

Biology of microorganisms

by Madigan · Language: FR

Summary by booksummaryai.com — <https://booksummaryai.com/country/fr/biology-of-microorganisms-resume>

Summary

En 60 secondes

C'est la bible de la microbiologie : une visite guidée des êtres vivants les plus petits et des conséquences les plus immenses qu'ils provoquent. Vous rencontrez les pionniers qui ont prouvé l'existence des microbes, vous regardez une cellule unique transformer le glucose en vie, et vous voyez comment l'ADN se copie lui-même. Puis le livre devient sombre et pratique : pestes, pandémies, choléra, et les antibiotiques qui courent pour garder une longueur d'avance sur la résistance. Chaque chapitre associe un concept fondamental à une histoire que vous n'oublierez pas.

Pourquoi le lire

Les microbes décident si votre pain lève, si votre vache digère l'herbe, si votre plaie guérit et si vos antibiotiques fonctionnent encore. Ce livre vous donne le vocabulaire de travail nécessaire pour comprendre les actualités sur les épidémies, la résistance et le microbiome sans vous laisser abuser par le battage médiatique. Il convient aux étudiants, aux médecins, aux fondateurs de biotech et à tout lecteur curieux prêt à rencontrer les organismes qui nous surpassent en nombre à tous égards.

Les idées clés

Deux hommes avec des microscopes artisanaux ont ouvert le monde invisible

Londres, 1665. Robert Hooke place un fragment de moisissure de pain sous sa lentille et dessine ce qu'il voit, publiant le premier dessin d'un micro-organisme dans son livre *Micrographia*. Une décennie plus tard, en 1676, Antoni van Leeuwenhoek observe des bactéries grâce à des microscopes à lentille unique de sa propre fabrication, les appelant « animalcules ». Ni l'un ni l'autre ne sait ce qu'ils ont déclenché, mais ensemble ils ont prouvé que la vie existe bien en dessous de ce que l'œil peut voir, et la microbiologie a ses deux premiers témoins oculaires.

La découverte commence souvent avec de meilleurs yeux, pas de meilleures théories. Hooke a montré qu'une moisissure était une structure vivante méritant d'être dessinée ; Leeuwenhoek est allé plus loin et a révélé toute une population en mouvement que personne ne soupçonnait. Ce qui surprend les lecteurs, c'est la rudesse des outils : des lentilles simples, taillées à la main, mais assez nettes pour trancher une question que la philosophie débattait depuis des siècles. Le monde invisible n'avait pas besoin d'être inventé, seulement observé.

À essayer: Trouvez un microscope, même bon marché, et regardez de l'eau d'étang ou un grattage de votre plaque dentaire cette semaine.

Tuer la génération spontanée avec un tube de verre coudé

Paris, 1861. Les critiques insistent : la vie naît de rien ; laissez du bouillon dehors et il se gâte, donc la matière doit engendrer des microbes toute seule. Louis Pasteur coud le col d'un ballon en forme de cygne, fait bouillir le bouillon et laisse l'air y entrer librement. La poussière et les germes se déposent dans la courbure et n'atteignent jamais le liquide. Le bouillon reste stérile, parfois pendant des mois. Au moment où il casse le col, les micro-organismes aériens s'y déversent et le bouillon se trouble. La génération spontanée est morte. Robert Koch a démontré que *Bacillus anthracis* cause le charbon en isolant la bactérie, en la cultivant en culture pure et en l'injectant à des animaux sains pour reproduire la maladie, remplissant ainsi ses postulats.

Le génie de Pasteur fut le contrôle d'une seule variable : le col d'un ballon. Une fois que vous acceptez que les microbes viennent des microbes, l'hygiène et la stérilisation deviennent rationnelles au lieu de superstitieuses. Les postulats de Koch ont alors donné à la médecine une procédure de tribunal pour les germes, un suspect à la fois. Ensemble, ces deux résultats ont transformé la microbiologie d'une curiosité en une discipline avec des règles que vous pouvez encore appliquer quand quelqu'un avance une cause.

À essayer: La prochaine fois qu'une affirmation accuse une cause unique, demandez quel fut l'expérience témoin, à la manière de Pasteur.

