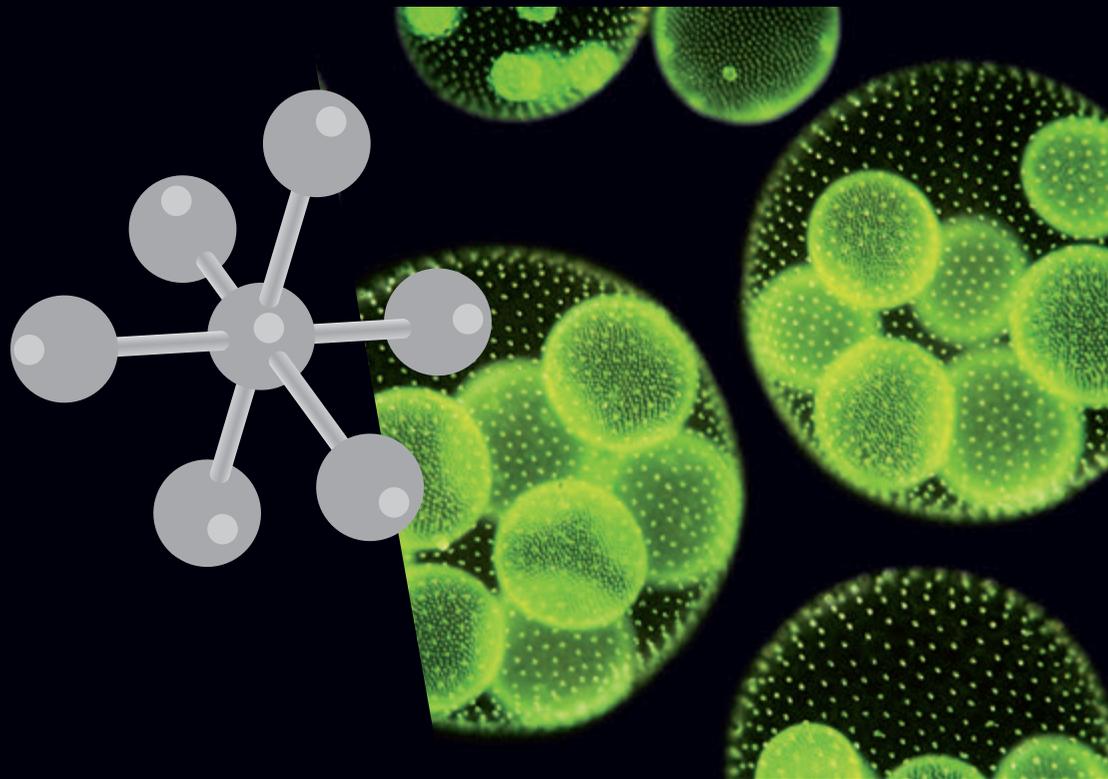


Prescott | Willey
Sherwood | Woolverton

Microbiologie

Traduction de J. Coyette et M. Mergeay
4^e édition



 de boeck

Microbiologie

**Extrait du catalogue
De Boeck Supérieur**

ARCHAMBAUD, CLAVÉ, GROSJEAN, PASQUIER, Bactériologie et virologie pratique, 2^e éd.

GRIFFITHS, WESSLER, LEWONTIN, CARROLL, Introduction à l'analyse génétique, 6^e éd.

GUILLAUME, Mycologie

GUILLAUME, Parasitologie

GUILLAUME, Parasitologie sanguine

JANEWAY, MURPHY, TRAVERS, WALPORT, Immunobiologie, 3^e éd.

MURRAY, BENDER, BOTHAM, KENNELLY, RODWELL, WEIL, Biochimie de Harper, 5^e éd.

RAVEN, JOHNSON, MASON, LOSOS, SINGER, Biologie, 2^e éd.

RAVEN, EVERT, EICHHORN, Biologie végétale, 2^e éd.

SILVERSTEIN, WEBSTER, KIEMLE, Identification spectrométrique de composés organiques, 2^e éd.

VOET & VOET, Biochimie, 2^e éd.

VOLLHARDT & SCHORE, Traité de chimie organique, 5^e éd.

Prescott | Willey | Sherwood | Woolverton

Microbiologie

4^e édition

Traduction de Jacques Coyette et Max Mergeay

Ouvrage original

Prescott's Microbiology, 8^e 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

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

4^e 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

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	La 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, 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
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	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

- 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).

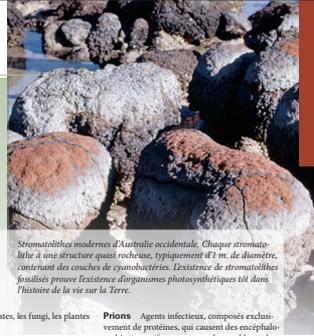


UNE INTÉGRATION THÉMATIQUE

- **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 eucaryotiques qui vitent depuis des formes unicellulaires (levures) jusqu'aux moisissures et aux champignons, multicellulaires.

Génération spontanée Ancienne théorie, à l'époque pré-microbienne, selon laquelle la vie pouvait apparaître 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 les organismes multicellulaires.

- **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 oligonucleotidique 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 terminale 3' (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 afin 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 relative de gènes.

commun. Les produits de gènes paralogs exercent des fonctions légèrement différentes.

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^{ème} siècle sont à présent décrites dans le **chapitre 16.**

36

L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique



Cette laborantienne travaille dans un laboratoire du réseau le plus étendu (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 n'est plus reconnue par les anticorps immunitaires de l'hôte.

Dérive antigénique Modification mineure du caractère antigénique d'un organisme qui lui 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.

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_w) 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 arche 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 réplique 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 réplique, appelé **origine de réplique** 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.

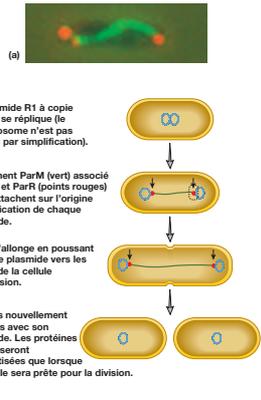


FIGURE 75 La ségrégation du plasmide R1 d'*E. coli* dépend des protéines Par. (a) Cellule d'*E. coli* montrant le partage des plasmides R1. Le filament ParM rendu fluorescent (en vert) est attaché aux plasmides (en rouge) qui ont été déplacés vers les pôles de la cellule. (b) Le mécanisme grâce auquel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

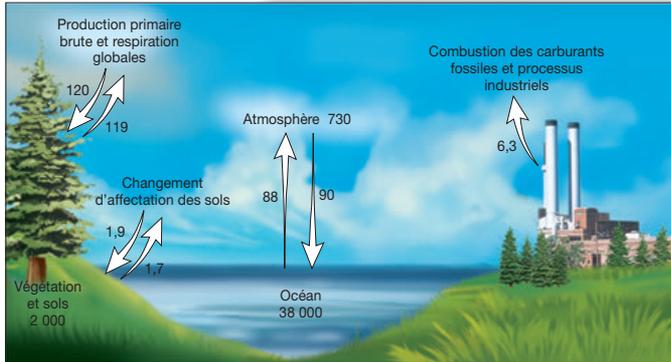
Rechercher G + CT_m calculator

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.

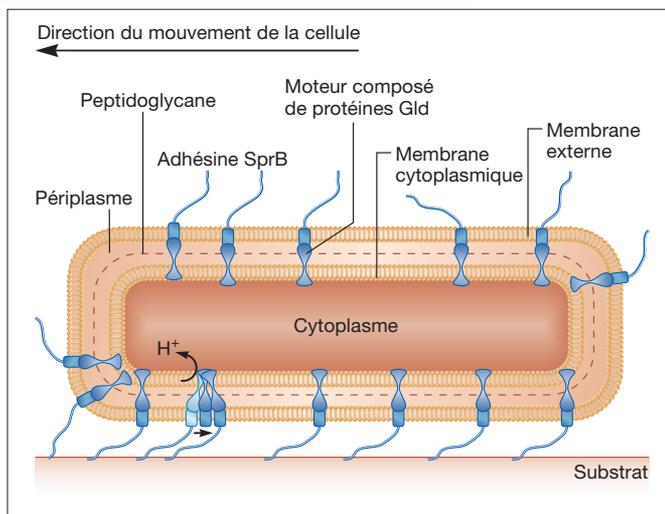
NOUVEAU ! L'icône d'animation – Ce symbole indique que la matière présentée dans le texte est également accompagnée d'une animation sur le site Internet du texte www.mhhe.com/wiley8.

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

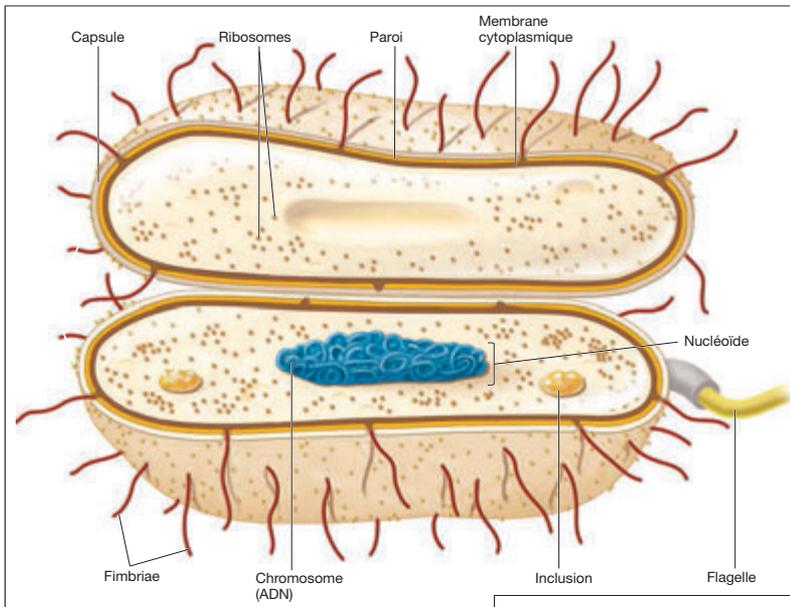


connect™

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

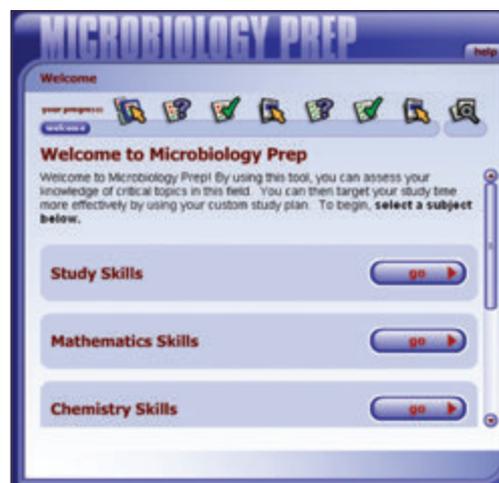
[Find out more >>](#)

Utilisez vos ressources pédagogiques pour les adapter à votre manière d'enseigner. Avec le programme McGraw-Hill Create (www.mcgrawhill.com), 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 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, 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.

