

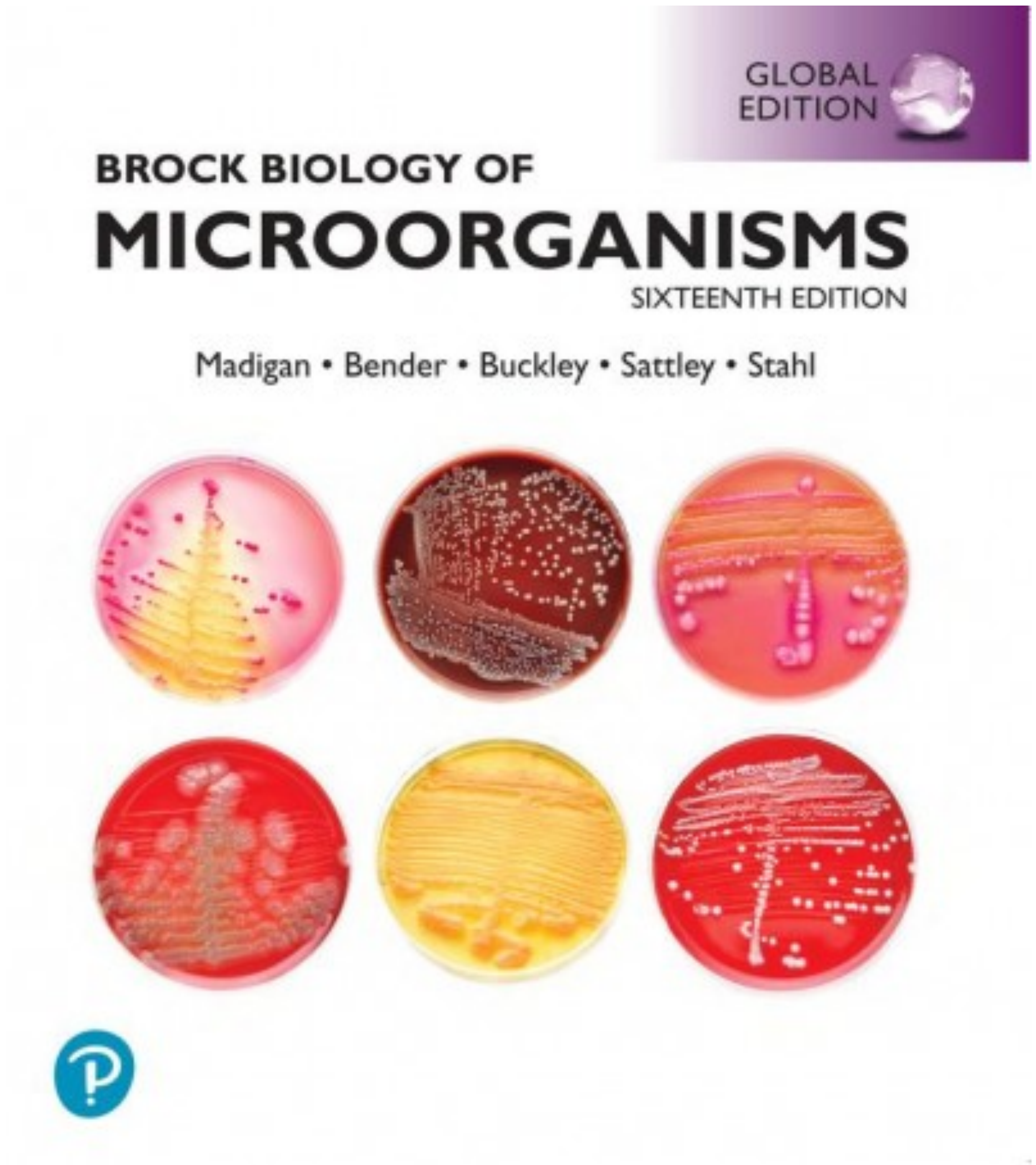
# **Introduction à la microbiologie (I)**

**Biologie Générale - BioEng-110 - CG 5**

**Camille Goemans - 2025**

# Plan

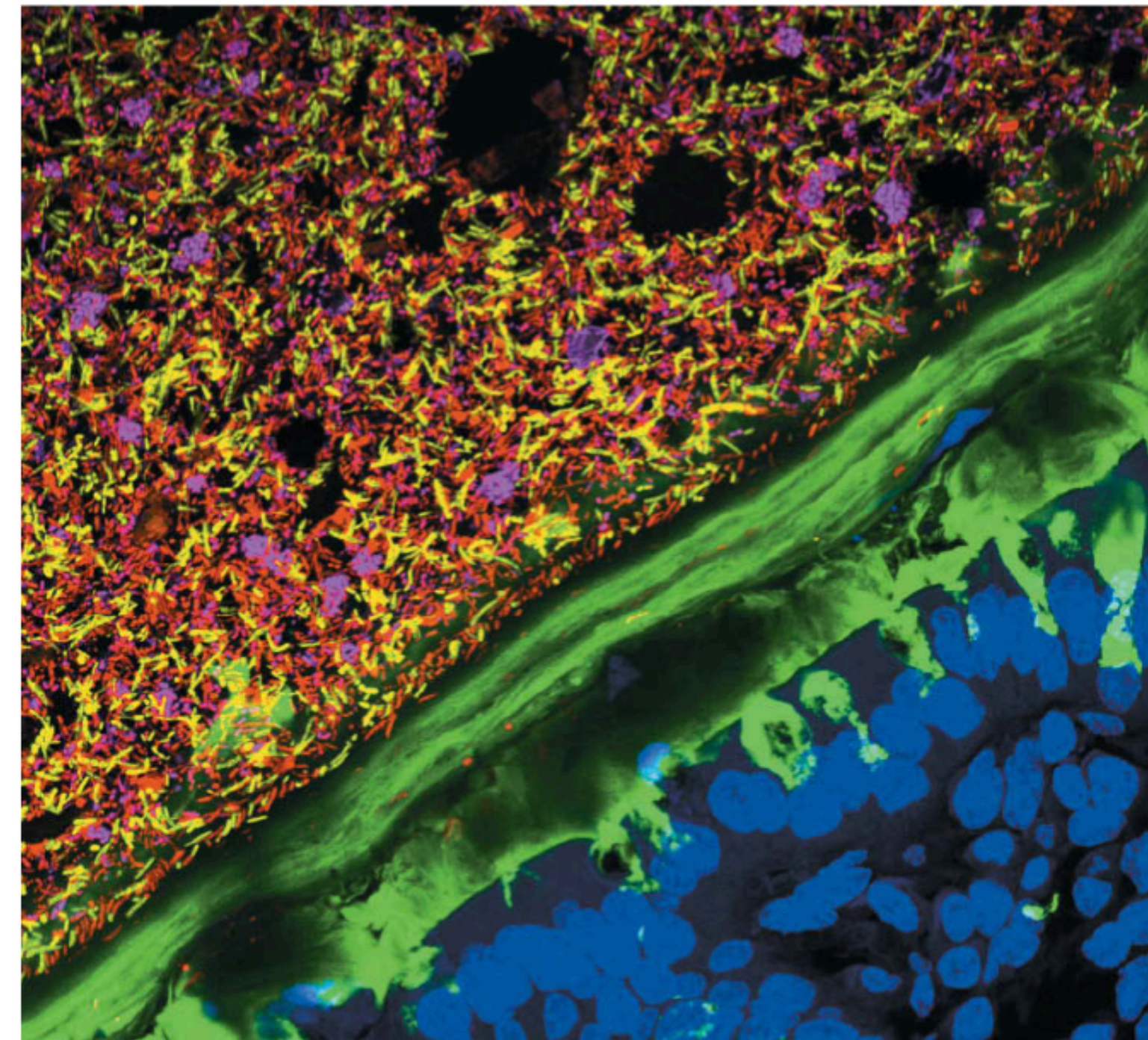
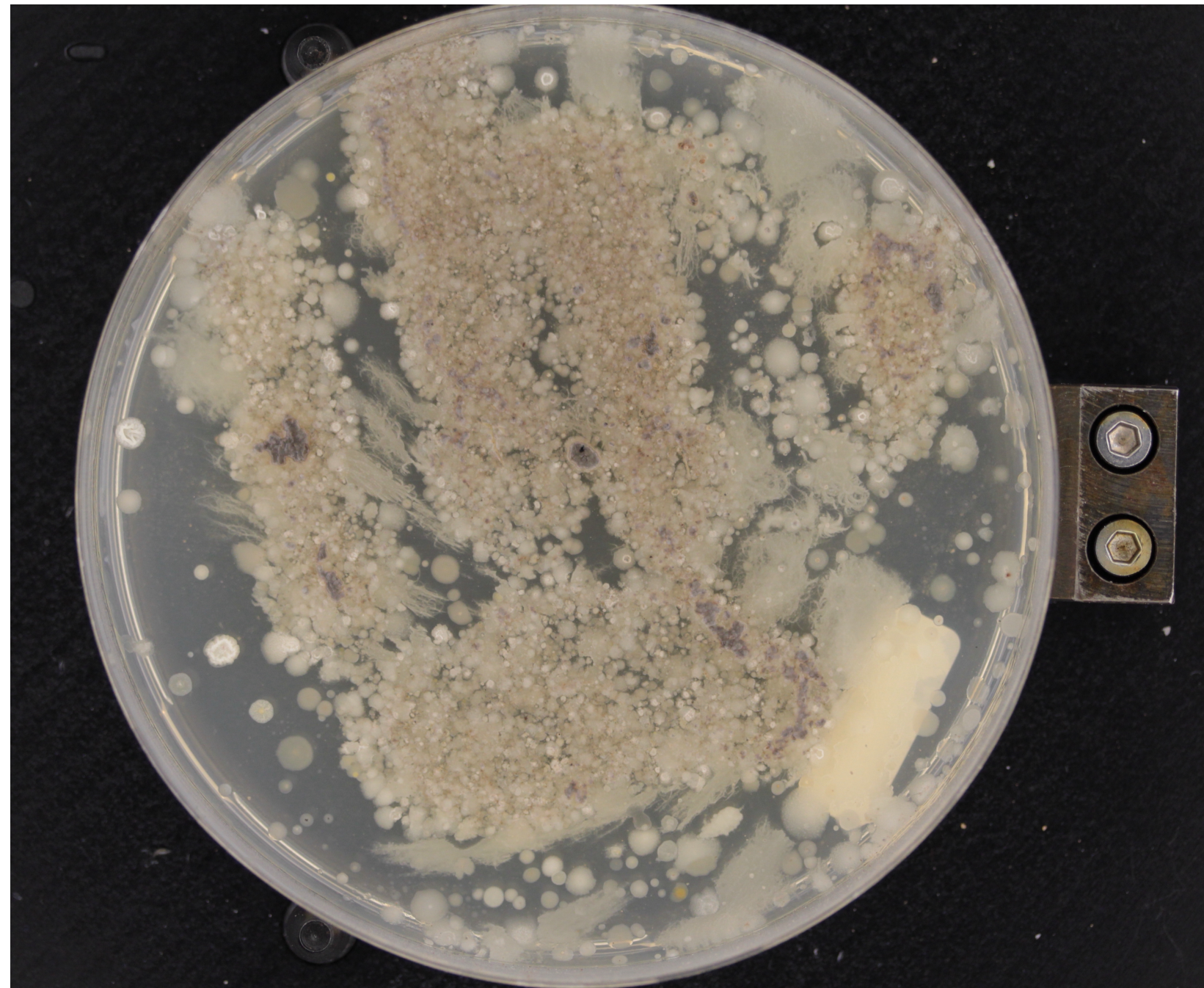
- Introduction
- Structures
- Rôles
- Origines de la microbiologie
- Cellules bactériennes en détail
- La croissance bactérienne
- Dans un labo de microbiologie





# Introduction à la microbiologie

- Les microbes sont **partout** et leur **activité** impacte tous les aspects de la biosphère (exemple: le microbiote humain)