Une coloration, deux royaumes de bactéries

La coloration de Gram, développée par Hans Christian Gram en 1884, divise les bactéries en Gram-positives (violettes) et Gram-négatives (roses) selon la structure de leur paroi cellulaire. La différence n'est pas cosmétique : les cellules violettes portent une paroi épaisse de peptidoglycane, les cellules roses une paroi fine cachée sous une membrane externe parsemée de lipopolysaccharide. Cette coloration unique trie encore presque toutes les bactéries qu'un médecin ou un chercheur rencontre en Gram-positives et Gram-négatives. Pendant ce temps, sous les mêmes microscopes, d'autres cellules bougent. Les flagelles bactériens tournent comme des hélices, entraînés par des moteurs alimentés par la force proton-motrice, atteignant jusqu'à 1 700 tours par seconde.

La coloration de Gram fonctionne parce que l'architecture de la paroi cellulaire est une histoire profonde : deux lignées ont construit leurs parois différemment, et la coloration lit cette histoire en quelques minutes. C'est le diagnostic avant l'ADN. Le moteur flagellaire est le choc : un moteur rotatif, construit en protéines, alimenté par des protons en flux, tournant plus vite que n'importe quelle machine humaine de sa taille. Structure et fonction sont le même sujet vu de deux côtés.

À essayer: Quand vous lisez au sujet d'une bactérie pathogène, vérifiez si elle est Gram-positive ou Gram-négative et ce que cela prédit sur sa paroi.

Glycolyse et cycle de l'acide citrique : la comptabilité de la cellule

Suivez une molécule de glucose dans une cellule microbienne. Par la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas, le sucre est scindé et oxydé en pyruvate, et les comptes s'équilibrent avec un gain net de 2 ATP et 2 NADH. Dans le cycle de l'acide citrique, chaque acétyl-CoA oxydé génère 3 NADH, 1 FADH₂, 1 GTP et 2 molécules de CO₂. Rien n'est gaspillé ; chaque carbone finit par sortir comme gaz d'échappement, et chaque électron capturé est mis en banque comme molécule porteuse. C'est le grand livre central du chapitre sur le métabolisme, le même dans vos cellules que dans une bactérie.

Le métabolisme est une comptabilité dont l'énergie est la monnaie. La glycolyse est l'avance rapide ; le cycle de l'acide citrique est l'audit minutieux qui arrache les carbones restants en CO₂ tout en chargeant les porteurs d'électrons pour le paiement à venir. Ce qui surprend les gens, c'est le rendement modeste de la glycolyse seule : 2 ATP par glucose. La vraie richesse s'accumule en NADH et FADH₂, c'est pourquoi la respiration compte tant.

À essayer: Esquissez les deux voies de mémoire, en écrivant les totaux d'ATP et de NADH à côté du produit de chaque étape.

L'azote lourd révèle comment l'ADN se copie

L'expérience de Meselson et Stahl, en 1958, a utilisé la centrifugation en gradient de densité de l'ADN d'*Escherichia coli* cultivé en milieu 15N puis transféré en milieu 14N pour démontrer que la réplication de l'ADN est semi-conservative. Après une génération, l'ADN forme une seule bande de densité intermédiaire, exactement ce que prédit la réplication semi-conservative : chaque nouvelle double hélice conserve un vieux brin lourd et gagne un nouveau brin léger. Le débat sur la réplication se termine dans un tube à centrifugeuse.

L'élégance tient aux marqueurs isotopiques : le 15N rendait physiquement plus lourds les brins parentaux, si bien que l'histoire de la réplication devenait visible sous forme de bandes dans un gradient. Pas d'argument, pas d'ajustement de modèle, juste la densité. Ce qui surprend, c'est la rapidité avec laquelle la question a été tranchée dès qu'il a existé le bon marqueur. La réplication semi-conservative signifie que chaque cellule porte, dans chaque hélice, une trace physique de son ascendance : un brin ancien, un neuf.

À essayer: Expliquez à un ami pourquoi une seule génération d'ADN hybride élimine la réplication conservative.

L'opéron lac : un interrupteur fait de protéine et de sucre

L'opéron lac d'*E. coli*, décrit par Jacob et Monod en 1961, est contrôlé par une protéine répresseuse qui se fixe à l'opérateur en l'absence de lactose ; la cellule économise ainsi l'énergie que coûterait la fabrication d'enzymes digestives du lactose dont elle n'a pas besoin. L'allolactose agit comme inducteur en se liant au répresseur et en l'empêchant de se fixer à l'opérateur. Les gènes s'allument. Une molécule qui se lie à une protéine fait passer tout un ensemble de gènes

de l'état éteint à l'état allumé.