Visitez le site
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^{ème} 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

1 La microbiologie et l'évolution des micro-organismes	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
2 L'étude de la structure microbienne : la microscopie et la préparation des échantillons	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
3 Les <i>Bacteria</i> et les <i>Archaea</i>	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
4 La cellule eucaryote : la structure et la fonction	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
---	-----

5 Les virus et les autres agents infectieux acellulaires	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

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

9 Introduction au métabolisme	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
10 Le catabolisme : la libération et la conservation de l'énergie	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
11 L'anabolisme : l'utilisation de l'énergie dans la biosynthèse	264
11.1 Les principes qui gouvernent la biosynthèse	265
11.2 Les métabolites précurseurs	266
11.3 La fixation du CO ₂	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

12 Les gènes : structure, réplication et expression	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
13 La génétique microbienne : la régulation de l'expression génétique	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
14 La génétique microbienne : les mécanismes de la variation génétique	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
15 La technologie de l'ADN recombinant	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	20 Les bactéries : les protéobactéries	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
16 La génomique microbienne		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	21 Les bactéries : les Gram-positives à faible teneur en G + C dans l'ADN	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	22 Les Bactéries : les Gram-positives à ADN à haute teneur en G + C	568	
16.8	La métagénomique	441	22.1	Les propriétés générales des actinomycètes	568
Cinquième partie La diversité du monde microbien			22.2	Le sous-ordre des <i>Actinomycineae</i>	572
17 La taxinomie microbienne et l'évolution de la diversité		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
18 Les Archaea		473	22.10	L'ordre des <i>Bifidobacteriales</i>	579
18.1	Vue d'ensemble des <i>Archaea</i>	473	23 Les protistes	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
19 Les bactéries : les deinocoques et les bactéries Gram-négatives autres que les protéobactéries		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>	505	24 Les champignons ou Fungi	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
			25 Les virus	616	
			25.1	La taxinomie et la phylogénie des virus	617

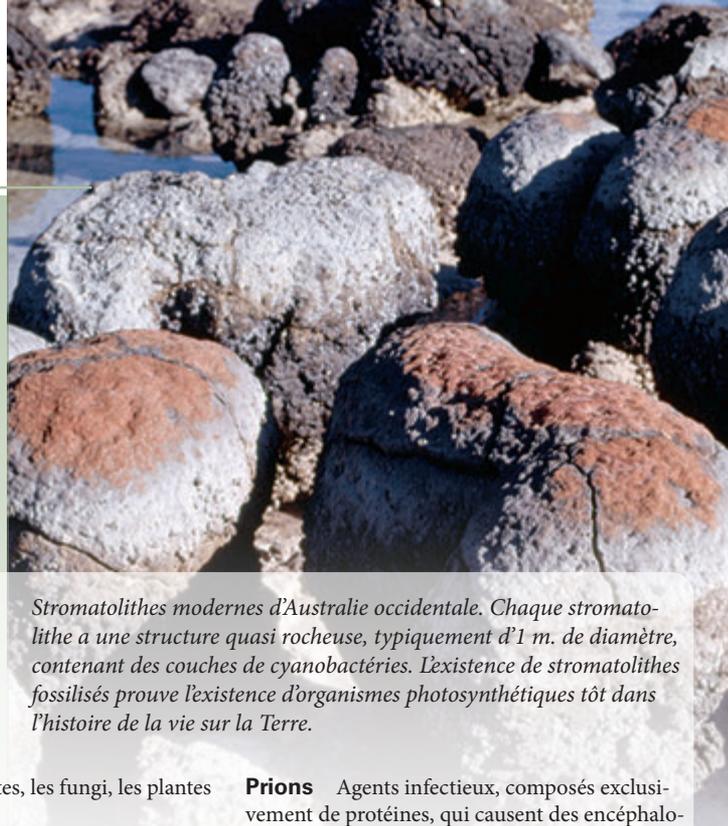
TABLE DES MATIÈRES

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			
Sixième partie Écologie et symbiose			Septième partie Pathogénicité et résistance de l'hôte		
26	Le recyclage biogéochimique	644	31	L'infection et la pathogénicité	739
26.1	Le recyclage biogéochimique	645	31.1	Les relations hôte-parasite	740
26.2	Le changement global du climat	653	31.2	Le processus de la maladie infectieuse	740
27	Les méthodes de l'écologie microbienne	658	31.3	La virulence	748
27.1	Les techniques de culture	659	32	La résistance non spécifique ou innée de l'hôte	760
27.2	Evaluer la diversité microbienne	662	32.1	Vue d'ensemble de la résistance de l'hôte	761
27.3	L'évaluation de l'activité d'une communauté microbienne	668	32.2	Les barrières physiques dans la résistance non spécifique (innée)	762
28	Les micro-organismes dans les milieux marins et dulçaquicoles	673	32.3	Les médiateurs chimiques dans la résistance non spécifique (innée)	764
28.1	L'eau en tant qu'habitat microbien	674	32.4	Les cellules, tissus et organes du système immunitaire	772
28.2	Les micro-organismes dans les milieux marins	677	32.5	La phagocytose	781
28.3	Les micro-organismes dans les milieux dulçaquicoles	686	32.6	L'inflammation	784
29	Les micro-organismes dans les écosystèmes terrestres	692	33	L'immunité spécifique ou adaptative	789
29.1	Les sols en tant que milieu pour les micro-organismes	693	33.1	Une vue générale de l'immunité spécifique ou adaptative	790
29.2	Les micro-organismes dans le sol	696	33.2	Les antigènes	791
29.3	Les associations des micro-organismes avec les plantes vasculaires	698	33.3	Les types d'immunité spécifique	793
29.4	La biosphère souterraine	709	33.4	La reconnaissance de l'étranger	794
30	Les interactions microbiennes	713	33.5	La biologie des cellules T	797
30.1	Les interactions microbiennes	714	33.6	La biologie des cellules B	801
30.2	Les interactions entre l'Homme et les micro-organismes	728	33.7	Les anticorps	803
30.3	La microflore normale du corps humain	731	33.8	L'action des anticorps	812
			33.9	La tolérance immunitaire acquise	814
			33.10	Les troubles immunitaires	815
Huitième partie Les maladies microbiennes et leur contrôle			34 La chimiothérapie antimicrobienne		
			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

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
35	La microbiologie et l'immunologie cliniques	850	39.6	Les maladies opportunistes	1002
35.1	Vue d'ensemble du laboratoire de microbiologie clinique	851	Neuvième partie Microbiologie appliquée		
35.2	L'identification des micro-organismes des échantillons	853	40	La microbiologie alimentaire	1009
35.3	L'immunologie clinique	863	40.1	La croissance des micro-organismes et la détérioration des aliments	1009
36	L'épidémiologie et la microbiologie en santé publique	873	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	41	La microbiologie industrielle	1032
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
37	Les maladies humaines dues aux virus et aux prions	897	41.5	Les micro-organismes en tant que produits	1047
37.1	Les maladies transmises par l'air	898	42	La microbiologie appliquée environnementale	1051
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	Annexe I	Revue de la chimie des molécules biologiques	A1
38	Les maladies humaines dues aux bactéries	932	Annexe II	Les voies métaboliques principales	A9
38.1	Les maladies transmises par l'air	933	Annexe III	Le diagramme de concepts	A16
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			
39	Les maladies humaines dues aux champignons et aux protistes	982			
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.

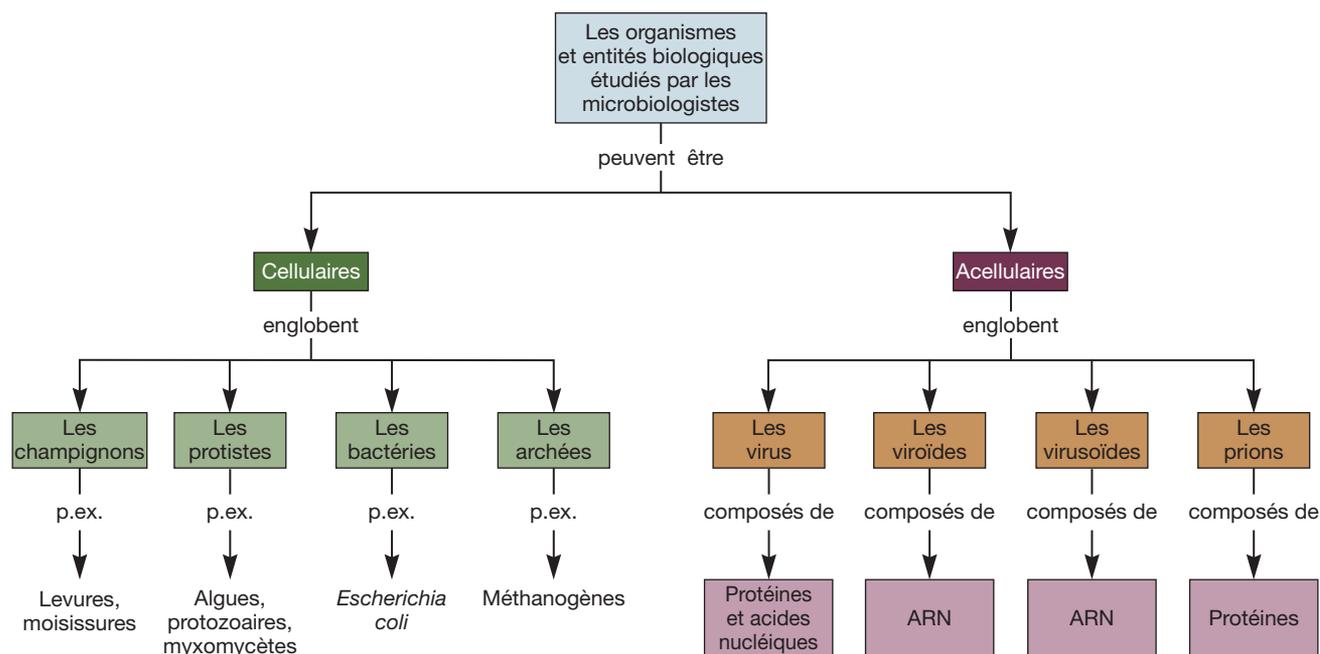


FIGURE 1.1 Diagramme de concept montrant les divers types d'entités biologiques.

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*¹ 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

¹ 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.

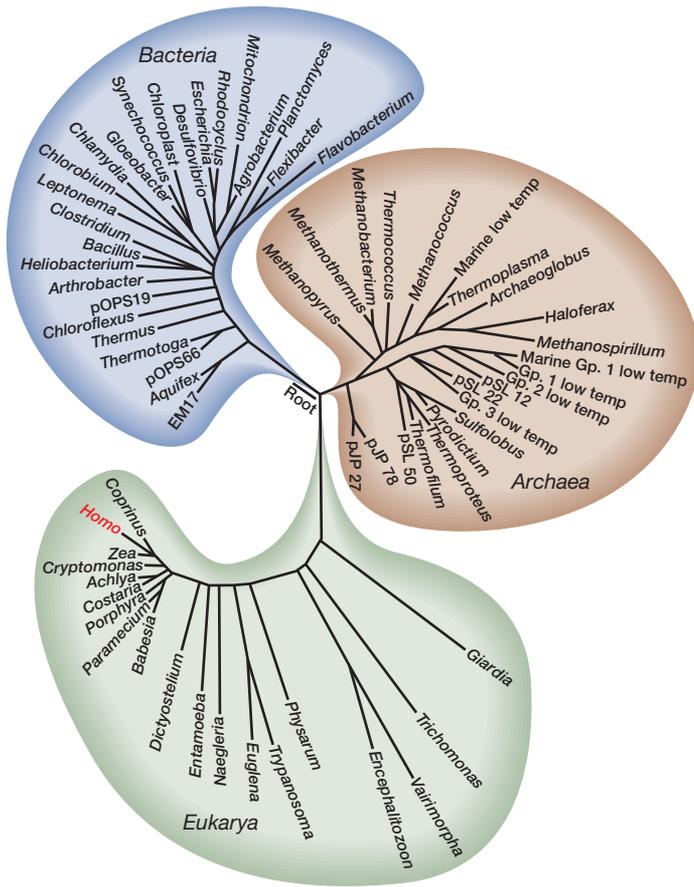


FIGURE 1.2 L'arbre phylogénétique universel. Ces relations évolutives sont basées sur des comparaisons de séquences d'ARNr. L'homme (*Homo*) est mis en évidence en rouge.

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 brouetteurs 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^{ème} 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 ?

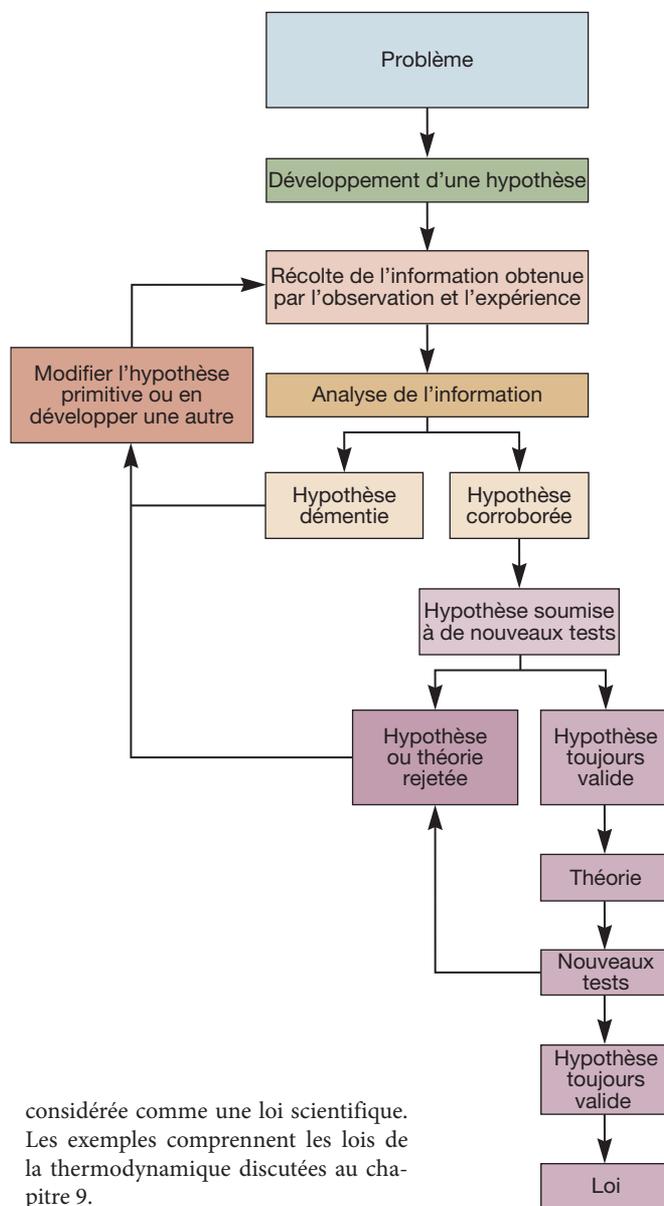
TECHNIQUES ET APPLICATIONS

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.