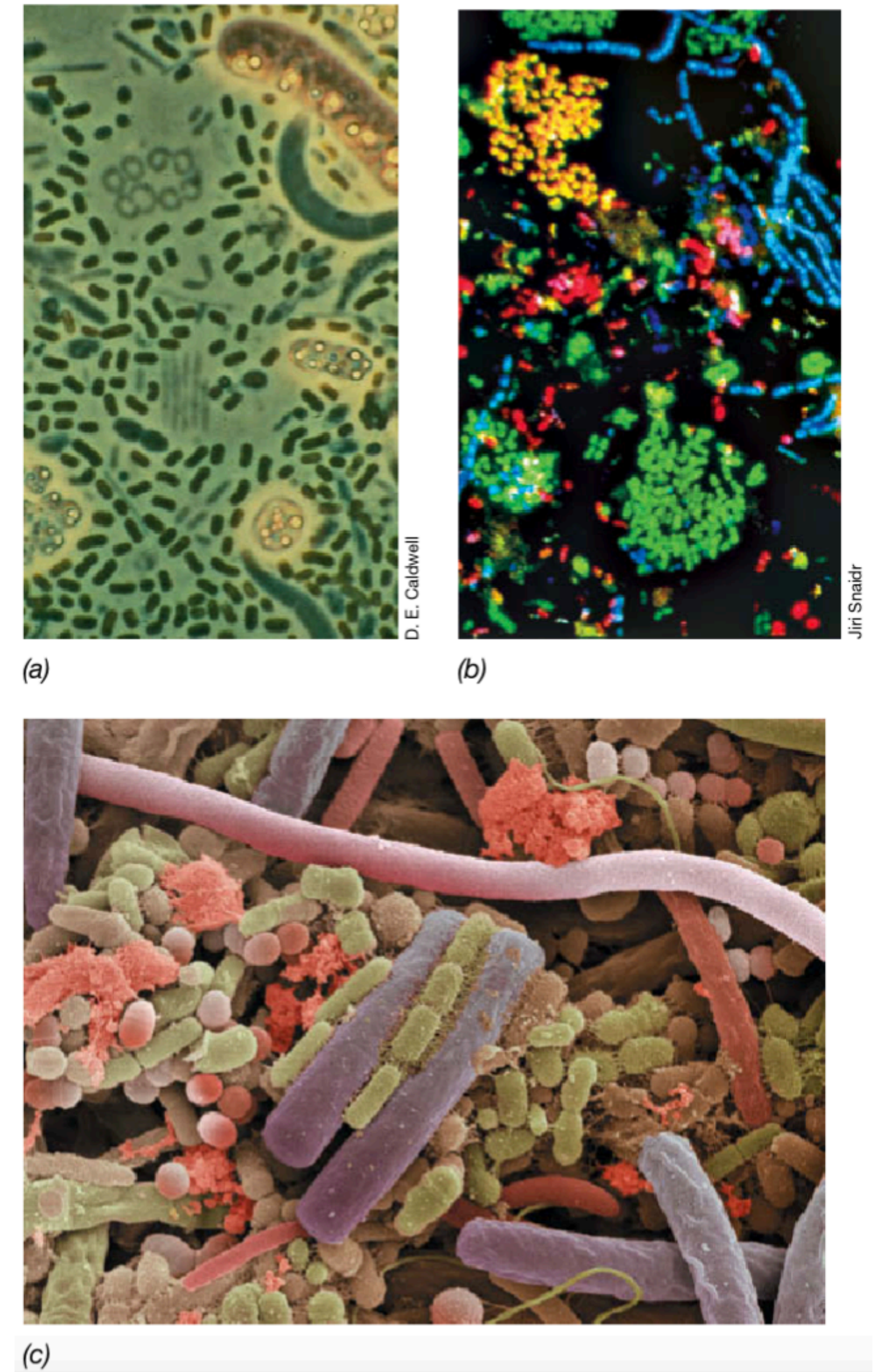




# Introduction à la microbiologie

- Les micro-organismes ou microbes sont toutes les formes de vies trop **petites** pour être **visibles à l'œil nu**
- Ils ont des **formes et fonctions différentes** et habitent dans de divers **environnements**
- Ils sont **unicellulaires** mais certains s'organisent en **structures complexes** et forment des **communautés microbiennes**

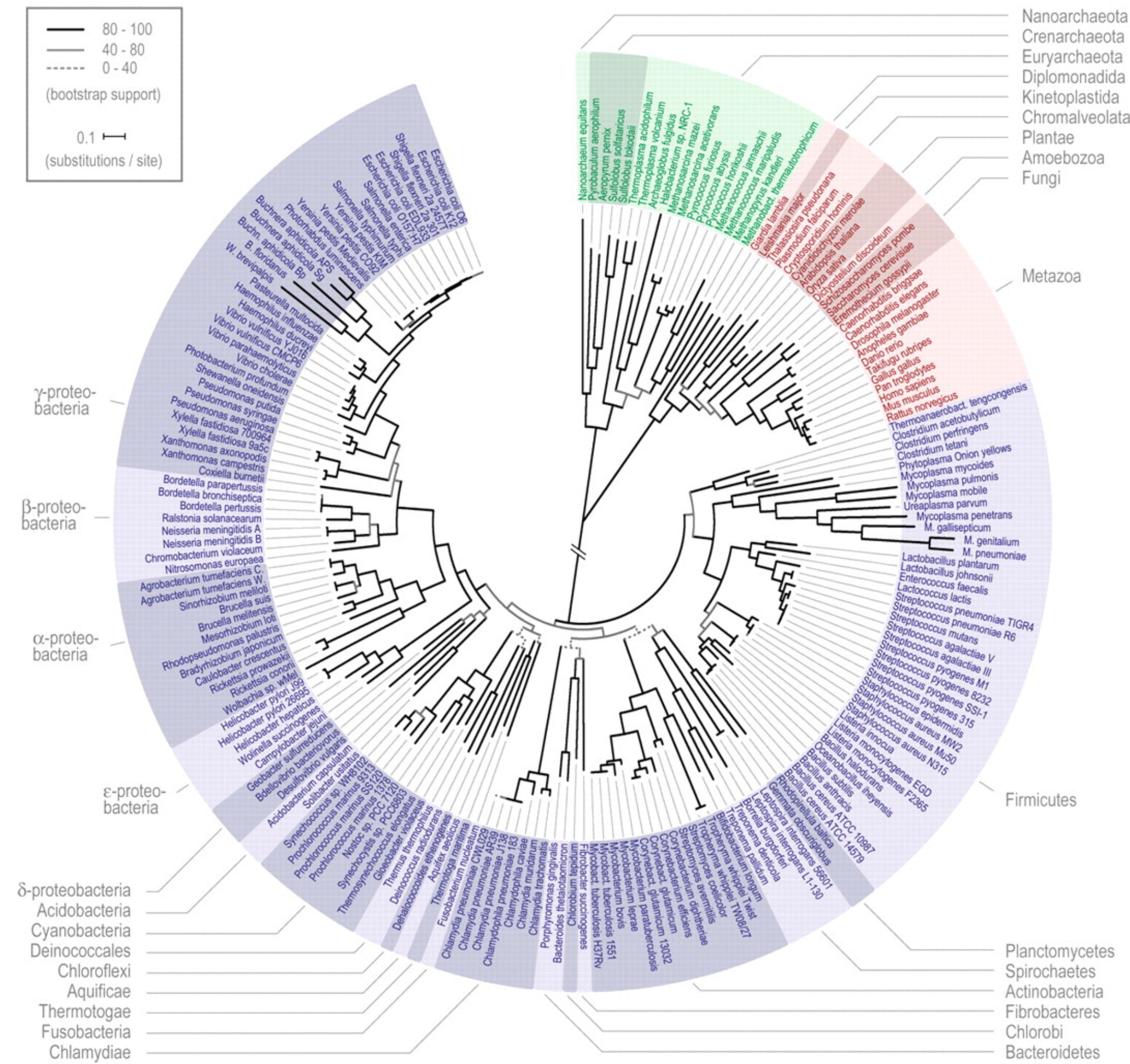
**Figure 1.1 Microbial communities.** (a) A bacterial community that developed in the depths of a small Michigan lake, showing cells of various phototrophic bacteria. The bacteria were visualized using phase-contrast microscopy. (b) A bacterial community in a sewage sludge sample. The sample was stained with a series of dyes, each of which stained a specific bacterial group. From *Journal of Bacteriology* 178: 3496–3500, Fig. 2b. © 1996 American Society for Microbiology. (c) Scanning electron micrograph of a microbial community scraped from a human tongue.





# Introduction à la microbiologie

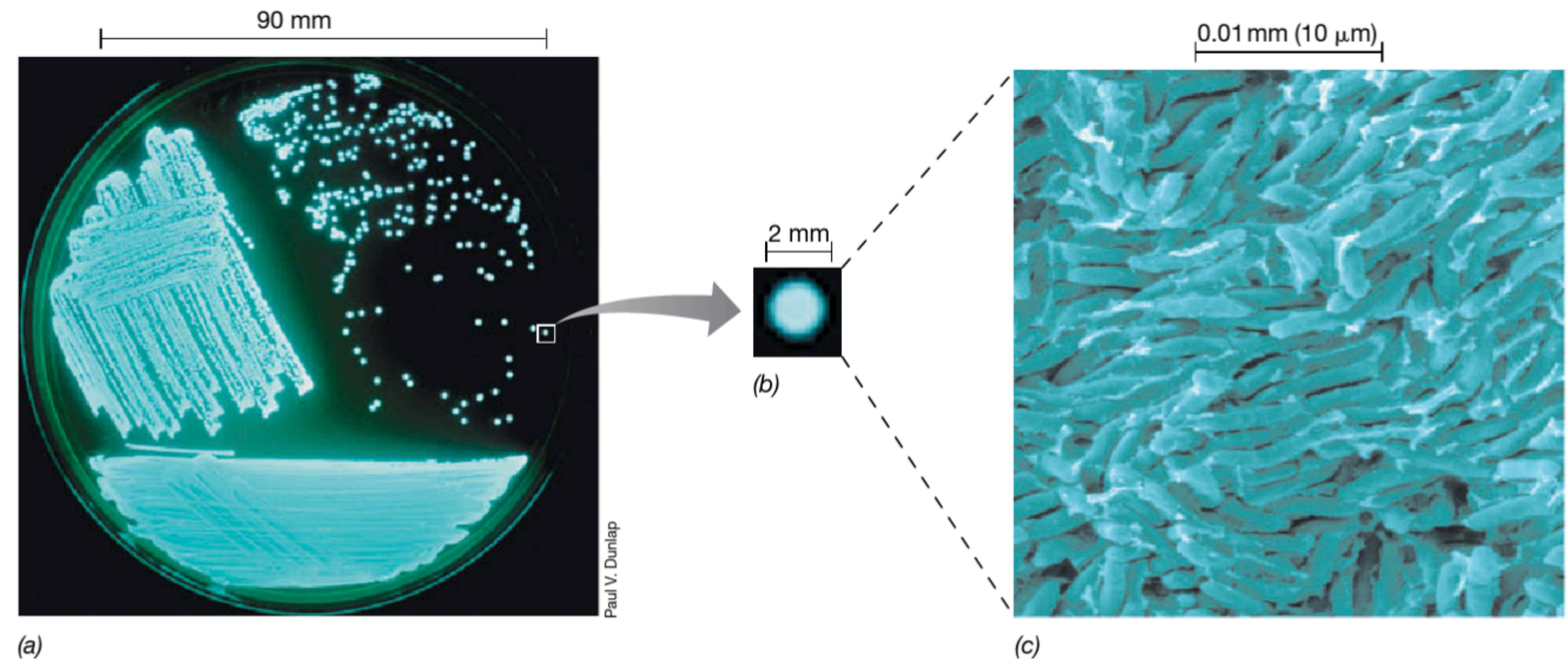
- Ils sont extrêmement **divers**
- Ils représentent une fraction majeure de la **biomasse terrestre**
- Leur activité est **essentielle** pour maintenir la vie sur terre





# Introduction à la microbiologie

- Les microbiologistes ont **beaucoup d'outils** pour étudier les microbes depuis l'invention des premiers **microscopes**
- Nous pouvons **cultiver** la plupart des microbes
- Les microbes ont été utilisés pour découvrir la plupart des **processus fondamentaux de la vie** (biologie moléculaire, biochimie, etc.)

