531  
complexe terminase 123  
complexe  $\gamma$  300, 302  
composé halogéné 202  
composé monocarboné 532  
composés chlorés 200-201  
composés mercuriels 200-201  
composés phénoliques 200-202  
composés phénoliques aqueux 200  
composés phénoliques de la plante 708  
comptage direct 168-169  
comptage sur boîte 170-171  
compteur de Coulter 169  
concatémère 616, 623  
concentration en substrat 220  
concentration minimale inhibitrice (CMI) 826, 830, 843  
concentration minimale létale (CML) 826, 830  
concentration osmotique 173-175  
concept de l'espèce 462  
concept de l'espèce microbienne 459  
condenseur 27  
condensines 71  
condition d'anoxie 244  
conditionnements d'air 532  
conditionnement sous atmosphère modifiée (CAM) 1015  
conditions abiotiques 646  
conditions osmotiques 646  
condyloles anogénitaux 922  
*Congregibacter litoralis* 682  
conidies 608  
conidiophore 110  
conidiospore 109-110  
conifères 700  
conjonctive  
mécanismes de défense 764  
microflore normale 732  
conjonctivite 979  
conjonctivite purulente du nouveau-né 954  
conjugaison 108, 363, 375, 378, 381  
facteur F 383  
protistes 588, 593-594  
Relaxosome 383  
système de sécrétion 383  
système de sécrétion de type IV 383  
conjugaison bactérienne 381  
bactéries Gram-positives 327  
Gram-négatives 327  
conjugaison due au facteur F 383  
conjugaison F' 385, 387  
conjugaison F'  $\times$  F 385  
conjugaison F<sup>+</sup>  $\times$  F 383  
conjugaison Hfr 385  
conjugaison Hfr  $\times$  F 386  
conjugation  
protistes 108  
conservation  
par les produits chimiques 1013  
conservation des aliments 1014  
conservation par les produits chimiques 1013  
conserves 1014  
consommateurs primaires 676  
consortium 713-714  
consortiums méthanogènes 1043  
constante de Faraday 214  
constante de Michaelis (Km) 220, 223  
constante d'équilibre ( $K_{eq}$ ) 208, 211, 217-218, 221  
constante de vitesse de croissance moyenne 167  
constructeurs de récifs 717  
construction de la paroi cellulaire 459  
construction d'une banque génomique 412-413  
construction d'un plasmide recombinant 401  
construction et la purification d'une protéine marquée (étiquetée) à la poly-Histidine 415  
construire un génome 411  
contacteurs biologiques rotatifs 1059  
contenu en G + C 451-452  
contig 425  
contre-colorant 37  
contrôle biologique des micro-organismes 205  
contrôle de la détérioration des aliments 1012  
contrôle des micro-organismes dans l'environnement 190  
méthodes physiques 195  
pendant les épidémies 886  
terminologie 193  
contrôle du micro-organismes  
méthodes 192  
contrôle riborégulateur 344  
contrôle transcriptionnel  
activateur 340  
continuation au-delà de la région de tête 342  
gène inductible 335  
gènes répressibles 335  
initiation de la transcription 342  
négatif 335, 338  
positif 335  
contrôle transcriptionnel négatif 331, 335  
contrôle transcriptionnel positif 331, 335  
contrôleurs d'élite 914  
contrôleurs virémiques 914  
convalescence 741  
conversion lysogène 127  
conversion microbienne de l'énergie 1042  
*Cookeina tricholoma* 603  
Coombs, Robert 815  
coopération 713, 714, 723  
Copenhague 1027  
coque 46, 48, 161  
détermination de la morphologie 162  
MreB 163  
coqueluche 526  
*B. pertussis* 941  
vaccin 887  
vaccin DPT 941  
corail 718  
corail rose  
zooxanthelles 718  
coraux 584, 592  
constructeurs de récifs 718  
zooxanthelles 718  
coraux hermatypiques 717  
corépresseur 331, 335-336, 342  
tryptophane 339  
coronavirus 906, 916  
coronavirus du SRAS (SRAS-CoV) 897, 906  
corps  
élémentaire 932-933  
réticulé 932-933  
corps basal 75  
corps de Négri 928  
corps élémentaires (CE) 495, 506-507, 534  
corps parasporal 560-561  
corps réticulé (CR) 495, 506-507  
corpuscule basal 104  
corpuscule résiduel 97  
corrosion anaérobie du fer 543  
cortex 81-84  
*Corynebacteria* 574  
*Corynebacteriaceae* 574  
corynébactéries 733  
*Corynebacterineae* 574  
*Corynebacterium* 574  
caractéristiques 572  
sol 696  
microflore normale 733  
*corynebacterium* au bleu de méthylène 36  
*Corynebacterium diphtheriae* 889, 934  
*Corynebacterium diphtheriae* 127, 574, 748, 933  
*Corynebacterium glutamicum* 1040  
*Corynebacterium jeikeium* 885  
Corynéformes 696  
cosmide 397, 408, 410, 424  
COT 1058  
coton-Bt 1047  
couche de lipopolysaccharides 384  
couche mucoïde 46, 50, 62  
couche S 46, 57, 62-64, 475-476, 486  
archées 63-64  
bactéries Gram-négatives 62  
bactéries Gram-positives 62  
couches mucoïdes 61, 63  
coumarines 1011  
couple NAD<sup>+</sup>/NADH 214

- couple rédox 213  
 couple rédox  $1/2 O_2/H_2O$  257  
 courbe affaissée en oxygène dissous 688  
 courbe de croissance 163-164  
 courbe dose-réponse 132  
 cours d'eau et torrents 687  
 course 77, 80-81, 346, 348-349  
 couverture mucociliaire 763  
   cellules épithéliales ciliées 764  
*Coviracil* (emtricitabine) 914  
*Coxiella* 528, 532, 534  
*Coxiella burnetii* 974-975  
*Coxiellaceae* 532  
*C. parvum* 1001  
*C. perfringens*  
   intoxications alimentaires 1016  
   temps de doublement extraordinaire 556  
 crampon 514, 520, 530  
*Crenarchaeota* 474-477, 482, 485, 648  
   chaudron de soufre 483  
   chimiotactisme 80  
   évolution 459  
   fixation du  $CO_2$  481  
   réduction catalytique du fer ferrique 651  
 crénarchées  
   écosystèmes de sols 697  
   hyperthermophiles 479  
 crénarchéol 477, 485  
 crénarchéote  
   hyperthermophile 483  
   thermophile 651  
 crénarchéotes mésophiles 475  
*Crenarchaeum* 485  
*Crenarchaeum symbiosum* 475-476  
 crescentine 66, 163  
 crêtes 88, 100-101  
 criblage 413, 1032  
   fonctionnel 1038  
 criblage à haut-débit 1032  
 criblage à haut débit HTS 1036  
 criblage des transformants 409  
 cristallographie aux rayons X et autres 243  
 cristal parasporal 1046  
 cristal violet 36, 60  
*Cristispira* 508-509  
*Crithidia fasciculata* 177  
*Crixivan* (indinavir) 914  
 crochet 75, 78  
 croisement  $F^+ \times F$  382  
 croissance 155, 647  
   agent pathogène 747  
   à l'équilibre 164  
   calcul de la vitesse 167  
   dans les milieux naturels 183  
   détérioration 1009  
   en équilibre instable 164  
   exponentielle 166-167  
   facteurs environnementaux 173-174  
   mathématiques 166  
   mesure 168  
   qualité des aliments 1009  
   vitesse 164, 167  
 croissance des micro-organismes dans une installation industrielle 1039  
 croissance diauxique 350-351  
*Cronartium ribicola* 656  
*crossing-over* 375  
 cryptomonades  
   évolution de 461  
 cry 1047  
 cryodécapage 45  
 cryotomographie électronique 42-43  
*Cryphonectria parasitica* 709  
 cryptines 764  
 cryptococcose 613, 985-986  
*Cryptococcus gatti* 109  
*Cryptococcus neoformans* 613, 982, 985-986  
*Cryptophyceae* 591  
*Cryptosporidiose* 742, 1000  
*Cryptosporidium* 595, 983-984, 1053, 1056  
*Cryptosporidium parvum* 1000  
*C. septicum* 949  
*C. sporogenes* 248  
 CTE 214, 240-241, 246, 259-260  
   chimioolithotropes 253  
   localisation 215  
   localisés dans les membranes 215  
   respirations aérobie 230  
*C. tetani* 556  
 CTP 213, 309  
*C. trachomatis* 506-507  
 Cu 246  
 cuivre 257  
 culbute 77, 80-81, 346, 348-349  
 culture  
   continue 172, 1039  
   croissance clonale 661  
   des champignons 1029  
   discontinue 155, 164  
   en « batch » 155, 164, 172  
   en masse 1039  
   enrichissement 658  
   extinction 661  
   industrielle 1039  
   levain 1020, 1024  
   microgouttelettes 661, 1033  
 culture axénique 661  
 culture continue 1042  
 culture d'enrichissement 147, 658  
 culture en microgouttelettes 661  
 culture pure 137, 151, 752  
   enrichissement 149  
   isolement 149-150  
 cultures 659  
   axéniques 663  
   continues ou immortalisées 859  
   enrichissement 659  
   estimations en % des organismes cultivables 659  
   primaires 859  
   semi-continues 859  
 cultures d'enrichissement 659  
 cultures pures 658  
   isolement 856  
*Cupriavidus* 251, 276, 525  
   fixateurs d'azote 525  
   fixation de l'azote 648  
   hydrogénéotrophes 525  
   résistantes aux métaux lourds 525  
*Cupriavidus taiwanensis*  
   fixation de l'azote 703  
 curage 72  
 cuticule 103  
*C. vinosum* 531  
 cyanobacteria 497-499, 501, 675  
*Cyanobacteria* 471, 726  
   évolution 459  
   fixation de l'azote 648  
   microflore normale 733  
   sol 696  
   transformation naturelle 387  
 cyanobactérie 66, 68-69, 254-255, 257-258, 284, 495, 501, 503-504, 510, 678-680  
   carboxysome 69  
   classification 503  
   cyanophycine 67  
   efflorescence 677  
   filamenteuses 503, 675  
   fixation de l'azote 276, 502  
   fleur d'eau 504, 677, 690  
   habitats 504  
   hétérocystes 503  
   milieu BG-11 147  
   mobilité 502  
 cyanobactérie endosymbiotique 501  
 cyanobactéries 546, 658, 669  
   fixation de l'azote atmosphérique 670  
   rhodopsines 490  
 cyanocobalamine (B12) 142  
 cyanophages 684  
 cyanophycine  
   granules 501  
   polymères d'arginine 501  
 cycle 3-hydroxypropionate 481  
 cycle biogéochimique 244, 251  
 cycle biologique  
   chlamydie 507  
 cycle cellulaire  
   bactérien 158  
   p53 129  
 cycle cellulaire bactérien 521  
 cycle de Calvin 264, 268, 501, 713, A-14  
 cycle de Calvin-Benson 268, 526  
 cycle de développement bâtonnet-coque 573  
 cycle de Krebs 100, 236-237, 242, 244, 249, 538  
 cycle de l'azote 209-210, 523, 648, 655, 680  
   réaction annamox 506  
 cycle de l'énergie cellulaire 213  
 cycle de nitrification/dénitrification 655  
 cycle des acides tricarboxyliques 236-237, 250, 1041, A-11  
 cycle des acides tricarboxyliques (cycle des ATC) 236-237, 538  
 cycle des pentoses phosphate  
   cyanobactéries 501  
 cycle dicarboxylate/4-hydroxybutyrate 481  
 cycle du 3-hydroxypropionate 269-270  
 cycle du carbone 645-646  
   zone photique jusqu'au benthos 682  
 cycle du citrate 236  
 cycle du fer 651  
 cycle du glyoxylate 264, 278, 281  
 cycle du manganèse 652  
 cycle du mercure 652  
 cycle du phosphore 649  
 cycle du soufre 650  
 cycle global du carbone 504  
 cycle lysogène 127  
 cycle lytique 114, 127, 389  
   phage  $\lambda$  624-626  
 cycle menstruel 736  
 cycle Q 240-241  
 cycle réducteur des acides tricarboxyliques 481  
 cycle réducteur des ATC 269  
 cycle réducteur des pentoses phosphate 268  
 cycles aromatiques A-4  
 cycle tricarboxylique 228, 230-231, 237, 266  
   réactions anaplerotiques 281  
 cycle  $\beta$ -lactame 832, 844  
 cyclobutane 365  
 cycloheximide 858-859  
 cyclopropane 284  
*Cyclospora* 595, 983-984, 1053  
*Cyclospora cayetanensis* 984, 1001  
 cyclosporose 1001  
*Cyclotella meneghiniana* 596  
*Cylindrospermum* 689  
 cystéine 150, 181, 277, 296  
 cystes 518-519, 532-533  
   *Giardia* 1054  
*Cystoviridae* 633  
 cytidine 5'-triphosphate 213  
 cytidine désaminase induite par activation (AID) 810  
 cytidine diphosphate 284  
 cytidine triphosphate 282-283  
 cytochrome 213, 259  
   a 240  
   a3 240  
   b 240, 246  
   b558 241  
   b562 241  
   b595 241  
   bd 241  
   c 240, 246  
   c1 240, 246  
   d 241  
   d1 246  
   o 241  
 cytochrome aa3 oxydase 253  
 cytochrome bo 239  
 cytochrome c 238  
 cytochromes 216-217  
 cytochromes a et a3 215  
 cytotinèse 93, 155, 159, 521  
 cytokine 760, 768-769, 772, 776  
   actions biologiques 770  
   fonctions 770-771  
   récepteurs 770  
 cytokines  
   cellules T auxiliaires 802  
   cytotinèse 479  
   cytokinine 699, 703, 706  
   cytomégalovirus (CMV) 627, 751, 854, 919

- cytomégalo­virus (HHV-5) 916  
 cytomégalo­virus humain (CMVH) 916  
 cytométrie de flux 169, 663-664, 850, 870  
   microbiologie de l'eau 1057  
   microgouttelettes 661  
*Cytophaga* 510  
   sol 694  
*Cytophaga columnaris* 510  
*Cytophagales* 510  
 cytoplasme 50, 91-92, 253  
   archées 65  
   bactéries 65  
   concentration osmotique 174  
   eucaryotes 92  
   kinase-senseur 340  
   pH 176-177  
 cytoprocte 107  
 cytosine 281, 293-295, 366, 450, A-7  
 cytosines  
   désaminées 479  
   lues comme uraciles 479  
 cytosol 92  
 cytosquelette 79, 88, 92  
   bactérien 65  
   eucaryote 92  
 cytotome 107, 584-585  
 cytotoxicité à médiation cellulaire  
   dépendant des anticorps 778  
   ADCC 776  
 cytotoxicité cellulaire dépendante des anticorps 806  
 cytotoxine 739, 754, 972, 976  
 cyto­vene-IV (ganciclovir) 917
- D**  
 d4T (stavudine) 840  
*Dactylosporangium* 576  
 D-alanine 54-55  
 dalton (Da) A-1  
 DAP 273  
 DAPI 66, 169, 663  
 dapsone 829-843  
*Daptobacter* 725  
   prédation 724-725  
 Daraprim (pyriméthamine) 998  
 Darwin *De l'origine des espèces* 447  
 Davis, Bernard 381  
 DBO 1058  
 DCO 1058  
 ddC (zalcitabine) 840, 914  
 DDE 1066  
 ddI (didanosine) 840  
*D. discoideum* 588-589  
 DDT 1066  
 décapsulation 123  
 déchloration anaérobie 1064  
 déchloration réductrice 1051  
*Dechlorosoma suillum* 651  
 décision régulatrice 337  
 décomposition 649  
   substrats organiques complexes 647  
 décontamination 190, 193-194  
 défenses de l'hôte 762  
 défensines 765, 784  
*Deferribacteriae*  
   réduction catabolique du fer ferri­que 651
- définition de l'espèce 462  
 déforestation 654  
 dégénérescence du code 314, 366  
 dégénérescence maculaire 1035  
 de Giemsa 989  
 dégradabilité  
   substrats organiques complexes 647  
 dégradation  
   hydrocarbures 1067  
   matériel végétal 694  
   matière organique 646  
   pétrole 1067  
   pétrole brut 1067  
 dégradation du pétrole  
   communauté microbienne 1067  
 dégradation du toluène  
   plasmide 1068  
*Dehalospirillum* 1064  
*Deinococcales* 496  
*Deinococcus* 496  
   transformation naturelle 387  
*Deinococcus geothermali*s 496  
*Deinococcus radiodurans* 497  
   analyse par microdamier d'ADN 431  
   résistants aux radiations 182  
*Deinococcus-Thermus* 496  
   sol 696  
 deinocoques 495-496  
 dékystement 107  
 délavirdine (*Rescriptor*) 914  
 délétions 364-366  
*Deleya* 525  
*Delftia* 525  
*Deltaproteobacteria* 515, 541, 724  
 demande biochimique en oxygène (DBO) 1051, 1057  
 demande chimique en oxygène (DCO) 1051, 1057  
 demi-réaction 213  
 dénaturation 208, 221, 666  
 Dendroctonus ponderosae 656  
 dénitrification 245, 488, 527, 644, 646, 649, 680, 703, 1062, 1064  
 denrée alimentaire 1010  
 densité cellulaire 355  
 densité optique  
   du milieu 171  
 Département de l'Énergie U.S. 709  
 Département (ministère) de l'Agriculture des États-Unis (USDA) 1015  
 Department of Energy 1042  
 déphasage 367  
 déphasage ribosomique 635  
 dépistage rapide  
   d'agents cancérogènes potentiels 370  
 déplacement aléatoire 346  
   biaisé 347  
 dérive antigénique 873, 902  
 dérive génétique 463  
 dérivés antigéniques 880  
*Dermacentor andersoni* 948  
 dermatite allergique de contact 820-821  
 dermatomycoses (mycoses cutanées) 995
- Dermatophilus* 574  
 dermatophytes 982, 995-996  
*Dermocarpella* 157  
 désaminase de l'arginine 553  
 désamination 250  
 désensibilisation 816  
 déshabillage (stripping) 1062  
 déshalogénéation 1065  
 déshalogénéation réductrice 1051, 1064-1065  
 désinfectant 190, 193  
   efficacité relative 201  
   niveaux d'activité 200  
   structure 202  
 désinfection 192-194, 199  
 désoxynucléoside 294  
 désoxynucléosides triphosphate (dNTP) 420  
 désoxynucléotide 294  
 désoxynucléotide triphosphate 298  
 désoxynucléotidyl-transférase terminale (tdt) 810  
 désoxyribonucléase 750  
 désoxyribonucléotides 282  
 désoxyribonucléotide triphosphate 303  
 désoxyribose 293-295  
 désoxythymidine 283  
 désoxythymidine monophosphate 282-283  
 désoxyuridine monophosphate 282  
 desquamation 733  
 dessiccation 496  
*Desulfobacterium* 1064  
*Desulfobacterales* 541  
*Desulfobulbus* 686  
*Desulfococcus* 686  
*Desulfomonile* 1064  
*Desulfonema* 510, 650  
*Desulfomonas* 650  
*Desulfosarcina* 489  
*Desulfothermus naphthus* 542  
*Desulfotomaculum* 245, 556, 558, 650  
   caractéristiques 555  
   réduction du sulfate 650  
*Desulfotomaculum acetoxidans* 558  
*Desulfovibrio* 245, 542-543, 649-650, 652-653, 678, 723, 1062  
   caractéristiques 542  
   colonne de Winogradsky 678  
   coopération 723  
   réduction du sulfate 650  
   respiration 245  
*Desulfovibrionales* 541-542  
*Desulfurococcacea* 482  
*Desulfuromonaceae* 543  
*Desulfuromonadales* 541  
*Desulfuromonales* 543  
*Desulfuromonas* 245, 542-543, 650  
   caractéristiques 542  
 détection  
   mutants 369  
 détection de mutants 369  
 détection de pathogènes  
   réaction de polymérisation en chaîne (PCR) 1020  
 détection des pathogènes transmis par les aliments
- analyse RFLP (polymorphisme de longueur des fragments de restriction) 1019  
 électrophorèse sur gel à champ pulsé (EGCP) 1019  
 sondes spécifiques de sérotypes 1019  
   techniques PCR 1019  
 détection et l'isolement de mutants 369  
 détergent 190, 203  
 détérioration  
   aliments 1010  
   facteurs extrinsèques 1011  
   facteurs intrinsèques 1010  
   structure physique d'un aliment 1011  
 détérioration des aliments 1009, 1011  
 déterminants antigéniques 791  
 Dettol 200  
 deutérium 669  
 dextrans 1041  
 DGGE 666  
   gradient chimique 666  
 d-glucose 722  
 DHFR (drofolate réductase) 837  
 diacétyl dapsone 950  
 diacétyle 248, 564, 1020, 1022  
 diacylglycérol 284  
 diagramme de concepts A-16  
 diamino-2-phényl indole (DAPI) 33  
 diarrhée 735  
   du voyageur 73  
   *Campylobacter jejuni* 1016  
   *Clostridium perfringens* 1016  
   *Vibrio cholerae* 1016  
 diarrhée du voyageur 969  
 diatomée 596-597, 674-675, 678-679, 681  
   fixation de l'azote 680  
   fleurs d'eau 678  
   *Pseudonitzschia* 678  
 diatomée (*Bacillariophyta*) 582, 596  
 diatomées 102, 138, 254, 1047  
   marines 1048  
   microbiologie industrielle 1048  
 dichloréthylène 1065  
 dictyosome 94  
*Dictyostelia* (myxomycètes cellulaires) 587  
*Dictyostelium* 588  
*Dictyostelium discoideum* 587, 589  
 didanosine (ddI) 840  
 didanosine (Videx) 914  
 didésoxyadénosine triphosphate 420  
 didésoxy­nucléosides triphosphate (ddNTP) 420  
*Didinium* 676  
*Dientamoeba fragilis* 585  
 di-éther 477  
 différenciation morphologique 355  
*Diffugia* 587  
 diffusion  
   facilitée 143-144  
   passive 142-143  
 diffusion facilitée 137  
 digesteur anaérobie 487, 1032, 1043-1044, 1061, 1063

- réactions séquentielles 1062  
 digestion anaérobie  
   boue 1061  
 digestion intracellulaire 105, 783  
 dihydrofolate réductase 838, 843  
 dihydrouridine 317  
 dihydroxyacétone phosphate 232, 284-285  
 dimère cyclique de GMP (c-di-GMP) 353  
 dimère de thymine 365, 367, 371-372, 374  
 dimères de thymine 182  
 dimérisation thymine-thymine 198  
 diméthylsulfoniopropionate 650  
 DinB 373  
*Dinoflagellata* 591  
 dinoflagellé 582, 591-592, 675, 678  
   endosymbiotiques 717  
   fleurs d'eau 678  
 dinoflagellés 102, 254  
 dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) 248, 645  
 diphtérie 932-934  
   cutanée 935  
   exotoxine 933  
   vaccin 935  
 diphtérie  
   vaccin 887  
 diplocoques 48  
 diploïde 110  
 diploïde partiel 375  
 diploïdes (2N) 289  
 disaccharide 333  
 disaccharides 249, A-5, A-6  
 discrimination entre le soi et le non-soi 791, 794  
 disponibilité en eau 1013  
 distance évolutive 456  
 distance focale 26  
 distance (phénétique) 457  
 distorsion PCR 665  
 diversité  
   archées 667  
   bactéries 667  
   microbienne 667  
 diversité microbienne 662, 666  
 diversité phylogénétique 442-443  
 division cellulaire 477  
   archées 479  
 division par cassure 568, 574, 932  
 divisome 160-161  
   protéine 161  
 DksA 354  
 DL50 132  
*D. murrayi* 496  
 DnaA 299  
 DnaB 299  
 dnaE 301  
 DnaJ 323-324  
 DnaK 324  
 DNase 960  
 dNTP 298, 404  
 dNTPs 303  
 documents fossiles 464  
 dodécyl sulfate de sodium 433  
 Döderlein, bacilles de 736  
 dogme central 292  
 Domagk, Gerhard 827  
 domaine 324  
   doigts à zinc 334  
   hélice-tournant-hélice 334  
   séquence d'acides aminés 427  
 domaine de fixation à l'ADN 334  
 domaine de liaison à l'ADN 334  
 domaine génotrope 337  
 domaine génotrope à doigts de zinc 334  
 domaine hélice-tournant-hélice 334  
 domaines 448  
   évolution 459  
 donneur d'électrons 213, 242, 251, 266  
 dose infectieuse 746  
 dose infectieuse 50 747  
 dose infectieuse 50 (DI50) 739, 746  
 dose infectieuse (DI50) 132  
 dose létale 50 (DL50) 739, 758  
 dose létale (DL50) 132  
 double brin 294  
 double hélice 293  
 doxycycline 837, 974-975  
 d-protéobactéries 514  
   caractéristiques 542  
   relations phylogénétiques 542  
 DPT (vaccin diphtérie, pertussis, tétanos) 935  
*D. radiodurans* 497  
   analyse par microdamiers d'ADN 432  
 drainage acide des sites miniers 252  
 drainages miniers acides  
   biofilms 671  
*Drechslera sorokiniana* 109  
 drofolate réductase (DHFR) 837  
*Drosophila ananassae* 716  
 Duchesne, Ernest 827  
 dulçaquicoles 673  
*Dunaliella viridis* 175  
 duplication 364  
 duplication de gènes 463  
*D. variabilis* 948  
 dynéine 92  
 dysenterie amibienne 730  
 dysenterie bacillaire 539, 972
- E**  
 eau  
   analyse sanitaire 1052  
   en tant qu'habitat microbien 674  
   facteur de croissance 175  
   habitats « mini-aquatiques » 694  
   processus de purification de l' 1053  
   purification 1052-1053  
   source d'électrons 229  
 eau de distribution 1052  
 eau de Javel 202  
 eau de mer  
   tamponnée 674  
 eau douce  
   distribution relative 686  
 eau oxygénée 200-201, 203  
 eau potable 1057  
 eaux côtières du Pacifique Nord 683  
 eaux souterraines 1062  
 contamination de l'eau 1054  
 eaux usées 1057  
   contaminants communs 1057  
   épuración 1062  
   traitement des 1059  
 EBV (virus d'Epstein-Barr) 918-919  
 ECAD (*E. coli* à adhésion diffuse) 970-971  
*E. carotovora* 708  
 ECEAgg (*E. coli* entéroagrégués) 970  
 ECEH (*E. coli* entérohémorragiques) 970  
 ECEI (*E. coli* entéro-invasives) 969-970  
 ECEP (*E. coli* entéropathogènes) 969-971  
 ECET (*E. coli* entérotoxigènes) 969-970  
 échantillon clinique  
   récolte 852  
 échantillon clinique Voir échantillon 851  
 échantillons  
   identification des micro-organismes 853  
 échovirus 905  
 ECM  
   ectomycorhizes 699  
 écoïne 677  
*E. coli* 50, 72, 239, 241, 274, 278, 341, 345, 347, 372, 378, 382, 389, 393, 406, 412, 1042, 1056, 1057  
   ARN polymérase 323  
   ARN ribosomique 308  
   ARNt 307-308  
   biosynthèse du tryptophane 339  
   carence en acides aminés 353  
   carte génétique 306  
   chaîne de transfert d'électrons 242  
   chimiotactisme 80, 342  
   chromosomes 72  
   colicines 765  
   conjugaison 381, 385  
   contrôle 205  
   cycle cellulaire 158, 160  
   divisome 161  
   DnaK 323  
   entérohémorragiques (ECEH) 970  
   entéro-invasives (ECEI) 969  
   entéropathogènes (ECEP) 969  
   entérotoxigènes (ECET) 73, 969  
   facteur sigma 350  
   flagelle 77  
   formiate 538  
   génomme 438  
   génommes 440  
   incorporation d'ammoniac 275  
   machinerie de la réplication 299  
   métabolisme 538  
   milieux sélectifs 148  
   noyau génomique 439  
   nucléoides 72  
   opéron arabinose (ara) 340  
   opéron gal (galactose) 350  
   opéron lac 337, 350, 352  
   opéron lactose 369  
   opéron mal (maltose) 350  
   opérons ara 350  
   opéron trp 339, 343  
   opéron tryptophane (trp) 338, 342  
   outil de recherche sur l'ADN 292  
   pangénomme 439  
   perception du quorum 355  
   phage lambda 391  
   phages 114  
   plasmide 73  
   pyruvate 538  
   recombinaison homologue 376  
   réparation 371  
   réplication 303  
   réplication de l'ADN 297, 300-301  
   réponse chimiotactique 348  
   réponse stringente 353  
   répression catabolique 350-352  
   résistance aux antibiotiques 885  
   *S. cerevisiae* 408  
   sécrétion Sec 325  
   septicité 971  
   séquençage du génome 426  
   sidérophore 146  
   souche O157:H7 970  
   souches Hfr 385  
   système chimiotactique 346  
   système PTS 145  
   système régulateur 349  
   systèmes régulateurs globaux 349  
   tolérance acide 177  
   traduction 316  
   transcription 316  
   transduction généralisée 390  
*E. coli* à adhésion diffuse (ECAD) 970-971  
*E. coli* entéroagrégués (ECEAgg) 970  
*E. coli* entérohémorragiques (ECEH) 970  
*E. coli* entéro-invasives (ECEI) 970  
*E. coli* entéropathogènes (ECEP) 970-971  
*E. coli* entérotoxigènes (ECET) 970  
*E. coli* O157:H7 1019, 1052, 1057  
*E. coli* O157:H7 entérohémorragique 1017  
 écologie 658  
 écologie microbienne 19, 21, 658, 668, 713  
   milieux aquatiques 673  
   Serguei Winogradsky 678  
 économie de l'hydrogène 1043  
 EcoRI 398, 400  
 écosystème 667  
   rumen 722  
 écosystème du rumen 722  
 écosystème terrestre  
   métabolisme du nitrate 668  
 écosystèmes  
   boucle microbienne 676  
 écotype 446, 464, 505  
 ectendomycorhizes 701  
 ectoïne 488  
 ectomycorhizes 607, 699-701  
 ectoplasme 107  
 ectosymbiote 713-714  
*Ectothiorhodospira* 517, 529-530  
*Ectothiorhodospiraceae* 499, 523, 529  
*Ectothiorhodospira mobilis* 67, 531  
 eczéma marginé de Hébra (teigne de la jambe) 995-996  
*Edhazardia aedis* 603  
 EEE (encéphalite équine de l'Est) 909

- EEO (encéphalite équine de l'Ouest) 909
- EEV (encéphalite équine vénézuélienne) 909
- EF 479
- E. faecalis* 564
- efavirenz (Sustiva) 914
- EF (facteur d'œdème) 973
- effecteur 335-336
- effecteur allostérique 223
- effet de mutation 365
- effet de serre 1042
- effets cytopathiques 128, 131, 860
- efficacité
- agents antimicrobiens 830
- efflorescence 677
- cyanobactéries 140
- efflorescence d'algues toxiques
- une neurotoxine 678
- efflorescences 680
- algues 688
  - cyanobactéries 688
  - protistes 598
- efflorescences d'algues toxiques
- contaminants fongiques 1018
  - toxines 1018
- effluents miniers acides 1062
- EF-Tu 321
- Ehrlich, Paul 827, 957
- Eimeria 595
- Elastase et protéase alcaline 750
- Eldredge, Niles 464
- électrochoc 389
- électron 138, 229, A-1
- source 139, 229
  - source d'électrons 209, 229
- électrons
- fixation de l'azote 276
  - source 266
- électrophorèse 400-401
- sur gel à deux dimensions 433-434
- électrophorèse à champ pulsé 1020
- électrophorèse d'ADN sur gel 407
- électrophorèse sur gel 397, 402
- acrylamide 406
  - agarose 406
  - gradient de température 666
- électrophorèse sur gel à champ pulsé (EGCP) 1019
- électrophorèse sur gel d'agarose 454
- électrophorèse sur gel de polyacrylamide 868
- électrophorèse sur gel en gradient dénaturant (DGGE) 666
- électrophorèse sur un gel d'agarose
- image de type « code à barres » 665
- électroporation 412
- élément en trace 138
- élément RFN 345
- éléments A-1
- éléments BOX de 154 pb 454
- éléments de la vie 138
- éléments génétiques mobiles 376, 465
- éléments IS 376
- éléments transposables 376-377
- ADN de l'hôte 378
  - séquence d'insertion 378
  - transposon 378
- transposon réplicatif 378
- élevage
- vin 1026
- élimination
- azote 1064
  - phosphore 1064
- élimination de boue stabilisée 1061
- ELISA (Test immuno-enzymatique) 850, 1018
- élongation 309-310
- emballage biodégradable
- nisine 1015
  - pectine 1015
- emballage sous film plastique rétrécissant
- technologie du vide 1015
- Emiliana huxleyi* 88, 598, 683
- empoisonnement alimentaire 556, 964, 966
- empreinte carbone 655
- empreinte génomique 862, 1020
- empreintes d'ADN 405, 665
- EMSA 435
- emtricitabine (Emtriva ou Coviracil) 914
- Emtriva (emtricitabine) 914
- émulsions d'huile dans de l'eau
- adjuvant incomplet de Freund 886
- encéphalite
- équine de l'Est (EEE) 909
  - équine de l'Ouest (EEO) 909
  - équine vénézuélienne (EEV) 909
- encéphalite
- de Californie 742
  - de Saint-Louis 742
  - virale herpétique B 742
- encéphalite équine 909
- encéphalite (fièvre du Nil occidental) 909
- Encephalitozoon cuniculi* 438, 614
- réduction génomique 726
- encéphalomyélite
- du Venezuela 742
- équine de l'Est 743
- équine de l'Ouest 743
- encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) 134, 929
- encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) 929
- Enders, John 925
- endocardites 562
- endocytose 88, 93, 95, 105, 461
- cavéole dépendante 96
  - clathrine dépendante 96-97
  - médiée par récepteur 96, 124
- endocytose cavéoline dépendante 96
- endocytose clathrine dépendante 96
- Endolimax nana*
- microflore 734
- Endomicrobia* 717
- endomycorhizes 607, 699-701
- endonucléase 313, 387, 399
- restriction 412
- endonucléase AP 372
- endonucléase de restriction 399, 401, 412
- découverte 399
- endonucléases 406
- de restriction 397-398, 400
- restriction 622
- type I 398
  - type II 398, 400
  - type III 398
- endonucléases AP 372
- endonucléases de restriction 397, 407, 453
- endonucléases de type I 398
- endonucléases de type II 398
- endonucléases de type III 398
- endonucléase UvrABC 371
- endophyte 692, 698
- endoplasme 107
- endosome 95, 124
- précoces 96
  - tardifs 97
- endosome précoce 96
- endosome réplicatif 533
- endosome tardif 96
- endospore 38, 46, 51, 81-82, 357-358, 555-556, 560
- acide dipicolinique 83
  - centrale 81
  - chaleur 81
  - désinfectants chimiques 81
  - dessiccation 81
  - formation 83
  - germination 84
  - localisation 81
  - peptidoglycane 81
  - radiations gamma 81
  - radiations ultraviolettes 81
  - structure 81
  - subterminale 81
  - taille 81
  - terminale 81
- endospores 569
- endosymbiose 102, 715
- endosymbiote 12, 461, 662, 713-714, 716-719, 721
- méthanotrophes 722
- endosymbiote bactérien TG1 715
- endotoxine 739, 753, 756, 971
- énergie 210, 250
- activation 218-219
  - libre 208, 211
  - lumière 229
  - source 139, 209-210, 229
  - unité d' 210-211
- énergie chimique 254
- source 239
- énergie d'activation 208, 218-219
- énergie d'entretien 172
- énergie lumineuse 254
- enfuvirtide (Fuzeon) 914
- engrais azotés 244
- en agriculture 695
- engrais de synthèse 655
- enjambement 375
- enkystement 107
- ensemencement
- en profondeur 137, 150-151, 170-171
  - en surface 150-151, 170-171
  - par striation 137, 150
- ensilage 564
- Entamoeba* 842
- dispar* 999
  - histolytica* 999
  - Entamoeba hartmanni*
  - microflore 734
  - Entamoeba histolytica* 587, 730, 984, 1000, 1052
  - Entamoebida* 587
  - entérite 547
  - entérite staphylococcique 1016
  - enterobacter 247
  - fermentation butanediolique 248
  - Enterobacter* 538
    - caractéristiques 540
    - septicité 971  - Enterobacter aerogenes*
    - contamination de l'eau 1054  - Enterobacteriaceae* 528, 536, 539
    - caractéristiques 536, 540
    - colonisation 731
    - contamination de l'eau 1054
    - identification rapide 860
    - microflore normale du corps humain 731  - Entérobacteriacées
    - fermentation 248  - Enterobacteriaceae* 248
  - Entérobactériales 536, 539
  - entérobactéries 514, 536
    - fermentation 538
    - taxinomie 538
    - tests 538  - entérobactine 146
  - Enterococcaceae* 564
  - Enterococcus* 48, 449, 563, 566
    - caractéristique 559, 565
    - conjugaison 385
    - résistance à la vancomycine 834  - Enterococcus faecalis* 449
    - aliments fermentés 1028
    - communication par oligopeptide 186
    - conjugaison 378, 385
    - facteurs de croissance 142
    - forme 161
    - gamme de températures 177
    - respiration aérobie 234
    - sur une membrane filtrante 198  - Enterococcus faecium*
    - résistant à la vancomycine 885  - entérocoque 564
    - caractéristique 565  - entérocoques
    - résistants à la vancomycine (ERV ou VRE) 844  - entérocoques fécaux 1055-1056
  - Enterocystozoon bienewisi* 614
  - entérotoxine 754, 964, 969, 972-973, 976
    - thermolabiles 755  - entérotoxines 801, 960
  - entérotoxine thermolabile (LT) 969
  - entérotoxine thermostable (ST) 969
  - entérotube 538
  - Enterovibrio* 536
  - enthalpie 211
  - Entner-Doudoroff 266
  - Entodinium* 593
  - Entomoplasma* 551
    - caractéristiques 553  - Entomoplasmales* 551
  - entropie 208, 210-211