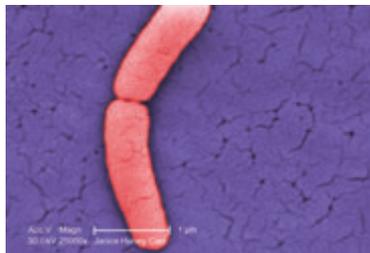
L'origine de la vie : quelles preuves ?

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

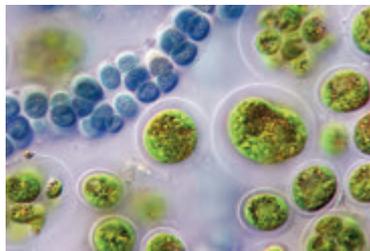
formes de vie. Mais comment cela s'est-il produit, et à quoi ressemblaient ces premières formes de vie ?

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.

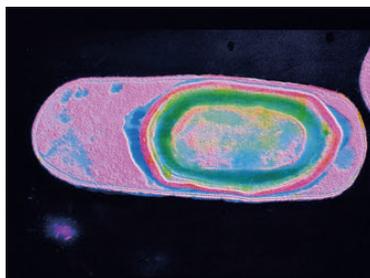
La première preuve directe d'une vie cellulaire a été découverte en 1977 dans une formation géologique d'Afrique du Sud, connue sous le nom de chert de Swartkoppie, un type de silice granuleuse.



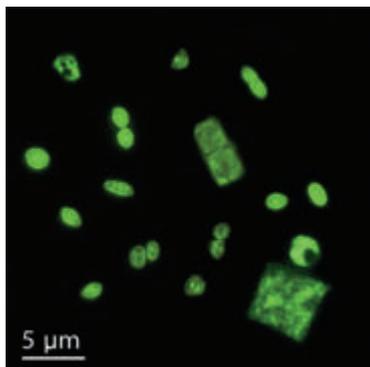
(a) Cellules et organisation. Les organismes maintiennent un ordre interne. L'unité d'organisation la plus simple est la cellule. Ci-contre, deux cellules bactériennes.



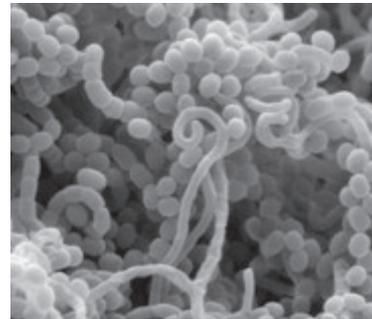
(b) Énergie et métabolisme. Les organismes ont besoin d'énergie pour maintenir l'organisation interne. L'énergie est utilisée dans des réactions chimiques dont le nom collectif est métabolisme. Ci-contre, deux organismes photosynthétiques : une cyanobactérie et une algue verte.



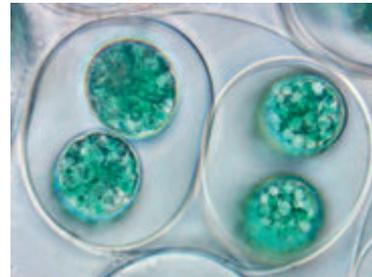
(c) Réponse à des changements de l'environnement. Les organismes réagissent à des changements de l'environnement pour promouvoir leur survie. En cas de carence nutritive, certaines bactéries forment des endospores. Ci-contre, une endospore ovale à l'intérieur de la cellule-mère qui est végétative.



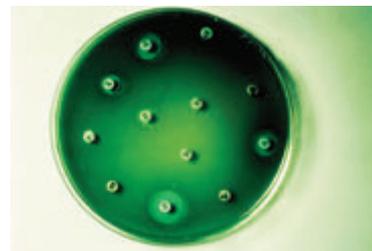
(d) Régulation et homéostasie. Les organismes régulent leurs cellules pour maintenir des conditions internes relativement stables, un processus appelé homéostasie. Ci-contre, des bactéries halophiles qui régulent leur métabolisme en fonction de la concentration en oxygène.



(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.

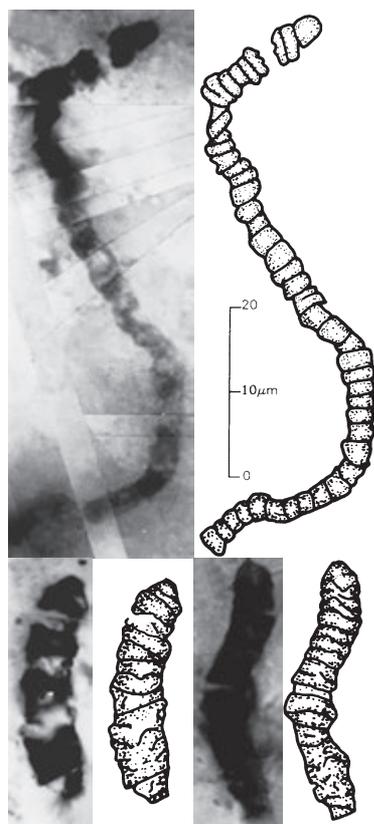


FIGURE 1.4 Microfossiles dans le chert de l'Apex Archéen en Australie. Ces microfossiles sont semblables aux cyanobactéries filamenteuses modernes.

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

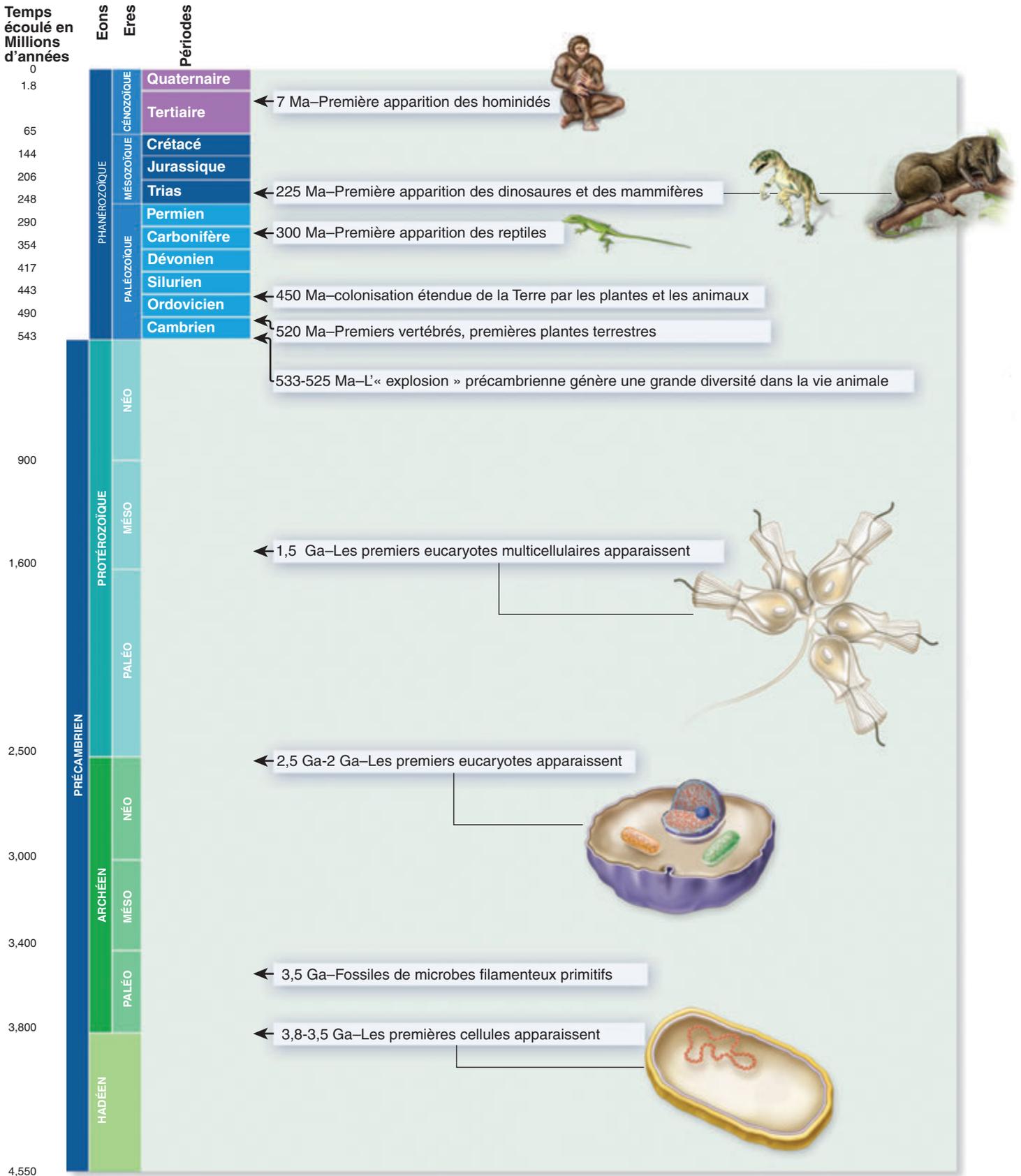


FIGURE 1.5 Panorama de l'Histoire de la Vie sur la Terre.

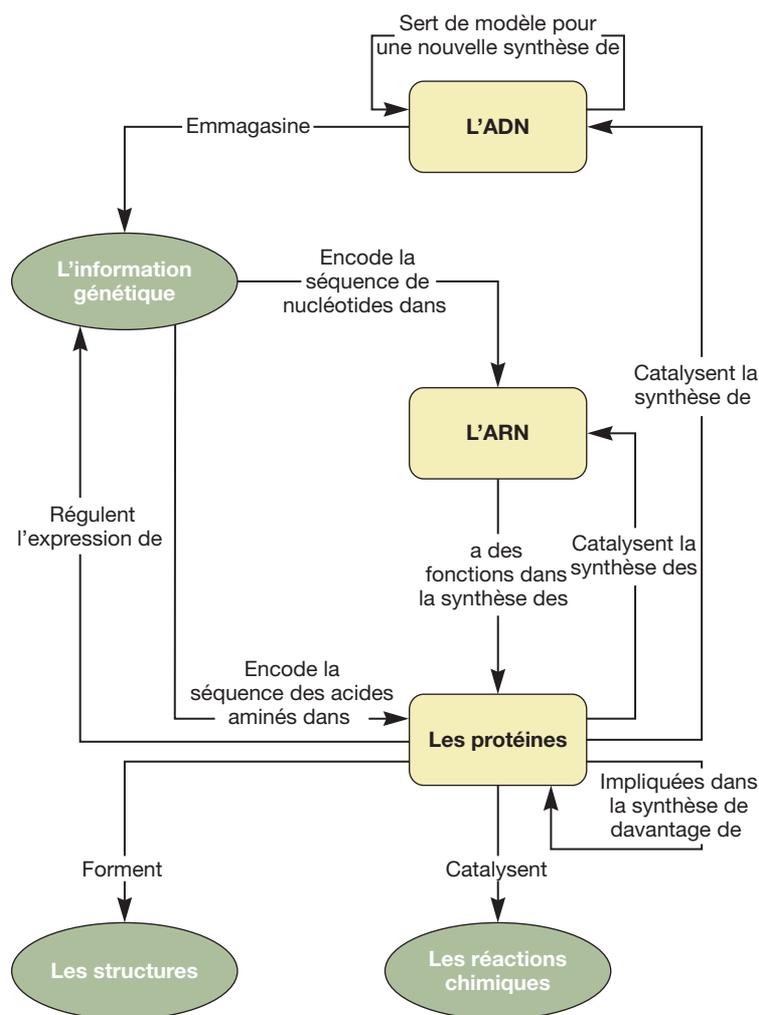


FIGURE 1.7 Fonctions de l'ADN, de l'ARN et des protéines et leurs relations croisées dans les cellules modernes.