L'opéron lac a montré que les gènes ne sont pas simplement toujours allumés : ils sont gouvernés, et cette gouvernance est chimique. Le répresseur est une serrure, l'allolactose est la clé, et l'opérateur est la porte. Ce qui surprend, c'est l'économie du dispositif : l'inducteur est un sous-produit du sucre même en cours de métabolisme, si bien que la cellule perçoit directement sa nourriture. Toute l'histoire ultérieure de la régulation des gènes s'appuie sur cet interrupteur.

À essayer: Dessinez l'opéron en l'absence de lactose, puis ajoutez l'allolactose et redessinez ce qui change.

Compter les phages : la courbe de croissance en un pas

La courbe de croissance en un pas du bactériophage T4, mise au point par Ellis et Delbrück en 1939, a révélé une période de latence d'environ 20 minutes suivie d'une flambée d'environ 100 particules de phage par cellule d'E. coli infectée. La courbe est un escalier, non une pente, et elle transforme le cycle de vie invisible d'un virus en un nombre que l'on peut porter sur du papier millimétré.

L'expérience en un pas a fait de la virologie une science quantitative. La période de latence a appris aux chercheurs qu'il existait une phase d'éclipse où aucune particule infectieuse n'existe, et la taille de la flambée donnait un rendement par cellule, comme on compte une descendance. Ce qui surprend, c'est la synchronie : infectez une culture d'un seul coup et toute la population de phages monte ensemble. C'est cette synchronie qui a fait du phage le cheval de bataille de la génétique moléculaire naissante.

À essayer: Esquissez la courbe : plate pendant 20 minutes, puis un saut d'environ 100 fois, et étiquetez les deux phases.

Le plus petit génome capable de vivre libre

Le génome de *Mycoplasma genitalium* ne compte que 580 070 paires de bases et environ 470 gènes, ce qui en fait l'un des plus petits génomes connus chez un organisme à vie libre. Chaque gène qu'il conserve est un candidat pour l'équipement minimal que la vie exige. Comparez cela aux génomes tentaculaires d'autres bactéries, et la question devient acérée : quels gènes sont essentiels, et lesquels ne sont que bagage historique ? Le génome du mycoplasme se lit comme une trousse de survie allégée.

Un génome minimal est une définition de la vie sous forme génétique. 470 gènes, c'est une liste de pièces si courte qu'on peut imaginer les vérifier une à une, et c'est précisément pourquoi ce génome est devenu un point de référence pour la biologie de synthèse et l'étude des gènes essentiels. Ce qui surprend, c'est la petitesse que peut atteindre l'ensemble essentiel ; la complexité tient moins au nombre de gènes qu'à la régulation et aux interactions.

À essayer: Choisissez un gène qui vous tient à cœur et demandez-vous si un organisme doté de 470 gènes seulement pourrait se payer un équivalent.

Des bactéries pourpres qui expirent du soufre au lieu d'oxygène

Les bactéries pourpres sulfureuses telles que *Chromatium* pratiquent la photosynthèse anoxygénique en utilisant H_2S comme donneur d'électrons, produisant des granules de soufre élémentaire qui s'accumulent à l'intérieur des cellules, avec la réaction globale : $CO_2 + 2 H_2S \rightarrow CH_2O + 2 S + H_2O$. Aucun oxygène ne s'en échappe. Dans un monde ancien, dépourvu d'oxygène, ces phototrophes anoxygéniques étaient l'establishment photosynthétique, et ils ne sont jamais partis : partout où la lumière rencontre les sulfures, des sources chaudes aux lacs stratifiés, ils sont toujours là, à expirer discrètement des pierres jaunes.

L'oxygène n'est pas une exigence de la photosynthèse ; c'est une option parmi d'autres. Remplacez H_2O par H_2S comme donneur d'électrons et le rejet passe de O_2 au soufre élémentaire, visible sous forme de granules. Les ancêtres probables de toute la photosynthèse oxygénique ressemblaient à cela. La diversité métabolique fait aussi office de musée vivant de l'histoire évolutive.

À essayer: Cherchez un schéma de lac stratifié et marquez l'endroit où les sulfures rencontrent la lumière ; c'est la zone à *Chromatium*.