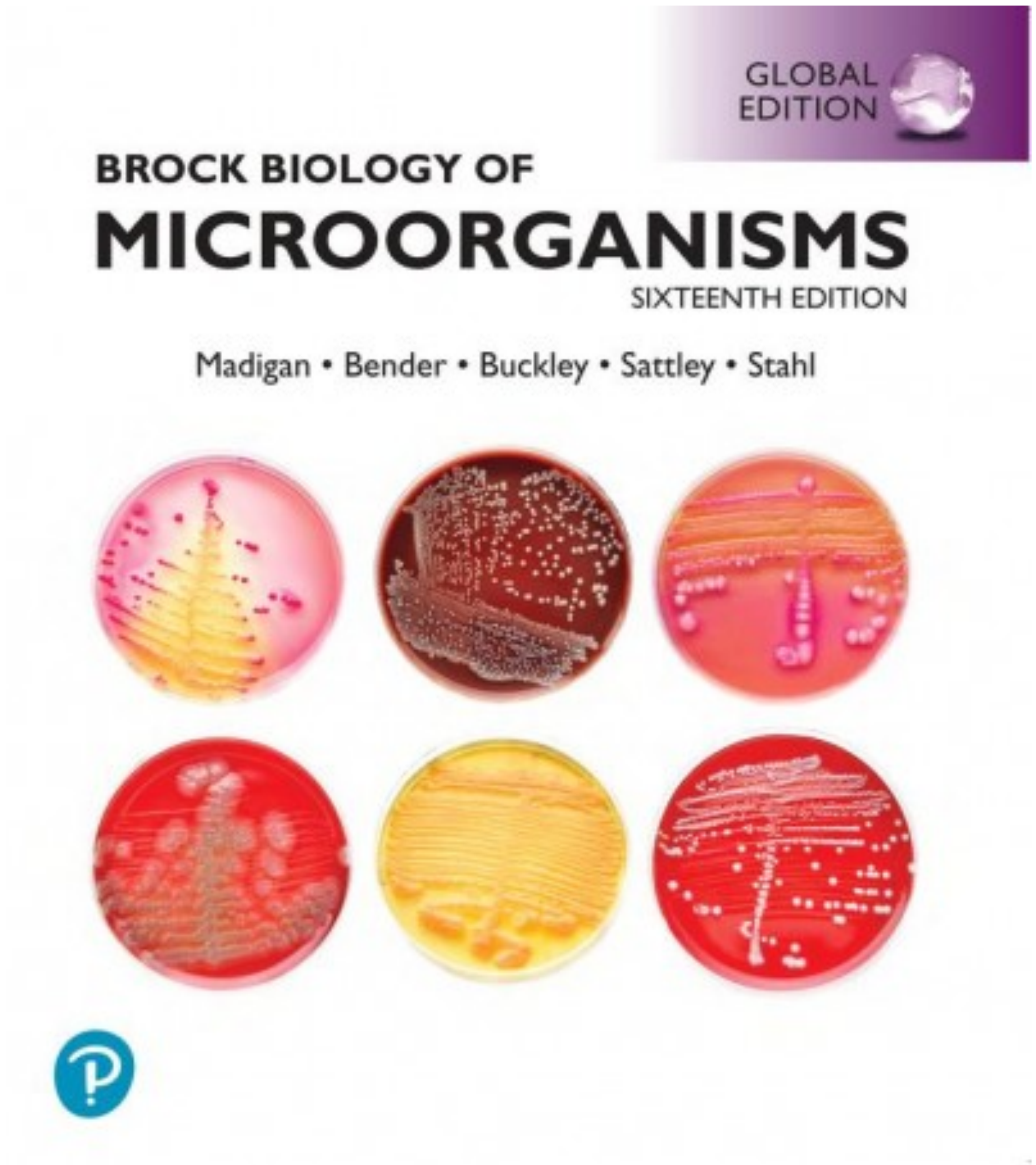


**Figure 1.2 Microbial cells.** (a) Bioluminescent (light-emitting) colonies of the bacterium *Photobacterium* grown in laboratory culture on a Petri plate. (b) A single colony can contain more than 10 million ( $10^7$ ) individual cells. (c) Scanning electron micrograph of cells of *Photobacterium*.



# Plan

- Introduction
- **Structures**
- Rôles
- Origines de la microbiologie
- Cellules bactériennes en détail
- La croissance bactérienne
- Dans un labo de microbiologie

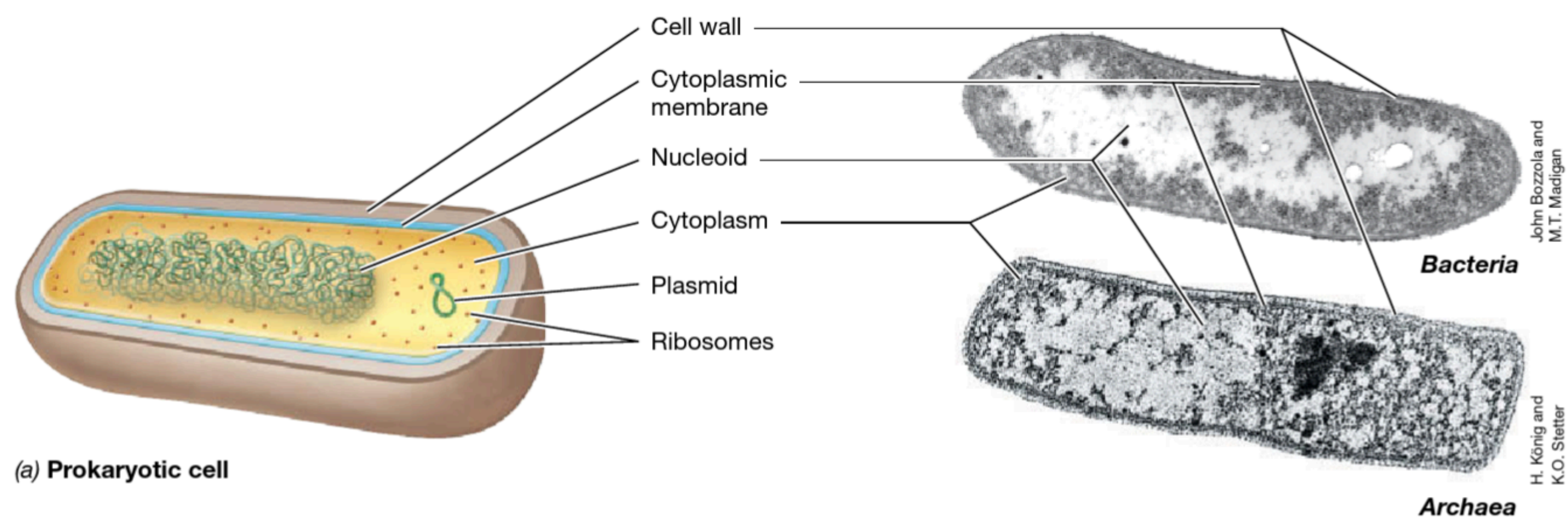


# Structure et activité des cellules microbiennes

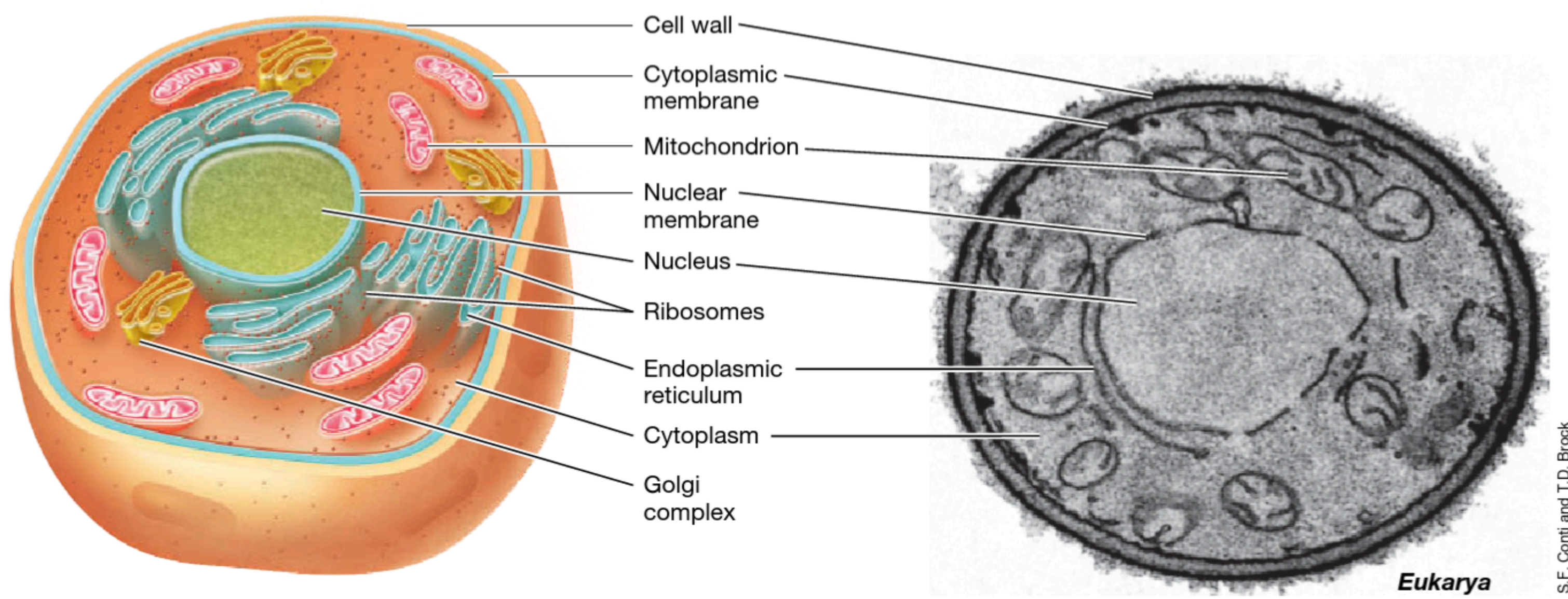
- Ici, nous excluons volontairement les **virus** - que vous avez déjà vu lors des premiers cours - et qui sont assez différents des êtres unicellulaires
- Les êtres unicellulaires ont des caractéristiques communes:
  - ▶ une **membrane cytoplasmique** qui sépare le cytoplasme de l'extérieur
  - ▶ le cytoplasme est une mixture aqueuse qui contient des **macromolécules** (protéines, lipides, acides nucléiques, polysaccharides), des **petites molécules organiques** (qui vont s'assembler pour former les macromolécules), des **ions inorganiques** et des **ribosomes**
  - ▶ les **ribosomes** sont responsables de la synthèse protéique
  - ▶ certaines cellules ont une **paroi cellulaire** qui leur confère de la rigidité (cellules de plantes et micro-organismes)
- En observant les cellules, on peut distinguer les cellules **prokaryotes** des cellules **eukaryotes**



# Structure et activité des cellules microbiennes



(a) Prokaryotic cell



(b) Eukaryotic cell



# Structure et activité des cellules microbiennes

- Toutes les cellules possèdent aussi un **génome (ADN)** = ensemble des gènes
- Un **gène** est un segment d'ADN qui code pour une protéine ou une molécule d'ARN
- Dans les cellules **eukaryotes**, l'ADN est organisé en **différentes molécules linéaires** (chromosomes) dans le **noyau**
- Dans les cellules prokaryotes, l'ADN est typiquement organisé en 1 **molécule circulaire** (aussi appelés chromosome), condensé sous forme de **nucléotide** (pas de noyau)
- Les cellules prokaryotes peuvent aussi, en plus de leurs chromosomes, avoir des plus petites molécules circulaires d'ADN appelées **plasmides**



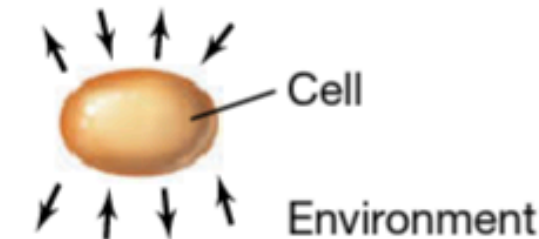
# Structure et activité des cellules microbiennes

## Properties of *all* cells:

### Metabolism

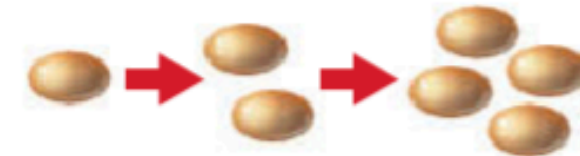
Cells take up nutrients, transform them, and expel wastes.

1. Genetic (replication, transcription, translation)
2. Catalytic (energy, biosyntheses)



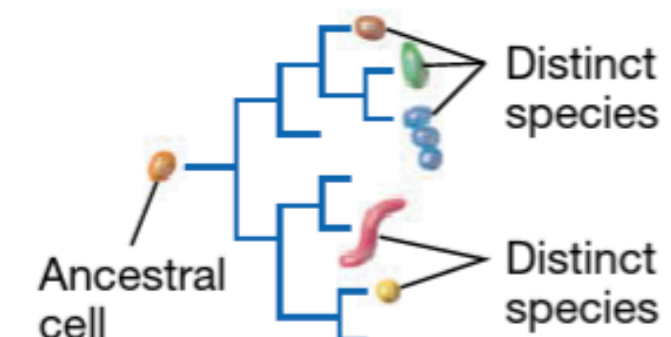
### Growth

Nutrients from the environment are converted into new cell materials to form new cells.



### Evolution

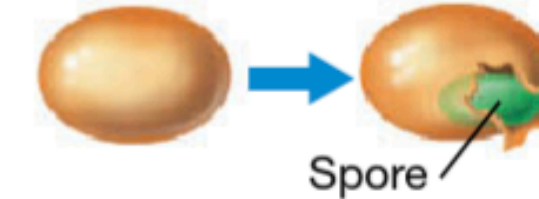
Cells evolve to display new properties. Phylogenetic trees capture evolutionary relationships.



## Properties of *some* cells

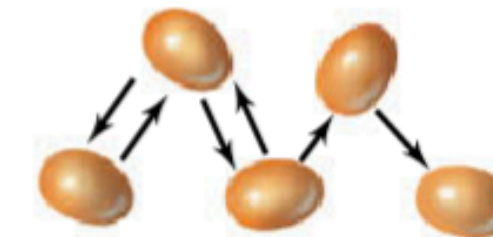
### Differentiation

Some cells can form new cell structures such as a spore.



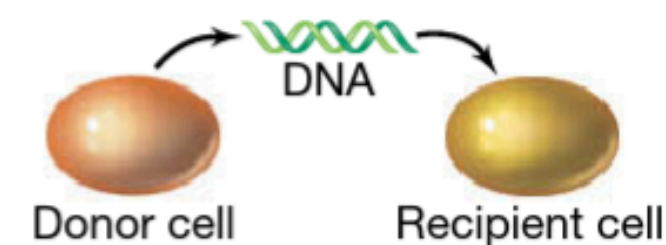
### Communication

Cells interact with each other by chemical messengers.