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

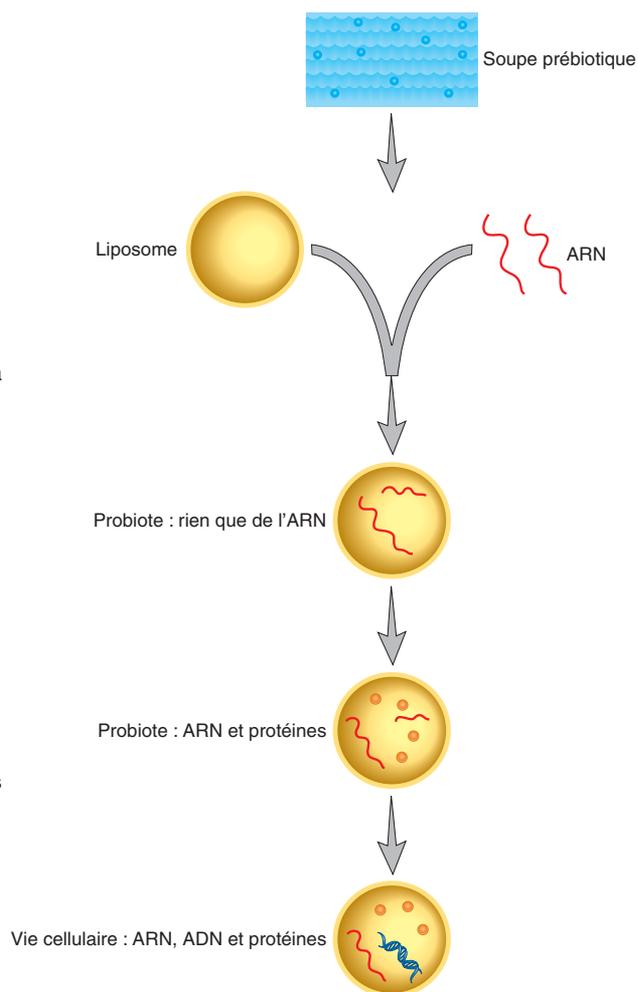


FIGURE 1.6 L'hypothèse du monde d'ARN et l'origine de la vie.

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

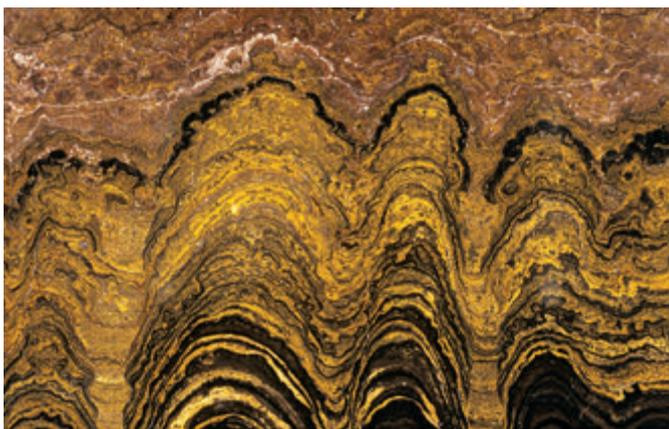


FIGURE 1.8 Section d'un stromatolithe fossilisé. D'après les biologistes de l'évolution, les feuilletés de matière rocheuse se sont formés lorsque des tapis de cyanobactéries étendus les uns sur les autres se sont minéralisés.

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.

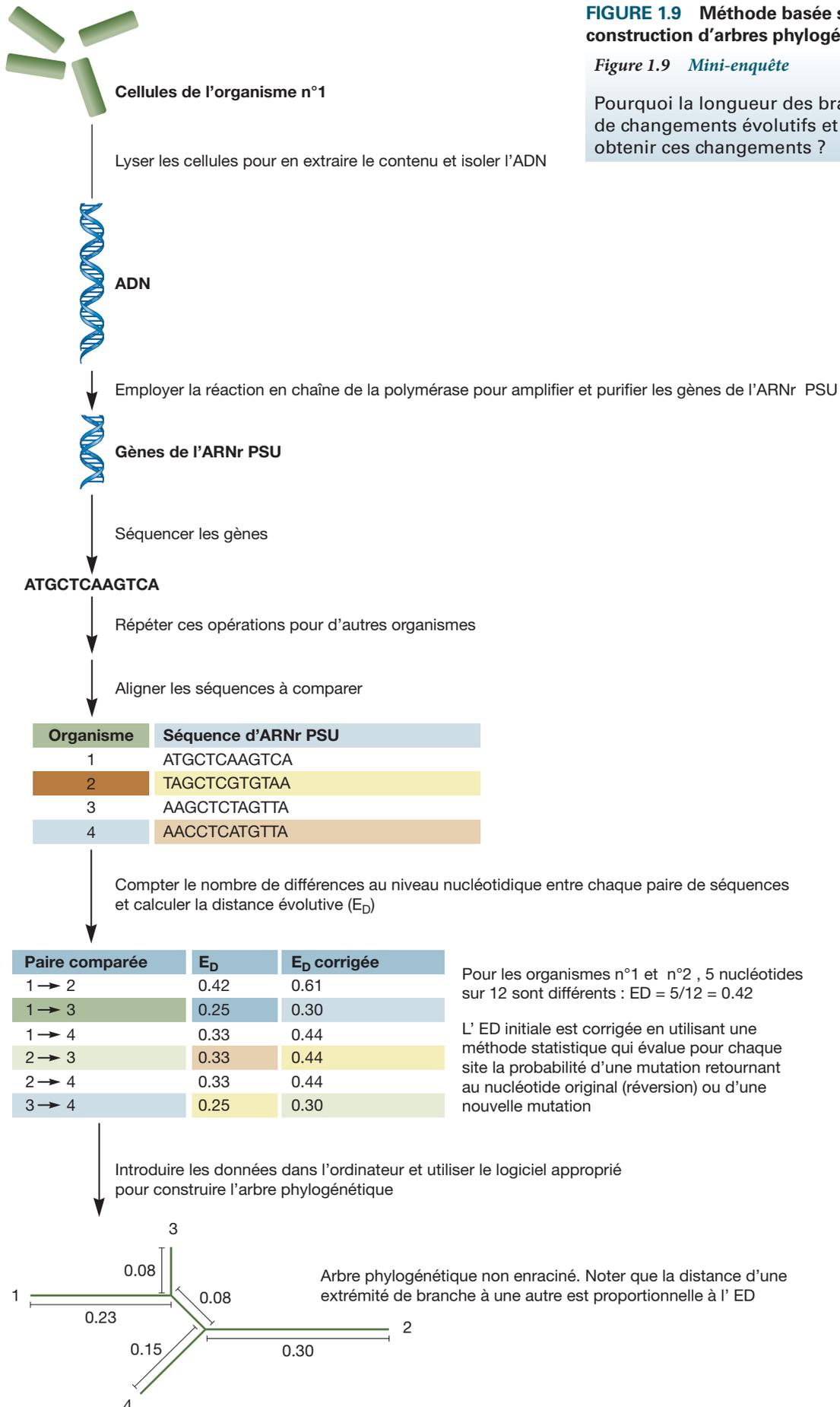


FIGURE 1.9 Méthode basée sur la distance pour la construction d'arbres phylogénétiques.

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' α -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'H₂ et du CO₂ comme produits finaux de son métabolisme. Au cours du temps, l'hôte est devenu dépendant de l'H₂ 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 TGH 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

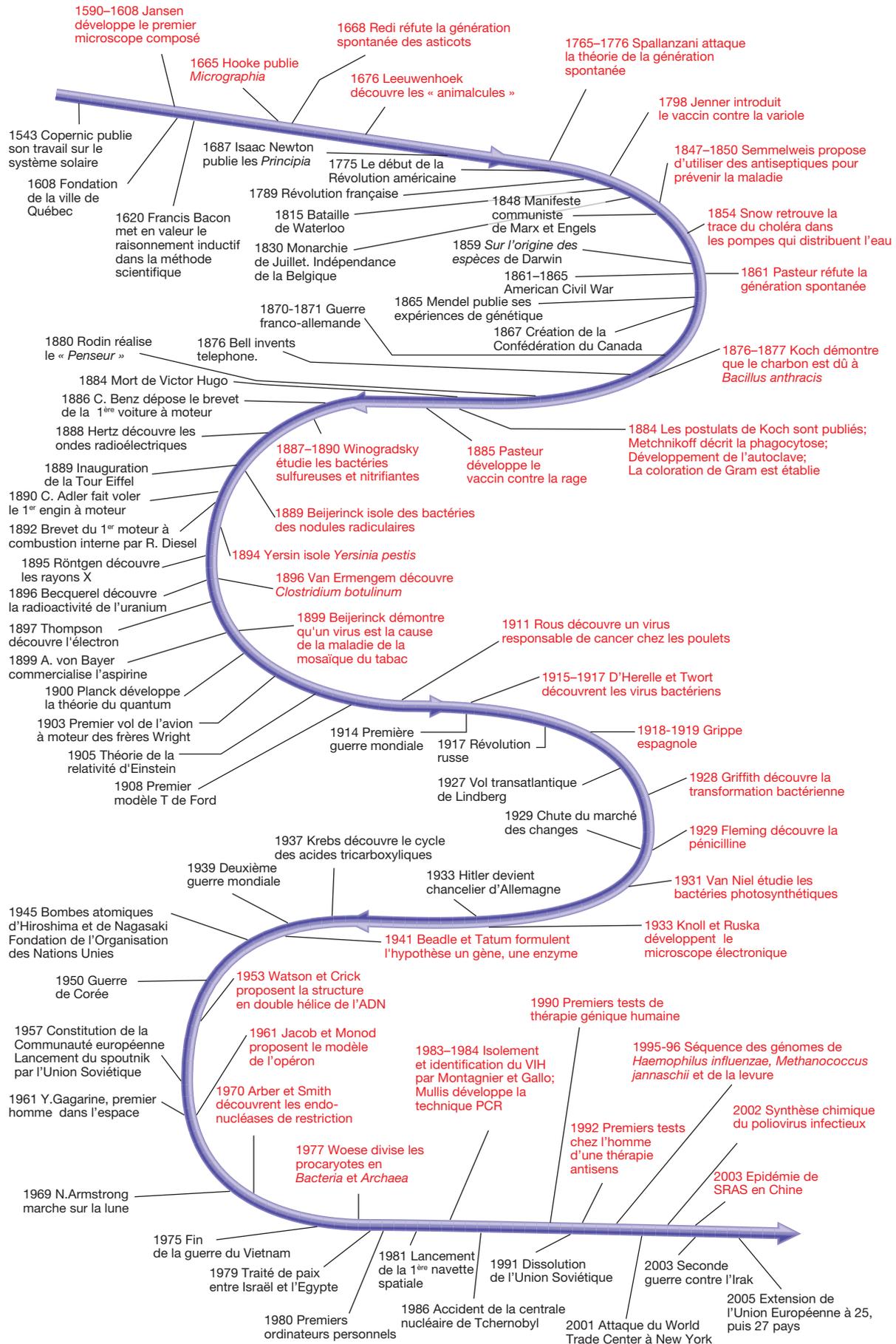


FIGURE 1.10 Quelques événements importants dans le développement de la microbiologie. Les étapes importantes de la microbiologie sont en rouge ; d'autres événements historiques sont en noir.

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.

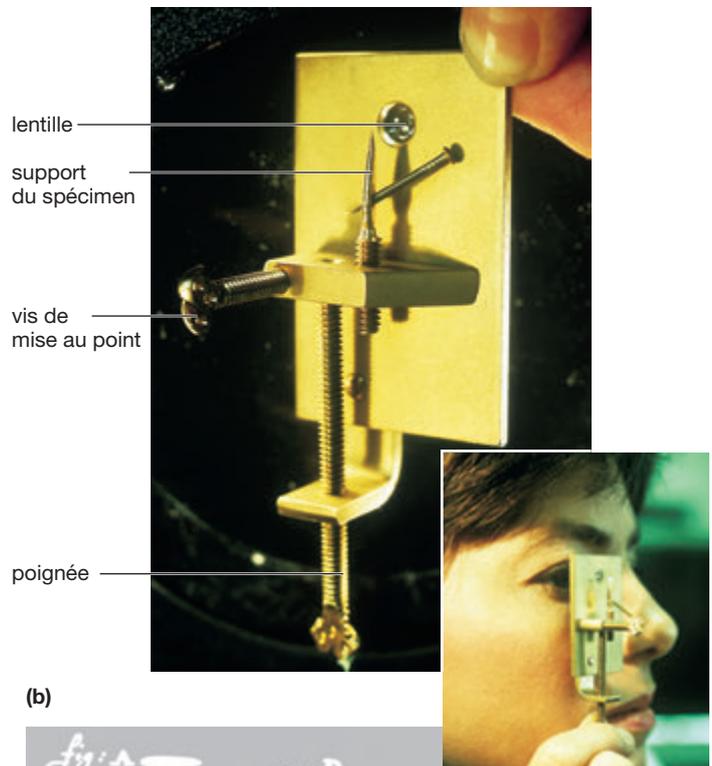
La découverte des micro-organismes par Leeuwenhoek raviva la controverse. Quelques-uns proposaient que les micro-organismes apparaissent par génération spontanée même si des organismes plus grands n'apparaissent pas spontanément. Ils faisaient remarquer que des extraits de foin ou de viande bouillis 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.