- enveloppe 46, 115, 118  
   virale 120, 125-126  
 enveloppe cellulaire 50  
   archéennes 63  
   bactériennes 52  
 enveloppe nucléaire 88, 97, 99  
 enveloppes cellulaires  
   eucaryotes 90  
 environnement 1052  
   efficacité antimicrobien 194  
   état d'oxydation 645  
   état redox 645  
   réponse chimiotactique 348  
   système chimio-senseur 346  
 EnvZ 341  
 enzyme 265, 412  
   de restriction 397, 399-400, 413  
   exo 249  
   fructose 1,6-bisphosphatase 232  
   glucose 6-phosphatase 232  
   hexokinase 232  
   inactivation 180  
   inductibles 333-334  
   modification post-traductionnelle 332  
   PEP carboxykinase 232  
   phosphofructokinase 232  
   pyruvate carboxylase 232  
   régulation post-traductionnelle 346  
   répressibles 334  
   restriction 398  
   enzyme allostérique 208, 223-224  
   enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE-2) 906  
   enzyme de réparation 371  
   enzyme de restriction 397-398, 406, 621-622  
   enzyme E 631  
   enzyme hydrolytique 325  
   enzyme noyau 300  
   ARN polymérase 309-310, 354  
   autocorrection du produit 299  
   facteur sigma 354  
   synthèse de l'ADN 299  
   enzyme pectinolytique 347  
   enzyme périplasmique 245  
   enzyme(s) 208, 217, 220-221, 223  
   allostérique 208, 223-224  
   apo- 218  
   apoenzyme 208  
   classification 218-219  
   co- 218  
   holo- 218  
   holoenzyme 218  
   inhibition 221  
   isoenzymes 225  
   mécanisme 218  
   structure 218  
   enzymes cataboliques 725  
   enzymes FDH 537  
   enzymes RAG-1 et RAG-2 809  
   éosinophiles 773-774  
   éosinophilie 807  
   EPA 1052-1054, 1057  
   épidémie 874  
   liée à une source commune 873, 878-879  
   par propagation 879-880  
   épidémies  
   contrôle 886  
   épidémiologie 873-875  
   outils 876  
   représentation graphique 879  
   systématique 882  
   épidémiologiste 874  
   épidémie 873  
   *Epidermophyton* 995  
   flocosum 995-996  
   épifluorescence 664, 683  
   épilimnion 689  
   épiplastigotes 992  
   épingle à cheveux 311  
   épiphyte 692, 698  
   *Episeptum inversum* 1005  
   épisode 378, 380, 385  
   épisodes 72  
   épissage 401  
   ARN 222  
   ribozymes 222  
   épissage alternatif 306, 314  
   épissage de l'ARN 313  
   épissage des molécules d'ARNm  
   eucaryote 314  
   épissage des protéines 324-325  
   épissage différentiel 640  
   épithélium calcicoblastique 718  
   épithélium vaginal  
   microflore 736  
   épithèque 596-597  
   épitope 789, 791, 805  
   *Epivir* (lamivudine) 914  
   éponge marine 475  
   éponges  
   carnivores méthanotrophes 721  
   épothilone 1035  
   Assemblage modulaire 1037  
   e-protéobactéries 514, 548  
   caractéristiques 542, 548  
   EPS  
   substances polymériques extracellulaires 184  
   *Epsilonproteobacteria* 515, 547  
   *Epulopiscium fishelsoni* 48, 50, 82  
   épuration des eaux usées 1051  
   équation de Michaelis-Menten 220  
   équilibre 208, 211  
   équilibre osmotique  
   toxine active 1047  
   *Equalities novaehollandiae* 537  
   *Eremothecium*  
   vitamines 1040  
   ergot 611, 758  
   ergotisme 611, 758, 1010  
   éricacées  
   mycorhizes 701  
   ERIC-PCR 454  
   éructation 722  
   ERV(ou VRE) Voir enterococcus  
   résistant à la vancomycine 844  
   *Erwinia* 327, 539  
   caractéristiques 540  
   fermentation 248, 538  
   phyllosphère 698  
   *Erwinia carotovora* 347, 1010  
   perception du quorum 186  
   *Erwinia chrysanthemi* 708  
   érysipèle 961  
   érythème infectieux (cinquième  
   maladie) 918  
   érythroblastose fœtale 817  
   érythrocyte 988  
   Voir globules rouges 987  
   *Erythromonas* 518  
   érythromycine 578, 835, 837, 941-942  
   érythrose-4-P 235, 267, 280  
   érythrose 4-phosphate 234, 267, 280  
   *Erythrovirus* 632, 918  
   ESB (encéphalopathie spongiforme  
   bovine) 929  
   escalator mucociliaire 763  
   *Escherichia* 247, 530, 538  
   caractéristiques 540  
   fermentation 248  
   *Escherichia coli* 39, 48, 71, 238, 327,  
   453, 714, 1029, 1034, 1038  
   biosynthèse 264-265  
   chaperons 323  
   chromosome 71, 306  
   contamination de l'eau 1054  
   cycles cellulaires 158  
   cytosquelettes 65  
   entéro-hémorragique 966  
   entérotoxigène 966  
   enzymes de restriction 398  
   gastroentérite 969  
   milieu 147  
   O157:H7 199  
   outil de recherche sur l'ADN 290  
   production commerciale d'insuline  
   402  
   propriétés adhésives 748  
   réplication de l'ADN 298  
   repliement des protéines 323  
   ribosome 71  
   β-galactosidase 333  
   *Escherichia coli* (entérohémorra-  
   gique) 1016  
   *Escherichia coli* O157:H7 21, 1015  
   *Escherichia coli* (souche entérotoxi-  
   nogène) 1016  
   *Escovopsis* 727-728  
   ESLEX 1035, 1038  
   espace intermembranaire 239  
   espace intermembranaire (péri-  
   plasma) 241  
   espace périnucléaire 97  
   espace périplasmique 46, 51, 54,  
   57-59  
   espaceur 308  
   espèce 12, 448-449  
   définition opérationnelle 465  
   nombre d' 465  
   espèces corallines 674  
   EST (encéphalopathies spongiformes  
   transmissibles) 929  
   ester A-4  
   estimations en % des organismes  
   cultivables 659  
   estomac  
   mécanismes de défense 763  
   microflore 734  
   microflore normale 732  
   ruminant 722  
   vache 722  
   estuaire  
   écoulement 687  
   slikkes 687  
   vasières 687  
   estuaires 677-678  
   étapes du clonage d'un gène 398  
   ETC 257  
   éternuement 744-746, 763  
   E-test 830, 832  
   éthambutol 846, 937, 940  
   éthanol 200-202, 210, 230, 247-248,  
   1042-1043, A-4  
   production industrielle 1040  
   produits industriels 1040  
   éther A-4  
   éthionamide 950  
   éthylène  
   nodulation 703  
   étiquette poly-His 414-415  
   étiquettes fluorescentes 663  
   étude de l'évolution  
   ARNr PSU 452  
   *eucarya* 334, 459  
   ARN de la petite sous-unité riboso-  
   mique 453  
   ARN polymérase ADN dépendante  
   460  
   comparaison 460  
   évolution 459, 461  
   lipides membranaires 460  
   mécanismes de la variation géné-  
   tique 458  
   régulation de l'expression génétique  
   358  
   *Eucarya* 4, 10  
   eucaryote 238, 266  
   anabolisme 266  
   ARNm 309, 312  
   ARN polymérase 359  
   catabolisme 266  
   chaîne de transfert des électrons  
   238  
   domaines 324  
   facteur général de transcription  
   TFIID 359  
   facteurs de transcription généraux  
   358  
   facteurs régulateurs de la transcrip-  
   tion 359  
   gamme de températures 177  
   génomique 438  
   génomiques 289  
   initiation de la transcription 313  
   maturation 334  
   médiateur 359  
   microARN 358  
   moléculaire 289  
   phototrophes 254-255  
   post-traduction 334  
   processus de régulation 332  
   processus régulateurs 334  
   protéines régulatrices 334  
   réplication 288  
   réplication de l'ADN 297, 304  
   respiration aérobie 242  
   ribosome 318-319  
   splincosome 358



- structure des gènes 305  
 synthèse des acides gras 284  
 TFIID 358  
 traduction 316, 318, 323, 334, 358  
 transcription 312-313, 316, 334, 358  
 transfert génétique horizontal 374  
 transfert génétique vertical 374  
 eucaryote photosynthétique 268  
 eucaryotes  
   comparaison avec bactéries 106  
   taxinomie 107  
 eucaryotes photosynthétiques 501  
 euchromatine 97  
*Euchytrides* 606  
 eugénol 1011  
*Euglena* 107-108, 585  
*Euglena gracilis* 94, 104  
*Euglenozoa* 585, 586  
*Euglypha* 108  
*Eukarya* 1  
   comparaison 106  
   génomés 437  
   taxinomie 448  
*Eumycetozoa* 587  
*Eumycota*  
   voir champignon 602  
   voir fungi 602  
*Euprymna scolopes* 186  
*Euryarchaeota* 470, 475, 476-477, 485  
   chimiotactisme 80  
   évolution 459  
   réduction catabolique du fer fer-  
   rique 651  
   rhodopsines 681  
 euryarchéote 492  
 euryarchéotes 488  
 eutrophe 673, 688  
 eutrophisation 655, 690, 1062, 1064  
 évaluation de l'activité d'une commu-  
 nauté microbienne 668  
 évolution 5, 6, 10, 12, 459, 463-464  
*Archaea* 459, 461  
*Bacteria* 461  
 bactéries 459  
 chloroplastique 100  
 construction de l'arbre phylogéné-  
 tique universel 10  
 de la diversité 446  
 diversité microbienne 464  
*Eucarya* 459, 461  
 eucaryotes 462  
 hypothèse endosymbiotique 12,  
 446  
 LUCA 10  
 microbes 5  
 mitochondriale 100  
 mobilité 546  
 plasmides 377  
 rôle 367  
 systématique de ligands par enri-  
 chissement exponentiel 1035  
 transposons 377  
 évolution des trois domaines de la  
 vie 459  
 évolution dirigée 1032, 1034  
   des molécules d'ARN 1038  
   technologies 1036  
 exanthème subit 918  
*Excavata* 584, 715  
 excision  
   prophage 391  
 excision du lasso 314  
 exclusion compétitive 1029  
 exclusion immunitaire 807  
 exfoliatine (toxine exfoliante) 959  
 exfoliatines A et B 960  
 exocytose 784  
 exoenzymes 57, 708  
 exon 306, 312-314  
 exons 399  
 exonucléase 301  
 exonucléase 5'→3' 372, 401  
 exospores 569  
 exosporium 81, 83-84  
 exosquelette 718  
 exotoxine 739, 753  
   A 755  
   désorganisatrice de membrane 754  
   désorganisatrices de membrane  
   756  
   dite spécifique 754  
   superantigènes 756  
   type AB 754-755  
 exotoxine AB 933, 941  
 exotoxine B pyrogène 750  
 exotoxines pyrogènes A et B 962  
 exotoxines Spe 962  
 expérience  
   de « shift-down » 164  
   de « shift-up » 164  
 expériences de transformation 290  
 explosifs  
   phytoremédiation 1067  
 expression 288  
 expression de gènes  
   dans d'autres organismes 1034  
   *Escherichia coli* 1034  
   hétérologues 1032  
   *Penicillium chrysogenum* 1034  
   *Saccharomyces cerevisiae* 1034  
 expression de gènes étrangers 414  
 expression génétique 292  
   modification 1034  
   régulation 289, 355  
 expression génétique hétérologue  
 1034  
 expression hétérologue d'un gène 414  
   hôte 414  
 extéine 324-325  
 extension hiérarchique d'amorce  
   oligonucléotidique 665  
 extinction 656  
 extrait de boeuf 147  
 extrait de levure 147  
 extrait de viande 147  
 extrémité C-terminale 294  
 extrémité N-terminale 294  
 extrémophile 155, 173  
 Exxon Valdez 1067
- F**  
 F420 492  
 Fab (fragments fixant l'antigène) 804  
 fabrication du vin 1026  
 facilitateur du glycérol 143  
 facteur-A 186  
 facteur CSF 769  
 facteur de compétence 387-389  
 facteur de couplage 383  
 facteur de croissance 141  
 facteur de croissance hématopoïé-  
 tiques 769  
 facteur de fertilité 363  
 facteur de fertilité F d'*E. coli* 410  
 facteur de Hageman  
   facteur de coagulation XII 756  
 facteur de la cellule hôte (HCF) 628  
 facteur de libération 322-323  
 facteur d'élongation 319, 479  
 facteur d'élongation spécifique 480  
 facteur de nécrose tumorale (TNF)  
   769, 771-772  
 facteur d'épissage 313  
 facteur de relargage 479  
 facteur de transcription  
   TFIID 358  
 facteur de transcription régulateur  
   358  
 facteur de transcription TFIID 312  
 facteur de virulence 327, 739, 748  
 facteur d'initiation 318, 479  
 facteur d'oedème (EF) 973  
 facteur F 363, 378, 381, 383  
 facteur létal (LF) 973  
 facteur Nod 704, 706  
   régulateur transcriptionnel NodD  
   703  
 facteur R 845  
 facteur Rh 817-819  
 facteur rhô (ρ) 311  
 facteurs  
   de résistance 72  
   F 72  
   R 72  
 facteurs extrinsèques 1011  
 facteur sigma 288, 309-311, 356-357  
   *E. coli* 350  
 facteur sigma alternatif 350  
 facteur sigma alternatif σ54 704  
 FAD 216, 218, 229, 276  
 FADH2 229, 231, 236, 242, 244, 250  
 faisceaux d'électrons  
   contrôle des micro-organismes 198  
 faisceaux électroniques 199  
   stérilisation des aliments 1014  
 Falcivibrio 579  
 famciclovir (Famvir) 840, 899, 918  
 FAME 450  
   analyse 449  
 famille 448  
 famvir (famciclovir) 899, 918  
 Fansidar (pyriméthamine/sulfado-  
   xine) 989  
 fasciite nécrosante 932, 962, 963  
 Fc (fragment cristallisable) 804  
 FDA 1014, 1029  
 Fe<sup>3+</sup> 229  
 Féculents  
   détérioration 1010  
 Fe(III) 535, 543  
 Félix d'Hérelle 205  
 fer 245  
   assimilation 145  
   formes principales 645  
 fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) 651  
 fermentation 213, 228-230, 245-247,  
   646, 1026, 1033, 1055, 1062  
   accepteurs d'électrons 230  
   acide mixte 248  
   acides aminés 248, 556-557  
   acides gras 724  
   butanediol 248  
   chocolat 1021-1022  
   citrate 248  
   du vin 1034  
   finale du processus de vieillisse-  
   ment 1025  
   hétérolactique 551  
   homolactique 551  
   industrielle 1039  
   lactique 1024  
   lactique en présence de moisissures  
   1024  
   moût 1025  
   pénicilline 1041  
   production d'aliments 231  
   rendement en ATP 246  
   respiration 231  
   fermentation acide mixte 248, 538  
   fermentation alcoolique 248  
   fermentation butanediolique 248  
   butanediol 538  
   fermentation du cacao 1021  
   fermentation hétérolactique 247,  
   563-564, A-13  
   fermentation homolactique 247,  
   563, 13  
   fermentation lactique 247, A-13  
   en présence de levures 1023  
   fermentation lactique en présence de  
   moisissures 1024  
   fermentation malolactique 1025  
   fermentations 1009  
   alcoolique 1020  
   lactique 1020, 1023  
   lactiques avec levures 1023  
   lactiques avec moisissures 1023  
   mésophiles 1020, 1023  
   probiotiques 1023  
   propionique 1020  
   thermophiles 1020, 1023  
   fermentations alcooliques 17  
   fermenteur 1032  
   fermenteur industriel 1039  
   ferrédoxine 213, 216, 256-257, 259,  
   276-277, 480  
   ferrichrome 146  
   ferridoxine 481  
   ferroplasma 490, 644  
   *Ferroplasma acidarmanu* 176  
   *Ferroplasmataceae* 490  
   fer rubané 651  
   fertilisation du littoral  
   bioremédiation 1067  
   Fe-S 217  
   Fe<sub>2</sub> 252  
   feu bactérien (pommes) 709  
   feuillelet 722  
   feu sauvage (tabac) 709  
   FHV (fièvre hémorragique virale)  
   925

- fibrille axiale 78-79, 495, 507-509  
fièvre 772, 1016  
  jaune 743  
  pourprée des Montagnes Rocheuses 743  
  Q 743  
  récurrenente (borréliose) 743  
fièvre de la Côte Est 595  
fièvre de la vallée du Rift 926  
fièvre de Malte 522  
fièvre de Malte (brucellose) 974  
fièvre de San Joaquin  
  coccidioïdomycose 985  
fièvre des transports 539  
fièvre du Nil occidental (encéphalite) 909  
fièvre hémorragique  
  virus Ebola 926  
fièvre hémorragique d'Ebola 17  
fièvre hémorragique virale (FHV) 925  
fièvre jaune  
  vaccin 887  
fièvre ondulante (brucellose) 522, 974  
fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses 519, 948  
fièvre Q 974  
  vaccin 887, 975  
fièvre rhumatoïde 566  
fièvres hémorragiques  
  virus de Marburg 925  
  virus Ebola 925  
fièvres hémorragiques virales 926  
fièvre typhoïde 539, 877, 972  
  vaccin 887  
FI (inhibiteurs de fusion) 914  
filament 75, 78  
  axial 84  
  chapeau protéique 76  
  croissance 76  
  flagellaire 76  
filament axial 83, 507  
filament d'actine  
  virus d'eucaryotes 125  
  virus vaccinal 126  
filament d'infection 706  
filament du cytosquelette 70  
filament infectieux 703-705  
filament intermédiaire 65-66, 116  
filaments  
  d'actine 93  
filaments d'actine 88, 96  
filaments engainés 530  
filaments intermédiaires 91-93  
filet de Hartig 699-700  
filigrane 411  
filopode 582, 586, 590  
*Filoviridae* 637, 924-925, 927  
filtration  
  contrôle des micro-organismes 197  
filtration lente sur sable 1054  
filtration rapide 1053  
filtration sur membrane 170  
filtre  
  épais 190, 197  
  HEPA 190, 197-198  
filtre de Berkefield 197  
filtre de Chamberlain 197  
filtre de sable lent 1051, 1053  
filtre de sable rapide 1052  
fimbriae 41, 46, 51, 73-74  
*Fimbriae*  
  mécanismes d'adhérence 749  
fimbriées 325  
firmicute 345  
  profondeurs souterraines 711  
firmicutes 234, 518, 532  
  évolution 459  
  laits fermentés 1020  
  microflore normale 733  
  photosynthèse 259  
  profil métagénomique des bactéries gastro-intestinales 734  
  tendance à l'obésité 729  
  transformation naturelle 387  
Firmicutes 497, 553, 651  
  relations phylogénétiques 551-552  
*Fischerella* 504  
FISH 658, 663  
  amplification enzymatique 664  
FISH-transcriptase réverse 670  
FISH-TRIS 670  
fission binaire 574  
FITC (isothiocyanate de fluorescéine) 853  
fixation 25, 35-36  
  à la chaleur 36  
  chimique 36  
  fixation d'azote 699  
  fixation de l'azote 141, 276, 502, 521, 579, 644, 648, 680, 703  
  nodules racinaires 264  
  fixation du carbone 645-646  
  fixation du CO<sub>2</sub> 69, 268, 653  
  archées 481  
  fixation du complément 814, 865-866  
fjords  
  pollution industrielle 677  
flagelle 41, 51, 74, 88, 90-91, 93, 346, 724  
  anneau C 75, 78  
  anneau L 75, 78  
  anneau MS 75, 78  
  anneau P 75, 78  
  archéen 75-76  
  archées 74  
  bactériens 74  
  bactéries 74  
  battement 104  
  chapeau du filament 75  
  corps basal 75  
  crochet 75  
  distribution 74  
  eucaryotes 103  
  filament 75  
  fouet 104  
  hérissé 104  
  moteur 77  
  mouvement 103  
  mouvement de nage 77  
  polaire 74  
  rotation 77-78  
  sens de rotation 347  
  spirochète 79  
  structure 105  
  synthèse 75  
  ultrastructure 104  
flagelles 325  
  hétérocontes 596  
  périplasmiques 495  
flagellés  
  identification clinique 855  
flagellés (*Mastigophora*) 584  
flagelles périplasmiques 495, 507-508  
flagelline 75  
*Flagyl*  
  métronidazole 976  
*Flagyl* (métronidazole) 999, 1002  
flambée 874, 877, 880  
flavine adénine dinucléotide 216  
flavine mononucléotide (FMN) 216, 344-345  
*Flaviviridae* 920-921, 924  
flavivirus 909  
*Flavobacteria* 509  
  rhodopsines 260  
*Flavobacterium* 79, 546  
*Flavobacterium johnsoniae* 511  
flavoprotéine 180  
flavoprotéines 216  
Fleming, Alexander 21, 827  
flétrissement 708  
flétrissures vasculaires 709  
fleur d'eau 531, 675, 677  
  lacs 689  
  lacs fortement eutrophisés 690  
  neurotoxine 678  
  phytoplancton 673  
  virus 683  
fleur d'eau  
  cyanobactéries 504  
fleurs d'eau 1018  
*Flexibacter* 510  
*Flexibacter elegans* 510  
flocage 1012  
flocons 1052-1053, 1060  
flocs 1052-1053, 1060  
floculation 1052  
floculation correcte 1060  
flore microbienne 713  
flore microbienne normale 713  
Florey, Howard 827  
flottement 315  
fluconazole 839, 986, 1004  
flucytosine 986, 1004  
flumadine (rimantadine) 903  
fluor 201  
fluorescence 33, 416, 667  
fluorochrome 32-33, 853, 870  
fluoroquinolones 838, 846, 954  
flux anthropogénique 654  
flux de carbone 654  
flux inverse des électrons 253  
fMét-ARNt 318  
FMN 216  
  métabolite 344  
focalisation isoélectrique 433  
foin 578  
folliculite 961  
fongicide 190, 193  
fongistatique 190, 193  
*Fonsecaea pedrosoi* 997  
fontaine hydrothermale 713, 720  
fontaines à méthane 721  
fontaines hydrothermales 684  
  activité géologique associée 719  
  sulfure d'hydrogène 718  
fontaines hydrothermales marines 492  
Food and Drug Administration (FDA) 1013  
*Foraminifera* 590  
foraminifère 590-591  
  respiration anaérobie 244  
force proton-motrice (FPM) 77, 228-230, 240, 242, 251, 253, 255, 486, 506, 527, 533, 542  
force sodium motrice 486, 556  
forêt  
  micro-organismes 698  
forêt atlantique du Brésil 698  
formaldéhyde 36, 200-203, 532-533  
formamide 666  
formation  
  de nodules radiculaires 705  
  nodules radiculaires 704  
formation des complexes ouverts 354  
formation d'un lasso 314  
forme réactive de l'oxygène 364  
forme réplivative (FR) 616, 631, 634, 636  
formes intracellulaires matures (FIM) 533  
formes réactives de l'oxygène 718  
formes réplivatives (FR) 533  
formiate 247-248, 486  
formiate déshydrogénase (FDH) 537-538  
formiate d'éthyle 1013-1014  
*Formicata* 584  
Forterre, Patrick 630  
*Fosamprenavir* (Lexiva) 914  
foscarnet 840-841  
fosse des Barbades 721  
fosse septique 1051, 1063-1064  
fossiles  
  lichenoides 726  
fougère 648  
fourche de réplication 160, 288, 297, 299-303  
fourmi attine 727-728  
  actinomycète 726  
  relation amensale 726  
fourrages ensilés 1028  
fourreau 525  
Fox, George 447, 459  
FPM 229-230, 240, 244, 246, 251, 255, 257  
Fracastoro, Girolamo 13, 16, 957  
fraction cultivable 663  
fractionnement isotopique 668  
fragmentation 502, 1065  
fragment cristallisable (Fc) 804  
fragment d'Okazaki 288, 300-303  
fragment Fab 805  
fragment Fc 805  
fragments de restriction 453  
fragments fixant l'antigène (Fab) 804  
frameshift 363  
*Francisella tularensis* 892, 975

- Frankia 570, 579  
 actinorhizes 706  
 caractéristiques 572  
 fixation de l'azote 648, 706  
 nodules actinorhiziens 707  
*Frankineae* 579  
 fromage 564, 1009, 1016, 1025  
 micro-organismes utilisés pour leur production 1024  
 fromage de Herv 1025  
 fromage suisse 210, 564  
 Frosch, Paul 616  
 fructification 514, 544, 546  
*M. xanthus* 725-726  
 fructifications myxobactériennes 545  
 fructose 248-249, 700  
 fructose 1 270  
 fructose 1,6-bisphosphate 232-233  
 fructose-6-P 267  
 fructose 6-phosphate 233-235, 267, 269, 271, 532  
 fructose bisphosphatase 270  
 fruits  
 aliments fermentés 1028  
 détérioration 1010  
 stérilisation des aliments 1014  
 fruits de mer  
 stérilisation des aliments 1014  
 frustule 596-597  
 frustules de diatomées 89  
 FtsZ 161  
 fuchsine basique 37, 148, 575  
 fuchsine phéniquée 36  
 fucoxanthine 254, 256, 596  
 Fujikawa, Shelly 7  
 fumarase 219  
 fumeur noir 155, 719  
 fumeurs noirs 723  
 fumonisines 1017-1018  
 structure 1018  
 fungi 1-2, 4, 602  
 benthiques 688  
 contenu en G + C de l'ADN 451  
 évolution 462  
 interactions plantes-micro-organismes 698  
 saprotrophes 698  
 fungi mycorrhiziens 692  
 Fungizone (amphotéricine B) 984  
 Furanosylborate (AI-2) 185  
 furazolidone 1002  
 furoncle 961  
 furoncles 562  
*Fusarium* 1009  
*Fusarium moniliforme* 1018  
 fuseau mitotique 93  
 fusion des protoplastes 1033  
 fusion traductionnelle 416  
 fusion transcriptionnelle 416  
 fusobacterium 733  
*Fuzeon* (enfuvirtide) 914
- G**  
 gabapentine (le Neurontin) 899  
 gACB 659  
 gaine 525  
 gaine hyphale 699  
 gaine (ou fourreau) 514  
 gaines protéinacées 476  
 galactomannane 1003  
 galactose 248-249, 333, 335, 700  
 galactoside transacétylase 337, 339  
 gale commune 578  
 Galien 16  
 Galilée 13  
 galle chevelue 709  
 galle du collet 522, 707-709  
*Agrobacterium tumefaciens* 1045  
 nature moléculaire 1046  
 galles 708-709  
*Gallibacterium* 539  
*Gallionella* 526, 651  
 GALT  
 Voir tissu lymphoïde intestinal 780  
 gamétanges 109  
 gamète 156  
 gamétocytes 988  
 Gammaherpèsvirus 627  
*Gammaproteobacteria* 515, 528-529  
 gamonte 590, 595  
 gamontes 108  
 ganciclovir 840  
 ganciclovir (Cytovene-IV) 917  
 ganglion 776  
 ganglion lymphatique 760, 778-779  
 gangrène gazeuse 556, 932, 949  
 gangrène gazeuse (myonécrose à clostridies) 949  
*Gardnerella* 579  
*Gardnerella vaginalis* 976  
 gastrite 547  
 gastrites 951  
 gastroentérite 547  
 à *Campylobacter* 964  
 à *Escherichia coli* 969  
 bactérienne 964, 971  
 virale 922  
 virale aiguë 922  
 gastroentérite infectieuse 735  
 gastroentérites 536, 539, 923  
 Gause, E.F. 728  
 gaz  
 antiseptique 202  
 azote 675  
 désinfectants 202  
 hydrogène 675  
 méthane 675  
 gaz à effet de serre 644, 655, 674, 722  
 CH<sub>4</sub> 653  
 CO<sub>2</sub> 653-654  
 dans l'atmosphère 654  
 dioxyde de carbone 654  
 méthane 654  
 oxyde nitreux 654  
 oxydes d'azote 653  
 gaz moutarde 366  
 gaz naturel 485, 1043  
 gaz stérilisants 203  
 G + C 568  
 GC Mol % 455  
 G-CSF (facteur de stimulation de colonies des granulocytes) 771  
*Geitleria* 504  
 gel  
 agarose 400  
 gélatine 18  
 gel d'agarose 400  
 Gell, Peter 815  
 gélose 137, 147, 150, 577  
 au sang 148-149  
 au soja 147  
 chocolat 148  
 de Sabouraud 985-986, 995  
 EMB (éosine bleu de méthylène) 149  
 MacConkey 147-149  
 mannitol sel 149  
 Mueller-Hinton 830  
 Wort 170  
 gélose antibiotique 859  
 gélose au citrate 856  
 gélose au sang 564-565, 855-856  
 gélose bismuth-sulfite (BS) 856  
 gélose BS bismuth-sulfite (gélose bismuth-sulfite) 856  
 gélose caféine 859  
 gélose chlamydo-spore 859  
 gélose éosine-bleu de méthylène (EMB) 856  
 gélose extrait de malt 859  
 gélose Hektoen 856  
 gélose lysine-fer (LIA) 856  
 gélose Mac Conkey 856  
 gélose malt 859  
 gélose mannitol-sel (MS) 856  
 gélose PDA (pomme de terre dextrose-extrait de levure) 859  
 gélose Sabouraud dextrose (SAB) 859  
 gélose Salmonella-Shigella (SS) 856  
 gélose semoule de maïs (cornmeal) 859  
 gélose SIM (sulfure 856  
 gélose SS Salmonella-Shigella (gélose Salmonella-Shigella) 856  
 gélose triple sucre-fer (TSI) 856  
 géloses  
 endo 148  
 éosine-bleu de méthylène 148  
 MacConkey 148  
 gels d'agarose 666  
 gels de polyacrylamide (2D-PAGE) 671  
*Gemmata obscuriglobus* 71, 505  
 GenBank 447  
 gène 288, 292, 333  
 constitutif 331  
 de ménage 331  
 de structure 331  
 gènes qui se chevauchent 305  
 inductible 331  
 mCherry 416  
 répressible 331  
 structure 305  
 Th3 380  
 gène CCR5 911  
 gène constitutif 331  
 gène de la tyrosyl-ARNt synthétase 344  
 gène de l'utilisation du galactose 391  
 gène de ménage 331  
 gène de structure 331  
 gène de structure bactérien 307  
 gène hétérologue 414  
 gène inductible 331  
 contrôle négatif 336  
 contrôle positif 336  
 gène lacZ 407  
 gène potentiel codant pour une protéine  
 identification 427  
 gène qui codent pour des protéines 306  
 gène régulateur 337  
 gène répressible 331  
 contrôle négatif 336  
 contrôle positif 336  
 gène sauteur 376  
 gène susceptible de coder pour des protéines  
 identification 2° ordre 427  
 gène susceptible de coder pour une protéine  
 identification 426  
 gènes  
 bioluminescence 357  
 CAS (pour « CRISPR-associated sequences 622  
 constitutifs 333  
 de ménage 333  
 domestiques 333, 454  
 inductibles 333  
 précoces de la sporulation 357  
 répressibles 334, 338  
 sécrétion de type III 357  
 structure 337  
 tardifs de la sporulation 357  
 gènes d'ARNr PSU 457  
 gènes domestiques 453-454, 862  
 gènes nod 704  
 gènes rapporteurs 671  
 gènes vir 707  
 génération spontanée 1, 13-16  
 génétique 397, 477  
 génomes 289  
 histoire 289  
 modèles 289  
 moléculaire 289, 291  
 génétique du maïs 376  
 génétique microbienne 363  
 génétique moléculaire 289, 364  
 microbiologie clinique 862  
 gène trpE 342  
 génie 397  
 genièvre 1026  
 génome 1, 20, 288, 289  
 annotation 419, 426  
 archéens 477  
 artificiel 411  
 cellules végétales 1045  
 taille 436  
 génome artificiel  
 filigrane 411  
 génomes  
 les plus petits connus à ce jour 714  
 noyau 464  
 génome segmenté 114  
 virus à ARN 121  
 génomes segmentés 637  
 génomique 419  
 comparative 419, 436, 438-440, 450  
 fonctionnelle 419, 427

- génomique fonctionnelle 671  
géotrope 333  
génotype 289  
génotypique 364  
Gen-Probe Pace 954  
genre 448-449  
gentamicine 576, 835, 843  
gentamicine C 836  
*Geobacillus stearothermophilus* 196  
*Geobacter* 245, 543, 652  
*Geobacteraceae* 543  
*Geobacter metallireducens* 543, 649, 651, 1066  
*Geobacter sulfurreducens* 535  
*Geodermatophilus* 579  
géosmine 577, 697  
*Geotrichum candidum* 98, 1024  
géranylgéranyle 255  
germicide 190, 193  
cinétiques potentielles 194  
niveaux d'activité 200  
germination  
spore 84  
GFP 35, 414  
*Giardia* 1053-1054  
*Giardia intestinalis* 984, 1002, 1053  
*Giardia lamblia* 584-585  
propriétés adhésives 748  
giardiase 743, 982, 1002  
gibbérellines 699  
Gibbérellines 1040  
Gilbert, Walter 7, 420  
gin 1026  
gingivites 733  
gingivostomatite  
herpès labial 915  
glaciers 673, 686  
glandes  
muramidase 732  
sébacées 732  
sudoripares 732  
glandes sébacées  
lipides complexes 733  
*Gleocapsa* 504  
*Globigerina* (réticulopodes) 587  
globule rouge  
parasite de la malaria 988-990  
parasites de la malaria 982  
globules  
de soufre 67-68  
globules blancs 761  
gloméromycète 602, 607-608  
voir *Gloméromycota* 603  
*Gloméromycota* 602-604, 607, 699  
caractéristiques 604  
glomérulonéphrite aiguë 566  
glomérulonéphrite (maladie de Bright) 944  
*Glomus intraradices* 603  
glucane 92  
glucanes 977  
glucides  
structure A-4  
glucokinase 480  
gluconéogenèse 231, 264, 270-271, 481  
glucose 213, 222, 229, 232-234, 246, 248-249, 267, 333, 335, 352  
gluconéogenèse 270  
rendement aérobie 244  
synthèse 269-270  
glucose-1-P 249  
glucose 1-phosphate 271  
glucose-6-P 249, 267  
glucose-6-phosphatase 219, 270  
glucose 6-phosphate 232-235, 249, 267, 269-271, 351  
glume noire 709  
glutamate 250, 274, 278  
glutamate déshydrogénase 141, 274  
glutamate monosodique  
production industrielle 1040  
glutamate synthase 141, 275  
glutamine 224, 282-283, 296, 715  
mycorhizes 700  
glutamine synthétase 219, 224, 275  
glutamine synthétase glutamate  
synthase 274  
glutamine synthétase-glutamate  
synthase (GS-GOGAT)  
système 275  
glutaraldéhyde 40  
glutaraldéhyde 36, 200, 202-203  
glutaraldéhyde aqueux 201  
glutathion 703  
glycéraldéhyde-3-P 246  
glycéraldéhyde 3-phosphate 232-235, 267, 269, 480-481  
glycéraldéhyde 3-phosphate déshydrogénase 269  
glycérol 248, 284  
glycérol 3-phosphate 284-285  
glycine 296, 571, A-4  
anticodons 315  
codons 315  
glycocalyx 46, 62-63, 90, 733  
glycogène 67-68, 480-481, 501, A-5  
mécanismes de défense 764  
structure 6  
synthèse 271  
glycolipides 699, 1042  
glycolipide tréhalose dimycolate 574  
glycolyse 228, 231, 237, 244, 246, 281  
rendement aérobie 244  
glycomique 433  
glycoprotéine 486, 490  
glycoprotéine CD4 638  
glycoprotéine d'enveloppe gp120 637  
glycoprotéine de surface 475  
glycoprotéines 403  
glycosides 828  
glycosylation 95, 1034  
glyoxylate 269  
*Glyphodiscus stellatus* 1048  
*Gnamptogenys menadensis* 716  
gnotobiotique 713, 730  
Gold, Thomas 711  
golfe du Mexique 683  
pollution industrielle 677  
Golgi, Camillo 988  
gomme 955  
gonidies 530, 532  
gonocoque Voir *Neisseria gonorrhoeae* 953  
Gonyaulax (*Lingulodinium*) 592  
Gordon, Alexander 744  
Gould, Stephen Jay 464  
gouttelettes lipidiques 101, 103  
 $\gamma$ -protéobactéries 514  
caractéristiques 530  
relations phylogénétiques 529  
rhodopsine 490  
gradient chimique 346  
gradient de charges 240  
gradient de concentration 143-144  
gradient de proton 145  
gradient de sodium 145  
gradients de charge 240  
gradients d'ions 144  
graines  
aliments fermentés 1028  
graisse du haricot 709  
Gram, Christian 37, 54  
gramicidine 560  
Gram-positif  
structure de la paroi cellulaire 271  
Gram-positives 551, 568  
Gram-positives pauvres en GC  
relations phylogénétiques 552  
grande anomalie du comptage sur boîte 171  
Grande Variante Cellulaire (GVC) 534  
Grand Lac Salé  
halobactéries 488  
grand sillon 293, 295  
grands virus nucléo-cytoplasmiques à ADN double brin 618, 628  
granule  
d'amidon 101  
de paramylon 103  
granules  
de cyanophycine 67-68  
de glycogène 68  
de polyhydroxyalkonate 67-68  
de polyphosphate 67-68  
de volutine 68  
métachromatiques 68  
poly- $\beta$ -hydroxybutyrate 68  
granules denses 595  
granules de soufre élémentaire 686  
granulocytes 773  
granulome 786  
granzymes 776, 778  
GRAS (generally recognized as safe) 1009, 1013-1014, 1029  
grenouilles arlequin 656  
extinction 656  
Griffith, Fred 289-290, 387  
Grifulvin V (griséofulvine) 995  
Grimontia 536  
grippe 637, 743, 899  
asiatique 899  
aviaire 900, 902-903  
changement antigénique 881  
de Hong-Kong 899  
espagnole 899  
pandémie 876, 881, 899  
porcine 900, 902-903  
russe 899  
vaccin 903  
grippe A  
vaccin 887  
grippe aviaire 862, 882  
chaîne de l'infection 741  
grippe H1N1 841  
grippe Voir virus de la grippe (Influenza virus) 899  
griséofulvine 839-840  
griséofulvine (Grifulvin V) 995  
GroEL 323-324  
GroES 323-324  
gros intestin 734  
mécanismes de défense 763  
microflore normale 732  
groupage de Lancefield 551  
groupe prosthétique 208, 218  
groupes chromophores 36  
groupes fonctionnels A-4  
groupes sanguins ABO 817  
GrpE 323-324  
Gruyère 1025  
GSS (syndrome de Gertsman-Straussler-Sheinker) 929  
GTP 212, 231, 236, 242, 309, 318, 321-322  
synthèse des protéines 323  
guanine 278, 293-295, 364, 450, A-7  
guanosine 5'-triphosphate 212  
guanosine monophosphate 282  
synthèse 282  
guanosine pentaphosphate 353  
guanosine tétraphosphate 353  
guerre biologique  
premier fait 891  
guerre de Crimée 725  
Gy 496
- ## H
- H<sub>2</sub> 230  
H<sub>2</sub>S 245, 669  
colonne de Winogradsky 678  
H4MPT 485, 487  
HAB 678  
Haber, Fritz 655  
habitat  
sol-habitat 693  
HaeIII 398, 400  
*Haemophilus* 530, 539  
*Haemophilus ducreyi* 953  
*Haemophilus influenzae*  
facteurs de croissance 142  
génom 429  
génom complet 424  
transformation 387  
virulence 751  
*Haemophilus influenzae* (sérotype b) méningite 936  
*Haemophilus influenzae* type b vaccins 887, 889  
halazone 202  
halazone ou pantocide 202  
*Haloanaerobiales* 489  
haloarchées  
bactériorhodopsine 681  
*Halobacteriaceae* 488  
halobactériales 488-489  
halobactéries 477, 488  
formes cellulaires 488, 490  
pigmentation 488  
pigments 490  
rhodopsine 489