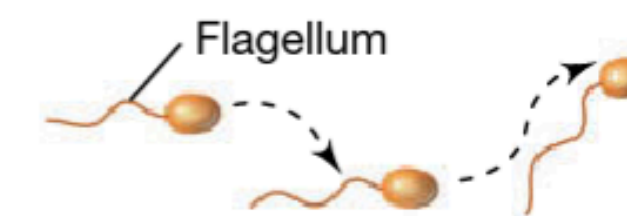
### Genetic exchange

Cells can exchange genes by several mechanisms.



### Motility

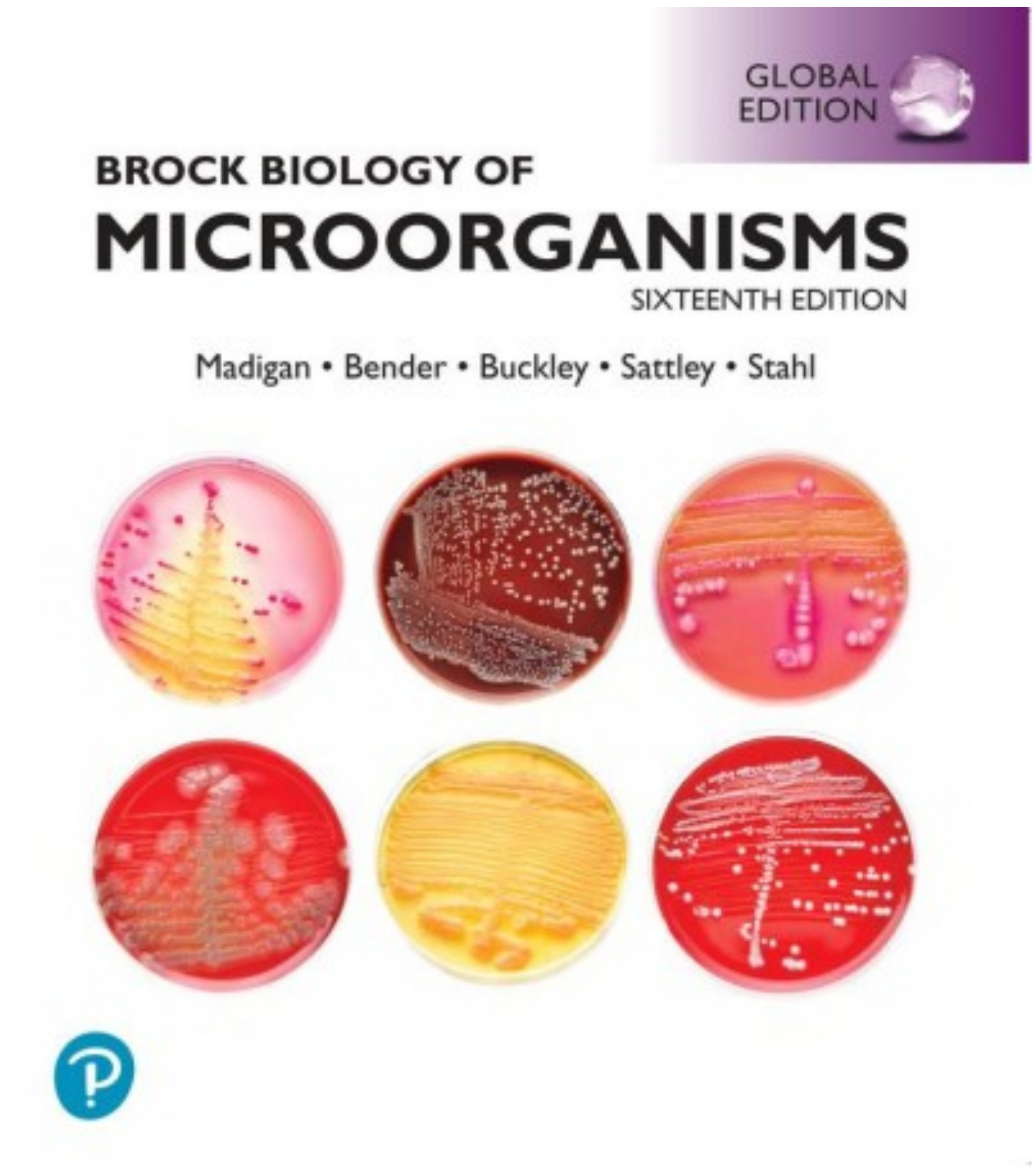
Some cells are capable of self-propulsion.



**Figure 1.4 The properties of microbial cells.** Major activities ongoing in cells in the microbial community are depicted.

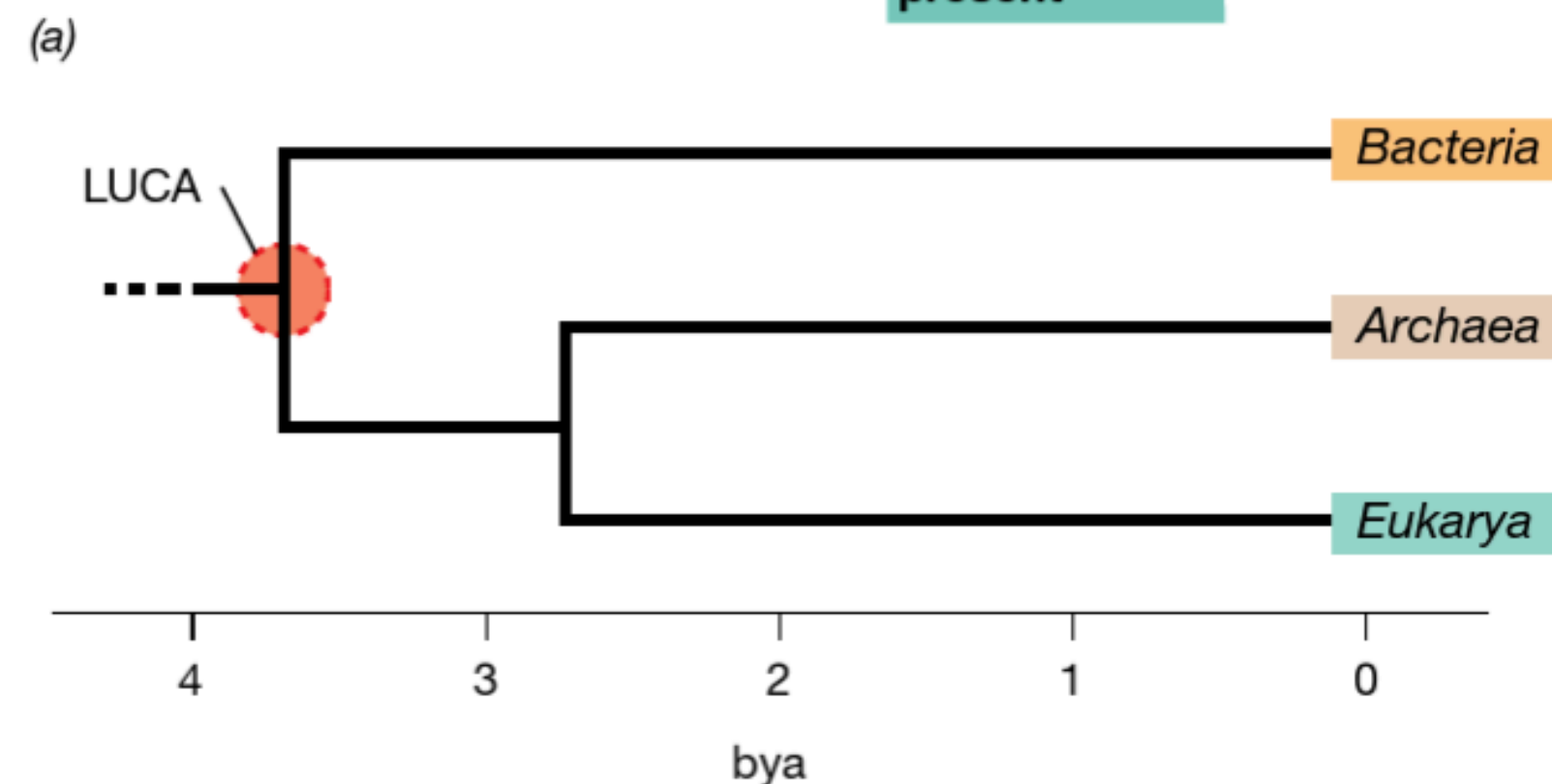
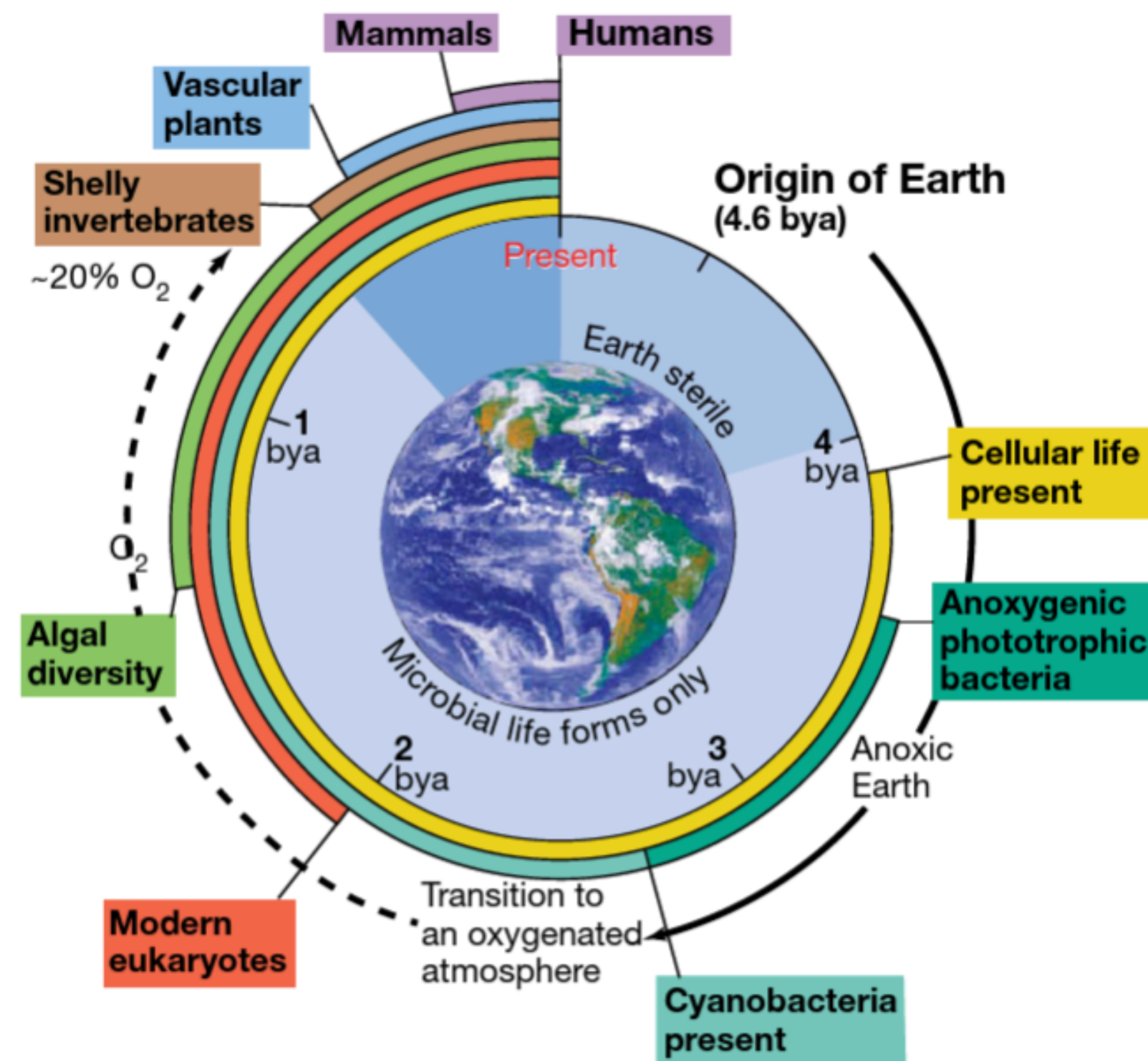
# Plan

- Introduction
- Structures
- **Rôles**
- Origines de la microbiologie
- Cellules bactériennes en détail
- La croissance bactérienne
- Dans un labo de microbiologie





# Les micro-organismes et la biosphère



- La terre a approximativement **4.6 milliards d'années**
- Les premières cellules microbiennes sont apparues entre **3.8 et 4.3 milliards d'années**
- Au début, l'**oxygène** était absent - les micro-organismes **anaérobies** pouvaient survivre
- Les premiers **phototrophes** (qui utilisent l'énergie du soleil) ne produisaient pas d'oxygène
- Les cyanobactéries (**phototrophes** qui produisent de l'**oxygène**) sont apparues plus tard et ont oxygéné la terre
- **>80%** de l'histoire de la vie sur terre est microbienne



# Les micro-organismes et la biosphère

- On estime qu'il y a **2x10<sup>30</sup> cellules** microbiennes sur terre
- On les trouve partout, même dans des **environnements extrêmes**: sources chaudes, glaciers, environnement riches en sel, acides, à haute pression, etc —> **extrémophiles**
- L'**écologie microbienne** étudie l'influence des micro-organismes sur leur milieu (et *vice versa*)

Pour info!