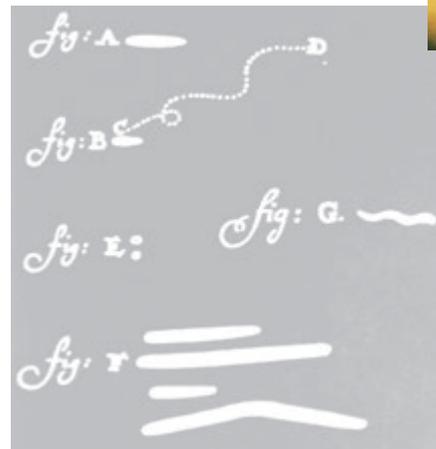
Plusieurs chercheurs essayèrent de contrer ces arguments. En laissant entrer de l'air, par un tube chauffé au rouge, dans un flacon contenant une solution nutritive stérile Théodore Schwann (1810-1882) montra que le flacon restait stérile. Plus tard, en laissant entrer de l'air dans un flacon de milieu 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.

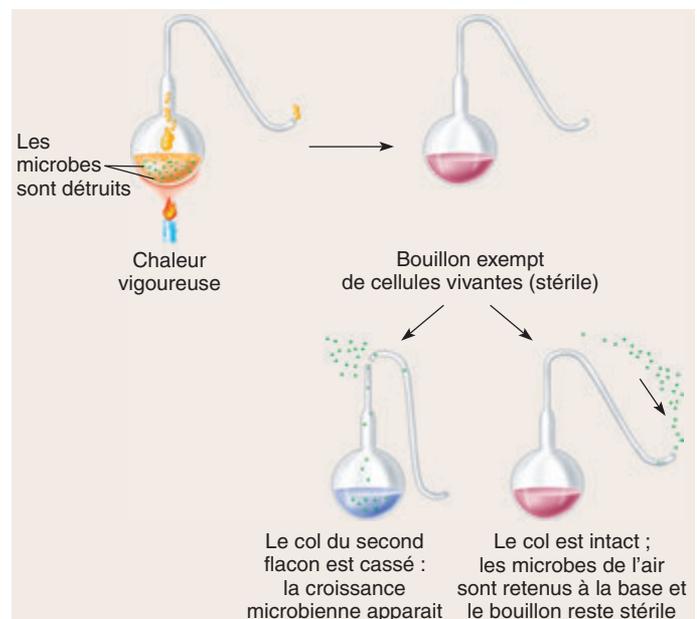


FIGURE 1.13 Les expériences de Pasteur avec les flacons à col de cygne dans ses expériences sur la génération spontanée des micro-organismes.

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.

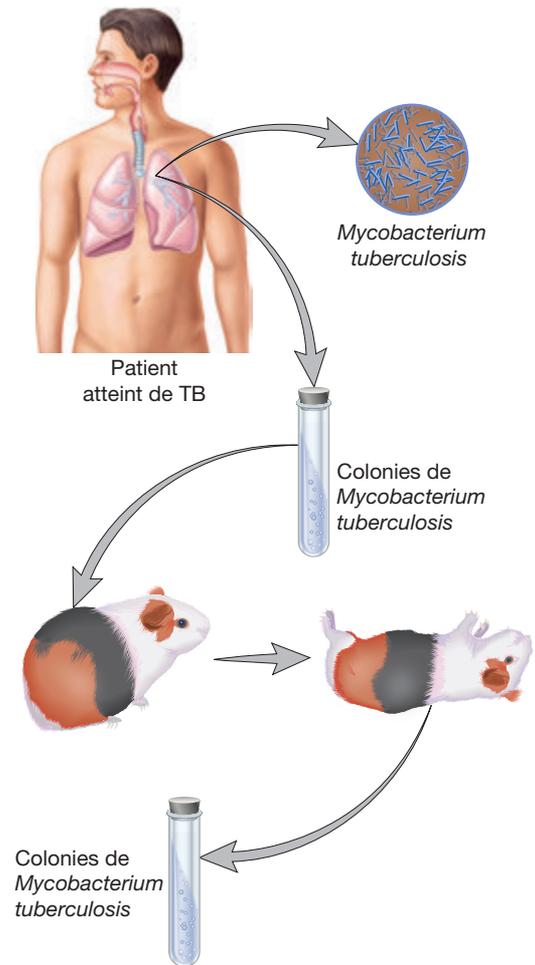


FIGURE 1.15 Postulats de Koch appliqués à la tuberculose.

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 CO₂ 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^{ème} 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 claires. 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^{ème} 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, 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 μm 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^{ème} 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	μm	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 ?

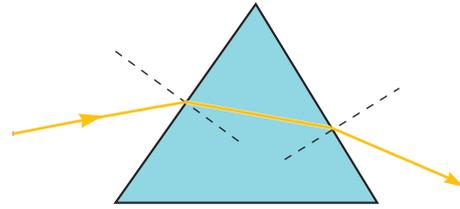


FIGURE 2.1 La déviation de la lumière par un prisme. Les normales (droites perpendiculaires à la surface du prisme) sont indiquées par des traits interrompus. Quand le rayon lumineux pénètre dans le prisme, il dévie vers la première normale. Quand le faisceau lumineux quitte le verre et retourne dans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

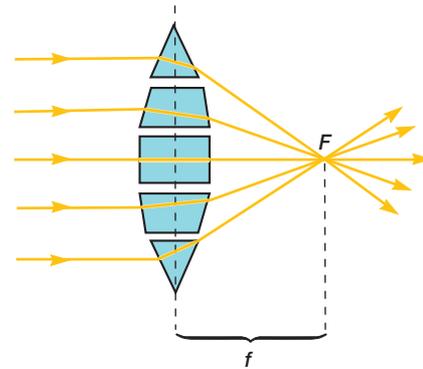


FIGURE 2.2 Le fonctionnement d'une lentille. Une lentille fonctionne un peu comme une collection de prismes. Les rayons lumineux provenant d'une source éloignée sont focalisés au foyer (F). Le foyer se trouve à une distance f , la distance focale, du centre de la lentille.

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,

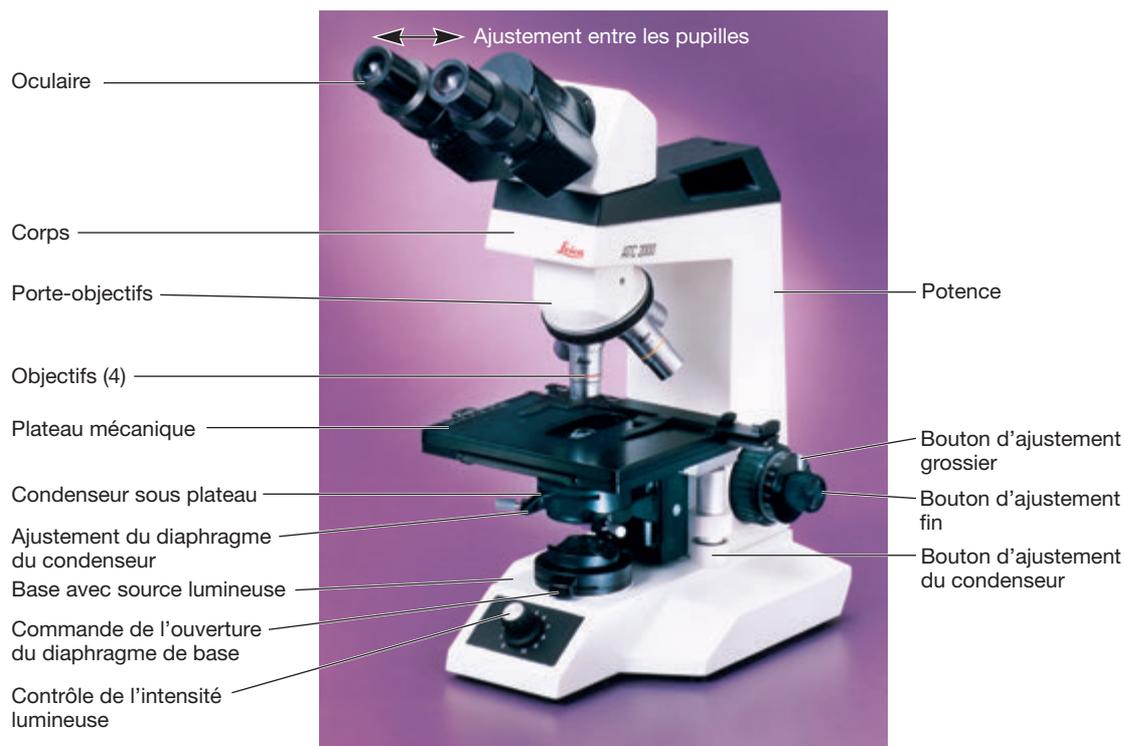


FIGURE 2.3 Un microscope à fond clair. Le microscope représenté est un peu plus sophistiqué que ceux des laboratoires pour étudiants. Il s'agit d'un binoculaire (il a deux oculaires) possédant un chariot mécanique, un condenseur ajustable et une ampoule électrique encastrée.

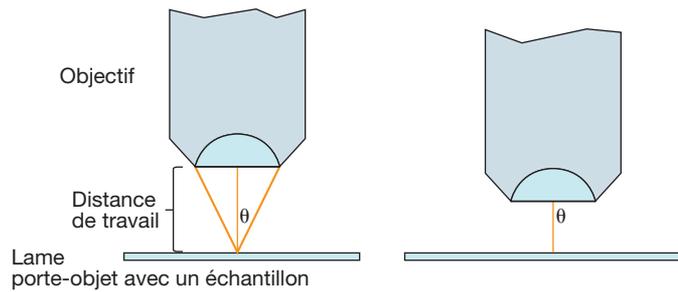


FIGURE 2.4 L'ouverture numérique d'un microscope. L'ouverture angulaire θ est la moitié de l'angle du cône de lumière qui vient de l'échantillon et pénètre dans la lentille. L'ouverture numérique est $n \sin \theta$. À droite de l'illustration, la lentille a une ouverture angulaire et numérique plus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

dans laquelle λ (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 θ 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 (θ maximum est 90° 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.

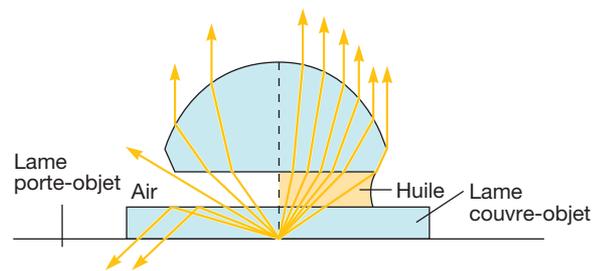


FIGURE 2.5 L'objectif à immersion. Objectif à immersion opérant dans l'air et dans l'huile à immersion.

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 (f)	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).

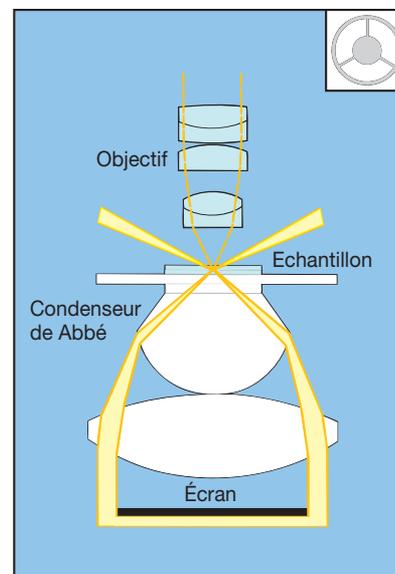


FIGURE 2.6 Le microscope à fond noir. La façon la plus simple de convertir un microscope en microscope à fond noir est de placer un écran sous un condenseur à lentilles convergentes. Ce condenseur produit un cône creux de lumière et la lumière, qui entre dans l'objectif, vient uniquement de l'échantillon.

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.