- Halobacterium* 64, 69, 260, 481  
analyse génomique 490  
habitats 175  
rhodopsines 490  
vacuoles 69
- Halobacterium* NRC-1  
analyse génomique 490  
reconstruction génomique 492
- Halobacterium salinarium* 260, 489  
mouvement flagellaire 78  
vésicule gazeuse 69
- Halococcus* 64
- Halococcus* et *Natronococcus* 476
- halogène 1064
- halogènes  
antiseptique 201  
désinfectante 201
- halogénures d'aryle 1064
- halophile 155, 174-175, 254,  
473-474, 480  
extrêmes 488
- halophile extrême 175, 475  
rhodopsines 260
- halophiles 6, 64, 677, 1025
- Haloquadratum walsbyi* 48-49, 439
- halorhodopsine 490, 492
- Halothiobacillus neapolitanus*  
carboxysomes 69
- halotolérant 175, 677
- Hambourg  
épidémie de choléra 1054
- Hanczy, Marin 7
- hantavirus 926-927  
du syndrome pulmonaire 926
- Hantavirus 637, 743
- haploïdes (1N) 289
- haptène 791
- haptomère 598
- Haptophyta* 591, 598
- haptophytes  
évolution de 461
- Hata, Sahachiro 827
- HA Voir hémagglutinine 637
- Havrix (vaccin anti-HAV) 924
- HAV (virus de l'hépatite A) 897, 923
- Hayes, William 382
- HBV  
Voir virus de l'hépatite B 640
- HBV pour Hepatitis B virus 640
- HBV (virus de l'hépatite B) 897, 919
- HCF (facteur de la cellule hôte) 628
- HCV (Hepatitis C virus) 920
- HCV (virus de l'hépatite C) 897, 920
- HDV (Hepatitis deltavirus) 921
- HDV (virus de l'hépatite D) 921
- Heatley, Norman 827
- Heine, Jacob von 925
- hélicase  
protéines se liant à l'ADN simple  
brin (SSB) 477
- hélicase (3'→5') 299
- hélicase (5'→3') 299
- hélicase DnaB 300, 302
- hélicases 299
- hélice  $\alpha$  A-7, A-8
- hélice-tournant-hélice 337
- Helicobacter* 547  
caractéristiques 542
- Helicobacter cinaedi* 953
- Helicobacteriaceae* 547
- Helicobacter pylori* 160, 466, 547,  
951-952, 1052  
analyse par microdamiers d'ADN 430  
détection 866  
microdamiers 667  
puces génomiques 667  
transmission par l'eau 968
- héliobactérie 254  
photosynthèse 259  
pigment photosynthétique 255
- héliobactéries 499, 556
- Heliobacterium* 510, 556  
caractéristiques 555
- Heliobacterium modesticaldum*  
transfert d'électrons 558
- Heliophilum* 556
- héliozoaire 93
- hémodorption 850, 860
- hémagglutination 121
- hémagglutination virale 850, 864
- hémagglutinine (HA) 121, 126, 637
- hématite 651
- hématopoïèse 761
- hématopoïétines 769
- hème 142, 217
- hémicellulose 715, 1042  
caractéristiques 647
- hémocytomètre 168
- hémoflagellé 982
- hémogglutination virale 865
- hémoglobine 705  
espèce particulière 718
- hémoglobine-S 988
- hémogramme 773
- hémolyse 564
- hémolyse  $\alpha$  551, 564-565
- hémolyse  $\beta$  551, 564-565
- hémolysines 750, 756, 960
- Hepadnaviridae 640, 919
- hépadnavirus 640-641
- hépatite 405  
vaccin 887, 889
- hépatite A 920, 923  
vaccin 924
- hépatite A (l'hépatite infectieuse)  
919, 923
- hépatite B 920  
cancer 1017
- hépatite B (sérique) 919
- hépatite B virus (HBV) 919
- hépatite C 919-921  
cancer hépatique 129
- hépatite D 919-921
- hépatite delta 222
- hépatite E 919-920, 924
- hépatite F 921
- hépatite G 920-921
- hépatites virales 919
- hepatitis A virus  
virus de l'hépatite A 897
- hepatitis B virus  
virus de l'hépatite B 897
- hepatitis C virus (HCV) 920
- hepatitis deltavirus (HDV) 921
- Hepatitis E virus* (HEV) 924
- hepatovirus 923
- herbicide 1065
- Hérelle, Félix d' 616, 847
- herpès circiné (teigne corporelle)  
995-996
- herpès congénital (néonatal) 917
- herpès génital 627, 915, 917
- herpès labial 627, 915
- Herpesviridae* 898, 916-918
- herpèsvirus 117, 121, 128
- herpèsvirus humain 1 (HHV-1) 629
- herpèsvirus humain 2 628
- Herpetosiphon* 500
- Hershey 292  
outil de recherche sur l'ADN 290
- Hershey, Alfred 289
- Hesse, Fannie Eilshemius 18
- Hesse, Walther 18
- hétérocyste 97
- hétérocyste 495, 502-503
- hétérocystes 648
- hétéroduplex 388
- hétérogénéité phénotypique 661
- hétérotrophe 137, 139, 229, 268  
gluconéogenèse 270  
source de carbone 209, 267  
sources de carbone 138, 139
- HEV (Hepatitis E virus) 924
- HEV (virus de l'hépatite E) 924
- Hexachlorophène 200-202
- Hexamida salmonis* 584
- hexokinase 220, 232
- hexoses 235
- H. fennelliae* 953
- HGV (virus de l'hépatite G) 921
- HHV-1  
phase de latence 915
- HHV-1 (virus de l'herpès labial)  
897, 915
- HHV-2 628, 917  
phase de latence 917
- HHV-2 (Human herpes virus-2) 917
- HHV-2 (virus de l'herpès génital)  
897, 917
- HHV-3 898
- HHV-3 (Human herpes virus-3) 898
- HHV-4 (Human herpesvirus 4) 918
- HHV-4 (virus d'Epstein-Barr) 897
- HHV-5 (cytomégalovirus) 916
- HHV-5 (Human herpesvirus-5) 916
- HHV-6 (Human herpesvirus-6) 918
- hiérarchie taxinomique 449
- HindIII 400
- H. influenzae*  
génomme 427
- H. influenzae* (sérotipe b)  
vaccin conjugué 936
- H. influenzae* sérotipe b  
vaccin *H. influenzae* sérotipe b «  
Hib » 539
- Hippocrate 988
- histamine 785
- histatine 765
- histidine 296
- histones 97, 765  
archées 71
- Histoplasma capsulatum* 747
- Histoplasma capsulatum* var. *capsu-*  
*latum* 986
- histoplasmose 986
- HIVID (zalcitabine) 914
- HMC (hydroxyméthylcytosine)  
620-621
- H. meleagridis* 584
- Hoffmann, Erich 957
- Holmes, Oliver Wendell 744
- holoenzyme 208, 218, 299  
ARN polymérase 310
- holoenzyme de l'ADN polymérase III  
300, 302
- homéostasie 6
- homme  
écologie microbienne 728
- homoglutathion 703
- homosérine 279
- hopanoïde 54
- HOPE 665
- homogonies 502, 504
- hormone de croissance humaine  
production industrielle 1040
- hormones promotrices de croissance  
699
- hotdogs 1015
- hôte  
relation avec le parasite 740  
sensibilité 741, 747  
sortie 741, 747  
sortie de l'agent pathogène 747  
transmission 741
- hôte compromis 736
- hotte de sécurité biologique 190, 197
- hotte de sécurité biologique à flux  
laminaire 198-199
- houblon 1026-1027
- HPMPC (cidofovir) 840
- HPr 145-146
- HPV (*Human papillomavirus*) 921
- HPV (*papillomavirus humains*) 921
- H. pylori* 952
- HTST pour « high temperature-short  
time » 1013
- Human Genome Project 728
- Human herpesvirus 627
- Human herpesvirus-1 914  
virus de l'herpès labial 897
- Human herpes virus-2 (virus de  
l'herpès génital) 897
- Human herpes virus-3 (HHV-3) 898
- Human herpesvirus 4 (HHV-4) 918  
virus d'Epstein-Barr 897
- Human herpes virus (HHV-6) 918
- Human herpesvirus (virus herpès)  
915, 917-918
- Human immunodeficiency virus  
virus de l'immunodéficience  
humaine 897
- Human papillomavirus (HPV) 921
- Humine 694
- Humulus lupulus* 1026
- humus 694  
nature réfractaire 694
- HVEM (médiateurs d'entrée des virus  
herpès) 915
- hyaluronidase 750, 960
- hybridation 412
- hybridation ADN-ADN 451, 454-  
455, 463

- hybridation d'ADN 452  
 hybridation des acides nucléiques 451  
 hybridation FISH 664  
 hybridation fluorescente in situ (FISH) 664, 681  
 microbiologie de l'eau 1057  
 hybridation in situ en fluorescence 663  
 hybridation in situ fluorescente 658  
 hybridations ADN-ARN 451  
 hybridomes 813, 853  
 hydrate de carbone 248  
 hydrate de méthane 489  
 hydrates de méthane 686  
 hydrazine 506  
 hydrocarbures 647, 711, A-3  
 caractéristiques 647  
 hydrogénase 251  
 hydrogène 138, 721-722, 724, 1042, 1061  
 abondance naturelle 669  
 atome A-1  
 biocarburant 1043  
 oxydation 251  
 hydrogène gazeux 248  
*Hydrogenimonaceae* 547  
*Hydrogenobacter* 496  
*Hydrogenophaga* 251, 525  
*Hydrogenophilales* 526, 528  
 hydrogénosome 12, 99-101, 107, 461  
 ADN 100  
 hydrogénosomes 585, 715  
 hydrolase 94, 219  
 hydrologie lacustre 688  
 hydrolyse 217, 249  
 hydrophobicité 482  
 hydroxyde d'aluminium (l'alun) 886  
 hydroxylamine 366, 523  
 hydroxylamine oxydoréductase (HAO) 523, 526  
 hydroxyméthylcytosine (HMC) 620  
 hypermobilité intestinale 807  
 hypermutation somatique des régions V 811  
 hyperpiézophile 182  
 hypersensibilité  
 de type I 815-816  
 de type II 816-817  
 de type III 817, 819  
 de type IV 820  
 tuberculitique 820  
 hypersensibilité de type I 789  
 hypersensibilité de type II 789  
 hypersensibilité de type III 789  
 hypersensibilité de type IV 789  
 hypersensibilités 815  
 hyperthermophile 155, 174, 178, 474, 477, 482  
 environnements extrêmes 473  
 habitats 483  
 thermostabilité 482  
 hyperthermophiles 496  
 protéines de choc thermique 323  
 hyphe 520, 576  
 hyphe 109, 568-569, 578-579, 699  
 coenocytiques 109  
 septés 109, 608  
 septums 109  
 hyphe aériens 110
- Hyphochytriales* 596  
*Hyphomicrobiaceae* 520-521, 652  
*Hyphomicrobium* 48-49  
 caractéristiques 516  
 cycle biologique 520  
*Hyphomicrobium facilis* 520  
*Hyphomonadaceae* 516  
*Hyphomonas* 157  
 hypovirus 709  
*Hypochoytrium* 603  
 hypoferrémie 772  
 hypolimnion 689  
 hypothèse de l'hydrogène 12  
 hypothèse 5  
 endosymbiotique 99-100  
 hypothèse chimiosmotique 228  
 hypothèse de la fusion 461  
 hypothèse de l'hydrogène 12  
 hypothèse d'un gène-un polypeptide 305  
 hypothèse endosymbiotique 12, 446, 461  
 ARNr-PSU 12  
 chloroplastes 12  
 eucaryotes 462  
 hydrogénosomes 12  
 mitochondries 12  
 organites 462  
 hypothèse un gène-une enzyme 305
- I**  
*Ichthyophthirius* 593  
 icosaèdre 118  
 ICTV 617  
 identification 447  
 idoxuridine 915  
 IF-1 318  
 IF-2 318  
 IF-3 318  
 IFF (insomnie familiale fatale) 929  
 IFN  
 Voir interféron 770  
 IgA sécrétoire (IgAs) 807  
 IgA sécrétoires 812, 999  
 ignicoccus 477, 481, 663-664  
 membrane externe 476  
 Ig Voir immunoglobuline 803  
 îlot de pathogénicité 739  
 îlots de pathogénicité 438, 748  
 îlots génomiques 375, 438  
 adaptation à des environnements spécifiques 376  
 imidazole 839  
 immobilisation 644, 675  
 nutriments 647  
 immunisation 886  
 immunité 761  
 de groupe 873, 880-881  
 surinfection 126  
 immunité acquise 760-761  
 artificiellement 793-794  
 naturellement 793-794  
 immunité acquise Voir immunité spécifique 793  
 immunité adaptative  
 Voir immunité spécifique 789  
 immunité à médiation cellulaire 789, 791  
 immunité cellulaire 792  
 immunité humorale 790-792  
 immunité innée ou naturelle 761  
 immunité non spécifique 760  
 opposée à l'immunité spécifique 791  
 immunité spécifique 789  
 développement 792  
 discrimination entre le soi et le non-soi 791  
 opposée à l'immunité non spécifique 791  
 reconnaissance de l'étranger 794  
 types 793  
 vue générale 790, 792  
 immunodéficiences 822  
 immunodiffusion 850, 869  
 radiale simple 869  
 immuno-électrophorèse 850, 870  
 immunofluorescence 853, 855  
 directe 850, 854  
 indirecte 850, 853-854  
 immunogène Voir antigène 791  
 immunoglobine (Ig)  
 E(Ig) 815  
 immunoglobuline  
 A 807  
 classes 805  
 D 807  
 E 807  
 IgA 804, 806  
 IgD 804, 807  
 IgE 804, 807  
 IgG 804, 806  
 IgM 804, 806  
 M 807  
 structure 805  
 thérapie par 793  
 immunoglobuline A (IgA)  
 sécrétion 807  
 immunoglobuline (Ig) 803  
 Voir aussi anticorps 789  
 immunoglobulines  
 classes 806  
 domaines 324  
 fonction 805  
 G 806  
 structure 804  
 thérapie 794  
 immunohistochimie 853  
 immunologie 19-20, 761, 861, 863  
 immunologie clinique 863  
 immunomodulation  
 aliments probiotiques 1023  
 immunoprécipitation 850, 868  
 immunoprécipitation de la chromatine  
 ChIP 435  
 immunosuppression 822  
 immunotransfert 850  
 immunotransfert (Western blot) 868  
 impétigo 932, 961  
 impétigo contagieux 959  
 incidence 873-874, 878  
 inclusion 46, 51, 67-68  
 de polyhydroxybutyrate 68  
 de stockage 67
- inclusions intranucléaires 916  
 incompatibilité cytoplasmique 716  
 incubateur  
 anaérobies 181  
 indels 453  
 indicateur  
 du coliformes fécaux 1056  
 indice de réfraction 25-26  
 indice thérapeutique 826, 828  
 indinavir 841  
 indinavir (Crixivan) 914  
 indole 856  
 inducteur 331, 333, 335-336  
 induction 114  
 phage tempéré 127, 131  
 induction de la compétence immunitaire 736  
 industrie alimentaire 1032  
 bactéries lactiques 248  
 infection 739-740, 793-794, 878  
 autogène 885  
 contrôle 886  
 expression mathématique 740  
 nosocomiales 884, 1004  
 infection alimentaire  
 fongique et due aux protozoaires 998  
 infection à SARM d'origine communautaire 960  
 infection nosocomiale 873  
 contrôle 885  
 prévention 885  
 source 885  
 surveillance 885  
 infection par le virus herpès humain de type 6 918  
 infections alimentaires  
 bactéries 964  
 infections à *Mycobacterium* 937  
 infections génitales hautes 954  
 infections hospitalières 745  
 infections nosocomiales 745, 884  
 infections streptococciques du groupe B 564  
 infection transmise par les aliments 1015  
 infection virale 126  
 aigües 128  
 cellules archéennes 126  
 cellules bactériennes 126  
 cellules eucaryotes 127  
 cellules malignes 128  
 chroniques 128  
 cytoticide 127  
 effets cytopathiques 128  
 latentes 128  
 lytiques 128  
 persistantes 128  
 inférence bayésienne 458  
 inflammation 766, 784  
 aiguë 784, 786  
 chronique 786  
 influenza virus  
 propriétés adhésives 748  
 Influenzavirus  
 Voir virus de la grippe 637  
 influenza virus (virus de la grippe) 897, 899  
 information génétique 292-293

- flux de 292  
*Infusoria* (ciliés) 584  
ingénierie  
des voies métaboliques 1036  
ingénierie génétique 397, 1034  
des plantes 1045  
ingénierie génétique végétale  
*A. tumefaciens* 707  
inhibiteurs de la synthèse des acides nucléiques 829  
inhibiteur compétitif 221  
inhibiteur de la phagocytose 327  
inhibiteur de la synthèse de la paroi 828  
inhibiteur de la synthèse des parois cellulaires 272  
inhibiteur de la synthèse protéique 828  
inhibiteur non compétitif 221  
inhibiteurs de fusion (FI) 840, 914  
inhibiteurs de la protéase 840  
inhibiteurs de la protéase du VIH (PI) 914  
inhibiteurs de la synthèse de la paroi cellulaire 832  
inhibiteurs de la synthèse des acides nucléiques 838  
inhibiteurs de la synthèse protéique 834  
inhibiteurs de la transcriptase inverse (les NRTI) 914  
inhibiteurs non nucléosidiques de la transcriptase inverse (NNRTI) 840  
inhibiteurs nucléosidiques de la transcriptase inverse (NRTI) 840  
inhibition compétitive 221  
inhibition enzymatique 221  
inhibition par le produit final 224  
inhibition par les produits microbiens 1014  
INH Voir isoniazide 846  
initiation de la synthèse des protéines 318, 320  
injectisome 327  
insecte 714  
insecticide microbien 1046  
insertion de gènes  
*A. tumefaciens* 1045  
cellules végétales 1045  
insertions 364-365  
insomnie familiale fatale (IFF) 134, 929-930  
Institut Pasteur 19  
insuline  
production industrielle 1040  
insuline de porc 402  
insuline humaine 402  
intégrase 616, 624, 640  
intégrines 785  
intégron 826, 846  
intéine 324-325  
interaction  
entre l'Homme et les micro-organismes 728  
négative 727  
interaction des anticorps avec un antigène 767  
interaction microbienne 713-714  
interconversion des monosaccharides 249  
interférence par ARN 622  
interféron  $\alpha$  920  
interféron (IFN) 760, 770-771  
action antivirale 770  
interférons 798  
production industrielle 1040  
intergénique 454  
interleukine 760, 768-769, 771-772  
interleukines 798  
intermédiaires réactionnels  
de l'azote (RNI) 784  
de l'oxygène 784  
de l'oxygène (ROI) 784  
International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 449  
International Journal of Systematic Bacteriology 466  
intertrigo à *Candida* 1004  
intertrigo des espaces interdigitaux (teigne de la main) 995  
intertrigo périanal 1004  
intestin  
microflore 1023  
intestin de termite  
endosymbiote bactérien TG1 715  
protozoaire multiflagellé 715  
*Trichonympha* 715  
intestin grêle  
mécanismes de défense 763  
microflore 734  
microflore normale 732  
intoxication 739, 753  
intoxication alimentaire 563, 964, 1009, 1015-1016, 1018  
staphylococcique 972  
intron 306-307, 312-314  
Intron A 922  
IFN- $\alpha$  recombinant 921  
introns 399  
invasion 749  
invasion de brin 375  
inversions 364  
invertase 1027  
invertébrés  
benthiques 688  
invirase (saquinavir) 914  
*Iodamoeba butschlii*  
microflore 734  
iodate 534  
iode 200-201  
iodophore 190, 200-202  
iodoquinol 842, 999  
iodure de potassium 997  
iodures 997  
ion chlorure 174  
ion ferreux 251-252  
ion ferrique 146, 252  
transport 146  
ion potassium 174  
ions A-3  
ion  $Zn^{2+}$  334  
*I. pacificus* 944  
*I. ricinus* 944  
*Iridoviridae* 628  
irradiation 496  
manganèse 497  
résistance 497  
irradiation aux UV 390  
IR : séquence répétée inverse 379  
isocitrate 231, 236  
isocitrate déshydrogénase 278, 1041  
isocitrate lyase 278, 281  
isoenzyme 225  
isogamie 108  
isolation  
auxotrophe 370  
isoleucine 278-279, 296  
synthèse 279  
isomérase 219  
isomères A-4  
isoniazide (INH) 829, 846, 940  
isoprène 272  
isopropanol 200-202, 247  
isothiocyanate de fluorescéine (FITC) 33, 853  
isothiocyanate de tétraméthyle rhodamine 33  
isotopes  
instables 668  
stables 668  
isotopes d'intérêt biologique  
abondance naturelle 669  
isotopes stables 700  
isotopes stables du carbone 711  
itraconazole 985, 987, 997, 1003-1004  
itraconazole (Sporanox) 984, 995  
ITS 665  
ITS : Internal Transcribed Spacer 665  
Ivanowski, Dimitri 19, 616  
ivermectine 568  
*Ixodes scapularis* 944  
izushi 1025
- J**  
jacinthe d'eau 1063  
Jackson, David 20, 398  
jacuzzis 532  
jardin fongique 727  
J. Craig Venter Institute (JCVI) 411  
Jenner, Edward 19, 886, 888, 907  
jonction exon-intron 313  
jonctions de Holliday 376  
joules 211  
jus de fruits  
pasteurisation 1013
- K**  
kala-azar 991  
*Kalanchoe* sp. 707  
*Kaletra* (lopinavir) 914  
kallikréine 785-786  
kanamycine 835, 846  
*Karimia brevis*  
fleurs d'eau 678  
katsuobushi 1025  
kéfir 1023  
kératine 65, 576-577  
kératinocytes 763  
kératite 1000  
kératite herpétique 915  
kérogènes 710  
kilocalorie 211  
kilojoule 211  
kinase senseur 356  
kinase-senseur 340, 355, 357  
kinase-senseur CheA 347  
kinésine 92  
kinétosome 107  
Kirby, William 830  
kit  
Culturette groupe A Strep ID Kit 861  
Directigen 861  
Gono Gen 861  
Ora quick 861, 866  
Staphaurex 861  
SureCell Herpes (HSV) 861  
Kitasato, Shibasaburo 19  
*Kitasatospora* 568  
*Kitasatospora setae* 570  
kit Directigen RSV 905  
kits de détection immunologique rapide 861, 863  
kit Test-Pack RSV 905  
*Klebsiella* 276  
caractéristiques 540  
fermentation 538  
résistance aux antibiotiques 885  
septicité 971  
*Klebsiella pneumoniae* 62, 885  
contamination de l'eau 1054  
*Kluyveromyces fragilis* 1040  
*Kluyveromyces marxianus* 1021  
Km 220-221, 223  
Koch, Robert 17, 23, 150, 752, 937  
*Korarchaeota* 475-476  
*Koruga bonita* 662  
krill 679  
*Kryptophanaron alfredi* 537  
*Kuenenia* 505  
kuru 134, 929, 930  
kyste 107, 582, 982  
fonctions 108  
protistes 108
- L**  
*Labyrinthula* 598  
labyrinthulidés 596, 598  
lac 686-687  
changements 690  
fleurs d'eau 690  
oligotrophes 689  
peu profond, non stratifié 689  
profond, stratifié 689  
saisonniers 690  
tempéré 690  
tropicaux 689  
l'acide dihydrofolique (DHF) 838  
*L. acidophilus* 564  
Lac Mono 661  
lacs  
extraction directe de ces acides nucléiques 665  
lacs gelés 686

- lacs tropicaux 689  
lactate 246-248  
  fermentation 538  
lactate déshydrogénase 218-219, 247, 1034  
*Lactobacillales* 551, 559  
lactobacilles 551, 564  
*Lactobacillus* 247, 563-564, 736, 1012, 1020, 1023  
  caractéristiques 559  
  laits fermentés 1020  
*Lactobacillus acidophilus* 736, 1023, 1029  
  mécanismes de défense 764  
*Lactobacillus brevis* 1028  
  aliments fermentés 1028  
*Lactobacillus casei* 976  
*Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus* 1022  
*Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus (L. bulgaricus)* 1022  
*Lactobacillus delbrueckii var bulgaricus* 1026  
*Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus* 564  
*Lactobacillus helveticus* 1022  
*Lactobacillus lactis* 1024  
*Lactobacillus plantarum* 284, 551  
  aliments fermentés 1028  
*Lactococcus* 48, 449, 563-564, 566  
  caractéristique 559, 565  
  laits fermentés 1020  
*Lactococcus lactis* 1014, 1020, 1022  
*Lactococcus lactis subsp. diacetyllactis* 1020  
*Lactococcus lactis subsp. lactis* 1010  
lactocoques  
  caractéristique 565  
lactoferrine 763, 765  
lactoperoxydase 763  
lactose 222, 230, 249, 333, 335, 339, 352, A-5, A-6  
  assimilation 144  
  fermentation 538  
  opéron 369  
lactose perméase 335, 337-339  
lac Vostok 686-687  
lac Z 409-410  
laddéranes 67  
lagunage  
  traitement des eaux usées 1063  
lagunes 1062  
lait 564, 1020, 1024  
  caillé 1011  
  détérioration 1011  
  fermentation du 1009  
  frais 1011  
  HTST pour « high temperature-short time » 1013  
  LTH pour « low-temperature holding » 1013  
  pasteurisation 1013  
  UHT pour « ultra high temperature » 1013  
lait à l'acidophilus 1023  
lait fermenté 1020  
laits fermentés 564  
lamantins  
  fleurs d'eau 678  
lamina nucléaire 97  
lamina propria intestinale 736  
lamine 65  
lamine nucléaire 93  
lamivudine 920  
lamivudine (Épivir ou 3TC) 840-841, 914  
lampe de Wood 995  
Lancefield 566  
Landsteiner, Karl 817, 925  
lansoprazole (Prévacide) 952  
lantibiotiques 765  
larmes 764  
laryngite 905  
latence intermittente 740  
latence quiescente 740  
latex 577  
LAT (transcrit associé à la latence) 915  
Laveran, Charles Louis Alphonse 988  
*L. braziliensis* 991  
*L. brevis* 1025  
*L. bulgaricus* 976, 1022  
*L. casei* 1025  
*L. cholodnii* 526  
*L. cremoris* 1024  
LDH 218  
*L. donovani* 991  
Lebetimonas 547  
lécithinase 750  
lectine liant le mannose ou MBL 772  
lectines 704  
le cycle réducteur des ATC 269  
Lederberg 382  
Lederberg, Joshua 381, 884  
Leeuwenhoek, Antonie van 584, 977  
leghémoglobine 705  
*Legionella* 528, 532, 1053  
*Legionellaceae* 532  
*Legionellales* 532  
*Legionella pneumophila* 588, 935, 1052, 1057  
  transmission par l'eau 968  
légionellose  
  symbioses intermittentes et cycliques 714  
légumes  
  aliments fermentés 1028  
  stérilisation des aliments 1014  
légumineuse 704  
  bactéroïdes productifs fixateurs d'azote 705  
  nodules fixateurs d'azote 703  
  symbiotes rhizobiens 705  
leguminosae 521  
*Leishmania* 506, 586, 786, 990, 992  
*Leishmania braziliensis* 984  
*Leishmania donovani* 984  
*Leishmania tropica* 984, 991  
  leishmaniose 983, 990, 992  
lenticule 1063  
lentille 26, 44  
lentille d'eau 1063  
lenticules 687  
lentivirus 637  
leprae 726  
lèpre 575, 932, 950-951  
  lépromateuse (progressive) 950  
  tuberculoïde (neurologique) 950  
*Leptospira* 139, 508, 968  
*Leptospiraceae* 507  
*Leptospira interrogans* 49, 508  
*Leptospirillum* 1068  
leptospirose  
  symbioses intermittentes et cycliques 714  
*Leptothrix* 525-526, 651-652  
*Leptothrix discophora* 652  
lésion  
  nécrotique 131  
lésion caséuse 940  
lésions attachantes-effaçantes (AE) 969-970  
lessivage 655, 703  
  terres agricoles 695  
lessivage acide 527  
lessivage terrestre 680  
létalité microbienne  
  cinétique 193, 195  
leucémie 129  
  leucémie à cellules T de l'adulte 129  
leucine 296  
leucocidine 739, 750, 756  
Leucocidine Panton-Valentine 960  
leucocytes 761, 773  
  polymorphonulaires (les PMN) 763  
leucoencéphalomalacie  
  chevaux 1018  
*Leuconostoc* 563-564, 1012  
  caractéristiques 559  
  laits fermentés 1020  
*Leuconostocaceae* 564  
*Leuconostoc mesenteroides*  
  aliments fermentés 1028  
*Leuconostoc oenos* 1025  
*Leucoprini* 727-728  
*Leucothrix* 529-530  
*Leucothrix mucor* 532  
leucotriènes 786  
levain 1009, 1020, 1022, 1024  
*Leviridae* 634  
Lévoostatine  
  technologies d'évolution dirigée 1036  
levure 109, 602, 605, 608, 982  
  bioconversion 1042  
  bourgeonnement 109  
  de fermentation basse 1026  
  de fermentation haute 1026  
  pathogène 109  
  stérilisation par la chaleur 196  
  structure 90  
levures 247  
  identification clinique 865  
  levures basses 1026  
  levures osmophiles 1013  
*Lexiva (Fosamprenavir)* 914  
LF (facteur létal) 973  
*L. hilgardii* 1025  
liaison  
  covalente A-3  
  covalentes A-2  
  disulfure A-7  
  hydrogène A-2, A-3, A-7  
  ionique A-3  
  ioniques A-2, A-7  
  peptidiques A-5  
liaison covalente 295  
liaison ester 477  
liaison éther 477  
  bactériennes 478  
liaison hydrogène 293, 295, 299  
liaison phosphodiester 293, 295, 303  
liaisons chimiques A-2  
liaison thioester 236  
lichens 584, 726  
  parasitisme 726  
lien peptidique 293-294, 297  
lien phosphodiester 293-294, 298, 301, 407  
lien thioester 236  
ligand 122  
ligand biotinylé 404  
ligase 219  
ligase, ADN 398  
lignine 249, 577, 695  
  biodégradation 647  
  caractéristiques 647  
  décomposition de la 1064  
  unité phénylpropène 694  
lignocellulose 715  
lilas de Californie  
  nodules actinorhiziens 707  
limaces multicellulaires  
  formation 587  
limnologie 673  
lindane 1068  
*Lingulodinium* 592  
Linnaeus, Carolus 447  
Linnaeus 449  
Linné, Carl 12, 447, 449  
lipases 960  
  sécrétion 327  
  technologies d'évolution dirigée 1036  
lipide  
  archéennes 63, 477  
  archées 63  
  bactériennes 478  
  bactériens 53, 63  
  caractéristiques 647  
  cyclopentanes 477-478  
  éther 478  
  eucaryotes 63  
  laddéranes 67  
  liaisons 478  
  membranaires 53  
  membranes à di-éthers 477  
  membranes archéennes 478  
  microdomaines 53  
  tétra-éthers 477  
lipide A 58, 60, 756, 971  
lipide I 272  
lipide II 272  
lipides 213  
  catabolisme 250  
  eucaryotes 91  
  microdomaines 92  
  structure A-5, A-7  
  synthèse 283  
lipides membranaires 459  
lipidomique 433  
lipopolysaccharide 58