Une bouteille de boue qui trie tout un écosystème

Les colonnes de Winogradsky sont des colonnes de verre contenant de la boue, de l'eau et une source de carbone, incubées à la lumière, qui développent des gradients verticaux d'oxygène et de soufre, permettant l'enrichissement de communautés microbiennes distinctes : cyanobactéries et algues en haut, bactéries pourpres et vertes sulfureuses au milieu, et bactéries sulfato-réductrices au fond. Un bocal de boue d'étang devient une coupe transversale de l'écologie microbienne que vous pouvez tenir dans votre main.

La colonne fonctionne parce que les microbes se trient selon la chimie : chaque groupe occupe la profondeur où se recoupent ses donneurs et accepteurs d'électrons préférés. Ce sont les gradients qui organisent ; personne ne dessine les couches. Ce qui surprend, c'est la reproductibilité du phénomène, et la façon dont il enseigne l'écologie comme la physique plus le métabolisme. Vous assistez à la différenciation de niches sur le rebord de votre fenêtre.

À essayer: Construisez une colonne de Winogradsky à partir de boue, de papier déchiqueté et de jaune d'œuf, et photographiez-la chaque semaine pendant un mois.

Dans la vache : une cuve de fermentation avec des pattes

Une vache se tient dans un pré, faisant ce que font les vaches : arracher de l'herbe qu'elle ne peut en réalité pas digérer. La cellulose ne lui sert à rien directement. Le rumen d'une vache contient environ 10^{10} bactéries et 10^6 protozoaires par millilitre de liquide ruminal, qui fermentent la cellulose et d'autres polysaccharides végétaux en acides gras volatils fournissant jusqu'à 70 % des besoins énergétiques de l'animal. L'animal ne mange pas tant d'herbe qu'il ne nourrit une industrie microbienne et prélève sa production. Retirez les microbes, et la vache

meurt de faim entourée de nourriture.

Cette symbiose est une économie, pas une métaphore : l'hôte fournit le substrat et la chaleur, les microbes fournissent la digestion, et les acides gras volatils sont la monnaie qui reflue. L'échelle étonne, 10^{10} bactéries par millilitre, tout comme la dépendance, 70 % de l'énergie. Chaque ruminant est un bioréacteur ambulant, et nous les avons sélectionnés autour de ce fait.

À essayer: La prochaine fois que vous verrez une vache ruminer, souvenez-vous qu'elle nourrit d'abord ses microbes ; cherchez un acide gras volatil et son devenir.

La stérilité par les chiffres : la valeur D

Le temps de réduction décimale (valeur D) est le temps nécessaire à une température donnée pour réduire de 90 % une population de micro-organismes ; pour les spores de *Clostridium botulinum*, la valeur D à 121 °C est typiquement de 0,2 minute. Ce chiffre explique pourquoi les autoclaves fonctionnent à cette température et pourquoi le processus est chronométré comme il l'est. La chaleur tue selon une courbe prévisible, et cette courbe a été mesurée pour l'organisme le plus résistant.

La destruction des microbes suit une cinétique de premier ordre : chaque intervalle fixe élimine la même fraction, pas le même nombre. C'est pourquoi une valeur D a du sens et pourquoi un traitement 12-D est la norme de conserve contre le botulisme. Ce qui surprend, c'est la brièveté du temps à 121 °C, 0,2 minute, et sa longueur à des températures plus basses. La stérilisation est un calcul arithmétique, et ce calcul sauve des vies.

À essayer: Vérifiez la température maximale de votre autocuiseur et comparez-la à 121 °C.

Des quelques milligrammes de Fleming aux 50 grammes par litre

Les souches de *Penicillium chrysogenum* utilisées pour la production de pénicilline ont été améliorées par mutagenèse et sélection jusqu'à produire plus de 50 grammes de pénicilline par litre de milieu de culture, alors que la souche isolée à l'origine par Fleming n'en produisait que quelques milligrammes par litre. C'est une amélioration d'un facteur mille ou davantage, obtenue non pas en inventant un nouveau médicament, mais en sélectionnant une meilleure usine. Chaque dose de pénicilline depuis a coûté moins cher grâce à ce travail de fourmi.

L'histoire de la pénicilline montre que l'amélioration des souches de production compte autant que la découverte. La mutagenèse et la sélection sont des méthodes de force brute, mais appliquées pendant des décennies, elles ont transformé une curiosité de laboratoire en produit de grande consommation. Ce qui surprend, c'est l'ampleur : passer des grammes aux milligrammes, ce n'est pas une optimisation, c'est une transformation. La microbiologie industrielle est le lieu où la biologie rencontre les économies d'échelle.