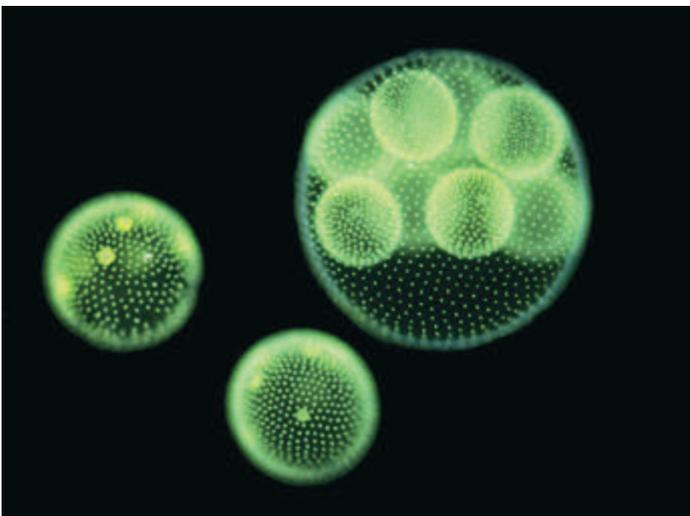
Le condenseur du microscope à contraste de phase possède un disque opaque avec un anneau transparent qui produit un cône lumineux creux (figure 2.9). Quand ce cône passe au travers d'une cellule, certains rayons lumineux sont déviés à cause des variations de densité et d'indice de réfraction dans l'échantillon 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 épaisse de la lame de



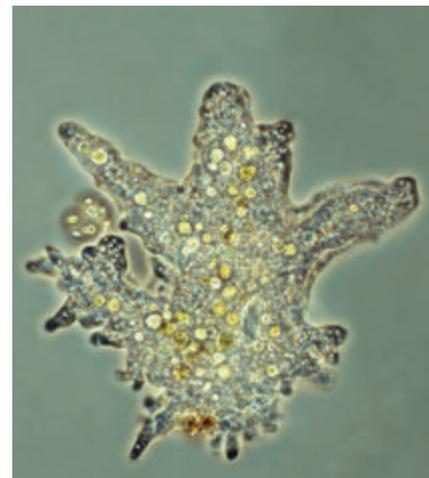
(a) *T. pallidum*



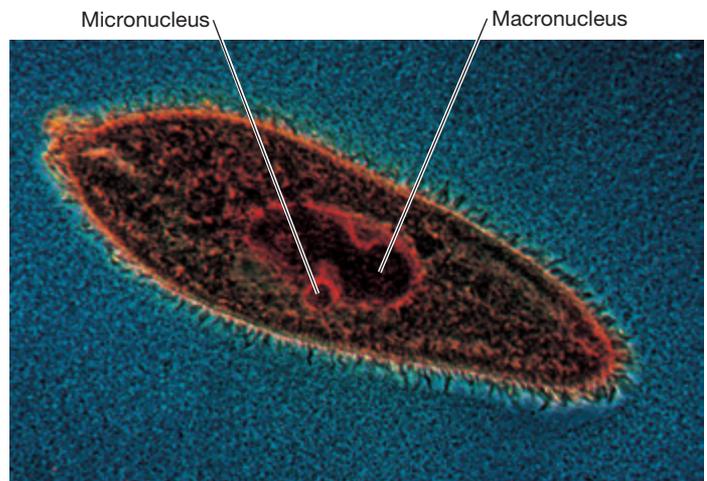
(a) *Pseudomonas*



(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 μm (b) une amibe. (c) *Paramecium* coloré pour montrer le macronoyau central et le micronoyau sphérique ($\times 100$).

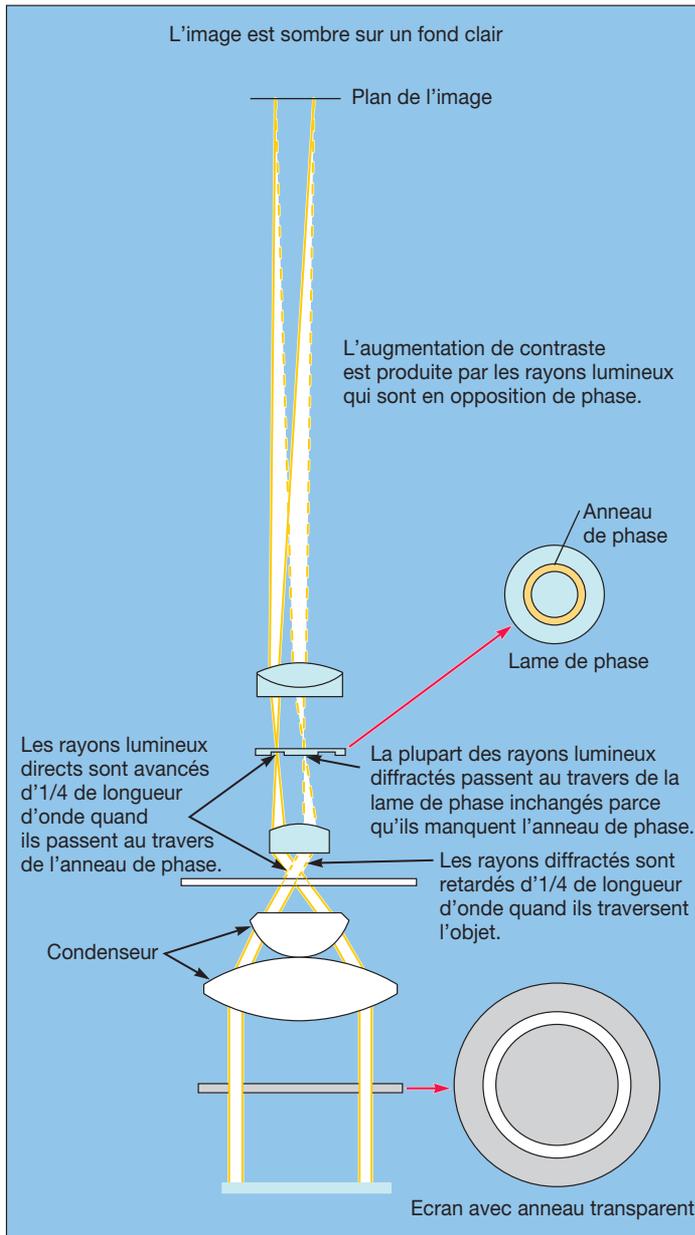


FIGURE 2.9 Le microscope à contraste de phase. Schéma de l'optique.

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 réfléchie. Les microscopes à épifluorescence ont un

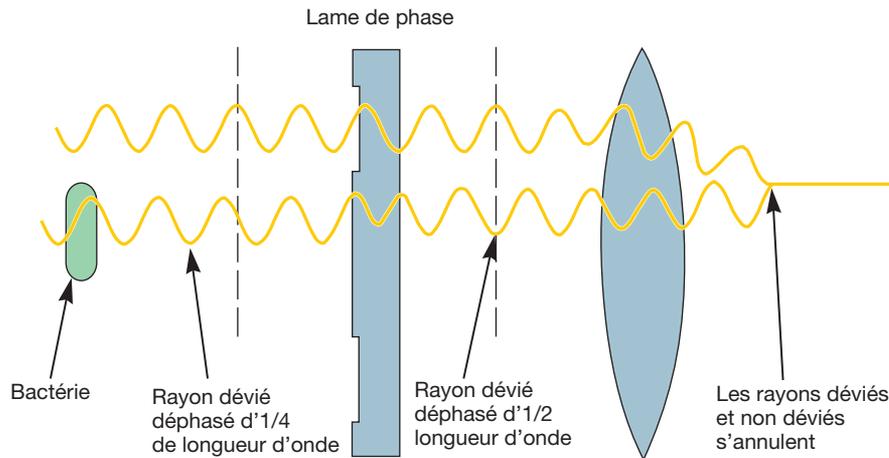


FIGURE 2.10 La production de contraste dans un microscope à contraste de phase. Le trajet des rayons lumineux déviés et non déviés ou non diffractés dans un microscope à contraste de phase. Les rayons lumineux tendant à s'annuler, l'image de l'échantillon sera sombre sur un fond clair.



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

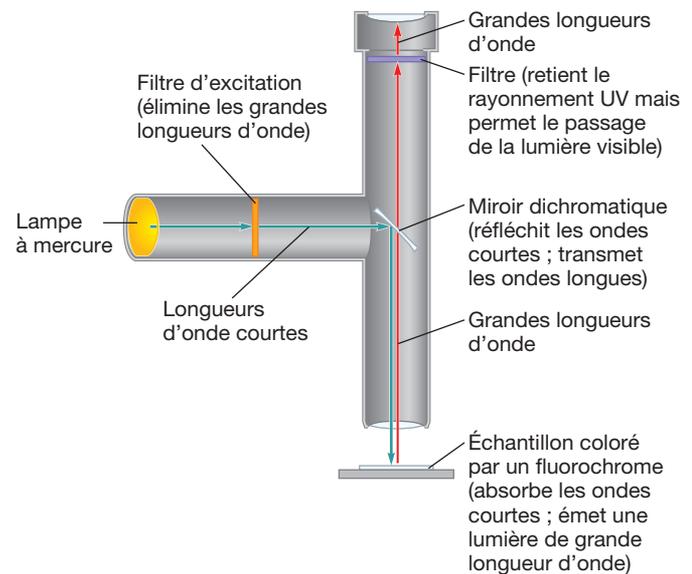


FIGURE 2.12 Le microscope à épifluorescence. Les principes du fonctionnement du microscope à épifluorescence.

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

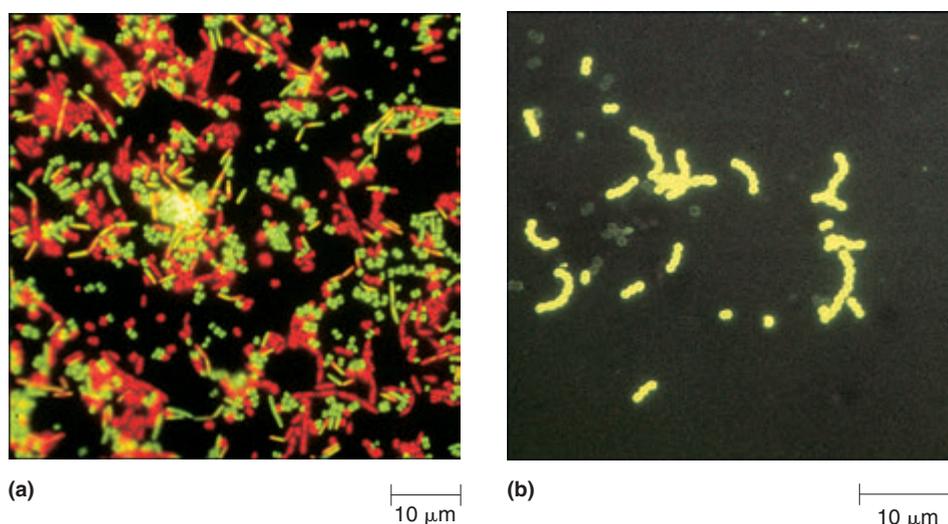


FIGURE 2.13 Colorants et marqueurs fluorescents. (a) Colorants qui permettent d'émettre une fluorescence verte pour les cellules vivantes et rouge pour les mortes. (b) Des anticorps fluorescents marquent des molécules spécifiques. Dans ce cas, l'anticorps se fixe à une molécule spécifique de *Streptococcus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

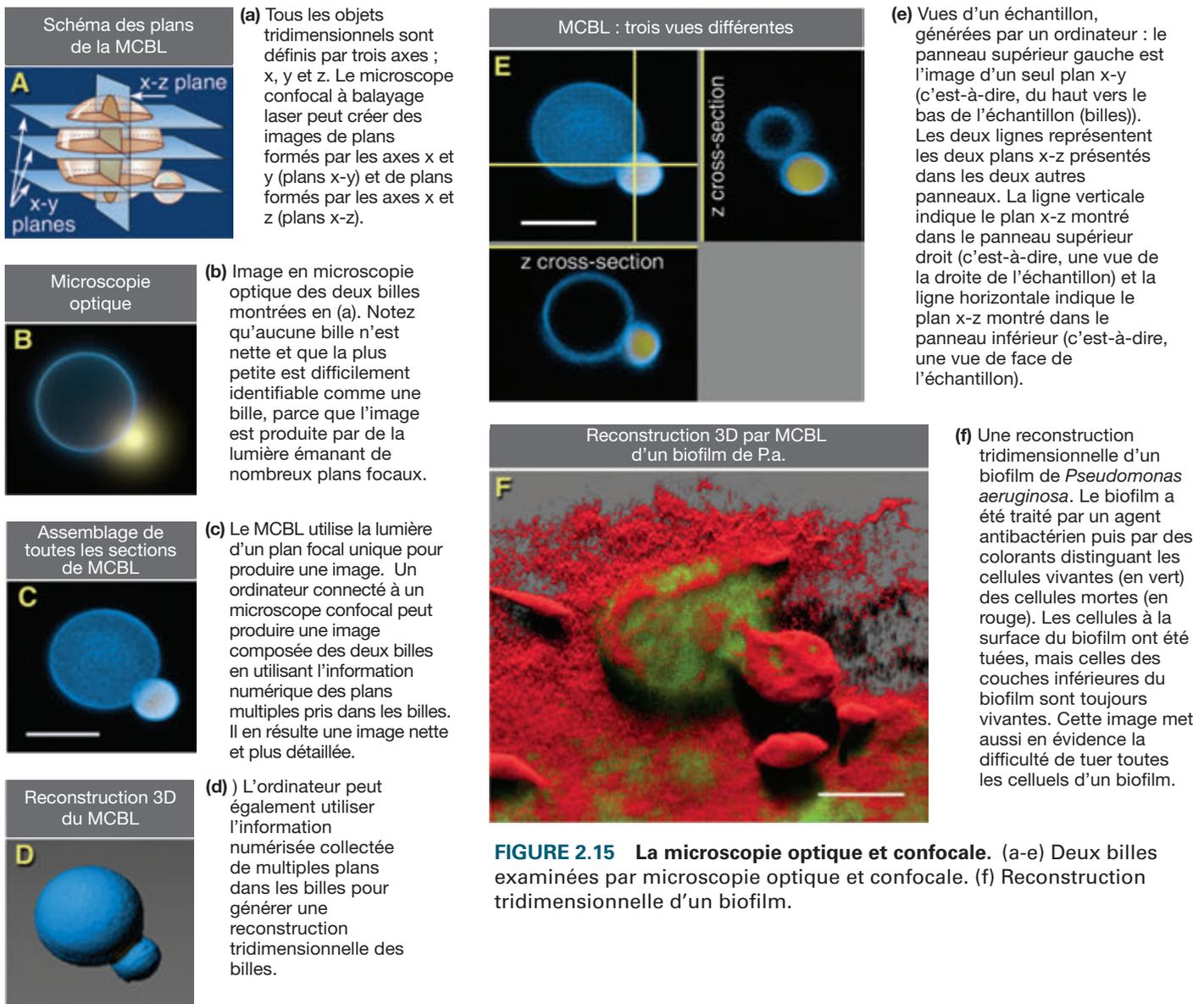


FIGURE 2.15 La microscopie optique et confocale. (a-e) Deux billes examinées par microscopie optique et confocale. (f) Reconstruction tridimensionnelle d'un biofilm.