- fonctions 59  
 structure 60  
 lipopolysaccharide (LPS) 46, 756  
 lipopolysaccharides 766, 781  
 lipoprotéine de Braun 58-59  
 liste EPA  
   microbes candidats au confinement strict 1052  
*Listeria* 563, 1012, 1015  
*Listeriaceae* 563  
*Listeria monocytogenes* 751  
   queue d'actine 751  
*Listeria monocytogenes* 126, 563, 1015  
   méningite 936  
*Listeria spp.* 1014  
 listériose 563, 743, 1015-1016  
 Lister, Joseph 200  
 listes de validation 466  
*Listonella* 536  
 lit bactérien 1060-1061  
 lit d'inondation 687  
 lithohétérotrophie 682  
 lithotrophe 137, 139, 209  
   source d'électrons 139  
 LIVE/DEAD BacLight *Bacterial* Viability 660  
*L. lopholea* 526  
*L. mexicana* 991  
*L. monocytogenes*  
   listériose 1016  
 lobopode 582, 586  
 localisation subcellulaire 414  
 locus oriC 301  
 Loeffler, Friedrich 616  
 loi de Réponse et de Préparation au Bioterrorisme et à la Sécurité Sanitaire 892  
 Londres  
   épidémie de choléra 1054  
*Lonepinella* 539  
 Long Term 2 Enhanced Water Treatment Rule 1053  
 lopinavir (Kaletra) 914  
 L-ornithine 496  
 lotiques 687  
*Lotrimin* (clotrimazole) 995  
*Lotrimine* (miconazole) 985  
*L. plantarum* 1025  
   aliments fermentés 1028  
*L. pneumophila* 532-534  
 LPS 58  
 LT (entérotoxine thermolabile) 969  
 LUCA 10, 459  
 luciférase 424, 537  
 Lucrèce 13  
 lumière 255  
   qualité spectrale 490  
   source d'énergie 268  
 lumière fluorescente 31  
 lumière solaire 182  
 lumière ultraviolette (UV) 31, 182  
 lumière UV 366  
 lupin jaune 1068  
 Lutzomyia 991  
 luzerne tronquée (*Medicago truncatula*) 705  
 lyase 219  
 Lycopène 1036  
 lymphocyte B 760  
 lymphocytes 774, 776  
   inflammation chronique 786  
   intra-épidermiques 780  
 lymphocytes B  
   développement 777  
   fonction 777  
   *Voir* cellules B 776  
 lymphocytes cytotoxiques (CTL) 776  
 lymphocytes T  
   développement 777  
   fonction 777  
   *Voir* cellules T 776  
 lymphocytes T cytotoxiques (CTL) 798  
 lymphocyte T 760  
 lymphocyte T cytotoxique (CTL) 790, 798  
 lymphokine 760  
 lymphokines 768  
*Lyngbya* 504  
 lyophilisation 1013  
 lysat 391  
 lyse 60, 126  
 lyse virale 683, 685  
   fin d'une fleur d'eau 683  
 lysine 205, 273, 296, 489  
   auxotrophe 369  
   synthèse 278-279  
   technologies d'évolution dirigée 1036  
 lysine (Lys-) 369  
*lysobacter* 698, 725  
 lysogène 114, 389  
 lysogénie 114, 126-127, 389  
   phage  $\lambda$  624-626  
 lysol 200  
 lysosome 88, 91, 94-97  
 lysosomes 783  
 lysotypie 850  
   microbiologie clinique 861  
 lysozyme 60, 732, 1011  
   action 763  
   action sur la paroi des bactéries 763  
   structure A-8  
   sur la paroi des bactéries 763  
   T4 125  
*Lyssavirus* 927
- M**  
 M13 121  
 MA  
   arbuscules 700  
   mAc (anticorps monoclonaux) 812  
 machinerie de la réplication 299  
 machinerie de sécrétion de type I  
   bactéries Gram-négatives 327  
   bactéries Gram-positives 327  
 MacLeod 291  
 Macleod, C. M. 289  
 macroautophagie 97  
 macrocystes 588-589  
 macroélément 137-138  
 macrogamétocytes 988  
 macrolésions 364  
 macrolide 826, 829, 835  
 macromolécule 264-266  
*Macromonas* 526-528  
 macronoyau 108, 592-593  
 macrophage 760, 774  
   inflammation chronique 786  
   phagocytose 775  
   reconnaissance d'un agent pathogène 782  
 macrophages 763, 766, 773, 784  
   alvéolaires 763  
 macrophages alvéolaires 733  
 macropinocytose 96-97  
 macroplancton 675  
*Madurella mycetomatis* 997  
 maduromycètes 578  
 maduromycose 997  
 madurose 568, 578  
 madurosec 571  
*M. africanum* 937  
 magnésium 138, 257  
 magnétite 70, 483, 651  
 magnéto-aérotactiques 651  
 magnétosomes 69-70, 1048  
*Magnetospirillum magneticum* 70  
 maïs  
   contaminants fongiques 1018  
   détérioration des aliments 1011  
 maladie  
   columnaire 510  
   contagieuse 873, 878  
   de la pourriture des nageoires 510  
   de l'eau froide 510  
   endémique 873-874  
   fongiques. *Voir* mycoses 982  
   hyperendémiques 874  
   sporadique 874  
   transmises par les aliments 1015  
 maladie auto-immune 790  
 maladie bactérienne  
   vaccin 887  
 maladie de Bright (glomérulo-néphrite) 944  
 maladie de Chagas (trypanosomiase américaine) 586, 992  
 maladie de Creutzfeldt-Jakob (CJ) 20, 134, 882, 930  
   variant (vCJ) 929  
 maladie de Crohn 1023  
 maladie de Graves 821  
 maladie de Hansen 932  
 maladie de Hansen *Voir* lèpre 950  
 maladie de la griffe du chat 743  
 maladie de la mâchoire bosselée 573  
 maladie de la peau 733  
 maladie de la vache folle 882  
 maladie de la vache folle *Voir* ESB 929  
 maladie de Lyme 405, 743, 884, 945  
 maladie de Lyme (borréliose de Lyme) 944  
 maladie des inclusions cytomégali-ques 916-917  
 maladie des légionnaires (légionellose) 935  
 maladie diarrhéique 972  
 maladie d'origine alimentaire émergents 882  
 maladie du greffon contre l'hôte 822-823  
 maladie du sommeil 586  
   de l'Afrique de l'Est 991  
   de l'Afrique de l'Ouest 991  
 maladie du sommeil en Afrique 827  
 maladie infectieuse 740, 742, 878  
   cartographie 877  
   déroulement 880  
   émergentes (MIE) 882-883  
   émergents 881  
   épidémiologie 878  
   mesure de la fréquence 878  
   période de morbidité 740  
   période d'incubation 740  
   processus 740-741  
   profils 878  
   réémergents 881  
   signes 740  
   stade prodromique 740  
   symptômes 740  
   syndrome 740  
   transmission 745-746  
 maladie inflammatoire de l'intestin 1023  
 maladie neurodégénérative  
   prions 133  
 maladie opportuniste  
   dues aux protozoaires 982, 1002  
   mycoses 982-983, 1002  
 maladie respiratoire chronique des volailles 554  
 maladies  
   bactériennes 932  
   diagnostic *Voir* microbiologie clinique 863  
   végétales 709  
   virales 897  
 maladies à prions 929-930  
 maladies à staphylocoques 956  
   intoxication alimentaire 972  
   pathogénèse 957  
   peau 961  
   transmission 957, 959  
 maladies à streptocoques 961  
   amygdalite 942  
   infections invasives 962  
   pharyngite 932, 942, 944  
   pneumonie 978  
   transmission par l'air 942-943  
 maladies à streptocoques  
   groupe B 949  
 maladies auto-immunes 820, 822  
 maladies bactériennes  
   opportunistes 975  
   transmises par contact direct 949  
   transmises par l'air 933  
   transmises par les aliments et l'eau 964  
   transmises par les arthropodes 944  
   zoonoses 973  
 maladies dentaires 976  
 maladies diarrhéiques  
   à protistes 1000-1002  
   bactériennes 966, 969  
   bactéries 964  
 maladies dues aux arbovirus 908  
 maladies dues aux protozoaires 982, 1002  
   transmises par contact direct 993  
   transmises par les aliments et l'eau 999

- transmises par les arthropodes 987  
maladie sexuellement transmise 918, 998  
maladie sexuelle transmissible 506  
maladies humaines  
symbioses intermittentes et cycliques 714  
maladies opportunistes 975  
avec une infection au VIH 913-914, 937  
maladies post-streptococciques  
glomérulonéphrite 944  
rhumatisme articulaire aigu 944  
maladies sexuellement transmissibles (MST) 952-953, 1004  
maladies transmises par contact direct  
bactéries 949  
virus 909  
maladies transmises par l'air  
bactéries 933  
virus 898  
maladies transmises par les aliments et l'eau  
bactéries 964  
virus 922  
maladies transmises par les arthropodes  
bactéries 944  
virus 908  
maladies transmises sexuellement 921  
maladies végétales dues aux bactéries 709  
maladies vénériennes *Voir* maladies sexuellement transmissibles 952  
maladies virales  
transmises par contact direct 909  
transmises par l'air 898  
transmises par les aliments et l'eau 922  
transmises par les arthropodes 908  
vaccin 887  
maladie transmise par les aliments 1015  
champignons 1017  
maladie visuelle 1035  
maladie zoonotique 522  
malaria 2, 595, 747, 982, 987  
antibiothérapie 846  
antiprotozoaire 842  
cycle biologique 987  
diagnostic 989-990  
épidémiologie 983, 987  
évolution de la maladie 988  
histoire 988  
identification clinique 855  
prévention et contrôle 988-990  
symbioses intermittentes et cycliques 714  
traitement 989  
vaccin 989-990  
*Malassezia furfur* 994  
malate synthase 278, 281  
Mallon, Mary  
la Mary typhoïde 877  
malonyl-CoA 284  
malt 1026  
MALT  
*Voir* tissu lymphoïde muqueux 780  
maltage 1027  
maltase 249, 1027  
maltose 1027, A-5, A-6  
mamavirus 630  
manganèse 138, 245, 497, 526, 535  
manilina 718  
manipulation de la biologie reproductive  
Wolbachia 716  
manipulation génétique  
micro-organismes 1033  
*Mannheimia* 539  
mannitol 699  
mannose 248, 271, 700  
Manson, Patrick 988  
marais artificiels 1062  
traitement des eaux usées 1063  
marais hypersalin 667  
marais salants 678  
milieux marins 677  
March of Dimes 925  
marées rouges 592, 678  
mare eutrophisée 504  
MAR-FISH 670  
marinobacter 651  
*Marinomonas* 534  
marquage  
à la protéine fluorescente 416  
fluorescence 671  
fluorescent 414, 664  
marquage à la poly-histidine 414  
marquage à la Streptavidine-Biotine 403-404  
marquage fluorescent 414, 663  
marquée  
poly-Histidine 415  
marqueur de poids moléculaire 407  
marqueur de sélection 406-407  
marqueur fluorescent  
versions mutées 414  
marqueurs de séquences exprimées 429  
masse atomique A-1  
masse cellulaire  
mesure 171  
masse microbienne  
mesure 171  
*Mastigamoeba balamuthi* 587  
mastigonèmes 104, 596  
*Mastigophora* (flagellés) 584  
mastocytes 773-774, 785-786  
matériel de réserve 249  
matière organique biodégradable 1057  
matière organique dissoute (MOD) 673, 676, 692  
matière organique du sol (MOS)  
âge moyen 694  
matière organique particulaire 673, 676, 684  
matrice ARN interne 304  
matrice d'ADN 314  
matrice gélatinée 661  
matrice mitochondriale (cytoplasme) 241  
maturation 400  
maturation des protéines 323  
*M. avium* 575  
*M. avium* (MAC) 575  
Maxam, Alan 420  
maximum de vraisemblance 457  
*M. bovis* 575, 937  
génomés 439  
MBP  
*Voir* protéine liant le mannose 767  
McCarty 291  
McCarty, M. J. 289  
McClintock, Barbara 376  
McMurdo Dry Valley 686  
MCS 410  
M-CSF (facteur de stimulation de colonies des macrophages) 771  
MCV4 (vaccin conjugué méningococcique) 936  
MDA 426  
*Measles virus* (virus de la rougeole) 897, 903  
mécanismes  
résistance aux antibiotiques 844  
mécanismes de transport  
absorption des nutriments 142  
médecine légale 405  
médiateur 358-359  
médiateurs chimiques  
résistance non spécifique 764  
médiateurs d'entrée des virus herpès (HVEM) 915  
médiateurs vaso-actifs 773  
mediator 359  
*Medicago sp* 705  
médicament du dernier recours 562  
Medin, Oskar 925  
méfloquine 842, 989  
mégaplasmides 525  
méiose 93, 105, 110, 156  
Meister, Joseph 19  
mélarsoprol 992  
mélbiosse 145  
mélioiïdose 514  
membranaires intracytoplasmiques 52  
membrane 257  
archéennes 64, 478  
effet de la température 177  
la pression 182  
pressions 181  
membrane bactérienne interne 67  
membrane cellulaire 283-284, 1045  
membrane (cyto) plasmique  
voie majeure de translocation des protéines au travers de 325  
membrane cytoplasmique 50-52, 55, 58-59, 325-326, 384  
absorption des nutriments 142  
archéennes 52  
archées 63  
bactérienne 52  
bactériennes 52  
canaux MS 174  
composition lipidique 53  
modèle en « mosaïque fluide » 52  
rôles 52  
senseur à fonction de kinase 340  
membrane externe 54-55, 58-59  
mitochondrie 100  
membrane filtrante 169-170, 198  
membrane interne 67  
mitochondrie 100  
membrane intracytoplasmique (MIC) 66, 505  
membrane mitochondriale 215  
membrane plasmique 90-91  
eucaryote 90  
membrane pourpre 489  
membranes filtrantes 197  
membranes intracytoplasmiques (MIC) 516-517  
ménaquinone 260, 486  
Mendel, Gregor 289  
méningite 539, 949, 979  
aseptique 936  
bactérienne 936  
*H. influenzae* (sérotype b) 936  
*N. meningitidis* 936  
*S. pneumoniae* 936  
méningite à méningocoque  
vaccins 936  
méningites 554, 936  
méningocoques  
vaccin 887  
méningocoque *Voir Neisseria meningitidis* 936  
méningo-encéphalite amibienne 1000  
Mepren (atovaquone) 1006  
mercure 222  
formes méthylées 653  
mercure élémentaire volatil 653  
phytoremédiation 1067  
mer des Sargasses 681, 683  
diversité microbienne 442-443  
mer du Nord  
méthane 710  
pollution industrielle 677  
Mer Morte  
halobactéries 488  
mérozoïtes 987-988  
mérozygote 375  
mésappariement  
synthèse des protéines 323  
mésogastre  
insecticide 1047  
toxine active 1047  
mésophile 155, 174, 178  
mésophiles 496  
mesoplasma 551  
caractéristiques 553  
*Mesorhizobium*  
fixation de l'azote 703  
*Metabacterium polyspora* 82  
métabolisme 208-209, 222  
archées 480  
formiate 538  
phototrophie 480  
pyruvate 538  
régulation 222, 265  
vue d'ensemble 209  
métabolisme anaérobie 364  
métabolite précurseur 229, 233-235, 242, 264, 266-267  
métabolites précurseurs 209  
métabolites primaires 1039  
métabolites secondaires 569, 1032, 1039

- métabolomique 433, 435  
 métagénomique 419, 441-442, 465, 475, 497, 658-659, 665, 669, 1036  
   instantané des événements réels 671  
   sol 697  
 métalimnion 689  
 métapopulation 463  
 métaprotéomique 671  
   instantané des événements réels 671  
 métastase 129  
 métaux lourds 202  
   élimination 1062  
 métaux toxiques 490  
 Metchnikoff, Elie 19  
 méthane 100, 230, 245, 487-488, 532, 645, 1042-1044, 1061  
   archées 646  
   oxydation 511, 531, 533, 646  
   oxydation aérobie 646  
   oxydation anaérobie 488, 646  
   production 646  
   sources de 646  
   synthèse 488, 492  
   teneur en isotope  $^{13}\text{C}$  710  
 méthane global  
   ruminants 722  
 méthanesulfonate d'éthyle 366  
 méthanisation 1061  
*Methanobacteriales* 485, 486  
*Methanobacterium* 64, 486  
   méthane 1040  
*Methanobacterium thermoautotrophicum* 269  
*Methanobrevibacter* 64, 646  
*Methanobrevibacter smithii* 486  
*Methanocaldococcus* 684  
*Methanocaldococcus jannaschii* 182  
 methanochondroïne 64  
*Methanococcales* 485-486  
*Methanococcus* 64, 276, 486  
*Methanococcus vannielii* 453  
 méthanoformane (MFR) 485, 487-488  
 méthanoène 245, 270, 473  
 méthanoènes 64, 100, 474-476, 485-486, 488, 668, 715, 722-723, 1061-1062  
   caractéristiques 486  
   coenzyme 487  
   cycle des acides tricarboxyliques 480  
   fixation du  $\text{CO}_2$  481  
   glycogène 480  
   parois cellulaires 485  
   rumen 488  
   voie EM modifiée 480  
 méthanoénèse 485-488, 532, 646  
   dans les zones souterraines 710  
   fixation du  $\text{CO}_2$  270  
*Methanogenium* 486  
 méthanol 239, 532, 698, 1010  
*Methanobolus* 64  
*Methanomicrobiales* 485-486  
*Methanomicrobium* 486  
 méthano-phénazine 486  
 méthano-ptérine (MPT) 488, 492  
*Methanopyrales* 485  
*Methanopyrus* 64  
*Methanosarcina* 64, 476, 486  
*Methanosarcina acetivorans* 438  
*Methanosarcinales* 485-486, 489  
*Methanosarcina mazei* 486  
*Methanospaera* 64  
*Methanospirillum* 64, 486, 724  
*Methanothermobacter thermoautotrophicus* 724  
*Methanothermus* 64, 486  
 méthanotrophe 489, 532, 722  
 méthanotrophes méthycilline 833  
   semi-synthétiques 1040  
 méthionine 277-278, 296  
   synthèse 278-279  
 méthode  
   de comptage direct 169  
   de comptage viable 170  
   de diffusion 830  
   de Kirby-Bauer 826, 830-832  
   des plages 131  
   du nombre le plus probable (NPP) 151  
 méthode de Ziehl-Neelsen 37  
 méthodes  
   physiques de contrôle 195  
   méthodes « à haut débit » 661  
 méthodes basées sur les caractères 457  
 méthode scientifique 5  
 méthodes d'identification rapides 860  
 méthylation  
   guanine 366  
 méthylation de l'ADN 373  
 méthylation/déméthylation 346  
 méthylestérase CheB 349  
 méthyl ester d'acide hydroxypalmitique (PAME) 185  
 méthylguanine méthyltransférase 372  
 méthyl-nitrosoguanidine 365, 366, 372  
*Methylobacterium* 516, 525, 698  
*Methylobacterium extorquens* 532  
*Methylococcales* 531  
*Methylococcus* 530, 532  
*Methylomonas* 532  
 méthylotrophe 514, 520  
 méthylotrophes 532  
 méthylotrophie 532-533  
 Métrogel-Vaginal  
   métronidazole 976  
 métronidazole 842, 952, 976, 1005  
 métronidazole (Flagyl) 999, 1002  
 MFR 485, 487  
*M. gallisepticum* 554  
*M. genitalium* 553  
   génomique 425  
*M. hominis* 554  
*M. hyopneumoniae* 554  
 miARN (microARN) 915  
 MicF 347  
 miconazole 839-840, 985, 1004  
 miconazole (Monistat-Derm) 995  
 microaérophile 155, 174, 180-181  
 microARN (miARN) 358, 915  
 microautoradiographie (MAR) 670  
 microbes benthiques  
   dans les cours d'eaux 688  
 microbes candidats au confinement strict 1052  
 microbes marins  
   biomasse 683  
 microbes sous-superficiels 685  
 microbiologie 1-2, 13  
   alimentaire 81  
   de la santé publique 450  
   de l'eau 450  
   environnement 645  
   industrielle 81, 1032  
   médicale 81  
 microbiologie alimentaire 210, 1009  
   analyse FAME 450  
   fermentation 231  
 microbiologie appliquée  
   environnementale 1052  
 microbiologie appliquée environne-  
   mentale 1051  
 microbiologie aquatique 673  
 microbiologie clinique 850  
   laboratoire 851  
 microbiologie des aliments fermentés  
   microbiologie alimentaire 1020  
 microbiologie de santé publique 20  
 microbiologie en santé publique 873  
 microbiologie environnementale 645  
 microbiologie industrielle 21, 210, 397-398, 1032, 1039, 1042, 1044  
   acides organiques 1041  
   micro-organismes utilisés en 1033  
   principaux produits 1040  
 microbiologie terrestre 692  
 microbiologiste clinicien 851  
 microbiome 442-443, 713, 729  
*Micrococcineae* 573  
*Micrococcus* 48, 572-573, 733  
*Micrococcus luteus* 451, 573  
 microcompartiments 67, 69  
 microcosme 658, 668  
*Microcystis* 675  
*Microcystis aeruginosa* 502  
 microdamier 419, 430, 667, 669-670  
   analyse par 428, 431  
   gènes environnementaux 671  
   par dépôt 428  
 microdamier d'ADN 419  
 microdamier d'ADN (puces d'ADN) 428  
 micro-damiers 711  
   microbiologie de l'eau 1057  
 microdamiers  
   sécurité alimentaire 1020  
 microdamiers de gènes fonctionnels 670  
 microélectrodes 669  
    $\text{H}_2\text{S}$  668  
    $\text{N}_2\text{O}$  668  
   pH 668  
   teneur en  $\text{H}_2$  668  
   tension de l'oxygène 668  
 microélectrodes 658  
 microfibrilles 1041  
 microfilaments 65, 88, 91-93  
 microflore 713  
 microflore humaine normale  
   première ligne de défense de l'hôte 730  
 microflore intestinale 1023  
 microflore normale 713, 731  
   d'un être humain 732  
 microflore normale du corps humain 731  
 microfossiles 7  
 microgamétocytes 988  
 microgouttelettes 744, 1033  
 microhabitats 668  
   bioaugmentation 1068  
*Rhizobium* 1068  
 micromanipulateur 661  
 micromanipulation 662  
*Micromonospora* 576, 694  
*Micromonosporaceae* 576  
*Micromonospora echinospora* 570  
*Micromonosporinae* 576  
 micronèmes 595  
 micronoyau 108, 592-593  
 micronutriments 137-138  
 micro-organisme 1-2  
   méthanotrophes 722  
   opportuniste 713  
   pathogène 713  
 micro-organismes 671, 1012  
   adjuvants alimentaires 1029  
   aliments 1029  
   associations avec les plantes vasculaires 698  
   dans les écosystèmes terrestres 692  
   dans les lacs 688  
   dans le sol 696  
   dans les ruisseaux et les fleuves 687  
   de la phyllosphère 698  
   de la rhizosphère et du rhizoplan 699  
   de l'océan ouvert 679  
   détérioration des aliments 1009  
   en tant que produits 1047  
   estuariens 677  
   glaciers 686  
   lacs gelés en permanence 686  
   ligninivores 694  
   marais salants 677  
   milieux dulçaquicoles 686  
   osmophiles 1013  
   phytopathogènes 707  
   processus évolutifs 463  
   propriétés adhésives 748  
   xérophiles 1013  
 micro-organismes dans les milieux  
   dulçaquicoles 686  
 micro-organismes dans les milieux  
   marins 677  
 micro-organismes du sol 234, 696  
 micro-organismes eucaryotes 89  
 micro-organismes marins  
   métagénomique 441  
 microplancton 675  
 microscope 13, 15  
   à balayage de sonde 43

- à contraste de phase 29, 31-32  
à contraste d'interférence différentielle 31-32  
à effet tunnel 43  
à fluorescence 31, 45  
à fond clair 27  
à fond noir 29  
à force atomique 44  
binoculaire 27  
binoculaires 27  
compensateur 27  
composé 26, 28  
confocal 35  
confocal à balayage laser 34-35, 45  
contraste interférentiel 502  
de « tracking » 80  
distance de travail 28  
électronique à balayage 41-42  
électronique à transmission 38, 41, 44  
équation d'Abbé 28  
lame couvre-objet 28  
lame porte-objet 28  
microscopie confocale 34  
objectif 26, 28  
objectif à immersion 28  
objectifs de 29  
optique 25-26, 28, 35, 44  
ouverture numérique 28  
résolution du 27  
van Leeuwenhoek 15  
microscope à contraste de phase 25, 29, 31-32, 853  
microscope à contraste d'interférence différentielle 25, 31-32  
microscope à effet tunnel 43  
microscope à effet tunnel et à balayage 39  
microscope à épifluorescence et contraste d'interférence différentielle 560  
microscope à fluorescence 25, 31-32, 45, 853, 855  
fluorochromes 32  
microscope à épifluorescence 32  
microscopie à épifluorescence 31  
microscope à fond clair 25, 27, 855  
microscope à fond noir 25, 29, 853  
microscope à force atomique 25, 44  
microscope confocal 35  
microscope confocal à balayage laser 25, 34-35, 45  
microscope électronique 131  
microscope électronique à balayage 25, 41-42  
microscope électronique à transmission 25, 38, 40-41, 44  
microscope optique 25-26, 35, 40, 44  
microscope optique à fond clair 853  
microscopie 13  
à fluorescence 490  
en microbiologie clinique 853  
microscopie à balayage de sonde 43, 45  
microscopie à effet tunnel de l'ADN 43  
microscopie à épifluorescence 131, 663  
microscopie confocale 34  
microscopie électronique 38, 45  
en microbiologie clinique 853, 855  
microscopie optique  
en microbiologie chimique 853  
microscopie par épifluorescence  
virus des systèmes aquatiques 683  
microsporidia 602-604, 613  
caractéristiques 604  
pouvoir invasif 750  
spores 614  
*microsporidia* 1004-1005  
microsporidie 602, 726  
spore 613-614  
microsporidiose 1004  
*Microsporium* 995  
canis 995  
microtubule 88, 91-93, 104-105  
microtubules 65  
*Microviridae* 631  
milieu  
absorbance 171  
anoxiques 150  
complexes 147-148  
de base 147  
défini 147  
différentiels 148-149  
enrichis 148  
sélectifs 148-149  
synthétique 147  
types 147  
milieu de culture 18, 146  
complexe 147  
défini (synthétique) 147  
différentiel 147  
enrichi 147  
liquide 147  
milieu d'utilité générale 147  
sélectif 147  
semi-solide 147  
solide 147  
types 147  
milieu de revivification 1055  
milieu naturel  
croissance 183  
milieu oligotrophe 183, 673, 679  
milieux  
détermination de réactions biochimiques 856  
différentiels 856  
sélectifs 856  
milieux aquatiques  
approches biogéochimiques 668  
micro-organismes 673  
virus 131  
milieux de culture 18  
milieux marins 673  
benthiques 684  
milieux marins et dulçaquicoles  
recyclage des nutriments 675  
*Mimiviridae* 629  
*Mimivirus* 121, 629-630  
minéralisation 534, 644, 647, 675-676, 1065  
*M. intercellulare* 575  
mise à l'échelle 1032  
mise en conserve 1012-1013  
Mitchell, Peter 239  
mitochondrie 88, 90-91, 99-100, 107, 238, 459, 461  
ADN 100  
chaîne de transfert des électrons 236  
chromosome 99  
externes 101  
internes 101  
membrane 100-101  
ribosomes 99-100  
structure 101  
mitochondrion 459  
mitose 93, 105, 109, 156  
mitosome 582, 584, 587  
mitosomes 613  
mixotrophie 584  
MK 260  
*M. leprae* 37, 575  
génom 439-440  
MLSA 453-455  
MLST 453-454  
*M. mobile*  
glissement 554  
*M. mycoides* 554  
Mn(II) 497  
Mn(IV) 535  
mobilité 76, 856  
avec flagelles polaires 498  
aventureuse 79  
cils 103  
déplacement saccadé 76  
flagelle 77  
flagelles 74, 103  
glissement 76, 78-79  
mouvement en tire-bouchon 76  
nage 76  
nager 78  
par glissement 498  
saccadée (« twitching ») 79  
saccades 78  
sociale 79  
spirochètes 78  
mobilité aventureuse (A) 546  
mobilité en saccades 546  
mobilité flagellaire par nage 510  
mobilité glissante 546  
mycoplasmes 554  
mobilité par flagelles 510  
mobilité par glissement 495, 502, 511, 546  
bactéries vertes non sulfureuses 510  
bacteroidetes 510-511  
cyanobactéries 510  
cytosquelette 555  
*Desulfonema* 510  
*Heliobacterium* 510  
myxobactéries 546  
mobilité sociale (S) 546  
*Mobiluncus* 572, 976  
MOD 673, 676, 684  
mode d'action 1047  
modèle clé-serrure 219-220  
modèle d'adaptation induite 220  
modèle de Fox pour la recombinaison homologue non réciproque 377  
modèle de la cassure bicaténaire 375, 377  
modèle en mosaïque fluide 46, 52  
modèle « Mort au vainqueur » 683  
modélisation des protéines 433  
modification covalente 224  
modification covalente réversible 208, 224  
modification post-transcriptionnelle 308, 312, 314  
modulon 349-350  
répression catabolique 350  
moelle osseuse 777, 779  
Mo-Fe 276  
moisissure 109-110  
moisissure aquatique 105  
moisissures  
bioconversion 1042  
fermentation lactique en présence de 1024  
fromage 1024  
stérilisation par la chaleur 196  
moisissures aquatiques 4, 247  
moisissures cellulaires visqueuses 544  
moisissures xérophiles 1013  
molécule  
amphipathiques 53  
hydrophile 53  
hydrophobe 53  
molécule d'adhésion biologique la plus forte 520  
molécule mono-carbonée 230  
molécule riche en énergie 212  
molécules A-1  
molécules amphiphiles 1041  
molécules inductrices flavonoïdes 703  
molécules organiques A-3, A-4  
*Mollicutes* 551  
caractéristiques 553  
génom 553  
*Molluscum contagiosum virus* 907  
molybdène 138, 276, 579  
*Monas stigmatica* 104  
monde d'ARN 446  
Monera 2  
Mongolie 1023  
Monistat-Derm (miconazole) 995  
*Monkeypox virus* 907  
monocotylées 1046  
monocytes 760, 773-774  
monokine 760, 768  
monomères 265  
mononucléose 627  
mononucléose infectieuse 919  
monophosphate 303  
monophylétique 446  
monosaccharide 231, 271  
monosaccharides  
structures A-5  
*Monotrope uniflore* 700  
monoxyde de carbone (CO) 517, 645, 682  
MOP 673, 676, 684  
Moran, Anne 658  
*Moraxella* 529  
*Morbillivirus* 903-904

- Morchella esculenta* 608  
 mordant 37  
*Morganella* 885  
 morille 608  
 morille commune 608  
 morphovars 449  
 mort cellulaire programmée 129, 165-166  
 mort microbienne 165  
 Mort Noire 947  
 Mort Noire (la peste bubonique) 891  
 morve 514  
 MOS humique 694  
 MOS non humique 694  
 moteur flagellaire 240, 347-348, 527  
 motif 427  
 motifs moléculaires propres aux agents pathogènes  
   PAMP 775  
 motifs moléculaires propres aux agents pathogènes (PAMP) 760, 783  
 mouches tsé-tsé (genre *Glossina*) 586, 991  
 moules  
   fontaines à méthane 721  
 moustique 987-988  
 moustiques *Aedes* 909  
 moustiques *Culex* 909  
 moût 1025-1027  
 moût acide 1026  
 moutarde 1011  
 moût (mash) 1026  
 moutons 722  
 mouvement  
   aléatoire 81  
   dirigé 81  
 mouvement amiboïde 93, 105  
 mouvement dirigé du cytoplasme 105  
 mouvement flagellaire 77  
   archéen 78  
   bactérien 77  
   mécanisme 78  
 MPN 659-660  
*M. pneumoniae* 553-555, 941  
   protéines cytosquelettiques 554  
 MPSV4 (polysaccharide méningococcique) 936  
 MreB 159  
 MS 671  
 MST (maladies sexuellement transmissibles) 952  
 Mtb (*Mycobacterium tuberculosis*) 937  
*M. thermoautotrophicum* 488  
*M. tuberculosis* 575  
   génome 440  
   multirésistantes aux antibiotiques 846  
   souches multi-résistantes 940  
   souches TB-UR 940  
*M. tuberculosis* (Mtb) 937  
 Mucor 13, 1021, 1027  
*Mucor sp* 607  
 mucoviscidose 525  
 mucus 958  
 MUG 1056  
 muguet (candida orale) 1004  
 muguet (candidose orale) 1004  
 Mullis, Kary 404  
 multiplicité d'infection (MOI) 127  
 multisite de clonage (MCS) 406-407  
*Mumps virus* (virus des oreillons) 905  
 muqueuses  
   mécanismes de défense 763  
 muscle squelettique animal 247  
 Mussi, Gabriele de' 891  
 mutagène 363, 365, 369-371  
   agents d'intercalation 365  
   chimique 364, 366  
   nitrosoguanidine 370  
   physique 364  
 mutagenèse 366, 1033-1034  
   dirigée 1032  
   microbiologie industrielle 1033  
 mutagenèse dirigée 1034-1035  
 mutant 367, 369  
   albinos 369  
   auxotrophe 370  
   auxotrophes 367, 369  
   biochimique 369  
   constitutifs 369  
   détecter 369  
   histidine 371  
   isoler 369  
   résistance 369  
   résistance à des stress environnementaux 369  
   résistants 370  
   sélectionner 369  
   taux de mutation 369  
 mutation 363, 377  
   bases chimiques 364  
   biochimiques 367  
   conditionnelle létale 367  
   conditionnelles 367  
   dans la réparation correcte de l'ADN 370  
   dans le site opérateur 369  
   dans les séquences régulatrices 369  
   déletions 364  
   déphasage 363  
   déphasage de lecture 368  
   de transition 364  
   de transversion 364  
   directe 365  
   duplications 364  
   effets 365  
   évolution 367  
   faux-sens 363, 366-368  
   frameshift 363  
   induites 364  
   insertions 364  
   inversions 364  
   létales 367  
   morphologiques 367  
   non-sens 363, 366-368  
   par déphasage (ou glissement) du cadre de lecture 366-367  
   ponctuelle 363  
   ponctuelles 364, 366  
   radiations ionisantes 182  
   récessives 367  
   réverses 368-369  
   réversions 365  
   silencieuse 366, 368  
   spontanées 364  
   suppressives 363  
   suppressives extragéniques 366  
   suppressives intragéniques 366  
   suppressives 366, 368  
   taux de mutation 369  
   transition 365  
   translocations 364  
   types de 368  
 mutation dans les séquences régulatrices 369  
 mutation de réversion 365  
 mutation directe 365  
 mutation induite 364  
 mutation létale 367  
 mutation par déphasage du cadre de lecture 363, 367  
 mutations  
   adaptatives 463-464  
   dans les sites promoteurs 1034  
   mutation suppressive 366  
 MutH 372-373  
 MutS 372-373  
 mutualisme 699, 705, 713-715, 719, 728  
   basés sur le méthane 721  
   basés sur le sulfure 718  
 mutualiste 714  
 mutualistes 698  
*M. xanthus* 546  
   fructification 725  
 mycélium 48, 109, 578, 606  
   aérien 568-569, 575-576  
   de substrat 569  
   végétatif 568-569, 575-576  
 mycélium aérien 562  
 mycétome 997  
 mycobactérie 574  
 mycobactéries  
   inflammation chronique 786  
   pathogénicité 740  
   mycobactéries 696  
*mycobacterium* 58  
   infections cutanées 950  
   infections liées au tatouage 951  
   parois 58  
*Mycobacterium* 574  
   caractéristiques 572  
   infections 937  
   réduction génomique 726  
   sol 696  
   transmission par l'eau 968  
*Mycobacterium avium* 937  
*Mycobacterium chelonae* 951  
*Mycobacterium intracellulare* 937  
*Mycobacterium leprae* 17, 574, 950  
*Mycobacterium tuberculosis* 17, 37, 42, 455, 748, 937  
   génome 439  
   méningite 936  
   résistant aux agents antimicrobiens 194  
 mycobiote 726  
 mycologie 602  
 mycologues 602  
*Mycoplasma* 39, 79, 551  
   caractéristiques 553  
   propriétés adhésives 748  
*Mycoplasma genitalium* 509, 953  
   génome 411, 553  
   génome complet 424  
*Mycoplasma hominis* 451, 953-954  
*Mycoplasma mobile*  
   glissement 554  
*Mycoplasma pneumoniae* 553, 940  
 Mycoplasmatales 551  
 mycoplasme 662  
 mycoplasmes 61, 546, 551, 553-554, 932  
   forme 553  
   génome 553  
   identification clinique 855, 865  
   membrane cytoplasmique 553  
   mobilité par glissement 555  
   pneumonie 932, 940  
   stéroïls 553  
   structure 553  
 mycorhizes 605, 608  
   arbusculaires 607  
   d'éricacées 700  
   d'orchidées 700  
   gainées 701  
   monotropoïdes 700  
   prélèvement de l'eau 699  
 mycorhizes à arbuscules (MA) 699, 701  
 mycorhizes d'éricacées 701  
 mycorhizes d'orchidées 701  
   mycorhizes 700  
 mycorhizes monotropoïdes 701  
 mycorhizen 702  
 mycose 602, 982  
   classification 982  
   cutanées 982-983, 995-996  
   inflammatoires 995  
   opportuniste 1003  
   opportunistes 982-983, 1002, 1004  
   sous-cutanée 997  
   sous-cutanées 982-983, 996-997  
   superficielles 982-983, 993  
   systémiques 982, 985-986  
   systémiques 982-983  
   transmises par contact direct 993  
   transmises par l'air 983  
   transmises par les aliments et l'eau 999  
 mycoses sous-cutanées 839  
 mycoses systémiques 839  
 mycotoxicologie 602  
 mycotoxine 739, 757  
 mycotoxines 1039  
*Mycobacterium tuberculosis* 18  
 myéloperoxydase 784  
 myonécrose à clostridies (gangrène gazeuse) 949  
 myonécrose clostridienne 949  
 myosine 92  
 myosite 962  
*Myoviridae* 618  
 myxobactéries 541, 544-546  
 myxobactérie *Sorangium cellulosum* 1037  
 Myxococcales 544  
*Myxococcus* 544, 698, 725  
   caractéristiques 542