TABLE 1.1 Classes and examples of extremophiles <sup>a</sup>							
Extreme	Descriptive term	Genus/species	Domain	Habitat	Minimum	Optimum	Maximum
Temperature							
High	Hyperthermophile	<i>Methanopyrus kandleri</i>	Archaea	Undersea hydrothermal vents	90°C	106°C	122°C <sup>b</sup>
Low	Psychrophile	<i>Psychromonas ingrahamii</i>	Bacteria	Sea ice	−12°C <sup>c</sup>	5°C	10°C
pH							
Low	Acidophile	<i>Picrophilus oshimae</i>	Archaea	Acidic hot springs	−0.06	0.7 <sup>d</sup>	4
High	Alkaliphile	<i>Natronobacterium gregoryi</i>	Archaea	Soda lakes	8.5	10 <sup>e</sup>	12
Pressure	Barophile (piezophile)	<i>Moritella yayanosii</i>	Bacteria	Deep ocean sediments	500 atm	700 atm <sup>f</sup>	>1000 atm
Salt (NaCl)	Halophile	<i>Halobacterium salinarum</i>	Archaea	Salterns	15%	25%	32% (saturation)

<sup>a</sup>The organisms listed are the current “record holders” for growth in laboratory culture at the extreme condition listed.

<sup>b</sup>Anaerobe showing growth at 122°C only under several atmospheres of pressure.

<sup>c</sup>The permafrost bacterium *Planococcus halocryophilus* can grow at −15°C and metabolize at −25°C. However, the organism grows optimally at 25°C and grows up to 37°C and thus is not a true psychrophile.

<sup>d</sup>*P. oshimae* is also a thermophile, growing optimally at 60°C.

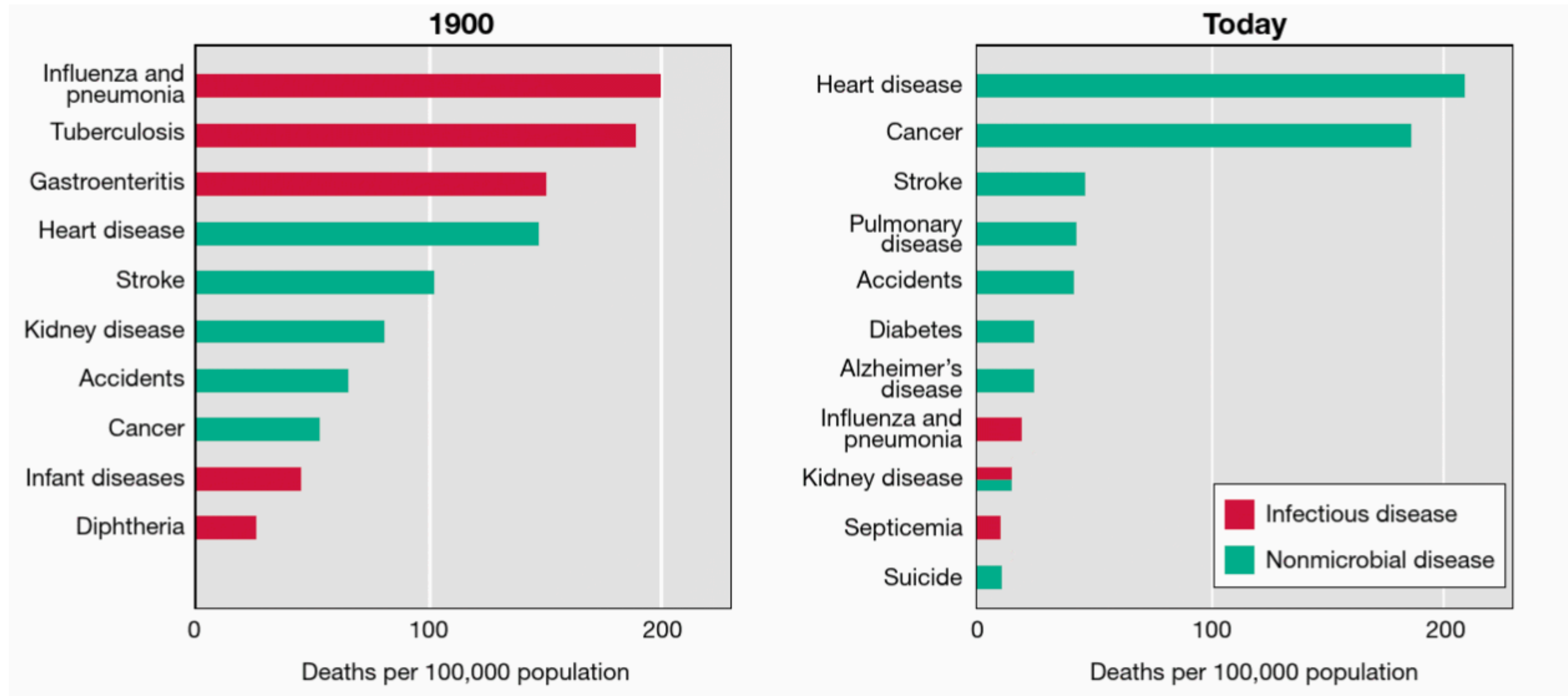
<sup>e</sup>*N. gregoryi* is also an extreme halophile, growing optimally at 20% NaCl.

<sup>f</sup>*M. yayanosii* is also a psychrophile, growing optimally near 4°C.



# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes comme **agents infectieux**



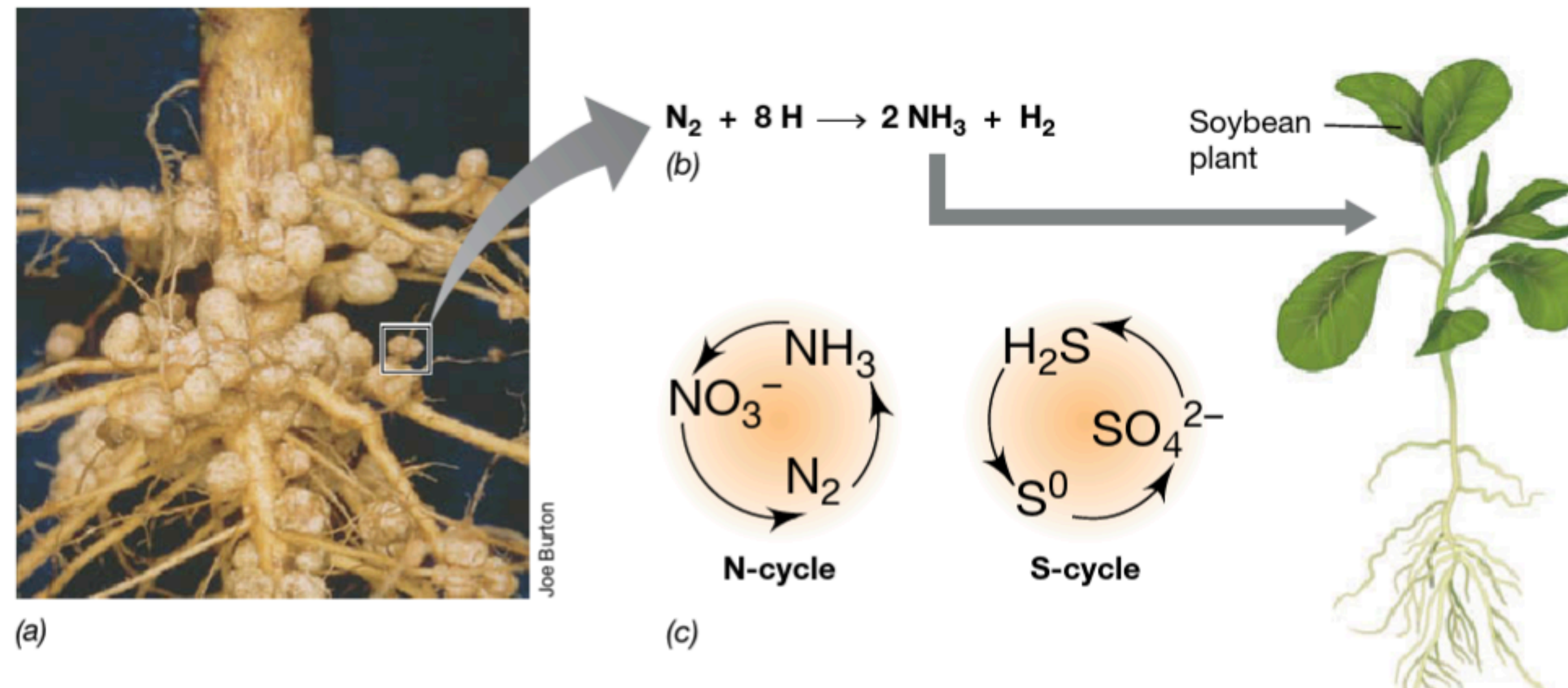
# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes comme **agents infectieux**
  - au début du 20e siècle, les causes principales de **mortalités** étaient associés à des **infections virales ou bactériennes**
  - aujourd'hui, ce n'est plus le cas grâce à une meilleure **compréhension des maladies**, aux **vaccins**, aux **antibiotiques** et à l'**hygiène**
  - malgré cela, la plupart des microbes sont en réalité **bénéfiques pour nous et notre santé**

# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes et l'**agriculture**

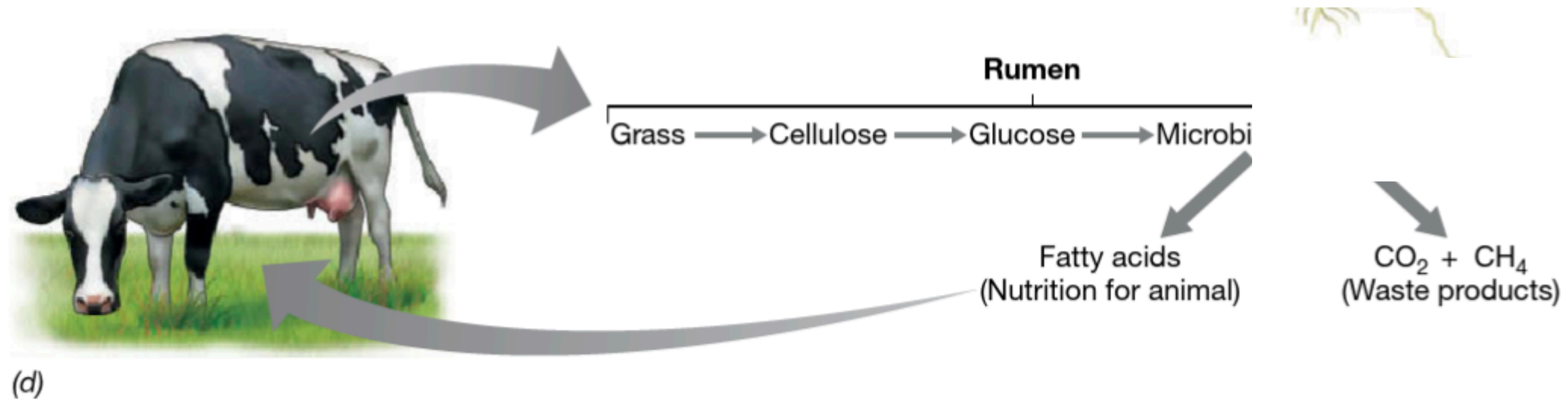
- les **légumineuses** vivent en **symbiose** avec des **micro-organismes** qui forment des nodules sur leurs racines
- ces micro-organismes transforment l'**azote atmosphérique** en **ammoniac** (=fixation de l'azote)
- l'ammoniac sert de **nutriment** pour la plante



# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes et l'**agriculture**

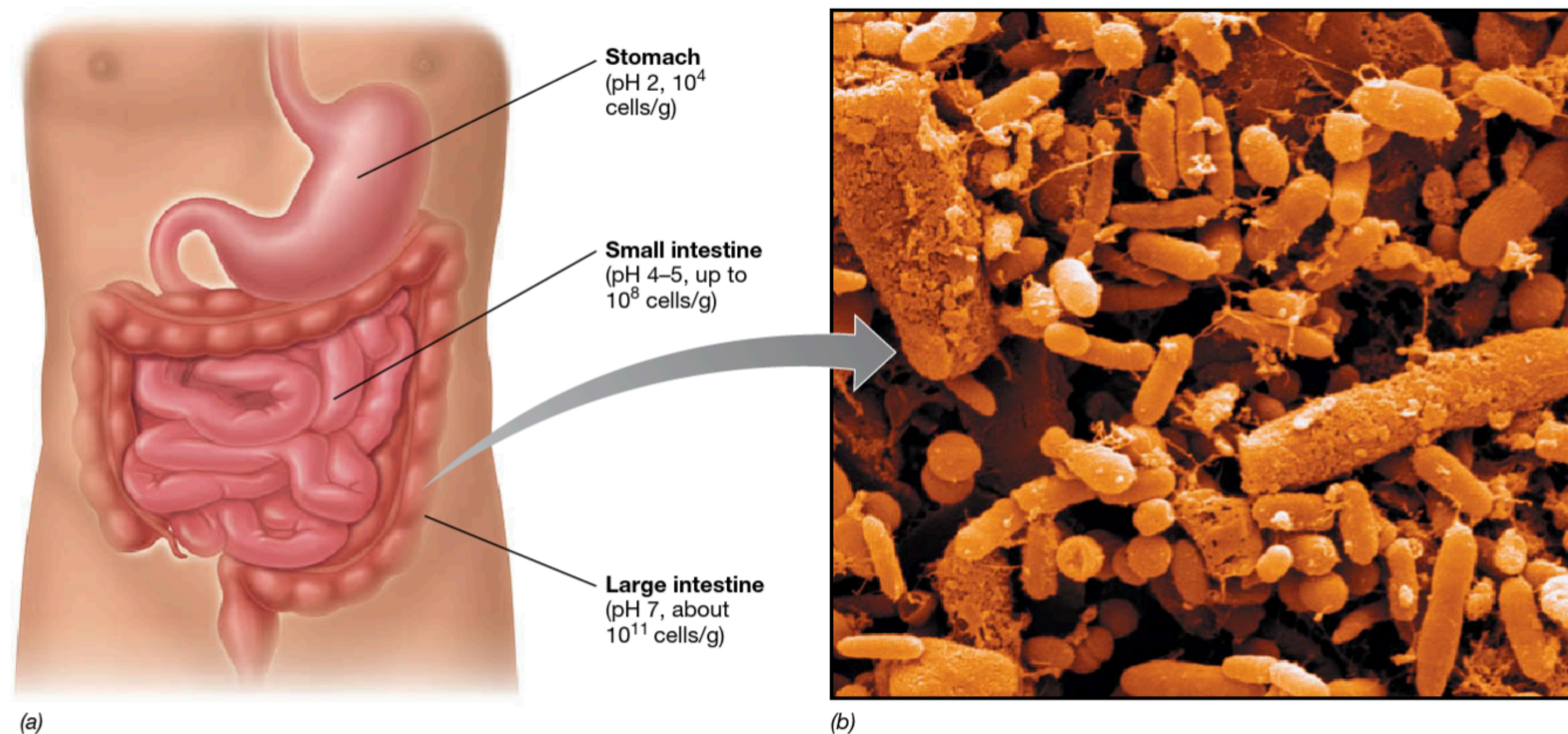
- des micro-organismes habitent dans le **rumen** des animaux ruminants
- ces micro-organismes digèrent le polysaccharide **cellulose**, présent dans les paroi cellulaires de plantes





# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes et la **santé**
  - Notre corps est habité par de nombreux micro-organismes qui contribuent à notre santé (voir cours prochain)



**Figure 1.10 The human gastrointestinal tract.** (a) Diagram of the human GI tract showing the major organs. (b) Scanning electron micrograph of microbial cells in the human colon (large intestine). Cell numbers in the colon can reach as high as  $10^{11}$  per gram. As well as high *numbers* of cells, the microbial *diversity* in the colon is also quite high.



# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes et l'**alimentation**
  - certains microbes peuvent **contaminer** l'alimentation
  - les microbes bénéfiques peuvent augmenter la **sécurité alimentaire** et **préserver** les aliments





# Les micro-organismes et les humains

- Les microbes et l'**industrie**



**Wastewater Treatment:** Microbes are used to clean wastewater.



**Bioremediation:** Microbes are used to clean contaminated environments.



**Biofilms:** Microbes grow on surfaces and can foul pipes and pipelines.



**Biotechnology:** Microbes can be genetically modified to produce high-value products such as pharmaceuticals and enzymes.



**Fermentation:** Microbes are used at industrial scale to make chemicals, solvents, enzymes, and pharmaceuticals.

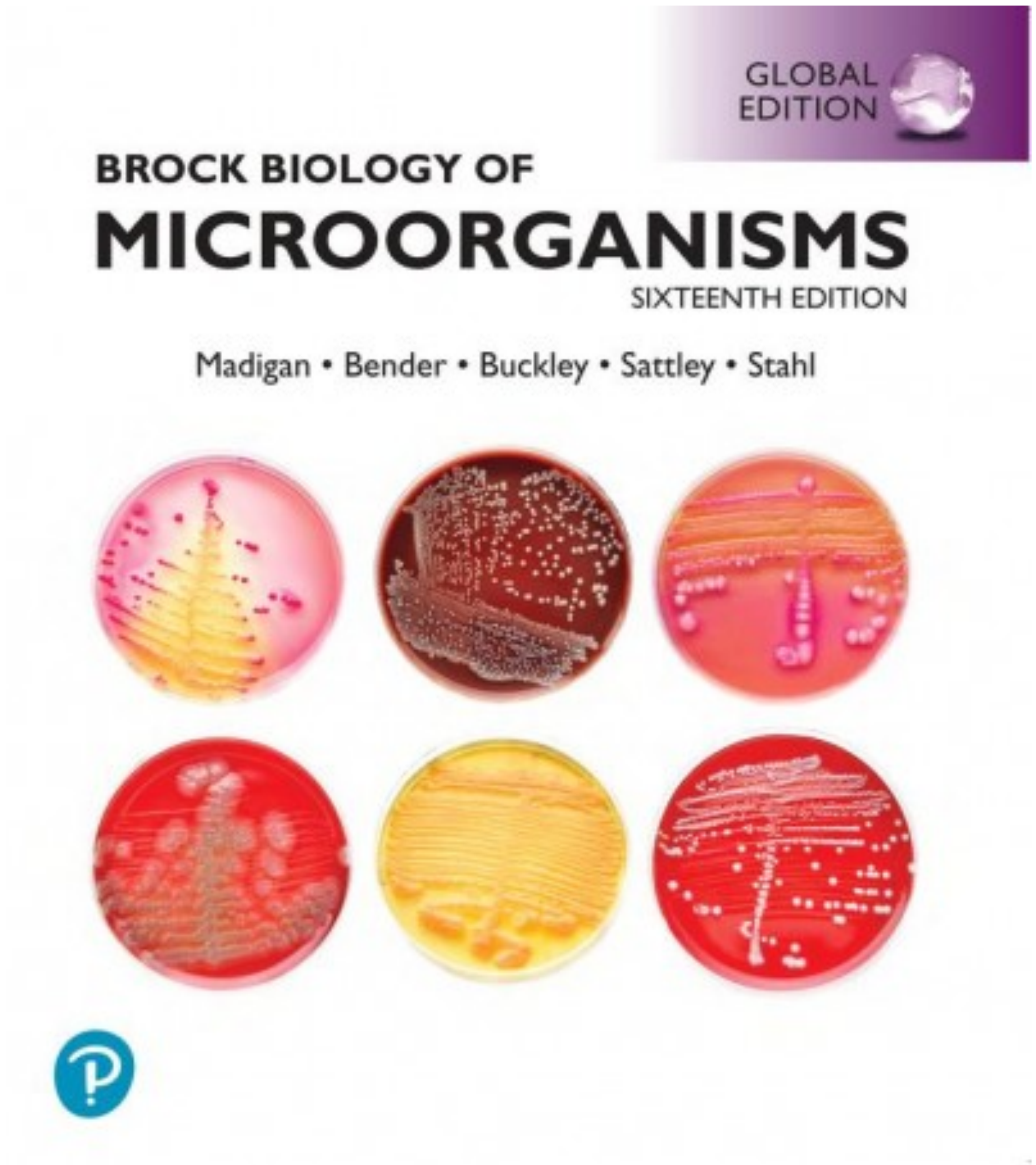


**Biofuels:** Microbes are used to convert biomass into ethanol and wastes into natural gas (methane).



# Plan

- Introduction
- Structures
- Rôles
- **Origines de la microbiologie**
- Cellules bactériennes en détail
- La croissance bactérienne
- Dans un labo de microbiologie





# Les origines de la microbiologie

- Les premiers **microscopes** (pour info)
- **Robert Hooke**, mathématicien et historien naturel anglais (1665) - dessin de moisissures

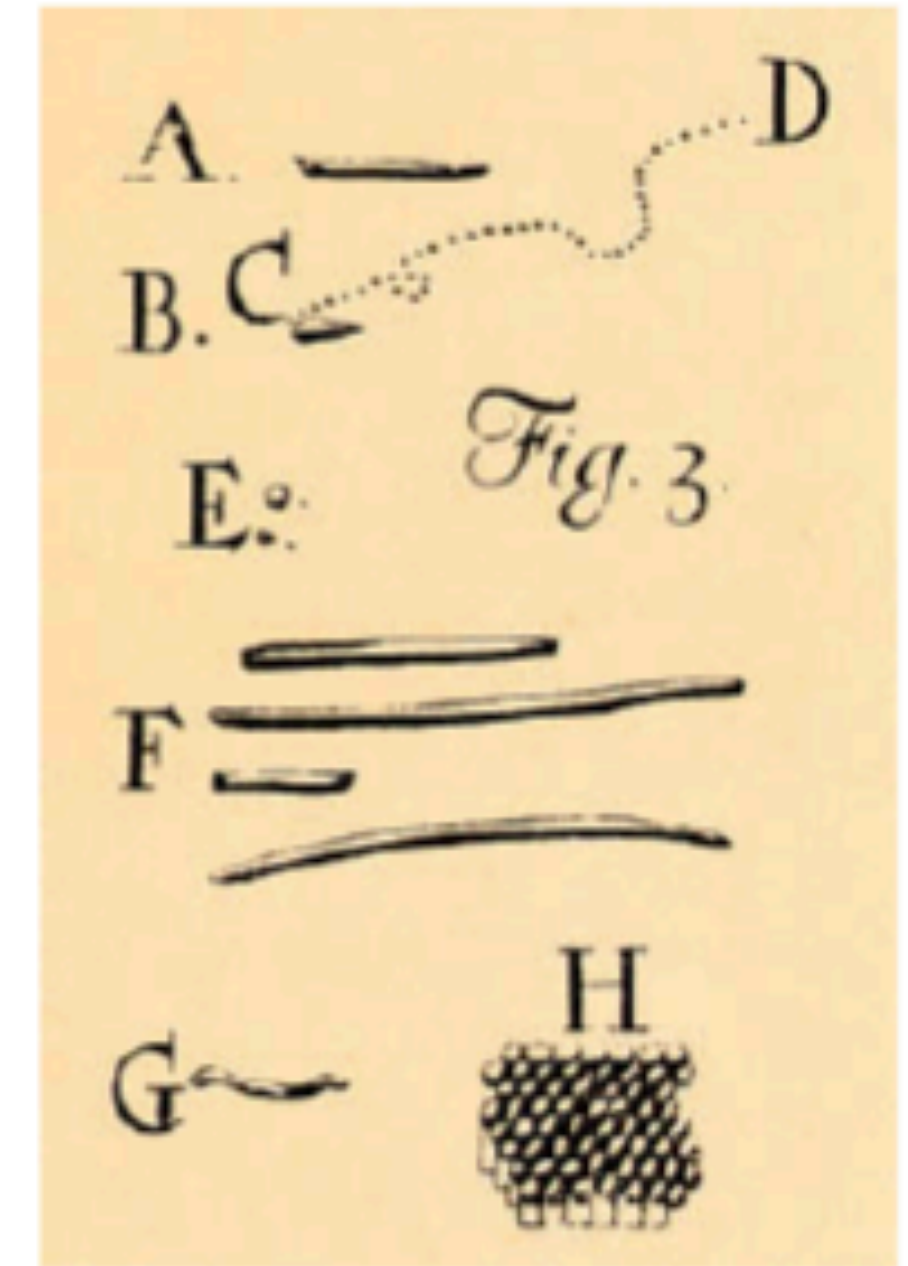


# Les origines de la microbiologie

- Les premiers **microscopes** (pour info)
  - **Robert Hooke**, mathématicien et historien naturel anglais (1665) - dessin de moisissures
  - **Antoni van Leeuwenhoek**, drapier néerlandais (1676) - première observation de bactéries = animalicules



(a)