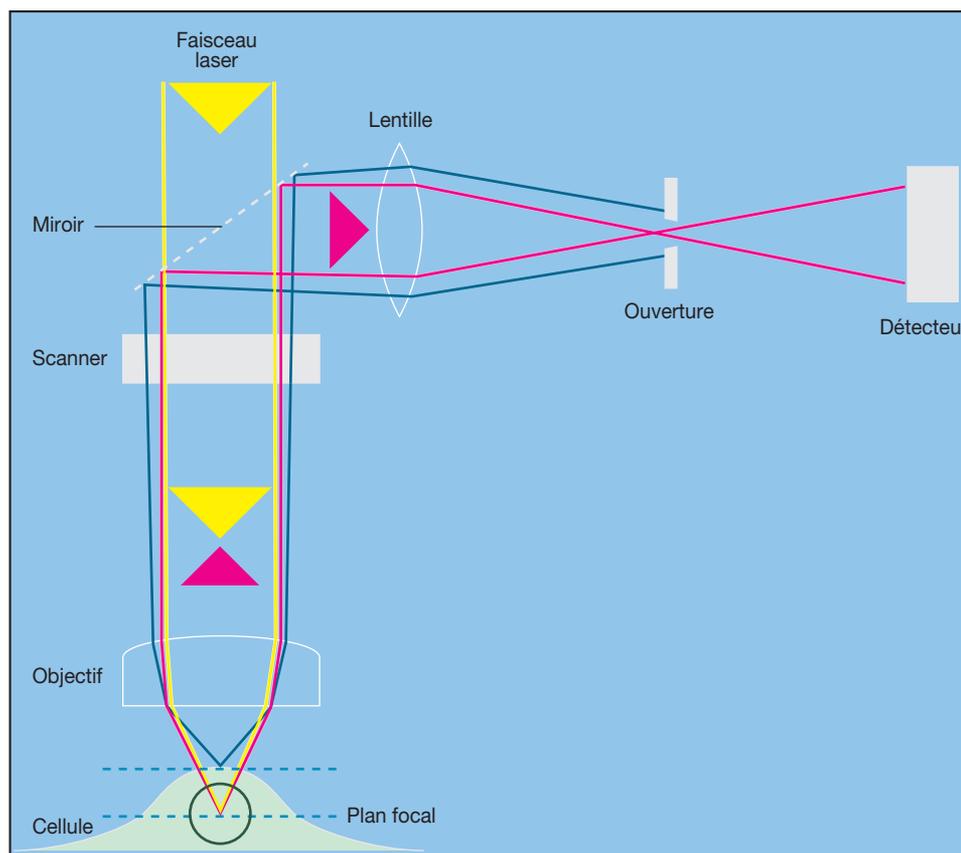


FIGURE 2.16 Le trajet du rayon dans un microscope confocal à balayage laser. Les lignes jaunes représentent le faisceau laser éclairant. Les lignes rouges symbolisent la lumière provenant du plan focal et les lignes bleues indiquent la lumière provenant de l'échantillon au-dessus et au-dessous du plan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

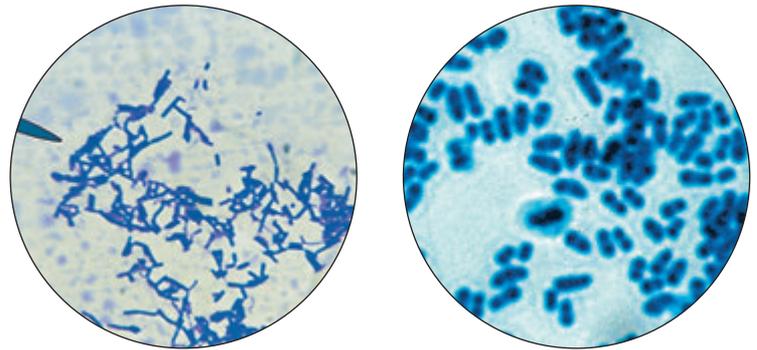
1. Les **colorants basiques** – bleu de méthylène, fuchsine basique, cristal violet, safranine, vert de malachite – ont des groupes chargés positivement (habituellement certaines formes d'azote pentavalent). Ils sont généralement vendus sous forme de chlorures. Les colorants basiques se fixent aux molécules 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.

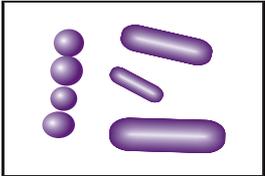
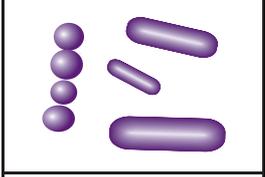
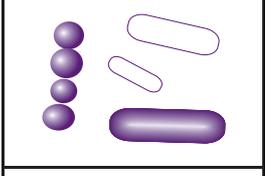
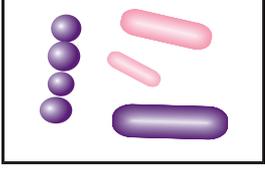
Étapes de la coloration	États des bactéries
 <p>Étape 1 : Cristal violet (colorant primaire) pendant une minute. Rincer à l'eau.</p>	Les cellules sont violettes.
 <p>Étape 2 : Iode/iodure (mordant) pendant une minute. Rincer à l'eau.</p>	Les cellules sont violettes.
 <p>Étape 3 : Alcool (dénaturant) 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.

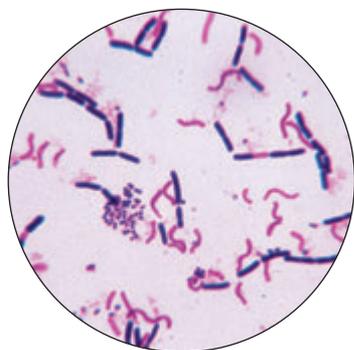
Dans la première étape de la coloration de Gram (**figure 2.18**, le frottis est coloré avec le cristal violet, un colorant basique, pour obtenir une coloration primaire. Ensuite la préparation est traitée avec une solution d'iode qui agit comme un **mordant**, c'est-à-dire qu'elle augmente les interactions 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)



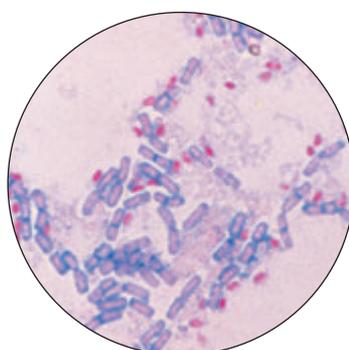
Recherchez sur Internet : Gram-stain/microbiologybytes

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.

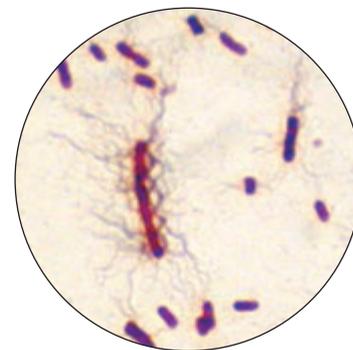
De nombreux procédés spéciaux de coloration ont été développés au cours des années pour étudier des structures bactériennes spécifiques à l'aide du microscope optique. La **coloration des endospores**, comme la coloration acido-alcoolo-résistante, exige



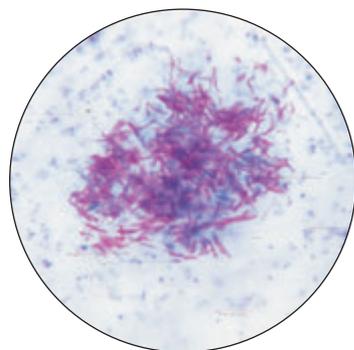
(a) La coloration de Gram.
Les cellules violettes sont Gram-positives.
Les cellules rouges sont Gram-négatives.



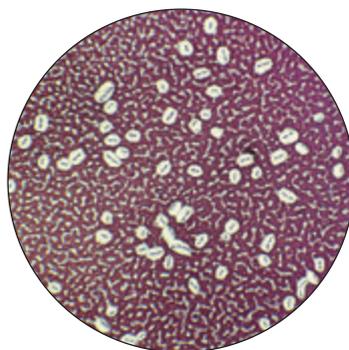
(c) La coloration des endospores
(en rouge) et des cellules végétatives
(en bleu) (*Bacillus subtilis*).



(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 μm 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 μm 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 \times (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.

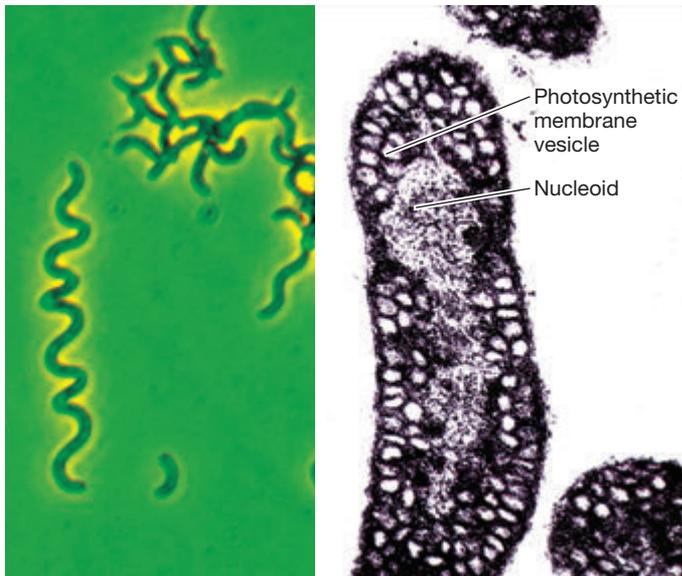
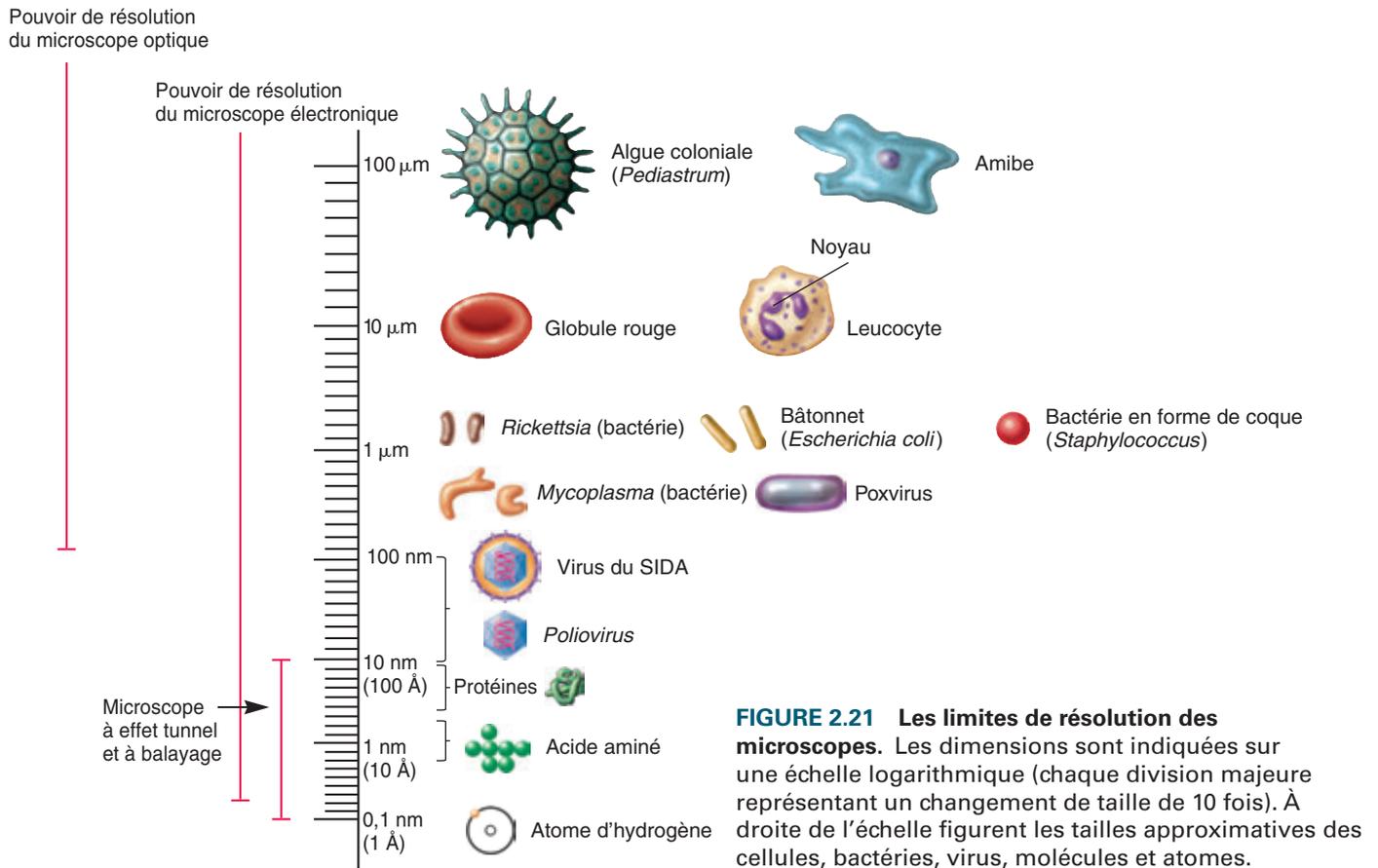