- Myxococcus fulvus* 545  
*Myxococcus stipitatus* 46, 545  
*Myxococcus xanthus* 79, 544  
 fructifications 726  
 mobilité 79  
 mobilité glissante 546  
 séquençage du génome 426  
*Myxogastria* (myxomycètes acellulaires) 587  
 myxomycète cellulaire 589  
 myxomycètes 4, 105, 587  
 acellulaires (*Myxogastria*) 587  
 cellulaires (*Dictyostelia*) 587  
 myxomycètes acellulaires 588  
 myxospores 544-545  
*Myxotricha paradoxa* 508
- N**  
 N4-méthylcytosine 373  
 N6-méthyladénine 373  
 N-acétyl-d-glucosamine 703  
 N-acétylglucosamine (NAG) 162  
 absence de 509  
 N-acétylglucosamine 54-55, 61, 109, 271-272, 732  
 dans la synthèse du peptidoglycane 273  
 NaCl  
 dépendance absolue 488  
 N-acyl-glucosamine 704  
 N-acyl-homosérine lactone (AHL) 185, 355  
 NAD 216  
 NAD<sup>+</sup> 216, 218, 229, 232, 269, 303, 480-481, 484  
 NADH 214, 231-232, 234, 236, 238-239, 242, 244-246, 250  
 NADH<sub>2</sub> 229  
 NADH déshydrogénase 215, 239  
 NADP<sup>+</sup> 216, 269, 281  
 NAD(P)H 253  
 NADPH 234, 256-258, 266, 276  
 NAD-ubiquinone oxydoréductase 253  
*Naegleria fowleri* 984, 1000, 1052  
 nafcilline 833  
 NAG 271  
 dans la synthèse du peptidoglycane 273  
 NAM 271  
 dans la synthèse du peptidoglycane 273  
 synthèse du peptidoglycane 272  
*Nanoarchaeum equitans* 48, 475-477, 663-664  
 nanocâble 535  
 nanocâbles 651, 1044  
 nanotechnologie  
 bactéries magnétotactiques 1048  
 diatomées 1048  
 magnésium 1048  
 microbiologie industrielle 1048  
 oxyde de silicium 1048  
 nappe phréatique 1062, 1064  
 nappes souterraines 673  
 narines  
 microflore normale 733
- Nasonia vitripennis* 716  
*N. asteroides* 575  
*Natronococcus* 64  
*Nautilia* 547  
*Nautiliales* 547  
*Nautilia lithotriphica*  
 caractéristiques 548  
 navettes à électrons 535  
 navire laboratoire JOIDES Resolution 684  
 NA Voir neuraminidase 637  
 Needham, John 15  
 neige marine 673, 679-681, 685  
 Neighbor Joining 457  
*Neisseria* 452, 524-525  
*Neisseriaceae* 524  
*Neisseria gonorrhoeae* 389, 953-954  
 gamme de températures 177  
 milieu enrichi 148  
 propriétés adhésives 748  
 virulence 752  
*Neisseriales* 524  
*Neisseria meningitidis* 733, 936  
 méningite 936  
 vaccin 889  
 vaccins 936  
 virulence 751  
 nelfinavir (Viracept) 914  
 Nelmes, Sarah 888  
 nématode 717  
 nématode filarien  
*Onchocerca volvulus* 717  
 neoformans, *Cryptococcus* 985  
 néomycine 578, 827, 835  
 néoplasie 128  
 Néosabényl 200  
 neptunium 534  
*N. equitans* 482  
 neuraminidase (NA) 121, 126, 637, 841  
 inhibiteurs 903  
*Neurospora crassa* 608  
 neurotoxine 962, 964  
 neurotoxines 754  
 neutralisation  
 complexes immuns 814  
 toxines 812  
 virus 812  
 neutralisation des toxines 790  
 neutralisation virale 790  
*Neutrexin* (trimétrexate) 1006  
 neutron A-1  
 neutrophile 155, 174, 176-177, 760, 766, 773-774, 784-785  
 neutrophiles polymorphonucléaires ou PMN 773  
 névirapine (Viramune) 914  
 névralgie postherpétique 899  
 N-extéine 325  
 nez  
 microflore normale 732-733  
 N-formylméthionine 307, 318  
 N-formylméthionyl-ARNt<sup>f</sup>Mét 318  
 NGA  
 synthèse du peptidoglycane 272  
*N. giraulti* 716  
 N-glucosamine  
 synthèse du peptidoglycane 272
- N. gonorrhoeae*  
 diagnostic 954  
 NGU (urétrite non gonococcique) 954  
 Niacine (acide nicotinique) 142  
 nickel 414  
 Nicolas Appert 1012  
 nicotinamide 216  
 nicotinamide adénine dinucléotide (NAD<sup>+</sup>) 214  
 nicotinamide adénine dinucléotide phosphate 216  
 nicotinamide dinucléotide 303  
 nicotinamide mononucléotide 303  
 nifurtimox 992  
 nisine 1009, 1014-1015  
 nitazoxanide 842-843, 1001  
 nitrate 784  
 réduction anabolique 649  
 réduction catabolique 649  
 nitrate réductase 244-246, 276  
*Nitratiruptor tergaricus*  
 caractéristiques 548  
 nitrifcation 251, 253, 514, 523, 644, 648, 1064  
 archéenne 485, 670  
 commensalisme 724  
 océan ouvert 681  
 nitrite 784  
 nitrite de sodium 1013-1014  
 nitrite oxydase 253  
 nitrite oxydoréductase (NOX) 523  
 nitrite réductase 244-246, 276  
 nitrobacter 251, 648  
 commensalisme 724  
 nitrifcation 252-253, 648  
*Nitrobacter* 523  
 caractéristiques 516  
*Nitrobacter winogradskyi* 141, 523-524  
*nitrococcus*  
 nitrifcation 648  
*Nitrococcus* 523  
*Nitrococcus mobilis* 524  
*Nitrocystis oceanus* 67  
 nitrogénase 180, 276-277, 502, 648, 704  
 nitrosamines 1014  
*nitrosococcus* 522, 648  
*Nitrosococcus oceanus* 524  
 nitrosoguanidine 370  
*Nitrosomonadaceae* 522, 526  
*Nitrosomonadales* 524, 526  
 nitrosomonas 648  
 commensalisme 724  
*Nitrosomonas* 251-522, 525-526  
*Nitrosomonas europaea* 523-524, 526  
 reconstruction génomique 527  
*Nitrosopumilus maritimus* 485, 523  
*Nitrosospora* 522, 526  
*Nitrosospora briensis* 524  
 nitrosospora  
 sol 696  
 niveau de biosécurité 852  
 niveau de sécurité du laboratoire 191  
 niveau maximum de confinement souhaitable 1051  
 niveau maximum de confinement souhaitable (NMCS) 1053  
 niveaux trophiques 676
- Nizoral (cétoconazole) 984  
*N. longicornis* 716  
*N. meningitidis* du séro groupe B  
 vaccin MenB 441  
 NMN 303  
 NMPs 303  
 NNRTI (inhibiteurs non nucléosidiques de la transcriptase inverse) 840, 914  
 NO<sub>3</sub> 245  
 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 229  
 Nocard, Edmond 575  
*Nocardia* 568, 570, 574-575  
 caractéristiques 572  
 sol 696  
*nocardia asteroides* 575  
 méningite 936  
 nocardioformes 568, 575, 696  
*Nocardiopsaceae* 568  
*Noctiluca* 592  
 nodulation 706  
 nodule caulinaire 706  
 nodule fixateur d'azote 703  
 nodule racinaire 705  
 nodule radulaire 692, 704  
 nodules 579  
 nodules racinaires 579  
 nodules symbiotiques 525  
 nœuds  
 branches 456  
 liens évolutifs 456  
 longueur des branches 456  
 ramification 456  
 nombre atomique A-1  
 nombre de cellules  
 mesure directe 168  
 nombre de génomes présents 667  
 nombre le plus probable 658-660  
 nombre le plus probable (NPP) 155, 171, 1018, 1051, 1055  
 nomenclature 447  
 nomenclature bactériologique 466  
 nom générique 449  
 non-sens 363  
 norfloxacine 838-839  
 norovirus 922-923, 1015  
 Norvir (ritonavir) 914  
 Nostoc 276, 502, 504, 689  
 NotI 400  
 nourriture  
 irradiation 199  
 nourriture avariée 555  
 nourriture en boîte 1012  
 noyau 88, 90-91, 97-98  
 évolution 462  
 protistes 108  
 structure 97  
 types 592  
 noyau fer-soufre 217  
 noyau génomique 419, 439, 455, 464-465  
 noyaux  
 types 593  
 noyaux porphyrine-fer 216  
 noyau β-lactame 1040  
 NPP 659-660, 1056  
 NRTI (inhibiteurs nucléosidiques de la transcriptase inverse) 840, 914

- nucléase 960  
nucléocapside 114-115, 123-126  
  assemblage 123  
  hélicoïdale 118  
nucléotide 46, 51, 71-72  
nucléole 88, 90-91, 98-99  
nucléoside 264, 281, 294, 303  
nucléosome 71  
nucléosomes 98  
nucléotide 264, 281, 294  
  synthèse 278  
nucléotide cyclique 350  
nucléotide inhabituel 350  
numérotation conventionnelle des promoteurs 310  
nutriment  
  absorption 142  
nutriments  
  allochtones 689  
nutrition 137  
nutrition holozoïque 582, 584  
*Nyctotherus* 593  
*Nyctotherus ovalis* 100, 461  
nystatine 578, 839-840, 1004
- O**  
O<sub>2</sub> 245  
  accepteur d'électrons 251  
O-acétylsérine 278  
*O. algarvensis* 719-720  
obésité 729  
objectifs 27  
Océan Arctique 683  
Ocean Drilling Project 684  
océanographie 673  
océanographie microbienne 683  
océan ouvert 679  
océans  
  extraction directe de ces acides nucléiques 665  
oculaires 27  
odeur corporelle 733  
odontopathogènes 976  
ODP 684  
œil  
  mécanismes de défense 764  
  microflore normale 733  
œnologie 1009, 1025  
œufs de poule 860  
œuf sur le plat 554  
Office fédéral de la santé publique en Suisse (OFSP) 874  
ofloxacin 838  
OGM 1047  
oidiums 608  
Okazaki, Reiji 301  
*Olavius algarvensis* 719  
  endosymbiotes 721  
oligochète marin 719  
oligonucléotide 404-405, 412, 429  
*Olpidium* 606  
ombrage 41, 45  
ompF 342  
OmpR 341-342  
OMS  
  trypanosomiase 991  
OMS Voir Organisation Mondiale de la Santé 874
- Onchocerca volvulus* 717  
oncogène 129  
oncovirus 129  
onde radioélectrique 182  
o-nitrophényl-β-d-galactopyranoside (ONPG) 1056  
ONPG 1056  
onychomycose 996, 1004  
onychomycose à dermatophyte (teigne de l'ongle) 996  
oocyste 988  
ookinète 988  
oomycète 709  
oomycètes 596, 598  
opérateur 331, 335-336, 339  
  lac 337  
opérateur lac 338  
opérations biologiques  
  traitement des eaux usées 1059  
opérations chimiques  
  traitement des eaux usées 1059  
opérations physiques  
  traitement des eaux usées 1059  
opéron 331, 337, 355  
  lac 337  
opéron arabinose 340, 350  
opéron histidine 344  
opéron lac 339, 414  
  régulation 352  
opéron lactose 337, 369  
opéron maltose 350  
opéron riboflavine (rib) 344  
opérons 350  
opérons cataboliques 350-351  
opéron tryptophane (trp) 338, 342, 344  
ophtalmie (conjonctivite gonococcique) 954  
opines  
  *A. tumefaciens* 707  
  source de carbone 708  
  source de carbone, d'énergie, d'azote et de phosphore 707  
*Opisthokonta* 602  
opisthosome 720  
opisthotonos 932, 963  
opportuniste 713, 739, 976  
opsonines 765-766, 772  
opsonisation 760, 765-766, 781, 806-807, 812, 814  
orangé d'acridine 365-366  
orbitale A-2  
orbitales électroniques A-2  
orchidée 700  
  mycorhizes 701  
orchite 905  
ordre 448  
oreille externe  
  microflore normale 732-733  
oreillons 905  
  vaccin 887, 905  
organes  
  système immunitaire 776  
organes lumineux des poissons 536  
organes lymphoïdes 776  
organes lymphoïdes primaires 776  
organes lymphoïdes secondaires 778
- Organisation des nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) 1022  
Organisation Mondiale de la Santé eau potable 1052  
  fièvre hémorragique 926  
  malaria 988  
Organisation Mondiale de la Santé (OMS) 874  
Organisation Mondiale pour la Santé (WHO-OMS) 1022  
organisme indicateur 1051  
  contamination de l'eau 1054  
organisme opportuniste 736  
organismes brouteurs 688  
organismes détériorants 1011  
organismes génétiquement modifiés 1047  
organite 88-89, 92  
  conservation de l'énergie 99  
  constructions 266  
  contrôle génétique de la cellule 97  
  endocytosiques 93  
  osmorégulateurs 107  
  voies sécrétrices 93  
organites  
  hypothèse endosymbiotique 461  
  origine 461  
organotrophe 137, 139, 209  
  source d'électrons 139  
orge 1027  
origan 1011  
origine  
  de la vie 459  
  origine de la vie 6  
  origine de réplication 158, 297, 299, 406  
  origine de réplication (oriC) 299  
  origine des cellules eucaryotiques 462  
  origine de transfert 384  
oriT 384  
*Ornithocercus* 592  
ornithose (psittacose) 974  
oropharynx  
  microflore normale 732-733  
orotidine monophosphate 282  
orthocrésol 202  
*Orthohepadnavirus* 640, 919  
orthologue 419, 427  
*Orthomyxoviridae* 637, 899  
orthophosphate 212, 650  
*Oscillatoria* 48, 50, 502, 504, 689  
*Oscillatoria limnetica* 501  
*oseltamivir phosphate* (Tamiflu) 841  
oseltamivir (Tamiflu) 903  
osmolarité 341, 488  
osmophiles 1013  
osmotactisme 77  
osmotolérant 155, 174-175  
osmotrophie 582, 584, 602, 605  
*Ostreococcus tauri* 598  
otite 979  
otite moyenne 566  
Otto Jirovec 1005  
ouverture numérique 28  
Owen's Lake 490  
oxacilline 833
- oxaloacétate 231, 236-237, 267, 278-279, 281  
oxydation  
  ammonium 522  
  nitrite 522  
oxydation aérobie du méthane 646  
oxydation anaérobie 505  
oxydation de l'ammonium 485, 527  
oxydation de soufre 253  
oxydation du méthane  
  pH 511  
oxyde d'azote  
  source 655  
oxyde d'éthylène 200-204, 1011, 1013  
oxyde nitreux 366, 645  
oxyde nitrique 784  
oxydes d'éthylène 1014  
oxydoréductase 219  
oxygène 138  
  abondance naturelle 669  
  atome A-1  
  croissance 165, 174, 180  
  dans la synthèse des acides gras 284  
  formes réactives 180  
  influence sur la décomposition de la matière organique 647, 648  
oxygène singulet 183, 784  
oxytétracycline 835  
ozonisation 1053
- P**  
P680 257  
P700 256  
PA (antigène protecteur) 973  
PABA (acide p-aminobenzoïque) 221, 836  
Pace, Norman 10  
*Pachypsysylla venusta* 714  
packasome 123, 623  
*P. acnes* 576, 733  
*Paenibacillus alvei* 560  
pain 1010  
  agents conservateurs 1014  
  détérioration des aliments 1011  
  propionate de sodium comme conservateur 1014  
pain filant de 1027  
paire de chlorophylles 256  
*Paleococcus* 491  
palindromes 334  
paludisme  
  Voir malaria 987  
p-aminobenzoate 221  
PAMP 776, 781-782  
  motifs moléculaires propres aux agents pathogènes 775  
pandémie 873, 876  
*Pandora*  
  relations mycorhiziennes 702  
panencéphalite sclérosante subaiguë 905  
pangénome 419, 438-439, 455, 464-465  
*Panococcaceae* 561

- panse 722  
*Pantoea* 708  
   phyllosphère 698  
 papillomavirus humain (HPV) 921  
   cancers 922  
   vaccin 922  
   cancer du col 129  
 PAPS 277  
*Parabasalium* 585  
 parabens 1014  
*Paracoccus* 245  
*Paracoccus denitrificans* 238, 240, 244, 246  
 paralogue 419, 427  
*Paralvinella palmiformis* 723  
 paralysie infantile Voir polio ou poliomyélite 924  
 paramécie  
   proie 676  
 paramecium 30  
*Paramecium* 48, 89, 592-593  
   battement 104  
*Paramecium caudatum* 104, 593-594  
*Paramecium tetraurelia* 438, 593  
 paramyxoviridae 903, 905  
*Paramyxoviridae* 637  
 paramyxovirus  
   attachement 123  
   paraphylétique 604  
   parasite 740  
   relation avec l'hôte 740  
 parasite intracellulaire 739  
 parasites  
   identification clinique 855  
   parasites intracellulaires 528  
   parasitisme 714, 725  
   contrôlé 726  
 parcimonie maximale 457  
 parfocal 25, 27  
 pARNn 313  
 parodontite 733, 978-979  
 parodontopathie 977  
 paroi 54  
   archées 64  
   bactériennes 54  
   bactéries Gram-négatives 58  
   bactéries Gram-positives 57  
   champignons 92  
   eucaryotes 92  
   fonctions 160  
   protistes photosynthétiques 92  
 paroi acido-résistante 575  
 paroi bactérienne 54  
   structure 54  
 paroi cellulaire 51, 54, 91, 461  
   archées 485  
   bactéries archées 475  
   bactéries Gram-négatives 55  
   externes 61  
 Parol 51  
 paromomycine 842, 999  
 paronymie 1004  
 particule à double couche (PDC) 634  
 particule de Dane 919  
 particule d'épissage 313  
 particules de Dane 920  
 particules de reconnaissance du signal (SRP) 480  
 particules de type viral (PTV) 683  
*Parvoviridae* 918  
 parvovirus 632  
 parvovirus B19 918  
 parvovirus (famille des *Parvoviridae*) 632  
 paryphoplasme 505  
 pas droit 293  
 Pasteur 644  
*Pasteurella* 539  
*Pasteurellaceae* 528, 536, 539  
   caractéristiques 536  
*Pasteurellales* 536, 539  
*Pasteurella multocida* 539  
 Pasteurellose 743  
 pasteurisation 190, 196, 1009, 1013  
 Pasteur, Louis 16-17, 19, 196, 886, 888, 1020  
 pathogène 713, 730, 740  
 pathogène de plante 708  
 pathogène opportuniste 736  
 pathogènes  
   aérosoliques 1048  
   des animaux 539  
 pathogènes opportunistes 554  
 pathogénicité 730, 739-740  
 PC 258  
 PCB 1051  
 PCP (pneumonie à *Pneumocystis carinii*) 1005  
 PCR 412, 452, 454, 669, 1057  
   médecine légale 405  
   microbiologie industrielle 1034  
   multiplexe 658  
   mutagène 1036  
   pour amplifier des gènes spécifiques de l'environnement 405  
   technologies d'évolution dirigée 1036  
   tests de diagnostic 405  
 PCR en temps réel 404  
 PCR multiplexe 658, 665  
 PCRq 404  
 PCR quantitative  
   microbiologie de l'eau 1057  
 PCR sur rinçages de boîtes 661-662  
 PCR terminale 404  
 PDC (particule à double couche) 634  
*P. denitrificans*  
   dénitrication 245  
   peau 562, 731  
   mécanismes de défense 762  
   microflore normale 732  
 pectinase 1010  
 pectine 92, 249, 577, 1010, 1015  
*Pediastrium* 39  
 pédiocine 1034  
*Pediococcus cerevisiae*  
   aliments fermentés 1028  
*Pediococcus pentosaceus* 1034  
*Pedomicrobium* 652  
 pédoncule 520, 521, 545  
 pehtze 1027  
*Pelagibacter*  
   génomique 681  
*Pelagibacter ubique* 661  
 pellicule 90-91, 107  
 pellicule acquise de l'émail 976-977  
*Pelobacteraceae* 543  
 Pelodictyon 499  
*Pelotomaculum thermopropionicum* 724  
 pelure glissante (oignon) 709  
 penciclovir 840  
 pénicilline ( $\beta$ -lactamase) 832  
 pénicilline 21, 60, 974, 1040  
   action bactéricide 827  
   haptène 791  
   production 1033  
   semi-synthétiques 1040  
 pénicilline G 833, 843-844, 942, 1040  
 pénicillines 828, 832  
   allergies 833  
   caractéristiques 833  
   inactivation 844  
   résistance 833, 845  
   structure 832  
   structures 833  
 pénicilline V 833  
*Penicillium* 21, 89, 1010, 1021  
   microflore normale 733  
*Penicillium camemberti* 1024  
*Penicillium chrysogenum* 1033-1034, 1040  
*Penicillium notatum* 827, 1033  
*Penicillium roqueforti* 1024, 1033  
 Péninsule Antarctique 679  
 pentamidine 839  
 pentamidine diisethionate 992  
*Pentatrachomonas hominis* 585  
 pentose phosphate 266  
 PEP 145, 212  
 PEP carboxykinase 232  
 péplomère 114, 120  
 peptide A-5  
   non-ribosomique 1035  
 peptide antibactérien 1034  
 peptide de tête 342  
 peptide fluorescent 416  
 peptides antimicrobiens 765  
 peptides cationiques 765  
 peptide signal 326  
 peptidoglycane 43, 46, 54-56, 58-59, 65, 77, 213, 235, 271-272, 325, 384, 475, 496-497, 574, 781, 1014  
   actinomycètes 569-570  
   biosynthèse 160, 162  
   dépourvue 505  
   pont interpeptidique 55-56  
   sous-unités 55  
   structure 54, 57  
   synthèse 162-163, 271, 273-274  
 peptidoglycane (muréine) 54  
 peptidyl-ARNt 322  
 peptidyl transférase 288, 320, 322-323  
 Pepto-Bismol (subsalicylate de bismuth) 952  
 peptone 147  
 Peranema  
   structure 90  
 perception du quorum 155, 185, 331, 350, 355, 537, 560  
 perchlorate 651  
 perchloréthylène 1064  
 percolation  
   ammonium 655  
*Peridiniopsis berolinensis* 592  
 période  
   d'incubation 873  
   période d'état 740-741  
   période d'incubation 740-741  
   périplasma 54, 222, 348, 384  
   kinase-senseur 340  
 péristaltisme  
   mécanismes de défense 763  
 permanganate 1057  
 perméase 137, 143-144  
*Peronospora hyoscyami* 598  
 Peronosporomycètes 596, 598  
 peroxydase 180-181  
   raifort 663-664  
 peroxydase de raifort 866  
 peroxyde d'hydrogène 180, 202-203, 750, 784  
 peroxydes 364  
 personnes immunodéprimées  
   infections par *L. monocytogenes* 1015  
 perturbation de la membrane cellulaire 829  
 peste 2, 539, 946  
   bubonique 876, 945  
   noire 2  
   pulmonaire 948  
   vaccin 887  
 peste (bubonique) 743  
 peste (mort noire) 945  
 pesticide 230  
 pesticides organochlorés 1064  
 petit ARN 347  
 petit ARN nucléaires 313  
 petit ARN (pARN) 346  
 petite sous-unité (PSU) de l'ARNr  
   classification phylogénétique 447  
 petit sillon 293, 295  
 Petri, Julius Richard 18, 149  
 pétrole 710-711, 1042  
*P. falciparum* 595, 987-988, 990  
*Pfiesteria* 678  
*Pfiesteria piscicida*  
   fleurs deau 678  
*P. fluorescens* 534  
*P. fumari* 482  
 PGA 269  
 pH 174-177, 240, 252, 491  
   activités enzymatiques 221  
   col de l'utérus 736  
   cytoplasme 240  
   environnement marin 674  
   vagin 736  
*P. haemolytica* 539  
 phage 115, 121, 397  
   formation des plages 130  
   lysogénie 126  
   multiplicité d'infection 127  
   pénétration 123  
   récepteurs 122  
   structure 119  
 tempéré 114, 126-127, 624  
 unités formatrices de plages 131



- virulent 126, 618
- φ6 121
- phage à queue flexible 117
- phage epsilon
  - conversion lysogène 127
- phage fd 631
- phage fX174 117
- phage lambda 121, 126, 391, 408, 624
  - ADN 624
- phage lambda (λ) 624
- phage MS2 634
- phage P1 390
- phage P22 390
- phage Pfl 631
- phage Qβ 634
- phages
  - dispersés par un atomiseur 1015
  - lysotypie 861
  - milieux marins 684
- phages MS2 121
- phages Qβ 121
- phages T2 119
- phages T4 131
  - libération 125
- phages T-pair 121
- phages φX174 631
- phage T2 292
- phage T4 126, 618
- adsorption 619
  - adsorption et l'injection de l'ADN 620
  - assemblage 123, 125
  - cycle infectieux 621
  - empaquetage de l'ADN 623
  - expression de ses gènes 620
  - génomique 623
  - infection de l'ADN 619
  - libération 623
  - réplication de l'ADN 619
  - réplisome 620-621
- phage tempéré
  - cycle lysogène 390
  - cycle lytique 390
  - prophage 390
- phage transducteur 391
- phage β
  - conversion lysogène 127
- phage λ
  - cycle lytique 625
  - génomique 624-625
  - lysogénie 625
  - lysogénie et cycle lytique 626
  - lysogénie ou au cycle lytique 624
  - promoteur 624
  - promoteur ou opérateur 627
  - répresseurs 625
  - site cos 410
  - têtes de phage 410
- phage φ6 633
- phage Φ29 426
- phage φX174 305, 631
- phagocytes 766
  - opsonisation 812
  - récepteurs Fc 806
- phagocytose 88, 96-97, 760, 781-782, 784
  - frustrée 752-753
  - macrophage 775
- macrophages 775
  - par lectine 781
- reconnaissance non opsonique 781
- reconnaissance opsonique 781
- phagolysosome 97, 784
- phagolysosomes 783
- phagosome 96-97, 519, 534, 760, 783
- phagosomes phagothérapie 205
- phagovars 862
- phalloïdine 612
- Ph.An.Aé 497, 682
- pharyngite à streptocoques 944
- pharyngite streptococcique 932, 942
- phase
  - de latence 155, 164
  - de mortalité 165-166
  - exponentielle 155, 164
  - logarithmique 155, 164
  - stationnaire 155, 164
- phase à 3 C 233
- phase à 6 C 233
- phase claire 254, 258
- phase de compétence 560
- phase de réduction (cycle de Calvin) 268
- phase de régénération (cycle de Calvin) 268
- phase obscure 254, 258
- phases de carboxylation (cycle de Calvin) 268
- PHB 249
- phénicol 829
- phénol 202
- phénotype 289, 364-365
  - sauvage 365
- phénotype sauvage 365
- phénotypique 364
- phénylalanine 296
- phénylalanine
  - synthèse 278, 280
- phényléthanol 855
- phénylpropène 694-695
- phéophytine 257
- phéromones 607-608
- phialophora 727-728
- Phialophora verrucosa* 997
- Phipps, James 888
- phlébotomes 991
- Phlebotomus* 991
- Phlebovirus* 926
- Phocoenobacter* 539
- phocytes T cytotoxiques 796
- phospholipide
  - bactérien 63
  - eucaryote 63
- pH optimal 221
- phosphatases 282
- phosphate 232, 282, 284
  - élimination 1062
- phosphate calcique 100
- phosphate de riboflavine 216
- phosphatidyléthanolamine 284-285, A-5, A-7
- phosphatidylsérine 284
- phosphoadénosine 5' - phosphosulfate 277
- phosphoénolpyruvate 146, 212, 229, 232-233, 267, 270, 272, 278, 280-281
- phosphoénolpyruvate carboxylase 278
- phosphoenolpyruvate (PEP) 232
- phosphoénolpyruvate (PEP) 145, 351
- phosphoénolpyruvate phosphotransférase (PTS) 351
- phospholipase 739, 750, 756
- phospholipide 59
  - amphipathique 53
  - archéens 63
- phospholipides 281, A-5
  - synthèse 285
- phosphore
  - assimilation 281
  - atome A-1
  - besoins en 141
  - élimination 1062, 1064
- phosphorelais 357
- phosphorolyse 249
- phosphorylation
  - cyclique 257-258
  - non cyclique 258
- phosphorylation au niveau du substrat 212, 228-230, 232, 236, 242, 244, 246, 248, 252, 282
- phosphorylation/déphosphorylation 346
- phosphorylation oxydative 100, 228, 230, 236, 239, 242, 244-246, 251-253, 282
- phosphotransférase (PTS) 353
- photoautotrophe 137, 139
- photoautotrophes 504
- Photobacterium* 530, 536-537
- Photobacterium leiognathi* 537
- photocycle 490
  - bactériorhodopsine 491
- photolithoautotrophe 137, 140
  - source de carbone 140
  - source d'électrons 140
  - source d'énergie 140
- photolithoautotrophes 499
- photolithotrophes 229
- photolyase 372
- photons 182
- photo-organohétérotrophe 137
  - source de carbone 140
  - source d'électrons 140
  - source d'énergie 140
- photo-oxydation 651
- photophosphorylation 255, 282
  - cyclique 228, 257
  - non cyclique 228, 257
- photophosphorylation cyclique 228, 256, 260
- photophosphorylation non cyclique 228
- photoréactivation 372
- photorécepteurs 490
- photosensibilisateurs 183
- photosynthate 673, 676
- photosynthèse 101, 213, 228, 242, 268
  - anoxygénique 258
  - océanique 675
  - oxygéniques 254, 256
- photosynthèse aérobie anoxygénique Ph.An.Aé) 517
- photosynthèse anoxygénique 228, 258-259, 495, 497, 529
- photosynthèse oxygénique 228-229, 254, 257, 459, 495, 497
  - phase claire 254
- photosynthétiques 67
- photosystème 257
- photosystème I 256, 258, 502
- photosystème II 256, 258, 501-502, 718
- photosystèmes I 497, 501
- photosystèmes II 497, 501
- phototactisme 77, 495, 502
- phototrophe 137, 139
  - source d'énergie 139
  - Source d'énergie 209
- phototrophes 497
- phototrophes aérobie anoxygéniques 682
- phototrophes aérobie anoxygéniques (Ph.An.Aé.) 497
- phototrophes anoxygéniques 229, 269
- phototrophie 254-255, 497
- phototrophie rhodopsine
  - basée sur la rhodopsine 260
- phycoblines 501, 503
- phycobiliprotéine 255-256
- phycobiliprotéines 499, 501
- phycobilisomes 495, 501-502
- phycobiotte 726
- phycocyanine 255, 501-502
- phycocyanobiline 256
- Phycodnaviridae 628
- phycoérythrine 255, 501-502
- phycologie 583
- phycotoxines 1018
- phylétique 447
- phyllosphère 692, 698
  - analyse d'ARNr PSU des bactéries de la 698
  - méthyl-estérases 698
- phylogénie 447, 449, 466
- phylopuces 667
  - analyse 667
- phylotype 419, 441-442, 658, 665, 668
- phylum 448
- Physarum* 588
- Physarum polycephalum* 588
- phytochromes 502
- phytohormones 707
- phytopathogène 521, 534, 698
- phytopathogènes
  - Erwinia* 539
  - Phytophthora infestans* 598, 709
- phytoplankton 673, 675, 682
- phytoremédiation 1067
- phytyle 255
- Pi 212
- pickle 1009, 1028
- Picornaviridae* 916, 923-924
- picornavirus 117, 124
- Picrophilaceae* 490
- Picrophilus* 490-491
- Picrophilus oshimae* 176

- pied d'athlète 996  
 pied d'athlète (teigne du pied) 995  
 piedras  
   blanche 994  
   noire 994  
 piedras (*Voir aussi* Teigne) 994  
 piézophile 181-182  
 piézophiles 685  
 pigment absorbeur de lumière 254  
 pigment accessoire 256  
 pigment accessoire représentatif 256  
 pigment fluorescent 534  
   SYBR Green 683  
   YO-PRO 683  
 pigment photosynthétique 254, 255  
 pigments 497, 499  
 pigments accessoires  
   phycobiliprotéines 501  
 pigments caroténoïdes 517, 544  
 pigments photosynthétiques 499, 501  
 PI (inhibiteurs de la protéase du VIH) 914  
 pile à combustible microbienne  
   1032, 1042, 1044  
   prototype 1045  
 piles à combustible microbiennes  
   535  
   sols contaminés 1066  
 piles microbiennes à combustible  
   543  
 pili 51, 73  
   de type IV 76, 78-79  
   type IV 74  
 pili de type IV rétractiles 546  
*Pilimelia* 576  
*Pilimelia columellifera* 570  
 piline Pile 389  
 pili sexuels 74, 380  
*Pilobolus* 603  
 pilus sexuel 46, 382  
 piment royal (*Myrica gale*) 706  
 pin  
   mycorhizes 701  
   racines 701  
 pince b glissante  
   *E. coli* 477  
   eucaryotique 477  
   PCNA 477  
 pince coulissante  $\beta$  300  
 pinces optiques 661  
 pince  $\beta$  299, 301-302  
 piqûre de calcium 703, 706  
*Pirellula* 71  
 pirellosome 71  
*Piscirickettsiaceae* 531  
 pityriasis (tinea versicolor) 994  
*Pityrosporum ovale* 733  
 plage de lyse 114  
 plage virale 130-131  
 plaine abyssale de Sohm 681  
 plancher marin 685  
 plancher océanique 680  
*Planctomyces* 67  
*Planctomycetes* 47, 71, 252, 505-506, 648-649, 681  
 planctomycètes 649  
   compartimentation cellulaire 505  
*Plantae* 2  
 plante 254  
 plante blessée  
   *Agrobacterium* 708  
 plantes transgéniques 1047  
 plantes vertes  
   évolution de 461  
 plante vasculaire  
   interaction des micro-organismes 692  
 plaque basale 104  
 plaque de microtitration 865, 866  
 plaque dentaire 976-978  
 plaques de microtitration à 96 puits 1036  
 plaque sous-gingivale 977  
 plaquettes 774  
 plasmalemme 107  
 plasmide 46, 71-72, 377-378, 397, 406, 413, 1046  
   à copie unique R1 159  
   Col 73  
   conjugatif 378, 1046  
   conjugatifs 72-73  
   curage 72  
   de virulence 73  
   facteurs R 72  
   métabolique 73  
   R 72, 73  
   répartition 159  
   réplications 72  
   toluène 1068  
   vecteur de clonage 401, 409  
   vecteurs 408  
 plasmide bactérien 378  
 plasmide conjugatif 378, 1046  
 plasmide F 363, 381  
   intégration 382  
 plasmide F' 385  
 plasmide navette 406  
 plasmide R 378, 380, 826, 845  
 plasmide R1  
   ségrégation 160  
 plasmide recombinant 413  
 plasmides  
   profils plasmidiques 862  
 plasmides conjugatifs 465  
 plasmides recombinants 1046  
 plasmide Ti 522, 1046  
   *A. tumefaciens* 707  
   gènes vir 707  
 plasmide Ti d'*Agrobacterium*  
   conjugaison 708  
   fonctions des gènes 708  
 plasmocyte 776, 790  
 plasmocytes 802, 812  
 plasmode 587-588  
 plasmodesmes  
   déplacement des virus 636  
*Plasmodium* 560, 595, 984, 987-988  
   cycle biologique 989  
*Plasmodium falciparum* 842  
*Plasmodium vivax* 989  
 plasmolyse 60, 173  
*Plasmopara viticola* 598  
 plaste 101  
 plastes 595  
 plastocyanine 257-258  
 plastoquinone 257-258  
 pleuropneumonie bovine 554  
*Pleurotus ostreatus* 603  
 PLP (pour les protéines liant la pénicilline) 832  
 plutonium 534  
*P. macerans* 560  
*P. malariae* 595, 987  
 pneumocoque 289  
 pneumocoque pathogène  
   outil de recherche sur l'ADN 290  
 pneumocoques  
   vaccin 887  
*Pneumocystis* 1005  
   cycle biologique 1006  
*Pneumocystis jiroveci* 839, 984  
*Pneumocystis jiroveci (carinii)* 1005  
 pneumolysine 979  
 pneumonies 539  
   à *Pneumocystis* 1005  
   atypique 932  
   atypique (à mycoplasmes) 940  
   streptoocoque 949  
   streptoocoques 942, 978  
 pneumonie à chlamydias 933  
 pneumonie à mycoplasmes 940  
 pneumonie atypique 554  
 pneumonie des porcs 554  
 pneumonie lobulaire 566  
 pneumonies 554  
*Pneumovax* 23 979  
 PNS 230  
 Pnu-Immune 23 979  
 pockmarks 685  
 poil radicaire incurvé 705  
 point isoélectrique 433  
 poisson  
   produits fermentés 1025  
 PolD 479  
 polio 924  
   *Voir* poliomyélite 634  
 poliomyélite 634, 924-925  
   vaccin 887  
 poliovirus 39, 123, 634, 748, 905  
   génomique 635  
   plages 130  
   polyprotéine 635  
   propriétés adhésives 748  
   récepteur 122  
*Poliovirus*  
   vaccin 924  
*Poliovirus* (famille des *Picornaviridae*) 634  
*Poliovirus* (virus de la poliomyélite) 897, 924-925  
 polluants organiques  
   élimination 1062  
 pollution 674  
 pollution acide 527  
 polyadénylate polymérase 313  
 polycétide 1037  
 polycétide synthase 1035  
 polychlorobiphényles (PCB) 1067  
 polycistronique 308  
 poly-histidine 414  
 polylinker 407  
 polymérase Taq 404  
 polymère de réserve 249  
 polymorphisme au niveau du nucléotide 454  
 polymorphisme de conformation de l'ADN simple-brin (SSCP) 666  
 polymorphisme de longueur des fragments de restriction 453  
 polymorphisme de longueur du fragment de restriction terminal (T-RFLP) 666  
 polymyxine 560  
*Polymyxine B* 829  
 polyols 174, 488  
 polyomavirus 119  
 polypeptide 305, A-5, A-7  
 polyphosphate 68  
 polyphosphates 650  
*Polyporus squamosus* 612  
 polyprotéine 616, 635, 640  
 polyradiculonévrite aiguë post-infectieuse 547  
 polyribosome 316  
 polysaccharide 231, 249  
 polysaccharide central 58, 60  
 polysaccharides 1041  
   production 1041  
   production industrielle 1040  
   synthèse 270-271  
 polysaccharides capsulaires (CPS) 441  
 polysaccharides d'*Erwinia* 1041  
 polysaccharides structurels du bois 715  
 polysome 316  
 polystyrène 230  
 poly- $\beta$ -hydroxybutyrate 249, 521, 525, 1043  
 poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB) 518, 534  
 pomme de terre 578  
 pompage de protons 260  
 pompe à carbone biologique 680  
 pompe à protons 255, 486  
   bactériorhodopsine 489  
 pompes d'efflux 844  
 ponctuation 314  
 ponctués, équilibres 464  
 pont interpeptidique 55-56  
 Popper, William 925  
 population 658, 661  
   composition, efficacité antimicrobienne 194  
   microbienne 662  
   profils de la maladie infectieuse 883  
   profils de la maladie infectieuse 878  
   rumen 667  
   surveillance de la santé 877  
   taille, efficacité antimicrobienne 194  
 population clonale 463  
 population microbienne 663, 665  
   communication intercellulaire 185  
*P. orbiculare* 733  
 pore  
   nucléaires 97-99  
 pores  
   espaces entre les particules du sol 693  
 porine 46, 59, 61, 100, 144