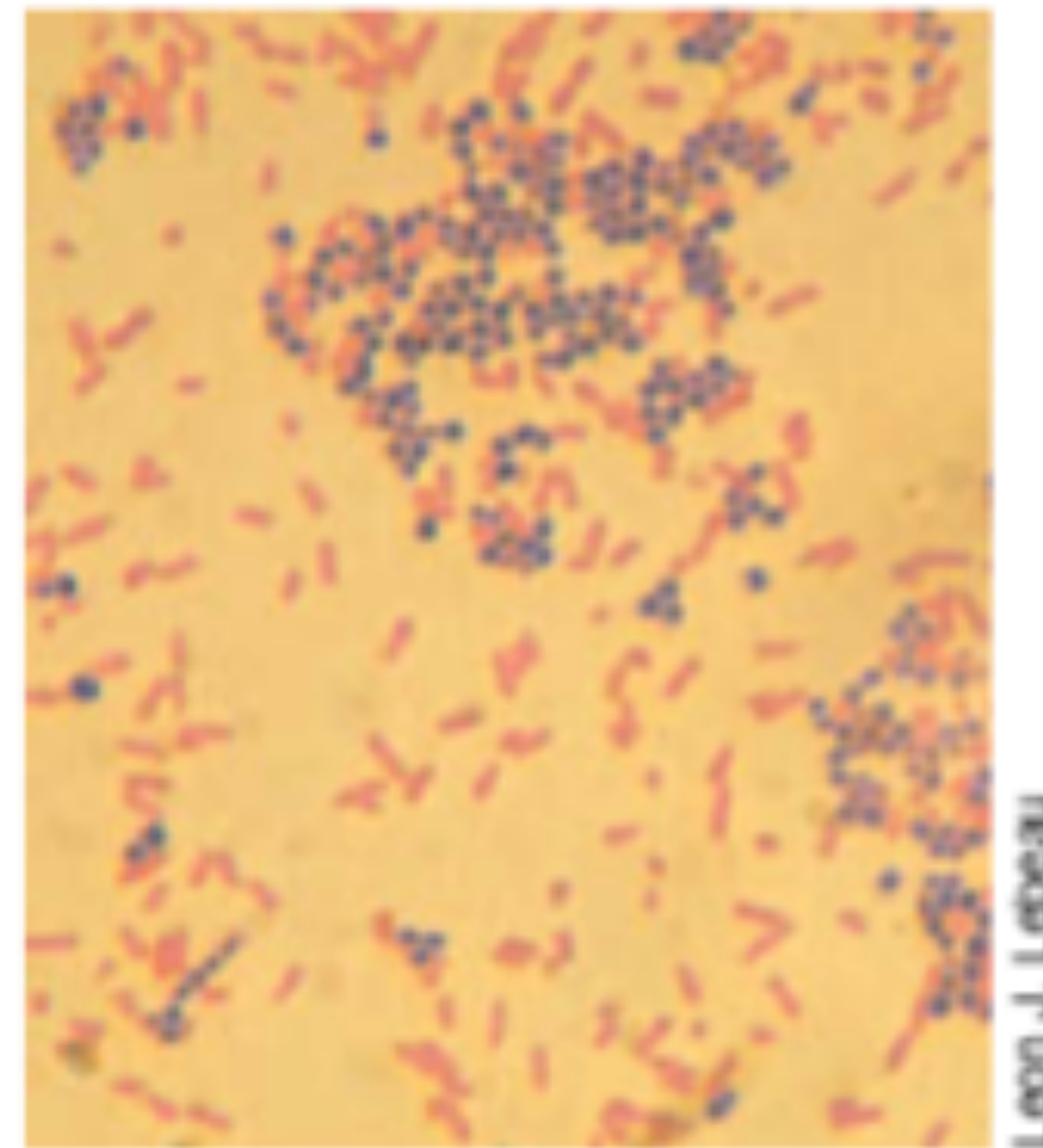


(b)

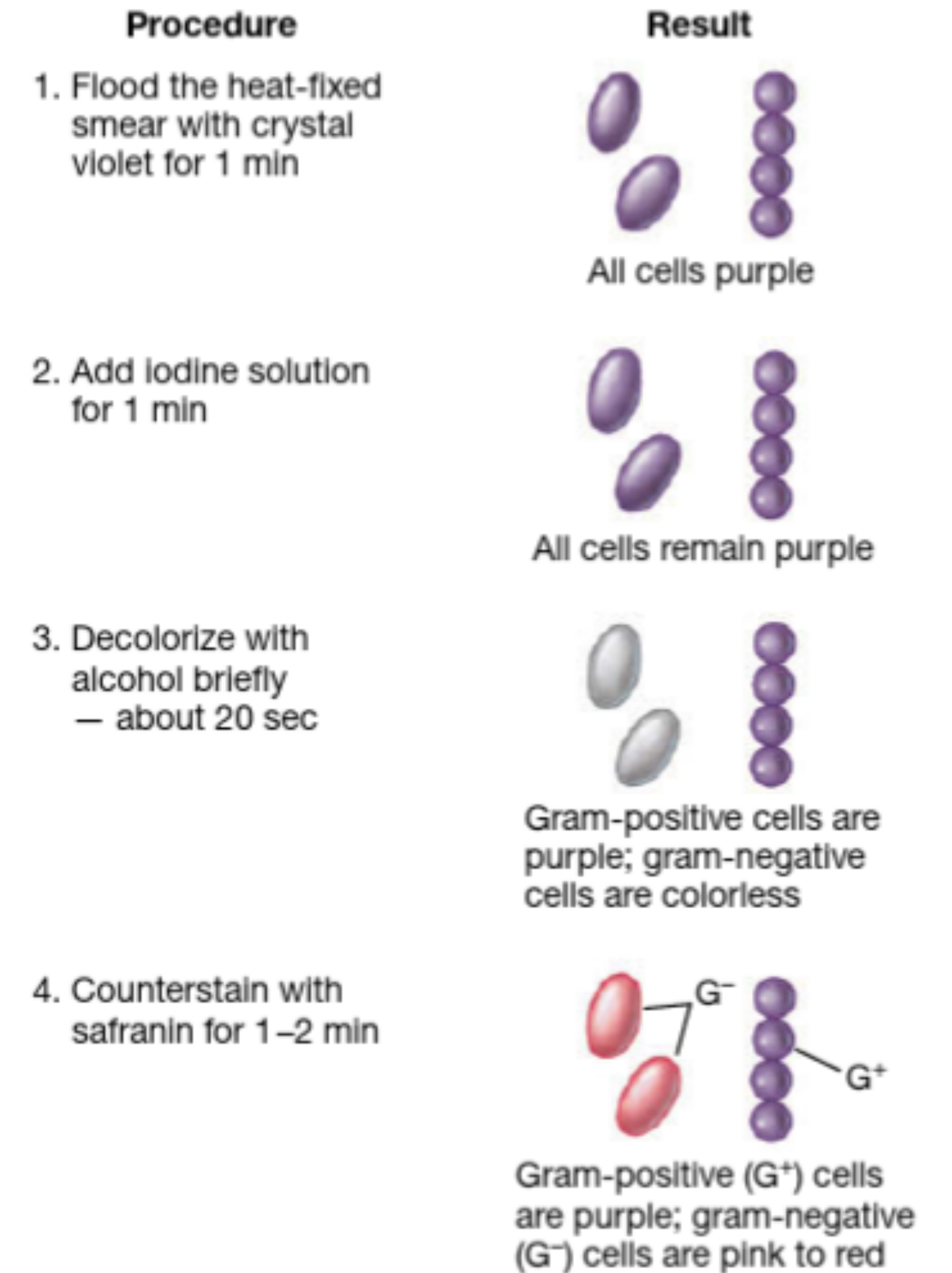


# Les origines de la microbiologie

- Les premiers **microscopes**
  - **Amélioration** des microscopes
  - **Coloration** des bactéries pour les visualiser - **coloration de Gram**



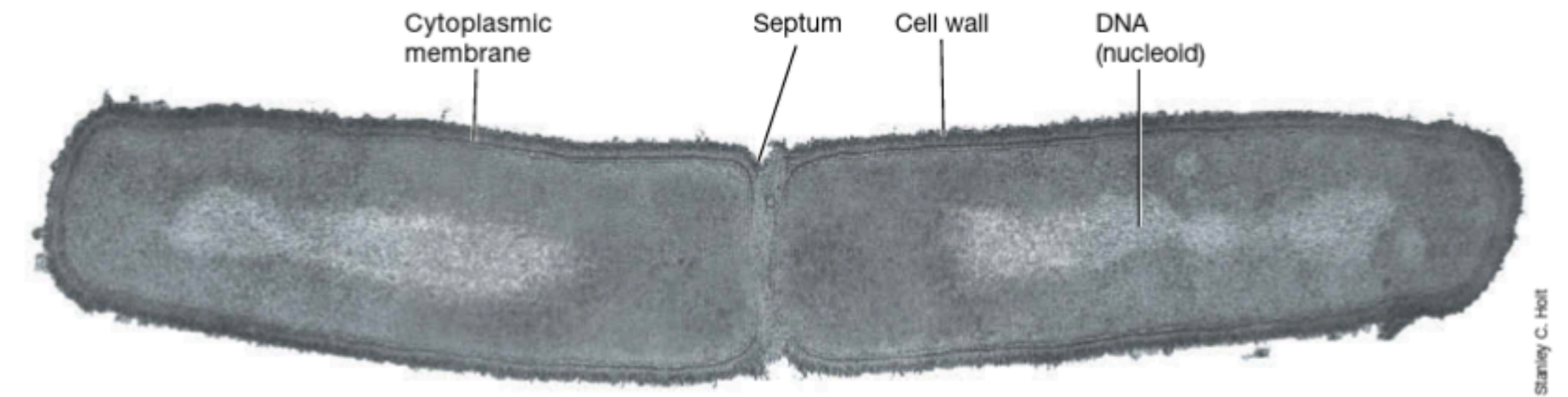
(b)