À essayer: Cherchez le rendement de production d'un antibiotique que vous avez pris et réfléchissez à l'histoire d'amélioration des souches qui se cache derrière.

Le poison le plus puissant connu, mesuré en nanogrammes

La DL50 (dose létale pour 50 % des animaux de test) de la toxine botulique est d'environ 0,03 nanogramme par kilogramme de poids corporel, ce qui en fait la toxine biologique la plus puissante connue. Quelques nanogrammes par kilogramme suffisent, voilà pourquoi une miette d'aliment contaminé peut paralyser et pourquoi la toxine exige une extrême précaution dans tout laboratoire qui la manipule. Une puissance aussi extrême réécrit les règles de la sécurité alimentaire comme de la biodéfense.

La DL50 donne à la toxicologie une mesure commune, et la toxine botulique siège tout en bas de l'échelle. Son mécanisme, le blocage de la libération des neurotransmetteurs, fait qu'une quantité infiniment petite peut mettre les nerfs hors service. Ce qui surprend, c'est l'unité : des nanogrammes par kilogramme, une dose que vous ne pourriez pas voir. Comprendre la puissance, c'est comprendre pourquoi les normes de conservation des aliments et de stérilisation existent du tout.

À essayer: Convertissez 0,03 ng/kg en dose pour un adulte de 70 kg et comparez-la à un grain de sel.

Retracer le choléra jusqu'à une seule pompe à eau

John Snow a remonté la source de l'épidémie de choléra de Londres en 1854 jusqu'à la pompe de Broad Street en cartographiant les cas ; le retrait de la poignée de la pompe a mis fin à l'épidémie. *Vibrio cholerae* du sérotype O1 produit la toxine du choléra, une toxine A-B qui ADP-ribosyle une protéine G des cellules épithéliales intestinales, entraînant une sécrétion massive d'ions chlorure et d'eau, d'où des selles en eau de riz avec des pertes hydriques pouvant atteindre 20 litres par jour.

La carte de Snow était de l'épidémiologie avant que quiconque connaisse le microbe, et elle a fonctionné parce que la géographie ne ment pas. L'histoire moléculaire ultérieure explique pourquoi la maladie tue si vite : la toxine détourne un signal cellulaire et transforme l'intestin en robinet. Ce qui surprend, c'est que retirer la poignée d'une pompe, un acte physique, ait été la bonne intervention de santé publique des décennies avant que la toxine ne soit caractérisée.

À essayer: Quand vous entendez parler d'un foyer de maladie, demandez-vous ce que les cas ont en commun : le lieu, l'eau ou l'air.

La tuberculose : la maladie qui n'est jamais partie

Mycobacterium tuberculosis infecte environ un tiers de la population humaine mondiale, avec approximativement 10 millions de nouveaux cas et 1,5 million de décès chaque année. La paroi cellulaire cireuse de la bactérie lui permet de persister pendant des décennies dans les lésions pulmonaires, à attendre que l'immunité faiblisse. C'est le morceau de bravoure désolant du chapitre : un pathogène que nous étudions depuis plus d'un siècle et qui tue encore chaque année plus de personnes que n'importe quel autre agent infectieux isolé.

La tuberculose latente est la norme, pas l'exception : un humain sur trois la porte. L'écart entre infection et maladie est ce qui rend la TB si difficile à éliminer, et le bilan annuel de décès montre à quel point la marge reste mince. Ce qui surprend, c'est l'échelle, 10 millions de nouveaux cas par an, à l'ère de la médecine moderne. Maîtriser la maladie exige de traiter le réservoir latent, pas seulement les malades.

À essayer: Vérifiez si le dépistage de la TB est recommandé dans votre région pour les personnes originaires de zones à forte incidence.

1918 : la pandémie qui a infecté un tiers de l'humanité

La pandémie de grippe de 1918–1919, causée par un virus influenza A H1N1, a infecté environ 500 millions de personnes dans le monde et fait de 50 à 100 millions de morts. Plus de personnes sont mortes en environ un an de grippe qu'en quatre ans de la guerre mondiale qui s'achevait au même moment. Le virus a voyagé avec les soldats et les navires, et aucun pays n'y a échappé. La leçon la plus dure de la virologie est qu'un virus respiratoire à courte incubation peut dépasser tous les systèmes de réponse que les humains construisent.