- porines 750  
régulation 341  
porines *OmpF* et *OmpC* 346  
porphyrine 216  
porphyrique 217  
*Porphyrobacter* 518  
*Porphyromonas* 733  
*Porphyromonas gingivalis* 977  
porteur 741  
aigus 741  
chroniques 741  
convalescents 741  
en incubation 741  
occasionnels 741  
sains 741  
transitoires 741  
posaconazole 839  
position méta 1065  
position ortho 1065  
postulat de Koch 1, 17-18  
tuberculose 18  
potassium 138, 175, 177  
potentiel de réduction 214, 238-239, 245, 251, 253, 256, 259  
potentiel de réduction standard 208, 213-214, 245, 251, 257  
potentiel de transfert de groupe phosphate 212  
potentiel redox 645  
Pouchet, Félix 15  
pour les protéines liant la pénicilline (PLP) 832  
pourriture annulaire (pomme de terre) 709  
pourriture blanche 694  
pourriture molle 1010  
pourritures molles 708-709  
poussée oxydative 703  
poussée respiratoire 784  
poussières 745  
pouvoir carcinogène 370  
pouvoir infectieux 749  
pouvoir invasif 749-750  
pouvoir mutagène 370  
pouvoir pathogène 740  
pouvoir réducteur 208-209, 230, 252  
pouvoir toxigène 753  
*P. ovale* 595, 987  
*Poxviridae* 628, 907  
poxvirus 118-119, 629, 907  
assemblage 123  
*Poxvirus* 50  
PPD (dérivé protéique purifié) Voir test cutané à la tuberculine 940  
ppGpp 353-354  
*P. phosphoreum* 536  
*P. polymyxa* 560  
*P. putida* 534  
PQ 258  
*P. ramorum* 598  
pratique microbiologique universelle 191  
pratiques microbiologiques standard 851-852  
pré-ARNm 312  
pré-ARNm eucaryote 400  
Précambrien 651  
précipitation  
complexes immuns 812  
précipitine 812  
précipitines 868  
prédateur 541, 544  
prédateurs 722  
prédateurs facultatifs 725  
prédation 676, 714, 724-725, 727  
*Myxococcus xanthus* 726  
par « attaque en meute » 726  
recyclage des éléments nutritifs 725  
prédation biologique  
systèmes d'épuration 1063  
PREEMPT 1029  
prégénome 641  
premier principe de la thermodynamique 210  
préphénate 280  
présentation des antigènes 95, 776, 796  
préspore 83-84, 357-358  
pression 174, 181  
pression osmotique 92  
pressions osmotiques élevées  
ARN MicF 346  
prévacide (lansoprazole) 952  
prévention du cancer du côlon 1023  
*prevotella* 733  
primaquine 842, 989  
primase 301, 304  
primates 463  
primer 397  
primosome 299, 301, 384  
principe de l'exclusion compétitive 713, 728  
principe transformant 291  
prion 114, 133  
mécanisme de réplication 133  
prions 1, 4  
prise d'empreinte génomique 453-455  
probiote 9  
probiotique 564, 735, 1009, 1022, 1029  
probiotiques 1029  
définition 1022  
directives de la FAO-WHO 1022  
problème de la réplication des extrémités 304  
procapside 123  
procaryote 2, 47  
procédé de transfert de Southern 400  
procédés de traitement des eaux usées 1058  
processus anammox 648, 1062  
processus d'aération étendu 1061  
processus d'affinage 1025  
processus de détérioration 1010  
processus de fourniture d'énergie chimolithotrophes 251  
processus de purification de l'eau 1053  
processus de régulation 332  
processus évolutifs 459  
micro-organismes 463  
processus qui génèrent le ppGpp  
enzyme RelA 353  
*Prochlorococcus* 461, 503-505, 675, 684  
*Prochlorococcus marinus* 503  
prochloron 254, 503-504  
prochlorophytes 503  
*Prochlorothrix* 503  
producteurs primaires 675-676  
production  
éthanol 1034  
production d'acide sulfurique 527  
production d'aliments 231  
production de fromage  
*Lactobacillus lactis* 1024  
levain 1024  
production de la bière 1027  
production de lumière 355  
production de pain 1026  
production de vin 1009  
production d'indigo recombinant 411  
production d'insuline humaine recombinante 411  
production du vin 1025  
production primaire 673  
produit 218  
produit laitier  
détérioration 1011  
produit naturel 1032  
produits alimentaires  
halophiles 488  
produits de dégradation toxiques 1066  
produits industriels 1040  
produits industriels toxiques 1064  
produits laitiers fermentés 1023  
produits pharmaceutiques 1032  
profilage des protéines totales 455  
profil plasmidique 850, 863  
profils d'acides gras 450  
profils de croissance  
en microbiologie clinique 855  
profils plasmidiques 862-863  
proflavine 365-366  
progesterone 1042  
programmes BLAST 427  
projet de Forage océanique 684  
projet du Microbiome Humain 728-729  
proline 174, 296  
promastigotes 991  
promoteur 288, 306-307, 336, 339  
*Bacteria* 312, 335  
bactériens 310  
eucaryotes 312-313  
gènes archéens 314  
inductible 414  
réponse stringente 354  
promoteur de l'apoptose 327  
promoteurs archéens  
traits eucaryotiques 479  
*Prontosil* 827  
prophage 126-127, 392, 624-625  
irradiation aux UV 389  
propidium, iodure de 660  
propionate 247-248  
propionate de sodium 1004  
*Propionibacterineae* 576  
*Propionibacterium* 576, 1025  
caractéristiques 572  
*Propionibacterium acnes* 733  
propriétés antigéniques 449  
propylène 1014  
prostaglandines 772, 786  
*Prostheobacter* 66  
*Prostheochloris* 499  
prosthétique 157, 514, 516, 520  
protéase 250  
sécrétion 327  
protéase à cystéine 962, 999  
protéase à sérine MASP 767  
protéase de l'immunoglobine A 750  
protéases 347  
protéasome 88, 95  
protection osmotique 60  
protéinases 960  
protéine 159, 250, 265, 357  
A 750  
B7 (CD80) 800  
bactéricide BPI augmentant la perméabilité 784  
BtubA/BtubB 66  
caractéristiques 647  
chaperons 324  
chimérique 416  
cII 624  
cIII 624  
CreS 65-66  
Cro 625  
cytosquelettiques 163  
d'assemblage 116  
de carence 165  
de choc acide 177  
de choc thermique 177  
de fonction inconnue 427  
de surface 57  
domaines 324  
Dps 165  
du cytosquelette bactérien 66  
du divisome 161  
épissage 324-325  
étude 414  
FliF 78  
FliG 78  
FliM 78  
FliN 78  
fonction 323  
FtsA 66, 161  
FtsZ 65-66, 159, 163  
G 750, 752  
HU 71  
hypothétiques conservées 427  
interaction avec l'ADN 435  
intrinsèque 52-53  
liant la pénicilline (PLP) 160  
M 57, 125, 751  
MamK 66, 70  
marquée à la poly-Histidine 415  
maturation 323  
Mbl 65-66  
MinC 159  
MinCDE 161  
MinD 66, 159, 427-428  
MinE 159  
MotA 77-78  
MotB 77-78  
MraY 631  
MreB 65, 159, 163  
MreB/Mbl 66  
p53 129  
Par 160  
ParA 66  
ParC 159

- ParM 159  
 ParR 159  
 périphérique 52-53  
 purification 414-415  
 Q 625  
 Rb 129  
 RecA 625  
 recombinante 414-415  
 repliement 324  
 RpoS 165  
 SASP 83  
 sécrétion 323, 325  
 sécrétion Sec 325  
 séquençage 455  
 structure 293-294, 297, 323, A-3, A-5, A-8  
 structures 296  
 synthèse 292  
 synthèse des 265  
 translocation 325  
 voie de la dégradation 95  
 ZipA 161  
 protéine A 960  
 protéine activatrice 331  
 protéine activatrice du catabolisme (CAP) 351  
 protéine à fer non hémique 216, 239  
 protéine à fer-soufre 216-217  
 protéine à fluorescence verte (ou GFP) 414  
 protéine AraC 351  
   activateur 340  
   répresseur 340  
 protéine autoinducteur 355  
 protéine CD4 911  
 protéine chaperon 326  
 protéine CheA 347-348  
 protéine CheB 348  
 protéine CheR 348  
 protéine CheW 347  
 protéine CheZ 348  
 protéine chimérique 416  
 protéine chimiotactique acceptrice de méthyle  
   *E. coli* 349  
 protéine chimiotactique acceptrice de méthyle (MCP) 347-348  
 protéine C réactive ou CRP 772  
 protéine de choc thermique 323, 349, 455, 461  
 protéine de la superfamille MFS 144  
 protéine d'enveloppe gp 120 910  
 protéine de surface 455  
 protéine DksA 353  
 protéine DnaB 301  
 protéine du canal (ComEC) 389  
 protéine F  
   *S. pyogenes* 942  
 protéine Fe-S 240  
 protéine FliD 724  
 protéine fluorescente verte (GFP) 33, 66  
 protéine FtsZ 506  
 protéine G  
   *S. pyogenes* 942  
 protéine HAI-1 355  
 protéine Hfq  
   interactions ARN-ARN 346  
 protéine intrinsèque 59  
 protéine intrinsèque majeure (MIP) 143  
 protéine kinase senseur 331  
 protéine liant le mannose (MBP) 767  
 protéine LuxN 355  
 protéine M  
   *S. pyogenes* 942  
   protéine MCP 348  
   protéine Mo-Fe 276  
   protéine NusA 312  
   protéine OmpF 144  
   protéine OmpF et OmpC  
     régulation 341  
   protéine porteuse d'acyle 284  
   protéine RecA 373  
   protéine réceptrice de l'AMP cyclique (CRP) 351  
   protéine régulatrice 334-335  
   protéine répresseur 331  
   protéine SecA 326  
   protéine SecB 326  
   protéine SecE 326  
   protéine SecG 326  
   protéine SecY 326  
   protéine se liant à l'ADN simple brin 299  
   protéine SfiA 373  
   protéine SSB 299-300  
   protéine Tus 303  
   protéine verte fluorescente (GFP) 671  
 protéines 9  
   de phase aiguë 772  
   extrémité C-terminale 294  
   extrémité N-terminale 294  
   Gld (glissade, glissement) 511  
   protéines reployées 480  
   séquences signaleuses 480  
   surfactantes 772  
   thermostabilité 482  
 protéines de surface 751  
 protéines de virulence  
   *Pantoea* 708  
   *Pseudomonas* 708  
   *Ralstonia* 708  
 protéines du centre réactionnel photosynthétique 684  
 protéines « jambes » du cytosquelette 555  
 protéines motrices cytoplasmiques (AlgZ) 546  
*Proteobacteria* 488, 497, 514-515  
   évolution 459  
   microflore normale 733  
   photosynthèse 259  
   profil métagénomique des bactéries gastro-intestinales 734  
   réduction catabolique du fer ferrique 651  
   rhodopsines 260  
   transformation naturelle 387  
 protéobactérie 471, 514  
 protéome 419, 433  
 protéomique 433  
   fonctionnelle 433  
   structurale 433  
 protéorhodopsine 255, 490, 681  
 protéorhodopsines 442  
*Proteus* 247-248, 514, 538, 885  
   caractéristiques 540  
*Proteus mirabilis* 41  
*Proteus vulgaris* 37, 74  
 protionamide 950  
*Protista* 2  
 protiste 271  
   assimilation du phosphate 282  
   contenu en G + C de l'ADN 451  
   évolution 462  
   teneur en G + C 452  
 protistes 1, 4, 89, 100, 247, 582  
   cellules 108  
   dékystement 108  
   endosymbiotes 715  
   enkystement 107  
   fonction 105  
   gamme de températures 177-178  
   morphologie 107  
   pathogènes 982  
   pathogènes. Voir maladies dues aux protozoaires 982  
   structure 105  
   structures reproductives 108  
   temps de génération 168  
 protistes photosynthétiques  
   chloroplastes 101-102  
 protistes stationnaires (Sporozoa) 584  
 protistologie 583  
 proto-cellules 459  
 proto-eucaryote 461, 518  
 protomères 116-118, 636  
 proton A-1  
 proto-oncogènes 129  
 protoplaste 61-62, 65, 1033  
*Prototheca moriformis* 600  
 prototrophe 363, 369  
 protozoaire 582  
 protozoaire multiflagellé 715  
 protozoaires 105  
   aquatiques 984  
   identification clinique 855, 866  
   pathogènes 984  
   réservoirs 984  
*Protozoaires* 4  
   benthiques 688  
   providine 202  
   provirus 640  
   provirus (prophage) 114  
 PRPP 283  
 PrPSc (protéines repliées anormalement) 929  
 PRR  
   récepteurs de reconnaissance de motifs structuraux 775  
*Pseudoalteromonas* 534  
 pseudogènes 439-440, 518  
*Pseudomonadaceae* 534  
*Pseudomonadales* 534  
 pseudomonades fluorescentes 534  
*Pseudomonas* 30, 74, 230, 234, 245, 529-530, 534-535, 708  
   dénitrication 245  
   plasmide 73  
   relations mycorrhiziennes 702  
   rhizosphère 699  
*Pseudomonas aeruginosa* 327, 534, 546, 885  
 antibiotiques inhibiteurs 833  
 biofilm 752-753  
 perception du quorum 186  
 phage Pfl 631  
 propriétés adhésives 748  
 résistance aux antiseptiques 200  
 septicité 971  
 transmission par l'eau 968  
*Pseudomonas denitrificans* 648-649  
*Pseudomonas oleovorans* 1041  
*Pseudomonas syringae*  
   phyllosphère 698  
*Pseudomonas syringae pathovar Phaseolicola* 633  
 pseudomuréine 64-65, 473, 476, 486  
*Pseudonitzschia* 678  
*Pseudonocardia* 727-728  
 pseudoplasmode 587  
 pseudopode 582, 586-587  
 pseudo-uridine 479  
 pseudouridine 317  
*Psittacose* 743  
 psittacose (ornithose) 974  
*P. sojae* 598  
 PstI 400  
 PSU 666  
   ARNr 10  
   monde d'ARN 10  
 psychrophile 155, 174, 178, 474  
 psychrotolérant 178  
 psychrotrophe 174, 178  
*P. syringae* 534  
 PTS 145  
 pUC19 407, 410  
*Puccinia graminis* 692, 709  
 puce 945  
 pucerons  
   relation mutualiste 714  
 puces 946  
   rats 725  
   typhus 725  
 puces génomiques de communautés 667  
 puces phylogénétiques d'oligonucléotides 667  
 puits tapisée 124  
 puits tapissés 96  
 pullulane  
   catabolisme 731  
 PulseNet 1019  
 punaises hématophages 586  
 purification  
   eau 1052  
   purification de l'eau 1053  
   purification et l'étude des protéines recombinantes 414  
 purine 264, 278, 295  
   biosynthèse 282  
   synthèse 278, 280  
 purines A-7, A-15  
 purpurea, *Micromonospora* 835  
 putréfaction 1009-1010  
 putrescine 1010-1011  
 PVC (petite variante cellulaire) 534  
*P. vivax* 595, 987, 990  
 PYLIS 480  
 pyrazinamide 846, 940  
 pyrénolide 106-107

- pyridine nucléotide réductase 257-258
- pyridoxal 235
- pyridoxal phosphate 275
- Pyridoxine (B6) 142
- pyriméthamine 842-843, 989
- pyriméthamine (Daraprim) 998
- pyrimidine 264, 278, 295
- biosynthèse 282
  - synthèse 278, 283
- pyrimidines A-7
- pyrite 252
- Pyrococcus* 182, 491
- Pyrococcus abyssi* 178
- Pyroctidium* 482
- Pyrodictiaceae* 482-483
- Pyrodictium occultum* 178, 323
- Pyrodictium* 64
- pyrogènes endogènes 772
- pyrole unilatérale (*Orthilia secunda*)
- mycorhizes 701
- Pyrolobus* 482
- pyrophosphate 216, 298, 424
- pyrophosphate de thiamine 345
- pyroséquençage 421-422, 424, 670
- pyrrolysine 480
- pyruvate 100, 230-235, 246-247, 250, 267, 480
- fermentation 247
  - voies glycolytiques 231
- pyruvate carboxylase 232
- pyruvate déshydrogénase 246
- pyruvate formiate lyase (PFL) 536, 538
- pyruvate kinase 232
- pyruvates 244
- Q**
- qualité de l'eau 1057
- quanta d'énergie lumineuse 258
- queue d'actine 751
- capsule 751
- quinacrine (*Atabrine*) 1002
- quinaquina (arbre) 988
- quinine 842, 988
- quinolones 826, 829, 838-839
- quinone 257
- quinones 259
- quorum sensing 185
- R**
- rabies virus (virus de la rage) 897, 927-928
- racine
- légumineuse 522
  - nodules 522
- radeaux nutritifs 734
- radiation 182
- contrôle des micro-organismes 198
- radiation gamma 199
- contrôle des micro-organismes 198
- radiation ionisante 182, 190, 365
- contrôle des micro-organismes 198
- radiations
- césium 137 1014
  - cobalt 60 1014
  - infrarouges 488
  - rayons gamma 1014
- stérilisation des aliments 1014
- radiations UV 127
- radiation ultraviolette
- contrôle des micro-organismes 198
- radiation ultraviolette (UV) 182
- radical hydroxyle 180, 182, 784
- radical superoxyde 180
- radicaux hydroxyles 497
- radicaux libres 364
- radio-immunoessai (RIA) 850
- radiolaires 681
- squelette 590
  - squelettes 590
- radiolaria 590
- rage 743, 927-928
- vaccin 886-887, 928-929
- Ralstonia* 525, 648, 708
- relations mycorhiziennes 702
- Ralstonia solanacearum* 327
- perception du quorum 355
- rang 448
- rang taxinomique 448
- ranitidine 952
- Raoult, Didier 630
- rapport carbone/azote 695
- rapport C/N 695
- rapport de Redfield 675
- rapporteurs 671
- rapport final carbone-azote-phosphore (C : N : P) 675
- rapport phosphore/oxygène 242
- rapport P/O 242
- rate 776, 778-779, 988-989
- rayon gamma 182
- rayon infrarouge 182
- rayon X 182, 366
- réaction
- atopique 815
  - cytolytique 816
  - cytotoxique 816
  - d'agglutination 812
  - de la phase lumineuse 101
  - de la phase obscure 101
  - de précipitation 812
- réaction anammox 485, 505-506, 644, 649, 680-681
- réaction anaplérotique 264, 278, 281
- réaction d'agglutination 850, 864
- réaction de fourniture d'énergie phototrophes 255
- réaction de polymérase en chaîne 661
- réaction de polymérisation en chaîne (PCR) 397, 404-405, 421, 452
- microbiologie clinique 862
  - quantitative 131
- réaction de Quellung 850, 864
- réaction de Stickland 248, 555-556
- réaction d'oxydo-réduction 213, 230, 257
- réaction endergonique 208, 211-212, 218
- réaction en phase claire 228
- réaction en phase obscure 228
- réaction exergonique 208, 211-212, 217-218
- réaction gluconéogénique 232
- réaction glycolytique 232
- réaction Haber-Bosch 655
- réagine 815
- réarrangement combinatoire 809-810
- réarrangement d'ADN 377
- réassociation de l'ADN
- « compter » le nombre de génomes 666
- RecA 412, 616
- récepteur
- de type Toll 775
  - PRR 781-782
  - RGD 781-782
  - TLR 783
- récepteur de reconnaissance de motif (récepteur PRR) 761
- récepteur de reconnaissance de motifs structuraux
- PRR 775
- récepteur des cellules T 798
- récepteur de type toll 760, 781-783
- récepteurs
- HVEM 628
  - phage 122
  - virus 122
- récepteurs des cellules B (BCR) 802
- récepteurs des cellules T 797
- récepteurs PRR 776
- récepteurs TCR 801
- réchauffement
- épidémies de maladies infectieuses 655
- réchauffement climatique 656, 674
- production du méthane 488
- réchauffement du pergélisol 654
- recherche séquentielle des voisins 457
- recombinaison 363, 374
- homologue 363, 375, 377
  - localisée 363, 375
  - modèle de Fox 377
  - non réciproque 377
  - site spécifique du chromosome 363
  - transposition 375
- recombinaison homologue 363, 375
- modèle de la cassure bicaténaire 377
  - protéines 376
  - RecA 376
  - RecBCD 376
  - RecG 376
  - RuvABC 376
- recombinaison intragénomique 463
- recombinaison localisée 363, 376
- recombinant 374
- reconstruction génomique
- Nitrosomonas europaea* 527
- récupération phénotypique 412-413, 416
- recyclage
- nutriments 675
- recyclage biogéochimique 644-645, 658
- recyclage biogéochimique global 652
- recyclage des éléments nutritifs
- prédation 725
- recyclage des nutriments 679
- profondeurs marines 182
- virus 684
- recyclage du soufre 542
- Redfield, Alfred 675
- Redi, Francesco 13
- rédox 213
- réductase de l'oxyde nitreux 244-246
- réductase de l'oxyde nitrique 244-246
- réducteur de sulfate 245, 475
- réduction anabolique 644
- réduction anabolique du nitrate 264, 275-276, 649
- réduction anabolique du sulfate 264, 277, 650
- réduction catabolique 644
- fer ferrique 651
  - soufre élémentaire 650
  - sulfate accepteur final d'électrons 650
- réduction catabolique des métaux 543
- réduction catabolique du nitrate 244, 649
- réduction catabolique du sulfate 543, 650
- réduction de génome 461
- réduction de l'azote 276
- réduction de l'azote atmosphérique 276
- réduction de l'azote atmosphérique N<sub>2</sub> 705
- réduction des gènes 518
- réduction du cholestérol sérique 1023
- réduction du nitrate 1062
- réduction du sulfate 489
- anabolique 277
- réduction génomique 726
- réduction métallique catabolique 535
- réductions de génome 509
- réductrice de sulfate 474
- réduves (des punaises) 994
- réduves Triatominae (des punaises) 992
- région codante 307
- région constante 810
- région constante (C) 809
- région intergénique 455
- régions constantes (C) 804
- régions constantes (CH) 805
- régions hypervariables (CDR) 805
- régions intergéniques
- ITS1 665
  - ITS2 665
- régions polaires 686
- régions transcrites situées entre les gènes d'ARNr 665
- régions variable 805
- région transcrite reliant le gène de l'ARNr 16S à celui de l'ARNr 23S 665
- région variable (V) 804, 809
- règle des Coliformes totaux 1053
- règle LT2 1053
- Règlements Internationaux de la Santé 893
- régulateur en maître 358
- régulateur-réponse 331, 340, 355, 357
- régulateur-réponse CheY 347
- régulation 222, 332

- catabolisme des sucres 349  
 élongation de la transcription 342  
 enzymotrope 332  
 génotrope 332  
 sporulation 357  
 régulation allostérique 223  
 régulation de la traduction 345  
   par de petites molécules d'ARN 346  
 régulation de l'expression génétique 331  
   *Archaea* 358  
   *Eucarya* 358  
 régulation de l'opéron ara 340  
 régulation de l'opéron trp  
   atténuateur 339  
 régulation des porines 341  
 régulation par d'autres nucléotides 353  
 régulation post-traductionnelle 223, 332, 346  
 régulon 331, 349-350  
 rejet de greffe 820  
 rejet de la greffe 821, 823  
 RelA 353  
   activation 354  
   réponse à la carence en acides aminés 354  
 relation  
   entre l'hôte et la microflore normale 736  
 relation amensale 728  
 relation endosymbiotique 462  
 relation mutualiste 699  
 relations phylogénétiques  
   a-protéobactéries 515  
   *Archaea* 515  
   *Bacteria* 515  
   b-protéobactéries 524  
   g-protéobactéries 529  
 relation syntrophique 723  
 relation ver tubicole-bactérie 720  
 relaxase 383-384  
 relaxosome 383-384  
 Relenza (zanamivir) 903  
 remplissage des hiatus  
   séquençage génomique 425  
 rendement en ATP 242  
   chimolithotrophes 251  
 rendement énergétique 251  
 rennes 722  
 rennine  
   caillé 1024  
   micro-organismes génétiquement modifiés 1024  
 réorganisation du cytosquelette 327  
 réovirus 905  
 réparation de l'ADN 364, 371  
 réparation de mésappariement 363, 372  
   basée sur la méthylation 373  
 réparation directe 372  
 réparation par excision 363, 371  
 réparation par excision de bases 371-372  
 réparation par excision de nucléotides 371-372  
 réparation par recombinaison 373-374  
 réplicase 616, 633  
 réplication 160, 288, 292  
   cercle roulant 384  
   chromosomes linéaires 304  
   cycle cellulaire 159  
   machinerie 297, 299  
   origine 158, 297, 299  
   semi-conservatrice 297  
   site de terminaison 299  
   terminaison 299  
 réplication de l'ADN 297-298, 300, 305  
   archées 477  
   pince glissante 477  
 réplication des chromosomes linéaires 304  
 réplication en cercle roulant 384, 631-632  
 réplication semi-conservatrice 297  
 réplicon 288, 297  
 réplique 413  
 réplique sur boîte 369-370  
 réplisome 159, 288, 299-303  
 reploiement des protéines archées 323  
 réponse  
   anamnestique 791, 809  
   effectrice 790  
   mémoire 791  
 réponse immunitaire 324  
   non spécifique 761  
   spécifique 761  
 réponse immunitaire non spécifique (immunité innée ou naturelle) 761  
 réponse immunitaire primaire 808  
 réponse immunitaire secondaire 808-809  
 réponse immunitaire spécifique (immunité spécifique) 761  
 réponse inflammatoire aiguë 770, 784-785  
 réponse SOS 363, 374  
   LexA 373  
   RecA 373  
 réponse stringente 353-354  
 REP-PCR 454  
 répresseur  
   cI 624  
   répresseur lac 337-339, 351  
   répresseur protéique 336  
   répresseurs protéiques 335  
   répresseur trp 339  
 répression catabolique 331, 337-338, 350-353  
 reproduction  
   béocytes 504  
   bourgeonnement 502, 504  
   fragmentation 502  
   hormogonies 504  
   scission multiple 502, 504  
   scissiparité 502, 504  
   stratégies 156  
*R. equi* 575  
 rescriptor (délavirdine) 914  
 réseau de contrôle global 337  
 Réseau des Laboratoires de Réaction (LRN) 892  
 réseau régulateur global 338  
 réseaux régulateurs globaux 350  
 réserves mondiales de gaz naturel 686  
 réservoir 739, 741-742  
   non humains 742  
 réservoirs de carbone 654  
 réservoirs de pétrole 711  
 résidu cystéine 216  
 résine 414  
 résines phénoliques 230  
 résistance  
   à la kanamycine (Km) 380  
   à la streptomycine (Sm) 380  
   ampicilline 378  
   au chloramphénicol (Cm) 380  
   irradiation 497  
   mercure 378  
 résistance à l'ampicilline (ampR) 407, 409-410  
 résistance au chloramphénicol (CmR) 410  
 résistance à un antibiotique  
   gène 378  
 résistance aux antibiotiques 72, 200  
 résistance aux antimicrobiens 843  
   éléments transposables 846  
   emploi excessif des antimicrobiens 885  
   facteur R 845  
   inactivation des antibiotiques 844  
   mécanismes 845  
   modification de la cible 844  
   origine 845  
   origines 844  
   transmission 845  
   venir à bout 846  
   voie alterne 845  
 résistance de l'hôte 761  
   évasion des pathogènes 750  
 résistance non spécifique 761  
   barrières physiques 762  
   médiateurs chimiques 764  
 résistance non spécifique ou innée de l'hôte 760  
 résistant à la vancomycine 562  
 résolution 25, 38-39, 377  
 résolution du microscope optique 39  
 résolvase 377, 379-380  
 respiration 229-230  
   accepteur d'électrons 245  
 respiration aérobie 213, 215, 228, 230-231, 240, 646  
   chaîne de transfert d'électrons 236  
   chaîne de transporteurs d'électrons 238  
   chaîne de transporteurs d'électrons 229  
   cycle des acides tricarboxyliques 236  
   cycle des ATC 237  
   cycle tricarboxylique 228  
   glycolyse 228  
   métabolites précurseurs 229  
   phosphorylation oxydative 228  
   rendement en ATP 244  
 respiration anaérobie 213, 215, 228-230, 244, 246, 649, 669  
   accepteurs d'électrons 244-245  
   rendement 245  
 respirations aérobie  
   cycle tricarboxylique 230  
   voie glycolytique 230  
 resquilleurs 727  
 restriction 616, 621  
 restriction par l'hôte 375  
 réticulopode 582, 586, 590-591  
 réticulum endoplasmique 90-91, 93, 99, 125  
   fonctions 94  
   lisse (REL) 88, 94  
   rugueux (RER) 88, 94-95  
 rétinal 260, 489, 491  
 rétro-inhibition 208, 224-225, 333  
*Retroviridae* 637, 909  
 rétrovirus 114, 129, 637  
   HTLV-1 129  
   stratégie de la multiplication 639  
 rétrovir (zidovudine) 914  
 révertis 369  
 révolution verte 655  
 revue de la biochimie A-1  
 reyataz (atazanavir) 914  
 RF-1 322  
 RF-2 322  
 RF-3 322  
*R. fascians* 575  
 RFLP 453  
*Rhabdoviridae* 637, 927  
 rhabdovirus 117  
 rhicadhésines 704  
 rhinite 905  
 rhinopharynx  
   microflore normale 733  
 rhinovirus 744, 916  
*Rhizaria* 586, 590  
*Rhizobia* 648  
*Rhizobiales* 521-522  
 rhizobies 692, 703, 706  
   nodules caulinaires 706  
 rhizobies à nodules caulinaires 706  
 rhizobies fixatrices d'azote 698, 706  
*Rhizobium* 19, 234, 276, 516, 521, 579, 692, 703-704, 1068  
   caractéristiques 516  
   de nodules radicaux 705  
   facteurs Nod 704  
   fixation de l'azote 648, 703  
   plasmide 73  
   spécificité de l'infection 704  
*Rhizobium etli* 345  
*Rhizobium leguminosarum* 522  
 rhizobiums 1047  
   fixateurs d'azote 525  
 rhizomorphes 699-700  
 rhizoplan 692, 699  
 rhizopus 606-607  
*Rhizopus* 1027  
*Rhizopus nigricans* 1042  
*Rhizopus stolonifer* 606, 1010  
 rhizoremédiation 1051, 1067  
 rhizosphère 692, 699, 1067  
   bioremédiation 1068  
   sols contaminés 1068  
 rhodamine 33  
 rhodamine B 853

- Rhodobacter capsulatus* 517  
*Rhodobacter sphaeroides* 259  
*Rhodococcus* 575  
*Rhodococcus equi* 885  
*Rhodocyclus* 516-517  
*Rhodomicrobium* 517  
*Rhodopseudomonas* 517, 679  
*Rhodopseudomonas palustris* 517, 647, 1043  
*Rhodopseudomonas viridis* 259  
 rhodopsine 255, 489  
   bactériorhodopsine 228  
   phototrophie 480  
   protéome 441-442  
 rhodopsine à senseur 473  
 rhodopsines 490, 681  
   sensorielles 490  
 rhodopsines sensorielles 502  
*Rhodospirillales* 516  
*Rhodospirillum* 517-518, 679  
   caractéristiques 516  
*Rhodospirillum centrum* 519  
*Rhodospirillum molischianum* 517  
*Rhodospirillum rubrum* 39, 517  
   flexibilité métabolique 517-518  
   monoxyde de carbone 517  
   photopigments 517  
 rhoptries 595  
 rhumatisme du désert  
   coccidioïdomycose 985  
 rhume 744, 915  
 rhume des foins 815  
 RIA (radio immunoessai ou test radio-immunologique) 850  
 ribavirine 905  
 ribocommutateur 331, 344-346  
 riboflavine 142, 216, 218, 344  
 riboflavine (B2) 142  
 ribonucléase 308, 640  
 ribonucléase H 299  
 riborégulateur 331, 342, 344-345, 610  
 riborégulateur (« riboswitches ») 344  
 ribose 282, 294  
 ribose 5-phosphate 235, 267, 282-283  
 Ribosomal Database II 665  
 Ribosomal Database Project (RDP-II) 447  
 ribosome 51, 70, 91, 316, 320-321, 342  
   archéens 70-71  
   bactériens 70, 99  
   chloroplastiques 99  
   constructions 266  
   eucaryote 99  
   eucaryotes 70-71  
   mitochondriaux 99  
   sous-unités 70  
   structure 318-319  
 ribosome bactérien 71  
 ribosome eucaryote 99  
   réticulum endoplasmique 99  
   sous-unité 99  
 ribosuritch 344  
 ribothymidine 317  
 ribotypage 454, 850, 862  
 ribovirine 921  
 ribozyme 218, 222, 318  
 ribozymes 7  
 ribulose 1 533  
 ribulose-1 69, 264, 268  
 ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase 268  
 ribulose 5-phosphate 234, 532  
*Richelia intracellularis* 680  
 riches en nitrate et pauvres en chlorophylle 680  
*Rickettsia* 532  
*Rickettsia* 516, 518-519, 532  
   caractéristiques 516  
   queue d'actine 751  
*Rickettsiaceae* 518  
*Rickettsiae* 534  
*Rickettsia prowazekii* 12, 519  
*Rickettsia rickettsii* 948  
*Rickettsia typhi* 725  
 rickettsie 725  
 rickettsies 518, 866  
   identification clinique 855  
   identification clinique 866  
   virulence 747  
 Ricord, Philippe 957  
 rifabutine 937  
 rifampine 829, 846, 936-937, 950, 974  
 rifampine plus 940  
 rift des Galápagos 720  
*Riftia* 719  
   panache rouge 718  
   sang 718  
*Riftia pachyptyla* 720  
 rimantadine 839  
 rimantadine (Flumadine) 903  
 rinçages de boîtes  
   PCR 662  
 ritonavir 841  
 ritonavir (Norvir) 914  
 rivières  
   extraction directe de ces acides nucléiques 665  
 rizières à paddy 668  
 RNase H 401  
 RNaseH 640-641  
 RNPC 680  
 Robbins, Frederick 925  
 Robert Hooke 13  
 Roferon A  
   IFN-a recombinant 921  
 Rohrer, Heinrich 43  
 romarin 1011  
 Roosevelt, Franklin D. 925  
 roquefort 1024  
*Roseobacter* 518, 682  
*Roseococcus* 518  
 roséole infantile 918  
 roséole infantile (sixième maladie) 918  
 Ross, Sir Ronald 988  
 rotation antihorlogique 348  
   mouvement de course 348  
 rotation des flagelles bactériens 242  
 rotation du flagelle 348  
 rotation horlogique 348  
   mouvement de culbute 348  
 rotation horlogique du flagelle 349  
 rotavirus 121, 922-923  
 Rotavirus (famille des *Reoviridae*) 633  
 rotavirus (Rotavirus) 897  
 rouge de méthyle Voges-Proskauer 538  
 rouge de Trypan 827  
 rouge neutre 131  
 rougeole 903-904  
   vaccin 887, 905  
 rouille 16, 613  
   du châtaignier 608  
 rouille du châtaignier 709  
 rouilles 708-709  
 rouille vésiculeuse du pin 656  
 Roux, Pierre 19  
*Rozella* 604, 606, 613  
*R. prowazekii* 518-519  
*R. rubrum* 49  
 RSV (virus syncytial respiratoire) 905  
 rubella virus (virus de la rubéole) 897, 905  
 rubéole 905-906  
   vaccin 887, 906  
 Rubisco 69, 268, 533  
 RuBP 269  
 rubulavirus 905  
 ruissellement 655, 688  
   activités agricoles 675  
   activités urbaines 675  
   ammonium 655  
   des terres 675  
 ruissellement agricole 677  
 rumen 488, 510, 667, 722  
 ruminants 722  
 Ruska, Ernst 44  
 rye 1026
- S**  
 Sabin, Albert 924-925  
 saccharase 249  
*Saccharomyces* 1012, 1042  
   microflore normale 733  
*Saccharomyces cerevisiae* 406, 453, 605, 608, 1034  
   cycle cellulaire 609  
   cytosquelette 93  
   de fermentation haute 1026  
   endocytose 97  
   microscopie 602  
   pain 1027  
   production du vin 1025  
*Saccharomyces pastorianus*  
   de fermentation basse 1026  
*Saccharomyces rouxii* 175  
 saccharose 174, 1033, A-6  
 S-adenosylméthionine (SAM) 345  
 safranine 36, 38  
*S. agalactiae* 48, 565  
*S. Agona* 972  
 Sall 400  
*Salinibacter* 489  
*Salinivibrio* 536  
 salivation 763  
 Salk, Jonas 924-925  
 salmonella 247-248, 278, 284, 327  
   système PTS 145  
*Salmonella* 127, 538-539, 1011, 1029  
   caractéristiques 540  
   contrôle 205  
   empoisonnement alimentaire 966  
   gastroentérite 971  
   plasmide 73  
   résistance aux antibiotiques 885  
   septicité 971  
   transmises par les aliments 1015  
   transmission orale 747  
*Salmonella auxotrophes*  
   histidine 371  
*Salmonella enterica* 1052  
   arme biologique 890  
   perception du quorum 355  
*Salmonella enterica serovar*  
   intoxication alimentaires 1016  
*Salmonella enterica serovar Typhi* 877, 972  
   empoisonnement alimentaire 966  
*Salmonella enterica serovar Typhimurium* 390  
   carencées 165  
   tolérance acide 177  
   test d'Ames 370  
*Salmonella sp.* (gastroentérite) 1016  
 salmonelleuse 743, 971  
   détection 866  
 SALT  
   Voir tissu lymphoïde cutané 779  
 salvarsan  
   Voir arsphénamine 827  
 salvarsan (arsphénamine) 957  
 sang  
   extraction directe de ces acides nucléiques 665  
 Sanger, Frederick 20, 420  
 santé humaine  
   microbiologie industrielle 1040  
 santé mondiale  
   considérations 893  
 santé publique  
   analyse FAME 450  
   méthode basée sur les preuves 876  
   microbiologie 873  
   surveillance 873, 876  
 sapin de Douglas 706  
 sapovirus 922-923  
*Saprolegnia* 598  
 saprophyte 582, 584, 602, 605  
 saquinavir (Invirase) 841, 914  
 SAR11 673, 681  
*Sarcina* 48  
*Sarcodina* (amibes) 584  
 sarcome de Kaposi 129, 913  
 SARM (ou MRSA) Voir staphylococcus aureus résistant à la méthicilline 844  
 SARM (*Staphylococcus aureus* résistants à la méthicilline) 960  
 SARV (ou VRSA) Voir *Staphylococcus aureus* résistant à la vancomycine 844  
 satratoxines 757  
 sauce au soja 1009  
 sauces de poisson 1025  
 saucissons 1009  
 sauge 1011