FIGURE 2.20 Les microscopies optique et électronique. Une comparaison de la résolution des microscopes électronique et optique. (a) *Rhodospirillum rubrum* au microscope à contraste de phase ($\times 600$). (b) Une fine coupe de *R. rubrum* au microscope électronique à transmission ($\times 100.000$).

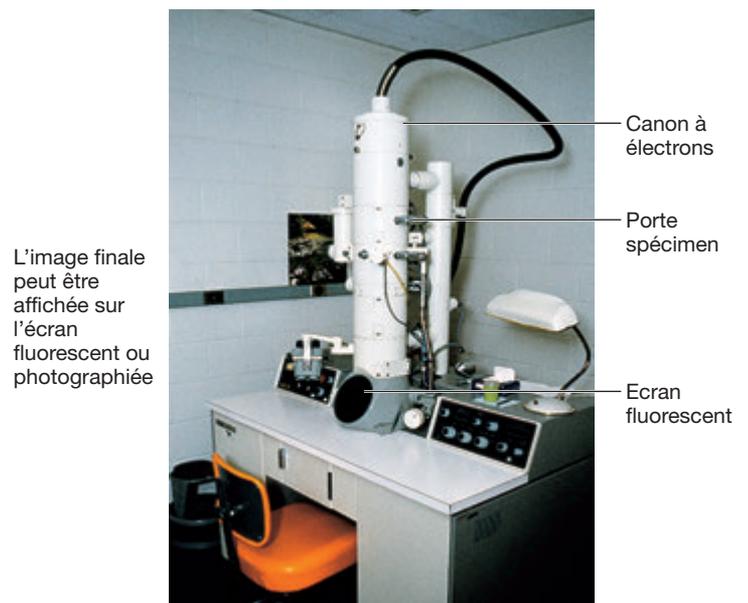


FIGURE 2.22 Un microscope électronique moderne à transmission. Le canon à électrons est au sommet de la colonne centrale et les lentilles magnétiques sont à l'intérieur de la colonne. L'image sur l'écran fluorescent peut être vue au travers d'une loupe positionnée devant le hublot d'observation. La caméra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

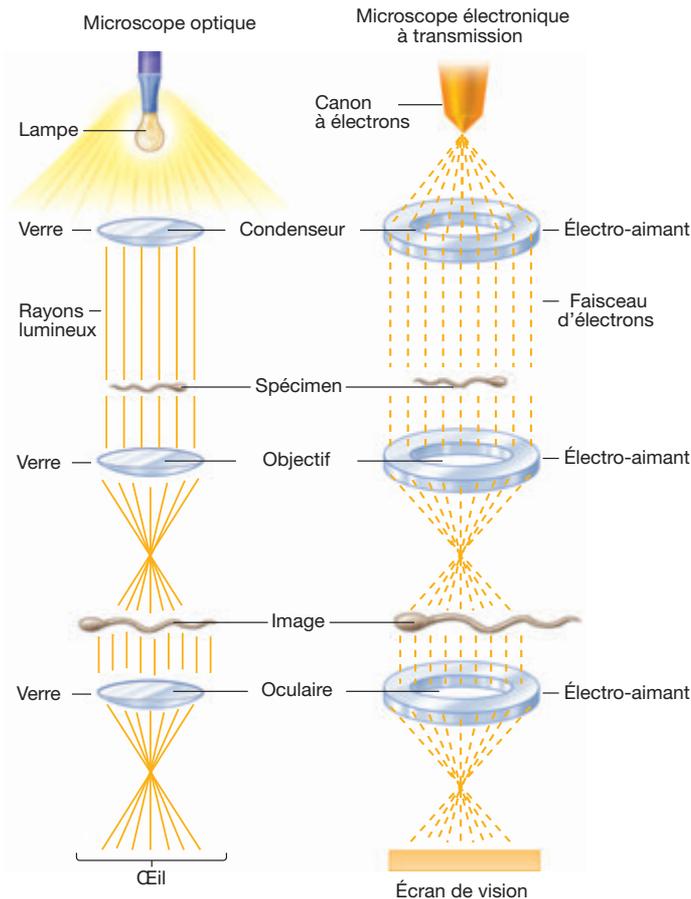


FIGURE 2.23 Le fonctionnement du microscope électronique à transmission. Comparaison entre un microscope optique et un microscope électronique à transmission.

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 ^a	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)

^a 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-β-d-glucuronide (MUG) 1056
5-bisphosphate carboxylase 69, 264, 268
5-bisphosphate carboxylase – oxygénase 533
5-bromo-4-chloro-3-indolyl-β-D-galactopyranoside 408
5-bromouracile 365-366
5-fluocytosine 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
ΔG
fonds marins 685
ΔG positif 723
α-amanitine 612
α-cétoglutarate 231, 236-237, 250, 267, 274-275, 1041
α-cétoglutarate déshydrogénase 278
α-hémolysine
sécrétion 327
α-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
α-protéobactérie *Rickettsia prowazekii* 461
β-amylases 1027
β-carotène 142, 254, 256
β-galactosidase 249, 333, 337-339, 369, 407
réactions 335
β-galactoside perméase 337
β-hémolysine 563
β-lactamase 380, 407, 960
β-lactamase (pénicillinase) 832
β-oxydation des acides gras 250
β-propiolactone 203
β-protéobactérie 498, 522, 524, 532, 651
fixation de l'azote 648, 703
relations mycorhiziennes 702
β-semialdéhyde aspartique 279
γ-hexachlorocyclohexane 1068
γ-protéobactérie 498, 522-523, 528, 531, 536, 651, 714, 1043, 1044
communauté bactérienne endosymbiotique 719
endosymbiotes 719
pourpres sulfureuses 517
rhodopsine 442
ΔG°' 218
δ-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
ε-protéobactéries 547
φX174 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
CO₂ 245
Fe₃ 245
Fumarate 245
HAsO₄²⁻ 245
NO₃ 245
O₂ 245
S⁰ 245
SeO₄²⁻ 245
SO₄²⁻ 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 183
- 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
génom 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
- amorces 301, 397, 401, 404
- amorces ARN 304
- amorces d'ARN 300, 302-303
- amorces d'avant 405
- amorces matrice 302
- amorces oligonucléotidiques 454
- amorces réverses 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
- anaérobie 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
- antiorlogique 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
- α -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
Archeae 475
Bacteria 475
- arbre phylogénique universel 4, 10, 446, 458-459, 583
- Archeae* 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
- Archeae* 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
 phyto-rémediation 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
 dénitrification 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_a) 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
baeocytes 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
 bêtaapropiolactone 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
 H₂ 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
 rennins 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
Calymatobacterium 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
 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
 - CO₂ 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
 CO₂ 229, 234, 267, 282
 fixation 251, 254
 fixation du CO₂ 267-268
 source de carbone 139, 229
 CO₂ 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 γ 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⁺ \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 Négre 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⁺/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 λ 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 β -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
 dendroctone du pin jaune 656
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 (CO₂) 248, 645
diphthérie 932-934
cutanée 935
exotoxine 933
vaccin 935
diphthérie
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 diphthérie, 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
- épuration 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* entéroagréatives) 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 entéroagréatives (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
 - centre 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 bieneusi* 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
 épidémique 873
 Epidermophyton 995
 flocosum 995-996
 épifluorescence 664, 683
 épilimnion 689
 épimastigotes 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
 génomme 438
 génommes 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
 splïcosome 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
 génomes 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 rho (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
 Fe³⁺ 229
 Féculents
 détérioration 1010
 Fe(III) 535, 543
 Félix d'Hérelle 205
 fer 245
 assimilation 145
 formes principales 645
 fer ferrique (Fe³⁺) 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
 Fe₂ 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
récurrente (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 CO₂ 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
 CH₄ 653
 CO₂ 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 chlamydospore 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
 γ -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- β -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
- H₂ 230
H₂S 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
génomique 429
génomique 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 α 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 α 551, 564-565
- hémolyse β 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*
 génome 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
 tuberculinaire 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 α 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- α 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, Shibusaburo 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. diacetylactis 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
 polymorphonuléaires (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
- lithotrophie 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
- lysate 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 λ 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
- macrocytes 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 gélifiée 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
mélibiose 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
Mepro (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}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 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 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
 H_2S 668
 N_2O 668
 pH 668
 teneur en 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 vascu-
 laires 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
génomme 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
génomme 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
 génomique 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
 génomique 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
 génomique 411, 553
 génomique complète 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
 génomique 553
 identification clinique 855, 865
 membrane cytoplasmique 553
 mobilité par glissement 555
 pneumonie 932, 940
 stéroïdes 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⁺ 216, 218, 229, 232, 269, 303, 480-481, 484
 NADH 214, 231-232, 234, 236, 238-239, 242, 244-246, 250
 NADH₂ 229
 NADH déshydrogénase 215, 239
 NADP⁺ 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^fMét 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⁺) 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 tergarcus
 caractéristiques 548
 nitrification 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
 nitrification 252-253, 648
Nitrobacter 523
 caractéristiques 516
Nitrobacter winogradskyi 141, 523-524
nitrococcus
 nitrification 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
 nitrospira
 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 sérotype B
 vaccin MenB 441
 NMN 303
 NMPs 303
 NNRTI (inhibiteurs non nucléosidiques de la transcriptase inverse) 840, 914
 NO₃ 245
 NO₃⁻ 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 radiculaire 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**
O₂ 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 mycorrhiziennes 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
 pénicillinase (β -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 β 300
 pinces optiques 661
 pince β 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- β -hydroxybutyrate 249, 521, 525, 1043
 poly- β -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 N₂ 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 transfert des 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
 salmonellose 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
- sciure 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
- sélectines 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
- SeO₄²⁻ 229
- S. epidermidis* 562, 733
coagulase-négatifs 956
méningite 936
- septation 159
- septicémie 547, 739, 750
- septicité 971
- Septra (triméthoprime/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
- sérovars 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 ρ 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
- SO₂/sulfite 1014
- SO₄²⁻ 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
 H₂ 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
 sphéroplast 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
 splïcosome 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 (θ) 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 (H₂S) 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
- téroxide 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 S₀ 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 (ρ)
 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 fœtus 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
 α 93
 β 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^o 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 (ΔG) 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 β -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 CO₂ 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
 CO₂ 680
 cycle du carbone 682
 flux de CO₂ 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^e 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 (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^e 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^e 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