La pandémie de 1918 est la référence à laquelle chaque épidémie ultérieure est comparée. Sa létalité provenait d'une combinaison de virulence virale, de conditions de guerre surpeuplées et d'un monde sans antiviraux ni vaccin. Ce qui surprend, c'est la répartition par âge, avec de jeunes adultes mourant à des taux élevés. La préparation aux pandémies n'est pas de la paranoïa ; c'est la mémoire de cet événement.

À essayer: Consultez les recommandations actuelles de votre pays concernant le vaccin antigrippal et faites-vous vacciner cette saison.

Le paludisme : le parasite qui gagne encore

Le paludisme à *Plasmodium falciparum* cause plus de 200 millions de cas cliniques et plus de 400 000 décès par an, principalement en Afrique subsaharienne. Il est transmis par les moustiques *Anopheles*, envahit les globules rouges et peut tuer par paludisme cérébral et anémie sévère en quelques jours après l'apparition des symptômes. Contrairement aux bactéries, c'est un parasite eucaryote avec un cycle de vie complexe s'étendant sur l'hôte moustique et l'hôte humain, ce qui rend la conception de médicaments et de vaccins bien plus difficile. La section du chapitre sur les maladies fongiques et parasitaires place le paludisme en tête du bilan de mortalité.

Le paludisme persiste parce que le parasite a plusieurs stades de vie, chacun avec des molécules de surface différentes, et que le vecteur moustique est difficile à éliminer. La résistance aux médicaments émerge de façon répétée. Ce qui surprend, c'est qu'un pathogène eucaryote, et non une bactérie, cause encore le plus lourd fardeau de maladie parasitaire. Le contrôle exige d'attaquer simultanément le vecteur, le parasite et le réservoir.

À essayer: Si vous voyagez dans une région impaludée, consultez un dispensaire de médecine des voyages au sujet de la prophylaxie bien avant le départ.

Les antibiotiques : la course aux armements que nous perdons lentement

La pénicilline se lie aux protéines liant la pénicilline et inhibe la transpeptidation dans la synthèse du peptidoglycane, entraînant la lyse cellulaire ; le *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM) porte le gène *mecA* codant une protéine liant la pénicilline altérée (PBP2a) avec une faible affinité pour les antibiotiques bêta-lactames. Le mécanisme est posé simplement : changez la cible, perdez le médicament. La résistance n'est pas mystérieuse ; c'est une seule protéine altérée.

La résistance a une adresse moléculaire : *mecA* et son produit PBP2a. Connaître le mécanisme transforme la peur en stratégie, car de nouveaux médicaments peuvent être conçus pour contourner ou inhiber des facteurs de résistance spécifiques. Ce qui surprend, c'est à quel point l'échappatoire est étroite : une seule protéine altérée avec une affinité de liaison plus faible vainc toute une classe d'antibiotiques. La bonne utilisation compte parce que chaque usage sélectionne exactement cela.

À essayer: Terminez tout traitement antibiotique prescrit exactement comme indiqué, et ne faites jamais pression sur un médecin pour en obtenir pour une maladie virale.

Les meilleures citations

- "animalcules" - Antoni van Leeuwenhoek
- "selles eau de riz" - Madigan
- "courbe de croissance en une étape" - Ellis et Delbrück
- "colonne de Winogradsky" - Madigan

Limites

C'est un manuel, pas un récit, si bien que les histoires ci-dessus sont enchâssées dans des chapitres denses de mécanismes et de vocabulaire qui exigent une véritable étude. Les chapitres de biologie moléculaire et de génomique vont vite et supposent des bases en chimie ; les lecteurs qui n'en ont pas devront consulter des ouvrages complémentaires. Les éditions vieillissent vite pour les chiffres de la génomique et de l'épidémiologie, vérifiez donc la dernière impression. Les chapitres sur les maladies sont nécessairement sélectifs, et les sujets émergents comme le microbiome humain reçoivent moins de place que leur importance actuelle ne le justifierait.

En une phrase

Les microbes sont la vie la plus ancienne, la plus petite et la plus lourde de conséquences sur Terre, et les comprendre, c'est comprendre la vie elle-même.

Pour qui

Les étudiants en biologie et en médecine qui ont besoin de la référence standard, et les cliniciens ou professionnels de la biotech qui veulent les mécanismes derrière les gros titres. Également idéal pour tout lecteur curieux prêt à travailler pour acquérir une compréhension profonde et durable du monde microbien.