- saumure  
fromage 1025  
*S. aureus* 48  
coagulase-positif 956  
mucus 958  
résistant à la méthicilline (SARM ou MRSA) 844  
résistant à la vancomycine (SARV ou VRSA) 844  
toxines 959  
saveur butyrique  
diacétyle 1020  
*S. bovis* 565  
scale-up 1039  
*Scalindua* 505  
*S. cerevisiae* 412  
*E. coli* 408  
Schaudinn, Fritz 957  
schizogonie 987, 1005  
schizonte 988  
*Schizosaccharomyces pombe* 90  
Schroder, Georg Friedrich 15  
Schwann, Théodore 15  
scission binaire  
protistes 108  
scission multiple 108, 502  
scissiparité 156, 502-504, 520  
sûreté de bois 1064  
scléroglycane 1041  
sclérose en plaques 821  
sclérotés 609  
*S. coelicolor* 577  
scrapie du mouton 133  
SCT (syndrome du choc toxique) 959  
*S. dysgalactiae* 565  
SECIS 480  
second principe de la thermodynamique 210  
sécrétion des protéines 323, 325  
*Archaea* 480  
bactéries Gram-négatives 327  
*Eucarya* 480  
particules de reconnaissance du signal (SRP) 480  
sécrétion de type IV 381  
séquençage  
génomique 411  
sécurité alimentaire 1015, 1020  
sédimentation 1059  
sédiments 685  
sédiments souterrains très profonds 685  
sédoheptulose-7-P 235  
sédoheptulose 7-phosphate 234  
séléctines 785  
sélection  
clonale 790  
mutants 369  
négative 790  
sélection clonale 811-812  
sélection de mutants 369-370  
sélection négative 815, 817  
sélection thymique 777  
sélénite 534  
sélénocystéine 479  
*Archaea* 480  
*Bacteria* 480  
*Eucarya* 480  
SECIS 480  
sérine 480  
sélénocystéine et pyrrolysine 480  
SELEX 1035  
sel interne 489  
*S. ellipsoideus* 1025  
semences de légumineuses 1047  
Semmelweis, Ignaz Phillip 744  
sénescence microbienne 165  
sens 5'→3' 298  
sens antihorlogique  
flagelle 346  
sens de la transcription 309  
sens de rotation  
flagelle 347  
senseur d'oxygène 704  
sens horlogique  
flagelle 346  
sensibilité aux antibiotiques  
biofilms 843  
*S. enterica* 971  
*S. enterica ser. Enteritidis* 968  
SeO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 229  
*S. epidermidis* 562, 733  
coagulase-négatifs 956  
méningite 936  
septation 159  
septicémie 547, 739, 750  
septicité 971  
Septra (triméthoprim/sulfaméthoxazole) 1002, 1006  
septum 88, 357-358  
séquençage aléatoire 425  
séquençage d'ADN  
post-Sanger 423  
séquençage de l'ADN  
de Sanger 420-422  
par terminaison de chaîne 420  
post-Sanger 420, 422  
séquençage de l'ARNr 16S 455  
séquençage des génomes 424  
séquençage du génome  
une seule cellule 419, 426, 661  
vitesse 420  
séquençage en aveugle d'un génome entier 419, 424-425  
séquençage génomique 455  
séquençage par ligation 424  
séquençage par ligation (technologie SOLiD) 423  
séquençage SOLEXA 423-424  
séquence codante 419, 427  
séquence constituant l'atténuateur 342  
séquence d'acides aminés 457  
séquence de nucléotide 457  
séquence de queue 307  
séquence de Shine-Dalgarno 288, 306-307, 318, 345  
séquence de tête 306-307, 342, 344  
séquence de tête ou leader 288  
séquence d'insertion 363, 376, 378  
séquence ERIC 454  
séquence répétée  
flanquant le site cible 380  
inverse 380  
séquence répétée inverse (IR) 378-379
- séquences  
CRISPR 622  
séquences codantes 306  
séquences consensus 310  
séquences de reconnaissance 400  
séquences non-codantes 306  
séquences nucléotidiques répétitives 454  
séquences REP 454  
séquences signatures 453  
*S. equi* 565  
sérine 280, 296, 480  
sérotypage 850, 863-864  
sérotypes 863  
sérovirs 449, 863  
serovar *Typhimurium* 890  
*Serpulinaceae* 507  
*Serratia* 247  
fermentation butanediolique 248  
*Serratia* 538  
caractéristiques 540  
service de santé publique  
aux États-Unis 874  
*Sesbania rostrata* 706  
*Azorhizobium caulinodans* 706  
*S. flexneri* 972  
SGA (streptocoques du groupe A) 942, 962  
SGB (streptocoque du groupe B) 949  
*S. gordonii* 565, 733, 977  
*Shewanella* 534-535, 543, 651-652  
*Shewanella oneidensis* 535, 1044  
*Shewanella putrefaciens* 651  
*Shigella* 327, 448, 538, 748, 972, 1017, 1019  
caractéristiques 540  
contrôle 205  
empoisonnement alimentaire 966  
propriétés adhésives 748  
queue d'actine 751  
*Shigella dysenteriae* 890  
*Shigella sonnei* 1052  
*Shigella sp.* 1016  
shigellose 972  
Shikimate 280  
Shimomura, Osamu 33  
SIDA 2, 405  
antibiothérapie 846  
diagnostic 913  
épidémiologie 911  
évolution de la maladie 911, 913  
maladies opportunistes 913-914  
prévention et contrôle 914  
traitement 914  
vaccin 914  
SIDA (le syndrome de l'immunodéficience acquise) 637, 909  
antiviraux 840-841  
sidérophore 137, 146  
sidérophores 651  
signal  
1 800  
2 800-801  
signal du phosphorelais 349  
signalement des cas 877  
signal-peptidase 480  
signatures oligonucléotidiques 446, 452
- signaux de sécrétion C-terminaux 327  
signaux extracellulaires 544  
signes 740  
SIG Voir systèmes d'information géographique 877  
silenceur 358-359  
silicate 138  
silice 92  
*Silicobacter pomeroyi* 682  
sillon majeur de l'ADN 334  
simple brin 294  
*Sinorhizobium*  
fixation de l'azote 703  
*Sinorhizobium meliloti* 160, 438, 705  
sinusite 539, 979  
*Siphoviridae* 624  
Sisyphé 211  
site A 319, 321  
site accepteur 319, 321  
site actif 208, 219-220  
site activateur 335  
site aminoacyle 321  
site apurinique 364, 372  
site apyrimidinique 364  
site CAP 337  
site catalytique 208, 219-221, 223  
site cible 376  
site cos 410  
site d'attachement (att) 624  
site de fixation de l'activateur 336  
site de fixation de l'ARN polymérase 307  
site de fixation du ribosome 345  
site de liaison au ribosome 318  
site d'épissage 358  
site de reconnaissance 398  
site de reconnaissance de  $\rho$  312  
site de sortie 319, 321  
site de terminaison (ter) 303  
site donneur 319, 321  
site E 319, 321  
site opérateur 337  
site P 319, 321  
site peptidyle 319, 321  
site régulateur 223  
sites att 393  
sixième maladie (roséole infantile) 918  
slikkes 687  
slow-reacting substance (SRS) 786  
*S. meliloti*  
génomomes 440  
*S. milleri* 733  
Smith, Hamilton 20, 398, 424, 442  
*S. mitis* 565, 977  
*S. mutans* 565-566, 733, 977  
*S. Newport* 972  
*S. niveus* 577  
Snow, John 875  
SNP 454  
SO<sub>2</sub>/sulfite 1014  
SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 229  
Société Internationale des Protistologues 582, 584, 590, 602, 604  
sodium 145  
système de transport 144  
soja 1027



- sol 696  
 arable 667  
 Bactéries Gram-positives communes 696  
 Banques métagénomiques 697  
 de prairie 667  
 diversité microbienne 696  
 forestier 667  
 matière organique 694  
 milieu pour les micro-organismes 693  
 sol minéral 694  
 sol organique 694  
 soluté 173-174  
 compatibles 174  
 solutés compatibles 488  
 solution  
 hypertonique 60  
 hypotonique 60-61  
 solution hypertonique 173  
 solution hypotonique 173  
 solution iodée de D'Antoni 855  
 solvants alkyles 1064  
 somatostatine  
 production industrielle 1040  
 sondage d'isotope stable 668  
 sonde 397, 404, 412, 663, 664  
 ARN 16S 664  
 étiquetées 664  
 fixation de l'azote 667  
 fluorescence 664  
 gènes d'ARNr PSU 667  
 microdamiers d'ADN 428  
 oligonucléotidiques 667  
 réduction du sulfate 667  
 séquences hypervariables 667  
 séquences très conservées 667  
 sonde fluorescente 405, 489  
 sonde non radioactive 402  
 sonde radioactive 401  
*S. oneidensis* 534  
*S. oralis* 565, 733, 977  
 sorocarpe 589  
 sortase 57  
 souche 12, 446, 448  
 auxotrophe 382  
 type 449  
 souche 121 482  
 souche Hfr 363, 385  
 souches 1033  
 souches de production 1033-1034  
 souches industrielles 1034  
 souches R 289  
 souche type 449  
 soufre  
 abondance naturelle 669  
 atome A-1  
 besoins en 141  
 formes principales 645  
 granules de 531  
 gros grains 529  
 oxydation 527  
 source 741, 744  
 de carbone 139  
 d'électrons 139  
 d'énergie 139  
 source chaude 658  
 source chaude acide 173, 176  
 source de carbone 255  
 opines 708  
 source d'électrons 209  
 eau 258  
 succinate 259  
 source d'énergie 209, 213, 230, 251  
 H<sub>2</sub> 245  
 source généralisée de pollution  
 ruissellement 688  
 source hydrothermale 482  
 source hydrothermale profonde 531  
 source inorganique d'énergie 251  
 source organique d'énergie  
 chimioorganotrophes 231  
 souris gnotobiotiques 729  
 souris nues (athymiques) 789  
 sous-produits de désinfection 1051,  
 1053  
 sous-sol basaltique 685  
 souterraine  
 biosphère 710  
 Southern 399  
 Southern, Edwin 400  
 soutirage  
 développement microbien 1025  
 Soxhlet, F. 196  
 Soxhlet, V.H. 196  
 Spallanzani, Lazzaro 15  
 spéciation 464  
 spécifique 761  
 spectre électromagnétique 182  
 spectrométrie de masse  
 en tandem 433-434  
 spectrophotométrie 171, 451  
 spectroscopie de masse  
 en tandem (MS-MS) 671  
*Sphaerotilus* 525-526, 1060  
*Sphagnum* 722  
 sphéroplastés 61  
*Sphingobacteria* 509-510  
 sphingolipide 90-91  
*Sphingomonadales* 516  
*Sphingomonas* 1068  
 écran solaire 698  
 pigments 698  
 SPH (syndrome pulmonaire à hantavirus) 927  
 spicule 114-115, 120, 124  
*Spicules*  
 mécanismes d'adhérence 749  
 spiramycine 1036  
 spirille 46, 48  
*Spirillum* 74  
*Spirillus* 526  
 spiritueux  
 fermentation précédente 1026  
 moût acide 1026  
*Spirochaeta* 508  
*Spirochaetaceae* 507  
*Spirochaetales* 507  
*Spirochaetes* 48, 470, 507  
 mobilité 507  
 structure 507  
 spirochète 46, 48  
 mobilité 78  
 spirochètes 508, 717  
 caractéristiques 508  
 habitats 508  
 mobilité 508-509  
 morphologie 509  
 structure 508-509  
*Spirogyra* 599  
 spiroplasma 163, 551  
 caractéristiques 553  
 spiroplasmes 554  
 spiruline 1029  
 splïcésome 313-314, 358  
*S. pneumoniae* 565-566  
 transformation 387  
 transformation bactérienne 388  
 vaccin 979  
 Spo0A 357  
 sporange 81, 83-84, 109-110, 570,  
 576, 578  
 sporanges 545  
 sporanges multiloculaires 579  
 sporangioles 545  
 sporangiophore 110, 576  
 sporangiospore 109-110, 569  
*Sporanox* 997  
*Sporanox* (itraconazole) 984, 995  
 spore 110, 577, 579  
 apicomplexé 595  
 champignon 109-110  
 spores  
 champignon 606, 613  
*Sporichthya* 579  
 sporines 828  
*Sporocytophaga* 510  
*Sporocytophaga myxococcoides* 510  
 sporogonie 988, 1005  
 sporoplasme 1005  
 sporosarcina 561  
 endospore 81  
*Sporosarcina ureae* 561  
*Sporothrix schenckii* 997  
 sporotrichose 997  
 sporozoaires 591  
*Sporozoa* (protistes stationnaires)  
 584  
 sporozoïte 582, 595, 982, 987-988  
 sporulation 81, 84  
 initiation 357  
 sporulation chez *Bacillus subtilis* 357  
*S. pulcher* 577  
*S. pyogenes* 565-566  
 enveloppe cellulaire 942  
 impétigo 961  
 virulence 751  
 SRAS 743, 897  
 SRAS-CoV  
 coronavirus du SRAS 897  
 SRAS (syndrome respiratoire aigu  
 sévère) 906  
*S. salivarius* 733  
*S. salivarius* 565  
*S. sanguis* 565  
 SSB 301  
*S. scabies* 578  
 SSCP 666  
*S. sobrinus* 977  
*S. solfataricus* 483  
*S. somaliensis* 578  
*S. sonnei* 972  
 SST3 (système de sécrétion de type  
 III) 971  
 stabilité génomique 714  
*Stachybotrys* 611, 757  
 stade dicaryote 109-110  
 stade haploïde 110  
 stade prodromique 740-741  
 Stanley, Wendell 630  
*Staphylococcaceae* 562  
 staphylococcus 39  
 entérotoxine B 756  
 entérotoxines 801  
 système PTS 145  
*Staphylococcus* 562  
 caractéristiques 559  
 conjugaison 385  
 facteurs de virulence 957, 960  
 producteur de biofilm 958  
 producteurs de mucus 956  
*Staphylococcus aureus* 274, 347, 562,  
 733, 1016  
 communication par oligopeptide  
 186  
 empoisonnement alimentaire 966  
 forme 161  
 habitats 175  
 intoxication alimentaire 972  
 intoxications alimentaires 1016  
 irradiation 199  
 méningite 936  
 perception du quorum 355  
 plasmide 73  
 résistance à la vancomycine 834,  
 882  
 résistance à la méthicilline 882, 962  
 résistants à la méthicilline (le  
 SARM) 885, 960  
 résistants à la vancomycine 885  
*Staphylococcus aureus* résistants à la  
 méthicilline (SARM) 960  
*Staphylococcus epidermidis* 565,  
 732-733  
 biofilm 958  
*Staphylococcus aureus* résistant à la  
 méthicilline (MRSA) 562  
 staphylocoques 562  
 Types hémolytiques 565  
 Staphylocoques dorés résistants à la  
 méthicilline (MRSA) 551  
 stavudine (d4T) 840  
 stavudine (Zerit) 914  
 STE 214-215, 231  
 localisation 215  
 localisés dans les membranes 215  
 STE bactérien 215  
 Stelli, Francesco 13  
 STE mitochondrial 215  
*Stemonitis* 588  
 S. Tennessee 972  
*Stenotrophomonas maltophilia* 885  
 ST (entérotoxine thermostable) 969  
 stentor 89, 592-593  
 stéréo-isomères 1034, A-4  
 stérilisant 190  
 stérilisation 192-194  
 par des radiations 198  
 par des radiations ionisantes 199  
 sur membrane filtrante 197-198  
 stérilisation des aliments  
 rayons gamma 1014

- stérilisation par la chaleur 195  
stéroïde 1040  
  bioconversion 1042  
  hydroxylation 1042  
stéroïdes A-5  
stérol 90-91  
stérols 54, 553  
  membranes bactériennes 54  
*S. thermophilus* 565, 1022  
stigma 585  
*Stigmatella* 544  
  caractéristiques 542  
*Stigonema* 504  
stimulation de la biodégradation 1066  
stimulation de l'activité d'enzymes 222  
stimulation de la dégradation des hydrocarbures dans les eaux et les sols 1067  
stimulon  
  limitation en phosphate 350  
  stimulus environnemental 341  
*Stramenopila* 102, 590-591, 596, 598  
stratégie reproductrice 156  
stratification thermique 675  
streptavidine 404  
*Streptococcaceae* 564  
streptococcus 48, 50, 247  
*Streptococcus* 449, 563-564, 566  
  caractéristique 559, 565  
  conjugaison 385  
  laits fermentés 1020  
  pouvoir invasif 750  
*Streptococcus agalactiae* 564, 949-950  
  vaccin 441  
*Streptococcus faecalis* 449  
*Streptococcus gordonii* 977  
*Streptococcus mutans* *S. sobrinus*  
  propriétés adhésives 748  
*Streptococcus parasanguis* 733  
*Streptococcus pneumoniae* 387, 565, 733  
  capsule 739  
  méningite 936  
  outil de recherche sur l'ADN 290  
  perception du quorum 185  
  réaction de Quellung 864  
  résistants à la pénicilline 885  
  transformation 289  
  vaccin 889  
  virulence 751, 978  
*Streptococcus pyogenes* 33, 106, 564-565, 942  
  propriétés adhésives 748  
  virulence 751  
*Streptococcus thermophilus* 564, 976, 1022  
streptocoque du groupe B (SGB) 949  
streptocoques  
  caractéristique 565  
  groupe « viridans » 736  
  microflore normale 736  
  types hémolytiques 565  
streptocoques du groupe A (SGA) 932, 942, 962  
streptocoques du groupe B 949  
streptocoques pyogènes 566  
*Streptokinase* 750  
*Streptomyces* 49, 305, 568, 665, 694, 1040  
  caractéristiques 572, 576  
  composés bioactifs 577  
  conjugaison 385  
  développement 577  
  écosystèmes de sols 697  
  formation des spores 157  
  génomes 438  
  productions de composés bioactifs 835, 839  
  sol 694, 696, 1035  
  systèmes à deux composants 342  
*Streptomyces avidini* 404  
*Streptomyces coelicolor* 157, 416, 568  
  chromosomes linéaires 305  
  coloration DAPI 663  
  génomme 438, 578  
  hyphes 663  
  réplication de l'ADN 305  
*Streptomyces griseus* 186, 569, 578, 827  
*Streptomyces orientalis* 834  
*Streptomyces scabies* 578  
*Streptomyces venezuelae* 835  
*Streptomycetaceae* 576  
streptomycètes 568, 576-577, 696  
  producteurs d'antibiotiques 727  
streptomycine 578, 827, 835-836  
*Streptomycineae* 576  
*Streptosporangiaceae* 568  
*Streptosporangium* 578  
*Streptovorticillium* 568  
stress  
  excrétion d'acide citrique 1041  
stress environnemental 370  
stroma 101, 258  
stromatolithe 10  
structure 288, 508  
structure de l'ADN 293, 295  
structure des gènes 305  
structure des protéines 294  
structure des ribosomes 318  
structure du ribosome 319  
structure en épingle à cheveux 294  
structure en thêta ( $\theta$ ) 297-298  
structure en tige-boucle 312  
structure extracellulaire 103  
structures externes 73  
structures multicellulaires fructifiantes 561  
structure tige-boucle 311  
STT3 (système de sécrétion de type III) 970  
*Styloynchia* 593  
*S. Typhimurium* 165, 972  
subsalicylate de bismuth (Pepto-Bismol) 952  
subsp. carotovora 347  
substance attractive 346-347  
  mouvement 348  
substance polymérique extracellulaire (EPS) 184  
substance répulsive 346  
substances antimicrobiennes naturelles 1011  
substances humiques 694  
substrat 218, 220  
  concentration en 220, 223  
substrats organiques complexes 647  
succinate 236, 238, 248  
succinyl-CoA 231, 236-237, 267  
suc gastrique  
  mécanismes de défense 763  
sucres  
  synthèse 270  
sufu 607, 1027  
suicide cellulaire 327  
suintements d'hydrocarbures 685  
sulfadiazine 998  
sulfadiazine d'argent 202  
sulfadoxine 842, 989  
sulfaméthoxazole 837, 1002, 1006  
sulfamide 221  
  mécanisme d'achon 221  
sulfamides 829, 836  
sulfanilamide 221, 827, 836-837  
sulfate  
  réduction anabolique 650  
  réduction catabolique 650  
sulfate d'aluminium 1052  
sulfate de cuivre 202  
sulfate de lauryle 1055  
sulfite 253  
sulfite déshydrogénase 528  
sulfite oxydase 253  
sulfolobales 481  
sulfolobus 64  
*Sulfolobus* 269, 297, 477, 479-481, 651  
  chaudron de soufre 483  
*Sulfolobus acidocaldarius* 176  
*Sulfolobus solfataricus*  
  reconstruction génomique 484  
sulfure  
  source d'électrons 650  
sulfure d'hydrogène 68, 252, 277-278, 529, 543, 547, 556, 645, 718, 720, 1009  
*Sulfuricurvum kujense*  
  caractéristiques 548  
*Sulfurospirillum* 245  
  caractéristiques 548  
superantigène 790, 801, 960  
superantigènes 959, 973  
supergerme 844  
supermicrobe 1068  
superoxyde 784  
superoxyde dismutase (SOD) 180  
superoxyde réductase 181  
suppresseur  
  de tumeur 129  
suppressive  
  extragénique 368  
  non-sens 368  
  physiologique 368  
  suppressive intragénique 368  
suramine 992  
surenroulement 71  
surenroulement positif 482  
surfaces buccales  
  facteurs d'adhérence 733  
  glycocalyx 733  
surface solide  
  croissance des micro-organismes 151  
surinfection 126  
surveillance de la santé publique 873, 876  
Sustiva (efavirenz) 914  
*S. viridochromogenes* 577  
*Symbiodinium* 592, 717  
symbiose 355, 521, 536, 713, 723  
symbioses  
  micro-organismes-racines 698  
symbiosome 704-705  
symbiote 664, 730  
  archéen 663  
  méthanotrophes 721  
  mutualiste obligé 714  
symbiotes  
  fongiques 699  
symétrie binaire 119  
Symmetrel (amantadine) 903  
Symons, Robert 20, 398  
symport 144  
symptôme 740  
syndrome 740  
  du bâtiment malsain 611  
syndrome de choc toxique 562  
syndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker (GSS) 134, 929-930  
syndrome de Guillain-Barré (SGB) 547, 965  
syndrome de la peau ébouillantée 961  
syndrome de la peau ébouillantée staphylococcique (SSSS) 959  
syndrome de l'immunodéficience acquise  
  Voir SIDA 637  
syndrome de l'immunodéficience acquise (SIDA) 909  
  antiviraux 840-841  
syndrome de rubéole congénitale 906  
syndrome du choc toxique (SCT) 801, 932, 959  
syndrome d'urémie hémolytique 1017  
syndrome pulmonaire 743  
syndrome pulmonaire à hantavirus (SPH) 926-927  
syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) 897, 906  
*Synechococcus* 459, 461, 502, 504, 675  
  cyanophages 684  
  recyclage des nutriments 676  
syngamie 108  
syténie 438, 440  
synthase des acides gras 284  
synthèse d'ADNc 401  
synthèse d'ARNm eucaryote 313  
synthèse d'ATP 255  
synthèse de l'ADN 297  
synthèse de l'ADNc 398  
synthèse de méthane  
  dans les zones souterraines 710  
synthèse d'enzymes  
  induction 332  
  répression 332  
synthèse des acides gras 284  
synthèse des lipides 283  
synthèse des monosaccharides 271

- synthèse des polysaccharides 271  
 synthèse des protéines  
   élongation 318, 321  
   initiation 318, 320  
   terminaison 318, 322  
 synthèse des pyrimidines 283  
 synthèse des sucres 481  
 synthèse de translesion 373  
 syntrophisme 716, 723  
*Syntrophobacter* 724  
*Syntrophus aciditrophicus* 1043  
 syphilis 827, 955  
   congénitale 955  
   diagnostic 866  
   évolution 956  
   évolution 955  
   histoire 957  
   latence 955  
   spirochète de la 508  
   vénérienne 955  
 systématique 446, 447  
 système  
   chimiosenseurs 80  
   système aérobie  
     boues activées 1061  
   système à phosphotransférase (PTS)  
     146-146  
   système API 20E 860  
   système BD-PhoenixTM 860  
   système binomial 449  
   système de Baltimore 616, 620  
     système de classification 617  
   système de classification de Lancefield 566  
   système de classification phylogénétique 447  
   système de groupement de Lancefield 932  
   système de la phosphorylation de sucres 353  
   système de phosphorelais 145, 208, 331, 342, 347  
   système d'équilibre du carbonate 673-674  
   système de régulation globaux 331  
   système de santé publique  
     rôle 890  
   système de sécrétion 383  
     conjugaison bactérienne 327  
     protéines autotransporteurs 327  
     sécrétion 327  
     type I 327  
     type II 327  
     type III 327  
     type IV 327  
     type V 327  
   système de sécrétion de protéines  
     bactéries Gram-négatives 326  
     cytoplasme 326  
     espace périplasmique 326  
     membrane cytoplasmique 326  
     membrane externe 326  
     type I 326  
     type II 326  
     type III 326  
     type IV 326  
     type V 326  
     type VI 326  
   système de sécrétion de type III (SST3) 75, 947, 970-972  
   système de sécrétion de type IV 327, 383, 387  
   système de sécrétion de type IV codé 384  
   système de sécrétion Sec 325  
   système de transduction de signal 704  
   système de transduction de signal à deux composants 340  
     *A. tumefaciens* 707  
   stress environnementaux 342  
   système de transfert d'électrons 214-215  
   système de transport ABC 327  
   système de transport d'électrons 231  
   système de type III de sécrétion 357  
   système du complément 761, 765, 767-768  
   système endosomique de triage 479  
   système génital de la femme adulte  
     microflore 736  
   système immunitaire 731, 760-761  
     cellules, tissus et organes 772  
     composants 762  
   système intestinal 1054  
   système lymphoïde  
     anatomie 779  
   système membranaire vésiculaire  
     intracytoplasmique 531  
   système MicroScanWalkAway 860  
   système MinCDE 159  
   Système National de Gestion des Incidents (NIMS) 892  
   système phénétique 446  
   système régulateur de transmission de signal à deux composants 331  
   système régulateurs globaux 349  
   système respiratoire  
     cellules épithéliales ciliées 764  
     infections virales 905  
     mécanismes de défense 763-764  
     microflore normale 733  
   systèmes côtiers 675  
   systèmes de détection immunochimiques  
     biosenseurs 1048  
   systèmes d'épuration domestique 1062  
   systèmes de sécrétion  
     de type I 708  
     type II 708  
     type III 708  
   systèmes de sécrétion des protéines 389  
   systèmes d'information géographique (SIG) 877  
   système Sec  
     protéines non reployées 326  
   système Sec-indépendants 327  
   systèmes fluviaux 673  
   systèmes lenticques 687  
   systèmes lotiques 687-688  
   système supra-moléculaires 266  
   système TAT 326, 480  
     halobactéries 480  
   paire de résidus arginine 327  
   protéines reployées 326  
   système urogénital  
     microflore 735  
   système VersaTREK 860  
   Szostak, Jack 7
- T**  
 T2  
   taille 132  
 T4 41, 119, 222  
 T6 119  
 tabac transgéniques  
   phyto-rémediation 1067  
 taches de Koplik 905  
 taille  
   génomique 436  
   génomiques 437  
 taille d'une bactérie 532  
 Tamiflu (oseltamivir) 903  
 Tamiflu (oseltamivir phosphate) 841  
*T. annulata* 595  
 tapis microbiens  
   analyse 669  
 tapis microbiens filamenteux 547  
 tas de compost 578  
*Tatlockia micdadei* 466  
 Tatum 382  
 Tatum, Edward 381  
 tautomère énolique 365  
 tautomérisation 365  
 taux  
   d'attaque 873-874  
   de morbidité 873, 878  
   de mortalité 873, 878, 881  
   de prévalence 878  
   taux d'anticorps 808, 863, 865  
   tavelures 708-709  
 taxinomie 447, 466, 475  
   *Archaea* 474  
   polyphasique 447-448  
   structure hiérarchique 448  
   types nutritionnels 229  
 taxinomie microbienne 446, 450, 466  
 taxinomie numérique 463  
 taxinomie polyphasique 446-447  
 taxinomique  
   rang 448  
 taxon 446-447  
 taxon bactérien 466  
 taxons 658  
 Taylor, E.J.R.(Max) 461  
 TB-MR (tuberculose multi-résistante) 940  
 TB-MR Voir tuberculose multirésistante 846  
 TBP 313  
*T. brucei gambiense* 992  
*T. brucei rhodesiense* 991-992  
 TB-UR (tuberculose ultra-résistante) 940  
 TB-UR Voir tuberculose ultrarésistante 846  
 TB Voir tuberculose 846  
 Tc (cellules T cytotoxiques) 798  
 TCE 1066  
*T. cruzi* 992
- Tdap (anatoxines tétanos et diphtérie + vaccin acellulaire coqueluche) 935, 941  
*T. denitrificans* 526-527  
 tdt (désoxynucléotidyl-transférase terminale) 810  
 technétate 534  
 technique  
   moléculaires 665  
   technique de coloration 663  
   technique de coloration de Gram 36  
   technique de culture 659  
   technique de culture à l'extinction 661  
   technique d'enrichissement 1038  
   technique des membranes filtrantes 1051, 1055  
   technique moléculaire 665  
   techniques moléculaire 1018  
     analyse RFLP (polymorphisme de longueur des fragments de restriction) 1019  
   détection des pathogènes transmis par les aliments 1019  
   technologie de l'ADN recombinant 291, 397-398  
     jalons 399  
   technologie SOLiD 424  
   tégument 628  
   teicoplanine 834  
   teigne 994  
     blanche (*pie*dra blanche) 994  
     corporelle, *tinea corporis* 995  
     de la barbe (*tinea barbae*) 995  
     de l'aîne, *tinea cruris* 995-996  
     de la main, *tinea manuum* 995  
     de l'ongle, *tinea unguium* 996  
     des ongles 996  
     du pied, *tinea pedis* 995-996  
     inflammatoires 995  
     noire (*pie*dra noire) 994  
     tondante (*tinea capitis*) 995  
   teigne (*pie*dra) 982  
   télé-détection 877  
   téliospores 613  
   tellurite 534  
   télomérase 304-305  
   télomère 304  
   Temin, Howard 400  
   temp  
     de doublement 166-167  
     de doublement moyen 167  
     de génération 155, 166-168  
     de génération moyen 167  
     moyen 167  
   tempch 607, 1027  
   température 174, 177  
     activités enzymatiques 221  
     cardinales 177  
     croissance 177-178  
     croissance microbienne 178  
     efficacité antimicrobien 194  
   température de fusion 666  
   température de fusion de l'ADN 463  
   température de fusion ( $T_m$ ) 446, 451  
   température maximale  
     à laquelle la vie est possible 685  
   température optimale  
     100 °C 491

- temps  
de réduction décimale 190, 193  
tendance à l'obésité 729  
teneur en G + C 446, 450, 452, 463, 465, 475, 477, 569  
tenofovir (Viread) 914  
terminaison intrinsèque 311  
terminaison rhô-dépendante 311  
terminaison rhô-indépendante 311  
terminateur 288, 307, 309, 312, 344  
terminateurs rhô-indépendants 342  
termite *Reticulitermes flavipes* 509  
termites 508, 585, 715  
étude de l'endosymbiose 715  
intestin 107, 646  
modèle 715  
source de carbone 715  
terramycine 827
- test  
catalase 857  
coagulase 857  
décarboxylases (arginine, lysine, ornithine) 857  
des porte-germes 190  
fermentation des sucres 857  
foraminifères 590-591  
hydrolyse de la caséine 857  
hydrolyse de l'amidon 857  
hydrolyse de l'esculine 857  
hydrolyse des lipides 857  
IMViC (indole, rouge de méthyle, Voges-Proskauer, citrate) 857  
liquéfaction de la gélatine 857  
oxydase 857  
phénylalanine désaminase 857  
production de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) 857  
réduction du nitrate 857  
uréase 857  
utilisation du citrate 857  
β-galactosidase (ONPG) 857
- test cutané  
à la tuberculine 820  
allergie 817  
tuberculinique 820
- test cutané à la tuberculine  
PPD 940
- test d'Ames 370  
cancérigènes animaux potentiels 371  
extrait de foie de mammifères 371  
pour détecter la mutagenicité 371  
pouvoir cancérogène 371  
pouvoir mutagène 371  
pouvoir mutagène intrinsèque 371
- test de double diffusion en gélose (technique d'Ouchterlony) 869
- test de fermentation  
tubes multiples 1055
- test de Mantoux 940
- test de percolation 1063
- test de présence-absence (test P-A) 1056
- test de réversion de mutation 370
- test des porte-germes 204
- test des substrats définis 1056
- test des substrats définis de Colilert 1056
- test de Wassermann 866
- test de Widal 864
- test d'héماغglutination  
titrage des particules virales 131
- test ELISA  
du double sandwich 866-867  
indirect 866-867
- tester  
pour prévenir 1018  
pour protéger 1018  
pour retrouver 1018
- test FTA-ABS (syphilis) 956
- test immuno-enzymatique ou ELISA 850
- test Malakit *Helicobacter pylori* 952
- test Pyloriset EIA-G 952
- test radio-immunologique (RIA) 850, 870
- test RPR (syphilis) 956
- tests planctoniques 681
- test TP-PA (syphilis) 956
- test VDRL (syphilis) 956
- tétanolysine 962
- tétanos 556, 932, 962  
vaccin 887
- tétanospasmine 962-963
- tétracycline 578, 826-827, 829, 835, 837, 941, 952
- tétra-éthers 477
- tétra-éthers de di-glycérol 490
- tétrahydrométhanoptérine (H4MPT) 485, 487
- tétrahymena 222
- tétoxyde d'osmium 40
- TFH (cellules T auxiliaires folliculaires) 798
- TFIID 313, 358-359
- TGGE  
gradient de température 666
- TGH  
transfert génétique horizontal 438
- thalidomide 1005
- thalle 108
- Thauera* 245
- Thaumarchaeota* 475-476
- thé d'Oregon  
nodules actinorhiziens 707
- Theilaria parva* 595
- Theobroma cacao* 1021
- théorie chimiosmotique 239, 242
- thérapie sous observance directe (TOD) 846, 940
- Thermales 496
- thermoacidophile 483, 492
- Thermoacidophiles* 473-474
- Thermoactinomyces* 560, 562, 696  
caractéristiques 559
- Thermoactinomyces vulgaris* 561
- Thermoactinomycetaceae* 560
- Thermoanaerobacter* 711  
éthanol 1040
- thermocline 675, 689
- Thermococcales* 491
- Thermococci* 491
- Thermococcus* 491, 711
- thermocycleur 404-405
- thermodynamique 210
- Thermomonospora* 578
- thermophile 155, 174, 178, 480  
extrêmes 481
- thermophile extrême  
réducteurs de S<sub>0</sub> 491
- thermophiles 64, 496  
habitats 504
- Thermophilum pendens* 482
- thermopiezophile 182
- Thermoplasma* 64, 480, 490
- Thermoplasmata* 490
- Thermoplasmataceae* 490
- thermoplasmes 490
- Thermoprotei* 482
- Thermoproteus* 64, 245, 269, 480-481, 483-484
- Thermoproteus tenax* 48-49
- thermostabilité  
concentration des solutés 482
- thermotactisme 77
- Thermotoga* 651, 711
- Thermotogae* 496
- Thermotoga maritima* 496
- Thermus* 496, 651  
transformation naturelle 387
- Thermus aquaticus* 310, 404
- Thermus thermophilus* 71  
ribosome 71
- THG 464-465
- Thiamine (B1) 142
- thiobacilles 252, 1068
- Thiobacilli* 527
- Thiobacillus* 252, 525-526, 528, 531, 650  
colonne de Winogradsky 678
- Thiobacillus denitrificans* 251
- Thiobacterium* 526, 528
- Thiocapsa* 529
- Thiocapsa roseopersicina* 517
- thioglycolate 150, 181
- Thiolactone cyclique (AIP-II) 185
- Thiomargarita* 530  
oxydatrices du soufre 686
- Thiomargarita namibiensis* 48, 446, 532
- Thiomicrospira* 526, 528, 531
- Thiomicrospira crunogena* 531
- Thiomicrospira cruogena* XCL-2 533
- Thiomicrospira denitrificans* 531
- Thioploca* 530
- Thiospira* 528
- Thiospirillum* 529
- thiosulfate 252, 260, 492, 534
- Thiothrix* 69, 526, 530, 679, 1060
- colonne de Winogradsky 678
- Thiotrichaceae* 529
- Thiotrichales* 529-530
- thréonine 279  
synthèse 278-279
- Thréonine 296
- thromboxane 786
- thylacoïde 88, 103, 258  
chloroplastes 101
- thylacoïdes 66, 501
- cyanobactéries 67
- thylakoïde  
CTE 215  
systèmes de transfert d'électrons 215
- thymine 281-282, 293-295, 301, 308, 310, 450, A-7
- thymus 776, 779, 797
- ticarcilline 833
- tige acceptrice 317
- Tinactin* (tolnaftate) 995
- tinea 982  
versicolor 994
- tineas (Voir teignes) 994
- tique des bois 948
- tique du chien 948
- tique *Ixodes scapularis* 945
- tiques 944
- tissu  
système immunitaire 776
- tissu lymphoïde 779  
bronchique (BALT) 778, 780  
cutané (SALT) 778-780  
intestinal (GALT) 780  
muqueux (MALT) 778-781
- tissu lymphoïde primaire 776
- tissu lymphoïde secondaire 778
- TLR 782
- Tm 451
- TMV  
assemblage 636  
Voir virus de la mosaïque du tabac 635
- Tn3 380
- tobramycine 835
- TOD (thérapie sous observance directe) 846, 940
- Togaviridae* 905, 909
- tolérance acide 177
- tolérance immunitaire 820  
acquise 814  
centrale 815  
périphérique 815
- tolérance immunitaire acquise 790
- tolnaftate (Tinactin) 995
- toluène 1068
- toluidine 68
- tomographie par résonance magnétique 1048
- topoisomérase 299, 303
- topoisomérase IV 299, 838
- T. oralis* 508
- tourbières 722
- lignine 695
- tour des électrons 214, 238
- tours de refroidissement 532
- toux 744-745, 763
- toux des chenils 526
- toxémie 753
- (toxi)-infection alimentaire 1009
- toxicité sélective 826, 828
- toxicystes 592
- toxine 325, 739, 753  
AB 754  
adénylate cyclase 755  
botulique 755  
charbonneuses 755  
cholérique 755  
coquelucheuse 755  
désorganisatrices de membrane 756  
de type *Shiga* 755  
diphérique 755

- Shiga* 755  
 tétanique 755  
 toxine AB 739  
 toxine botulique 964-965, 968  
 toxine de *Bacillus thuringiensis*  
 mode d'action 1047  
 toxine de type *Shiga* 970, 1017, 1057  
 toxine diphtérique 127, 479  
 toxine du choléra 96  
 toxine exfoliante (exfoliatine) 959  
 toxines 716  
 arme biologique potentielle 891  
 toxines protéiques 560  
 toxine thermostable 754  
 toxoplasma 595  
*Toxoplasma gondii* 843, 984, 997-998  
 toxoplasmosé 997  
 T-pair 119  
*T. pallidum* 30  
*T. pfennigii* 517  
 trachome 506, 963  
 tractus gastro-intestinal  
 mécanismes de défense 763  
 tractus intestinal 510  
 tractus urogénital  
 mécanismes de défense 764  
 traduction 288, 292, 305, 314, 332  
*Archaea* 479  
 archées 316, 323  
 bactéries 316  
 élongation 318, 321  
 enzyme 223  
 eucaryote 334  
 facteurs d'initiation 320  
 initiation 306, 318, 320  
 terminaison 318, 322-323  
 traits eucaryotiques 479  
 vitesse maximale 316  
 traduction ininterrompue 635-636  
 traitement  
 primaire 1058  
 secondaire 1058  
 tertiaire 1058  
 traitement des eaux usées 1052,  
 1057-1058  
 lagunage 1063  
 marais artificiels 1063  
 primaire 1058  
 secondaire 1058  
 tertiaire 1058  
 traitement primaire 1051, 1058  
 traitement secondaire 1051, 1060  
 des eaux d'égout 1061  
 traitement tertiaire 1051, 1062  
 transaldolase 234-235  
 transaminase 264, 274-275  
 transamination 250, 275  
 transcétolase 234-235  
 transcriptase 633  
 transcriptase inverse 400-401, 616,  
 618, 637, 639, 640-641  
 découverte 399  
 inhibiteurs 840  
 transcriptase inverse télomérase 304  
 transcription 288, 292, 305, 308, 331,  
 335, 339, 358, 369  
 Anti-terminateur 343  
*Archaea* 314, 333, 479  
 archées 316  
 atténuateur riche en U 343  
 atténuation 331, 340, 342  
*Bacteria* 333  
 bactérienne 311  
 bactéries 316  
 boucle de pause 343  
 boucle de terminaison 343  
 cadre de lecture 305  
 DksA 354  
 effets de ppGpp 354  
 élongation 310  
 enzyme 223  
 eucaryotes 311-312, 334  
 gènes qui codent pour des protéines  
 306  
 initiation 306, 310-312, 332  
 point de départ 306  
 ppGpp 354  
 régulation 332  
 répresseur trp 340  
 terminaison 307, 310-311  
 traduction 342  
 transcription chez les *Archaea* 314  
 transcription chez les *Bacteria* 309  
 transcription chez les eucaryotes 311  
 transcription dépendante du facteur  
 rho ( $\rho$ )  
 terminaison 312  
 transcription inverse 640  
 transcriptome 419, 431  
 transcrit associé à la latence (LAT)  
 915  
 transduction 375, 389-390  
 généralisée 363, 390-391  
 par le phage lambda 393  
 spécialisée 363, 391-392  
 transduction de signal à deux com-  
 posants  
 EnvZ 341  
 kinase-senseur 341  
 régulateur-réponse, OmpR 341  
 transduction généralisée 363, 390  
 transduction spécialisée 363, 391-  
 392  
 transférase 219  
 transfert d'électrons 138, 242, 558  
 gradient de protons 144  
 transfert de plasmides 355  
 transfert des électrons 236, 257  
 transfert de Southern 400, 402, 412  
 transfert d'hydrogène interspécifique  
 724  
 transfert d'information génétique  
 entre organismes différents 1033  
 transfert génétique horizontal 363,  
 374  
 dû aux phages 684  
 résistance aux antimicrobiens  
 845-846  
 TGH 438  
 transfert génétique latéral 438  
 transfert horizontal de gènes (THG)  
 12, 463, 465, 716  
 transfert mitochondrial des électrons  
 257  
 transfert photosynthétique des élec-  
 trons 257  
 transferts génétiques horizontaux  
 453, 458  
 transformation 289, 291, 363, 375,  
 387, 413  
 artificiellement 412  
 naturelle 387, 412  
 par des fragments d'ADN 388  
 par un plasmide 388  
 transformation bactérienne  
*S. pneumoniae* 388  
 transformation par des fragments  
 d'ADN 388  
 transformation par un plasmide  
 388  
 transformation microbienne 1042  
 du pétrole brut 1043  
 transformation naturelle 560  
 transformation par l'ADN 387  
 transition 365  
 translocation 321-322, 325  
 translocation de groupe 137,  
 144-146, 353  
 translocation des protons 486  
 translocation et la sécrétion des pro-  
 téines chez les *Bacteria* 325  
 translocations 364  
 transmission  
 aérienne 744  
 aérosol 745  
 aliments 745  
 biologique 746  
 contact 745  
 directe 745  
 d'une personne à l'autre 744  
 eau 745  
 externe 746  
 indirecte 745  
 interne 746  
 maladie infectieuse 746  
 maladies infectieuses 745  
 par aérosol 744  
 par contact 745  
 par contact direct 745  
 par contact indirect 745  
 par hébergement 746  
 par l'air 745  
 par un vecteur passif 745  
 par un vecteur vivant 746  
 produits biologiques 745  
 vecteur 745  
 transmission transovarienne 948  
 transpeptidation 264, 272, 274, 320,  
 322  
 transport  
 uniport 144  
 transport actif 137, 145  
 respiration aérobie 240, 242  
 transporteur 143-144, 229  
 primaires 144  
 secondaires 144  
 transporteur ABC 144, 146, 483  
 transporteur d'électrons 236, 256  
 transporteur d'hydrates de carbone  
 mycorhizes 700  
 transporteur MFS 144  
 transposase 376-377, 379-380  
 transposition 363, 376  
 plasmides 377  
 réplicative 377, 379  
 résolvasse 379  
 séquence répétée inverse 379  
 séquences répétées directes 379  
 site cible 377  
 transposase 379  
 transposition par couper-coller 376  
 transposition répllicative 377  
 séquence répétée inverse 379  
 transposition simple 376, 379  
 transposon 363, 376, 378  
 Tn3 380  
 transposon conjugatif 378  
 transposon réplcatif 378  
 transposons 465  
 travail  
 chimique 77  
 mécanique 77  
 transport 77  
 travail cellulaire 253  
 travail chimique 210, 213  
 travail de transport 210, 213  
 travail mécanique 210, 213  
 Tréfoüel, Jacques 827  
 Tréfoüel, Thérèse 827  
 tréhalose 699  
*Treponema*  
 propriétés adhésives 748  
*Treponema denticola* 79, 508  
*Treponema pallidum* 29, 455, 508,  
 955  
 identification clinique 853  
 séquençage génomique 428, 430  
 systèmes de transport 430  
 voies métaboliques 430  
*Treponema pallidum subsp pallidum*  
 953  
 T-RFLP  
 terminal 666  
*T. rhodensense* 586  
 triacylglycérol 284-285, A-7  
 triacylglycérol ou triglycéride 249  
 triacylglycérols A-5  
 tricherie  
*Pseudonocardia* 728  
 trichloréthylène 1064, 1066  
 trichocystes 592  
 trichodesmia 276  
*Trichodesmium* 502, 648  
 fixation de l'azote 680  
 trichome 501  
 trichomes 502, 504, 526, 530  
 trichomonades 585  
*Trichomonadida* 585  
 trichomonase 998-999  
*Trichomonas hominis*  
 microflore 734  
*Trichomonas tenax* 585, 984  
*Trichomonas vaginalis* 461, 585, 984,  
 998-999  
 trichomycine 1004  
*Trichonympha* 107, 715, 717  
*Trichonympha campanula* 585  
*Trichonymphida* 585  
*Trichophyton* 995  
*mentagrophytes* 995-996  
*rubrum* 995-996  
*verrucosum* 995

- Trichosporon beigeli* 994  
 triclosan 200-202  
 trifluridine 915  
 trihalométhanes 202, 1053  
 triméthoprime 829, 837-838, 843, 1002, 1006  
 triméthylamine N-oxyde 721  
 trimétrexate 1006  
 trismus 963  
 tritium 668  
*Tritrichomonas fetus* 585  
 trophosome 719-720  
 trophozoïte 582, 982, 988, 990, 999  
 tropisme 744  
 troubles immunitaires 815  
 truffe 608  
 truffe noire 608  
*Trypanosoma* 108, 506, 586  
*Trypanosoma brucei* 984, 993  
*Trypanosoma brucei gambiense* 991  
*Trypanosoma cruzi* 99, 586, 984, 994  
*Trypanosoma gambiense* 586  
 trypanosome 827  
 trypanosomes 586  
 identification clinique 855  
 trypanosomiase 983, 991  
 trypanosomiase américaine (la maladie de Chagas) 992  
 tryptophane 222, 338, 344  
 synthèse 278, 280  
 tryptophane 296  
 tryptophanyl-ARNt 344  
 Tsien, Roger 33  
*T. thermophilus* 319  
 tube cathodique 42  
 tube en U 382  
 tube polaire 613-614  
*Tuber brumale* 608  
 tubercules 940  
 tuberculine 820  
 tuberculine Voir test cutané à la tuberculine 940  
 tuberculose 405, 575, 740, 743, 932  
 active 939-940  
 antibiothérapie 940  
 caséification 940  
 cycle naturel 937, 939  
 de réactivation 940  
 disséminée 939  
 épidémiologie 937-938  
 latente 939  
 miliaire 940  
 multirésistantes (TB-MR) 846  
 résistance aux antibiotiques 882  
 TB-MR 940  
 TB-UR 940  
 ultrarésistantes (TB-UR) 846  
 vaccin 887  
 tuberculose (TB) 937  
 antibiothérapie 846  
 tubule polaire 1005  
 tubules  
 réticulum endoplasmique 93  
 tubuline 65-66, 479  
 $\alpha$  93  
 $\beta$  93  
*Tubulina* 587  
 tularémie 743, 975
- tumeur 128  
*Agrobacterium* 707  
 bénigne 129  
*Kalanchoe* sp. 707  
 maligne 129  
 tunique 81-84  
 turbidité 171, 173  
 turbidostat 173  
*T. vaginalis* 585  
*T. verrucosum* 995  
 tyndallisation 190, 197  
 Tyndall, John 16, 197  
 typage de séquence multilocus (MLST) 453, 455, 862  
 typage par bactériophages 850  
 type de travail 210  
 type III de sécrétion 327  
 type nutritionnel 139, 229  
 type nutritionnels 209  
 type sanguin 817-818  
 type sauvage 363, 365, 369  
 type sexué  
 mycéliums 109  
*Typhi* (fièvre typhoïde)  
 intoxication alimentaires 1016  
 typhus 725  
 vaccin 887  
 typhus endémique (murin) 743  
 tyramide 663  
 tyrosine 296  
 synthèse 278, 280  
 tyrosyl-ARNt synthétase 344
- U**  
 ubiquinol-cytochrome c oxydoréductase 253  
 ubiquinone 213, 216-217, 259, 843  
 Q 241  
 ubiquitine 95  
 UDP 272  
 UDPG 271  
 UDP Gal 249  
 UDP-galactose 249, 271  
 UDP-glucose 249  
 UDP-glucuronate 271  
 UDP-NAM-pentapeptide 272  
 UHT pour « ultra high temperature » 1013  
 ulcère gastrique 951-952  
 ulcères gastriques 547, 667  
 ultra-microtome 40  
 UMA Voir unité de masse atomique A-1  
*Umbilicaria* 726  
 UMP 283  
 UmuCD 373  
 undecaprényle phosphate 272  
 unité de base du peptidoglycane 272  
 unité de masse atomique (UMA) A-1  
 unité de Svedberg 70  
 unité formatrice de colonie (UFC)  
 155, 170  
 unité taxonomique opérationnelle 457  
 unités formatrices de colonie (UFC)  
 1024  
 unités formatrices de plages (UFP)  
 131
- unités photosynthétiques (UPS) 516  
 unités taxonomiques opérationnelles (UTO) 697  
 uracile 281, 294, 308, 312  
 uranium 534  
*Ureaplasma* 551  
 caractéristiques 553  
*Ureaplasma urealyticum* 553-554, 953-954  
 uréase 554  
*Urediniomycota*  
 caractéristiques 604  
 urée 502, 554, 666  
 urètre  
 microflore normale 732  
 urétrite non gonococcique (NGU)  
 506, 954  
 uridine 5-monophosphate 283  
 uridine 5'-triphosphate 213  
 uridine diphosphate 272  
 uridine diphosphate glucose (UDPG)  
 271, 518  
 uridine monophosphate 282  
 uridine triphosphate 282-283  
 US Drug Administration 1029  
 US PHS<sup>o</sup> 729  
*Ustilaginomycetes*  
 caractéristiques 604  
*Ustilago maydis* 613  
 UT 697  
 UTO 457  
 UTP 213, 309
- V**  
 vaccin 19, 873  
 ADN 890  
 anti-charbon 19  
 histoire 886, 888  
 immunité acquise 793  
 pour les voyageurs 886  
 sous-unitaire 440  
 vaccin antitétanique 963  
 vaccination 794  
 vaccination Voir immunisation 886  
 vaccin contre les oreillons 905  
 vaccin DPT 935  
 vaccin 886, 888  
 vaccin Tdap 935  
 vaccinia virus 907  
 vaccin IPV 925  
 vaccin MenB 441  
 vaccinologie inverse 440-441  
 vaccinomique 886  
 vaccin OPV 925  
 vaccin ROR 906  
 vaccins contre rougeole, rubéole, oreillons 905  
 vaccin RROV ou *Priorix Tetra*  
 vaccin contre rougeole, oreillons, rubéole, varicelle 905  
 vaccins 886-887  
 à base d'organismes entiers 889  
 acellulaires 889  
 ADN 889  
 atténués 889  
 atténués (vivants) 889  
 calendrier recommandées 888
- complets 889  
 inactivés (tués) 889  
 pour les voyageurs 889  
 sous-unitaires 889  
 vecteur recombinant 889  
 vaccin Tdap 941  
 vaccin trivalent de Sabin 924  
 vaccin trivalent de Salk 924  
 vacuole 91, 530  
 de stockage 90  
 gazeuses 69  
 phagocytaires 107  
 pulsatile 90  
 pulsatiles 107, 174  
 vacuole gazeuse 46, 51  
 vacuole parasitophore 534  
 vagin  
 mécanismes de défense 764  
 microflore normale 732  
 vaginite à *Candida* 1004  
 vaginose bactérienne 976  
 valacyclovir 840, 898-899  
 valence 791  
 valeur D 193  
 valeur Z 193  
 Valeur Z 190  
 Valine 296  
*Valley fever*  
 coccidioïdomycose 985  
 valtrex 898  
 valtrex (acyclovir) 918  
 Vampirococcus 725  
 prédation 724-725  
 vanadate 535  
 vancomycine 273, 562, 828, 834-835, 960, 976  
*V. anguillarum* 536  
 van Leeuwenhoek 1002  
 van Leeuwenhoek, Antonie 13, 15, 25  
 varechs 596  
 variabilité du site de jonction 810  
 variabilité génétique  
 création 374  
 variation antigénique 586  
 variation d'énergie libre ( $\Delta G$ ) 208, 211  
 variation génétique  
 mécanismes 363  
*Varibaculum* 572  
 varicella-zoster virus ou VZV (virus varicelle-zona) 627, 897-898  
 varicelle 627, 740, 898  
 vaccin 887-898  
 variola virus (virus de la variole) 629, 897, 907  
 variole 907  
 vaccin 886-888, 907  
 vaccine 888  
*Variovorax* 525  
 varivax 898  
 vase carbonatée 674  
 vasières 687  
*V. cholerae* 49  
 perception du quorum 357  
 traitement 969  
 vCJ (maladie de Creutzfeldt-Jakob)  
 929

- vecteur 739, 742, 873  
autres virus 406  
bactériophages 406  
chromosomes 406  
clonage 397  
cosmides 406  
plasmides 406  
YEp24 406
- vecteur de clonage 397, 401, 406, 408, 410, 413
- vecteur d'expression 397, 414
- vecteur navette YEp24 407
- vecteur passif 739, 745, 873
- vecteur phagique 410
- vecteur plasmidique 409
- vecteur vivant  
arthropodes 746  
vertébrés 746
- végétaux  
chloroplastes 101  
fermentescibles 1027  
origine 102
- véhicule 739, 873
- Veillonella* 556-558  
caractéristiques 555
- Veillonella alcalescens* 977
- velours 370
- VEM 235
- Venter, J. Craig 424, 442
- ver de Pompéi 723
- ver du cœur 568
- ver palmier 723
- Verrucomicrobia* 511, 532, 646, 696  
profil métagénomique des bactéries gastro-intestinales 734
- verruques 921  
communes 922  
étalées 922  
planes 922  
plantaires 922  
vénériennes 922
- vers tubicoles (*Riftia pachityla*) 713, 718
- vert de malachite 38
- vertigo 1018
- vésicule  
cavéolaires 96-97  
gazeuses 69  
sécrétrices 95  
tapissées 96  
transporteuse 95
- vésicules de *Chlorobium* 499
- vésicules gazeuses 499
- vésicule tapisée 124
- vesses-de-loup 109
- vestide (cidofovir) 917
- V. fisheri* 355  
perception du quorum 355
- V. harveyi* 355-536  
perception du quorum 356-357
- viabilité  
perte 166
- viable mais non cultivable 659
- viables mais non cultivables (VNC) 193
- viande 563  
agents conservateurs 1014  
détérioration 1010  
produits fermentés 1025
- Vibrio* 530, 536-537  
propriétés adhésives 748
- Vibrio alginolyticus*  
flagelle 77
- Vibrio anguillarum* 347
- Vibrio cholera* 969
- vibrio cholerae* 748  
découverte 875
- Vibrio cholerae* 66, 536, 965, 1052  
chromosome 71  
empoisonnement alimentaire 966  
flagelle 75  
génome 536  
intoxication alimentaires 1016  
perception du quorum 355  
transmission par leau 968
- Vibrio fisheri* 355-536  
auto-inducteur 185-186
- vibrien 48
- Vibrionaceae* 528, 536  
caractéristiques 536
- Vibrionales 536, 539
- Vibrio parahaemolyticus*  
empoisonnement alimentaire 966  
intoxication alimentaires 1016  
transmission par leau 968
- Vibrio vulnificus* 1018
- vidarabine (adénine arabinoside) 839
- vidarabine (Vira-A) 899, 915
- videx (didanosine) 914
- VIH 747, 841  
asymptomatiques à long terme 914  
contrôleurs d'élite 914  
contrôleurs virémiques 914  
cycle biologique 911-912  
détection 866-867  
diagnostic 913  
épidémiologie 911  
évolution de la maladie 911, 913  
maladies opportunistes 913-914  
propriétés adhésives 748  
récepteur 122  
transmission 910-911  
virions 910  
virulence 751  
Voir virus de l'immunodéficience humaine 637
- VIH-1  
virion 910
- VIH (virus de l'immunodéficience humaine) 842, 897, 909  
antiviraux 840
- viili  
fermentation lactique en présence de moisissures 1024
- vin 248
- vins 1009, 1025
- violet de bromocrésol 1056
- violet de gentiane 1004
- Vira-A (vidarabine) 899, 915
- Viracept (nelfinavir) 914
- Viramune (névirapine) 914
- Virazole (ribavirine) 905
- Viread (tenofovir) 914
- virémie 739, 747
- Virgaviridae* 635
- virion 114-115  
taille 115
- virioplancton 673, 683
- viroïde 114
- viroïdes 1, 4, 132  
ARNsb circulaires 132  
maladies végétales 132  
structure 133  
taille 132
- virologie 115
- viroplasma 634
- virucide 190, 193
- virulence 355, 740, 748  
mesure 758
- virus 1, 4, 114-115, 616, 685  
à ADNdb 123  
à ARN 123  
ADN double brin 121  
ADN simple brin 121  
adsorption 122  
archéen 116  
archées 127  
ARNdb 121  
ARNsb 121  
assemblage 123  
attachement 122  
auxiliaire 133  
bi-caudal 116  
cancer 128-129  
caractéristiques 630  
classification 617  
coloration 855  
contamination de l'eau 1054  
culture 129  
culture et dénombrement 859  
décapsulation 121  
de la vaccine 119  
de l'immunodéficience humaine 21  
dénombrement 129, 131  
dimension 117  
élimination 1062  
endocytose 123-124  
enveloppé 114-115  
enveloppés 118, 123-125  
enzymes 121  
fusion de l'enveloppe 123-124  
génomés 121, 618-619  
HIV 21  
identification clinique 855, 859  
injection de l'acide nucléique 123  
libération 125  
méthode de comptage 131  
morphologie 117  
multiplication 121-122  
nomenclature 617  
non enveloppé 114  
non enveloppés 123  
nus 118, 124-125  
organisation chromosomique 306  
pénétration 122  
protéines précoces 123  
protéines tardives 123  
protomère 117  
spécificité 122  
stade de synthèse 123  
stérilisation par la chaleur 196  
structure 115  
structure générale 115  
taille 132  
taxinomie et phylogénie 617-619
- tempérés 129
- virulent 114
- virus à ADN 121
- virus à ADN double brin  
stratégie de la multiplication 619
- virus à ADN génomique double brin (Groupe I) 618
- virus à ADN génomique interrompu (Groupe VII) 640
- virus à ADN génomique simple brin (Groupe II) 630
- virus à ADN simple brin 408
- virus à ARN 121  
stratégie de la multiplication 637
- virus à ARN génomique double brin (Groupe III) 633
- virus à ARN génomique simple brin négatif (Groupe V) 636
- virus à ARN génomique simple brin négatif (Groupe VI - les rétrovirus) 637
- virus à ARN génomique simple brin positif (Groupe IV) 634
- virus à ARN simple brin positif  
stratégie de la multiplication 634
- virus aquatiques 683
- virus archéens 627
- virus B19 897, 918
- virus bactériens  
génomés 289
- virus Cocksackie A, B 905
- virus d'animaux 120  
culture 131  
pénétration 124  
récepteur 122
- virus de la grippe 50, 117, 121, 747  
changement antigénique 880, 902  
changements antigéniques 881  
classification 901  
cycle de multiplication 638  
cycle viral 637  
enveloppé 118, 121  
génome 637, 902  
hémagglutinines 121  
libération 126  
neuraminidase 121  
pandémie 884  
pandémies 902  
pathogénèse 901  
protéine M 121  
réservoirs animaux 901-902  
titre hémagglutinant 131  
virulence 902
- virus de la grippe (Influenza virus) 637, 897
- virus de la mosaïque du brome 121
- virus de la mosaïque du tabac 50, 117, 121, 130, 630, 635  
structure 117
- virus de la mosaïque du tabac (TMV) 116, 635
- virus de la poliomyélite (Poliovirus) 50, 121, 897
- virus de la rage 120-121, 928  
forme 120  
récepteur 122
- virus de la rage (Rabies virus) 637, 897, 927-928

- virus de la rougeole 121, 637, 748  
récepteur 122  
récepteurs de l'hôte 903  
virulence 751
- virus de la rougeole (Measles virus) 897, 903  
pathogénèse 904
- virus de la rubéole  
détection 866
- virus de la rubéole (Rubella virus) 897, 905
- virus de la vaccine 117, 628, 907-908  
filaments d'actine 125  
morphologie 119
- virus de la varicelle  
pathogénicité 740
- virus de la variole 628-629, 907-908
- virus de la variole (Variola virus) 897, 907
- virus de l'hépatite A (HAV) 923-924, 1052
- virus de l'hépatite A (HAV pour Hepatitis A virus) 897
- virus de l'hépatite B (HBV) 640, 920  
antigène de surface (HBsAg) 919  
cancer du foie 129  
cancer primaire du foie 920  
vaccins recombinants 920  
virusoïde de l'hépatite D 133
- virus de l'hépatite B (HBV pour Hepatitis B virus) 897
- virus de l'hépatite C (HCV) 920-921
- virus de l'hépatite C (HCV pour Hepatitis C virus) 897
- virus de l'hépatite D (HDV) 921
- virus de l'hépatite E (HEV) 924
- virus de l'hépatite G (HGV) 919, 921
- virus de l'herpès génital  
phase de latence 917
- virus de l'herpès génital (HHV-2 pour Human herpes virus-2) 897
- virus de l'herpès labial (HHV-1) 914  
phase de latence 915
- virus de l'herpès labial (HHV-1 pour Human herpes virus-1) 897
- virus de l'immunodéficience humaine (VIH) 121, 616, 637, 909  
antiviraux 840  
cycle viral 639  
molécule CD4 797  
tests de mesure des anticorps 808
- virus de l'immunodéficience humaine (VIH) (Human immunodeficiency virus ou HIV) 897
- virus de l'immunodéficience (simienne) du chimpanzé (VIS) 909
- virus de Marburg 926-927
- virus de plantes  
multiplication 636
- virus d'Epstein-Barr (EBV) 918, 627  
cancer 129  
carcinome du nasopharynx 129  
lymphome de Burkitt 129
- virus d'Epstein-Barr [EBV] 919
- virus d'Epstein-Barr (HHV-4 pour Human herpes virus-4) 897
- virus des oreillons (Mumps virus) 121, 905
- virus de végétaux 120-121  
culture 131
- virus du Nil occidental (WNV pour West Nile virus) 897, 909
- virus du papillome humain 405
- virus du SRAS 121
- virus Ebola 637, 925, 927  
récepteur 122
- virus hépatotropes 919-920
- virus herpes 627  
cycle infectieux 628  
virions 627-628
- virus herpès  
évolution de la maladie 915  
latence 628
- virus herpétique  
latence 740
- virus herpétique humain 8 (HHV8) sarcome de Kaposi 129
- virus HTLV-1  
leucémie à cellules T de l'adulte 129
- virus influenza 905
- virus Marburg 637
- virus marins 683
- virus NCLD  
*Voir* grand virus nucléo-cytoplasmiques à ADN double brin 628
- virusoïde 114, 132-133, 222
- virusoïde de l'hépatite D  
virus de l'hépatite B 133
- virusoïdes 1, 4
- virus orf 117
- virus papainfluenza 117
- virus papilloma humain 117
- virus parainfluenza 905, 916
- virus Sin Nombre *Voir* hantavirus 926
- virus Sputnik 630
- virus syncytial respiratoire (RSV) 905
- virus TTV (transmis par transfusion) 919
- virus vaccinal 121
- virus varicelle-zona  
état latent 898  
pathogénèse 899  
pathogénèse 898
- virus varicelle-zona (Varicella-zoster virus ou VZV) 897  
pathogénèse 898
- virus VIH 129  
récepteur 122
- virus VZV 627
- VIScpz 909
- VIS (virus de l'immunodéficience simienne) 909
- vitamine 2, 142  
B 2  
K 2  
technologies d'évolution dirigée 1036
- vitamine A 489
- vitamine B1 345
- vitamine B6 235
- vitamine B12 142  
élément de la 345
- vitamine C 142
- vitamine D 142
- vitamine K 714, 730
- vitesse de dilution (D) 172, 173
- vitesse maximale 221
- Vmax 221
- VMNC 659
- vodka 1026
- voie alterne du complément 766-768
- voie amphibolique 230, 233  
gluconéogenèse 232
- voie amphiboliques  
métabolites précurseurs 242
- voie classique du complément 767
- voie de fermentation 246
- voie de l'acétyl-CoA 269-270, 715
- voie de la fermentation acides mixtes A-12
- voie de la fermentation butanedio-lique A-12
- voie de la lectine du complément 766
- voie de la perforine 790, 800
- voie de la phosphocétolase 563, 564
- voie de la  $\beta$ -oxydation 250
- voie d'Emden-Meyerhof 228, 231-232, 234-235, 246-249, 270-271, 528, A-9  
fermentation 233  
inversée 481  
métabolite précurseur 233  
métabolites précurseurs 269  
modifiée 481  
phase à 3 C 233  
phase à 6 C 233  
précurseurs métaboliques 278  
respiration aérobie 233  
respiration anaérobie 233
- voie d'Entner-Doudoroff 228, 231, 234, 249, 681, A-9  
deux variations 481  
phosphorylante 492  
variante phosphorylante 490
- voie d'Entner-Doudoroff (ED) 480
- voie des glutamine synthétase et glutamate synthase 700
- voie des lecithines MB du complément 767
- voie des lectines fixant les mannanes 766
- voie des pentoses phosphate 228, 231, 234-235, 249
- voie des pentoses phosphates A-10
- voie du 3-hydroxypropionate 269
- voie du 3-hydroxypropionate/4-hydroxybutyrate 269-270
- voie du 3-Hydroxypropionate/4-Hydroxybutyrate 270
- voie Emden-Meyerhof (EM) archées 480
- voie EM modifiée 480
- voie endocytosique 93, 95-96
- voie Entner-Doudoroff  
deux variations 480  
modifiée 483  
version non phosphorylante 483
- voie Fas-FasL 800
- voie générale de sécrétion système Sec 326
- voie glycolytique 230-231
- voie métabolique  
principales A-9
- voie non-phosphorylante 481
- voie ramifiée 279
- voie sécrétrice 88, 93-95
- voie Sec-dépendante archéenne 480
- voies amphiboliques 266
- voies anaboliques 266
- voies de fixation du CO<sub>2</sub> 268-269
- voies d'Emden-Meyerhof 266
- voies d'Entner-Doudoroff 529
- voies glycolytiques  
métabolites précurseurs 266
- voies métaboliques 223
- voies métaboliques centrales 266, 333
- voies parentérales 843
- voies ramifiées 278
- volaille  
agents conservateurs 1014
- volailles  
probiotiques 1029
- volcans de boues 685
- Volvox 30, 599
- vomissement 1016
- von Behring, Emile 19
- von Dusch, Theodor 15
- voriconazole 1003
- Vorticella* 592
- voyage  
propagation des maladies infectieuses 883  
vaccination 886, 893
- V. parahaemolyticus* 536
- vraisemblance 457
- vraisemblance maximale Archées 476
- VZV  
virus varicelle-zona 897
- W**
- Waksman, Selman 577, 827
- Wampole Laboratories 937
- Wassermann, August von 957
- Weller, Thomas 925
- Wescodyne 202
- whiskies 1026
- whisky 1026
- White, Charles 744
- Winogradsky 644
- Winogradsky, Serguei 19, 678
- WNV (virus du Nil occidental) 909
- Woese, Carl 3, 20-21, 447, 459, 463, 473
- Wolbachia 717
- Wolbachia pipientis* 516, 716-717
- Wolfe, Ralph 473
- Wolinella 245
- X**
- xanthane 1041
- Xanthomonas* 529, 708



vitamines 1040  
*Xanthomonas campestris* 1041  
 xanthorhodopsines 260  
 xénobiotiques 1065  
 xénogreffé 821  
 xérophile 175, 1013  
 X-Gal 408-409

## Y

YAC 411  
 Yalow, Rosalyn 870  
 yaourt 564, 1020, 1022-1023  
 Yellowstone 497  
 archées thermophiles 473  
 chaudron de soufre 483  
 hyperthermophiles 482  
 parc national 473  
*Sulfolobus* 483

YEp24 406  
*Yersinia* 327  
 caractéristiques 540  
*Yersinia enterocolitica* 966, 968  
 intoxications alimentaires 1016  
*Yersinia pestis* 892, 945  
 pouvoir invasif 750  
 transmission 746  
 virulence 947  
 Yodoxin (iodoquinol) 999  
 yogourt 564, 1009, 1020, 1022-1023  
*Y. pestis* 948  
 virulence 747, 946

## Z

zalcitabine (ddC ou HIVID) 840, 914  
 zanamivir (Relenza) 903  
 Zerit (stavudine) 914

zidovudine (AZT ou Rétrovir) 840, 914  
 zinc 138  
 zona 627, 740, 898-899  
 zone d'équivalence 812, 868  
 zone littorale  
 Lac 689  
 zone pélagique  
 lac 689  
 zone photique 675-676, 679-681, 689  
 CO<sub>2</sub> 680  
 cycle du carbone 682  
 flux de CO<sub>2</sub> 680  
 Lac 689  
 zones souterraines 711  
 zoonose 739, 742-743, 873  
 zoonoses 924  
 bactérienne 973  
 zooplancton 676, 679, 682

zoospore 606  
 zooxanthelles 592, 717-718  
 endosymbiotiques 717  
 Zovirax 898  
 Zovirax (acyclovir) 915, 918  
 zygomycète 602, 606  
 voir *Zygomycota* 603  
*Zygomycota* 602-604, 606  
 caractéristiques 604  
 zymase 1027  
*Zymomonas* 247  
 éthanol 1040  
*Zymomonas mobilis* 12, 1034

Prescott | Willey  
Sherwood | Woolverton

# Microbiologie

## La 4<sup>e</sup> édition française d'un grand classique

La traduction en français de la huitième édition du *Prescott's Microbiology*, est un ouvrage de référence qui décrit la microbiologie dans ses aspects fondamentaux, médicaux, écologiques, alimentaires et industriels. Dans cette nouvelle édition, une attention particulière est apportée à l'évolution des microbes, à leur diversité et leur écologie, à leur pouvoir pathogène, aux épidémies contemporaines et aux moyens de les combattre.

## Des outils informatiques et des animations en 3D

La grande nouveauté réside en des outils informatiques et des animations en 3D accessibles sur le Web. Sur ce site, on peut trouver également de la documentation complémentaire, soit pointue, soit de vulgarisation.

- Un site Web compagnon destiné aux étudiants : [www.mhhe.com/willey8](http://www.mhhe.com/willey8) (onglet Student Edition)
- Des invitations à faire des recherches sur Internet
- Un glossaire et un résumé par chapitre
- Des questions à la fin des paragraphes pour en vérifier la compréhension
- Des questions de révision à la fin de chaque chapitre à partir d'articles scientifiques

## Les nouveautés de cette édition

Parmi les thèmes nouveaux de cette édition, on retiendra l'attention portée sur les biocarburants d'origine microbienne, l'influence des microbes sur le changement climatique, l'explosion au XXI<sup>e</sup> siècle des techniques de génomique, la microbiologie de l'eau, la description du virus H1N1.

Nous pointerons également l'ajout des questions qui viennent illustrer la matière à partir d'articles pointus. Elles incitent les étudiants à consulter la littérature scientifique et à tester leurs connaissances. Enfin, la valeur pédagogique des diagrammes de concepts est fortement appréciée par les étudiants.

## Traduction de la 8<sup>e</sup> édition américaine

Jacques Coyette est microbiologiste et docteur en sciences biomédicales expérimentales de l'Université de Liège. Il est chargé de cours honoraire de cette même université. Il a enseigné la biologie générale au premier cycle universitaire ainsi que la bactériologie fondamentale et la biochimie microbienne au second.

Max Mergeay est microbiologiste et docteur en sciences chimiques de l'Université Libre de Bruxelles. Il est actuellement professeur honoraire de cette même université et collaborateur scientifique à l'Université de Mons. Pendant 30 ans, il a animé au Centre d'Études de l'Énergie Nucléaire de Mol (Belgique) un groupe de recherches sur la microbiologie de l'environnement (principalement les environnements industriels) et sur la microbiologie spatiale.

ISBN : 978-2-8041-8039-3



9 782804 180393

PRESCOTT