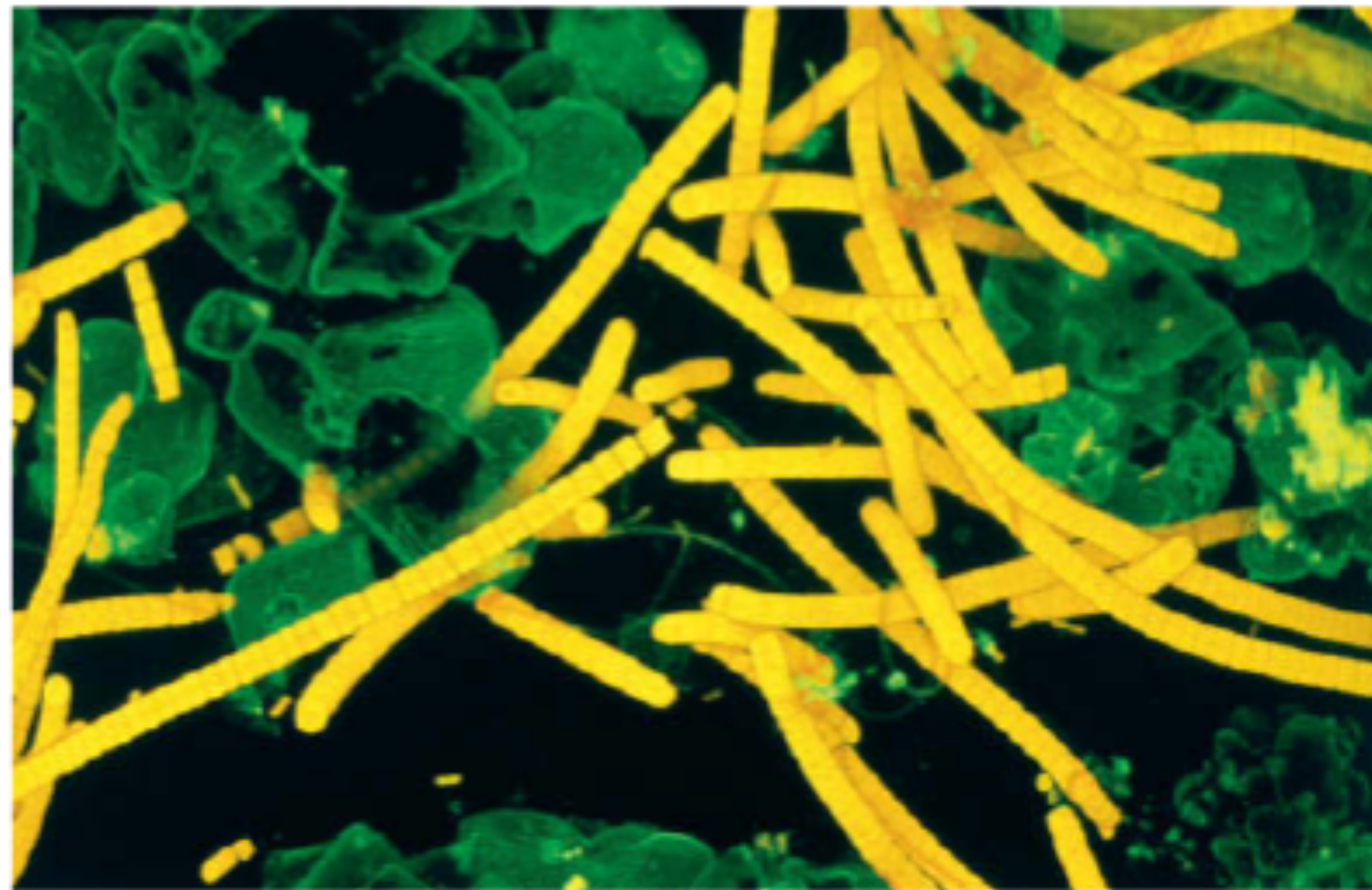


# Les origines de la microbiologie

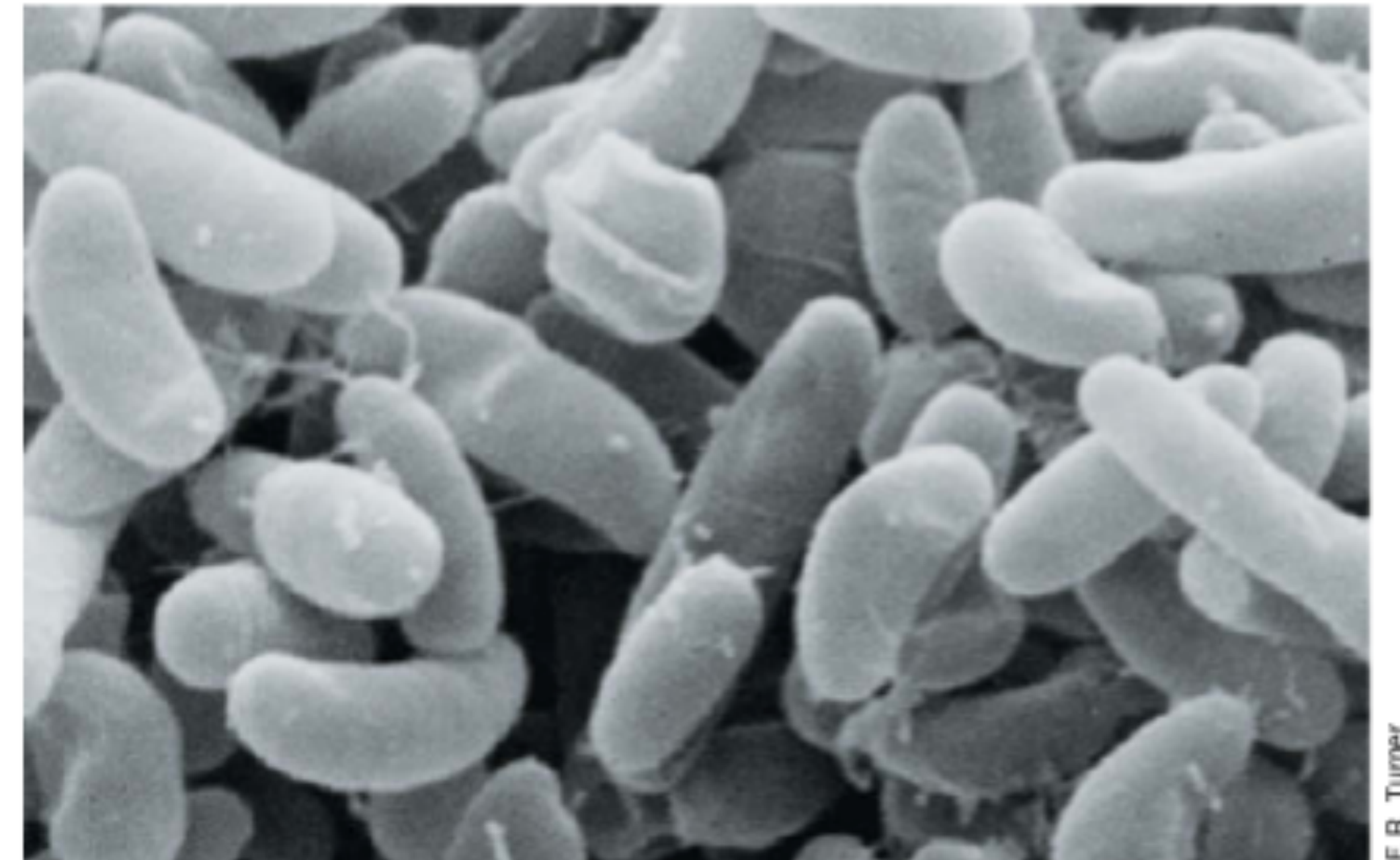
- Les premiers **microscopes**
  - **Amélioration** des microscopes



(a)



(b)



(c)



# Les origines de la microbiologie

- Importantes questions au **19<sup>e</sup> siècle**
  - Est-ce que la **génération spontanée** existe?
  - Quelle est la nature des **maladies infectieuses**?
- Chimiste français **Louis Pasteur** et médecin allemand **Robert Koch**



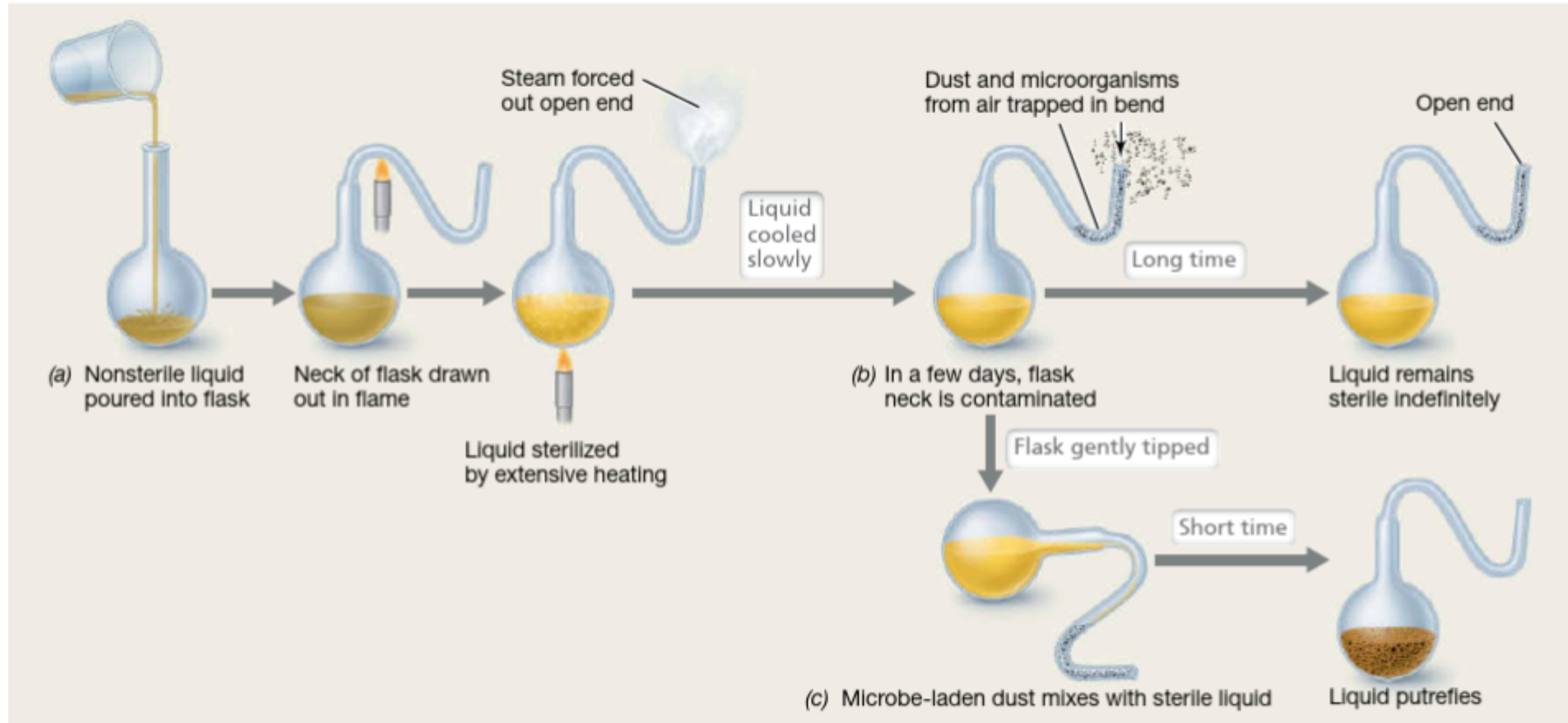
# Les origines de la microbiologie

pour info

- **Louis Pasteur** a découvert que des cristaux formés pendant la fermentation alcooliques avaient des **isomères optiques** et que les micro-organismes pouvaient **différencier** les cristaux D ou L —> **de nombreuses réactions chimiques sont probablement catalysées par des micro-organismes**
- Il rencontre un marchand local qui produit de l'alcool mais a un problème, sa boisson sent le **lait caillé** (acide lactique). Pasteur observe au microscope, les **levures** sont remplacées par des **bactéries**. Il les isole et les **teste** pour prouver que ces organismes sont responsables de la production d'alcool ou d'acide lactique.
- Lors de ces expériences, il observe d'autres organismes (probablement venus de l'air), ce qui le prépare à tester la théorie de la **génération spontanée**

**Génération spontanée:** quand du matériel pourrit, il est plein de micro-organismes. La vie se développe spontanément du matériel non-vivant.

# Les origines de la microbiologie



- Début des procédures efficaces de **stérilisation** (et **pasteurisation**)



# Les origines de la microbiologie

- Début des **vaccins**
  - Si on infecte des poules avec une **vieille culture** de vibrio cholera (bactérie), elles sont malades mais ne meurent pas quand on les injecte ensuite avec la **bactérie “fraîche”** - premier **vaccin atténué**
  - Il se focalise sur la **rage** qui touche les animaux et humains (qui tue les humains dans 100% des cas). Il isole la bactérie et met au point le premier **vaccin atténué** qu'il administre à un jeune berger mordu par son chien- succès

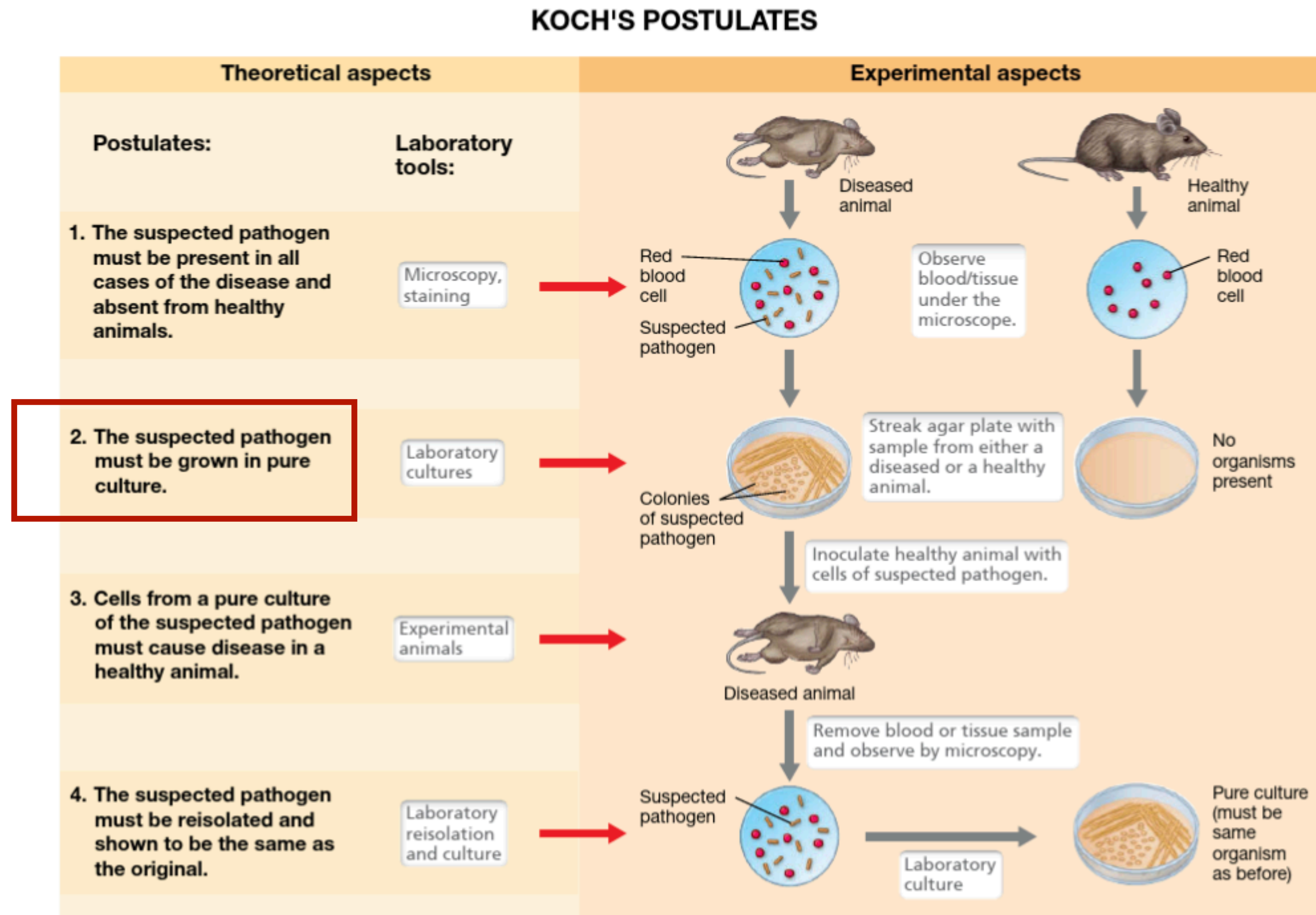


1885



# Les origines de la microbiologie

- Robert Koch



- a aussi découvert l'agent causant la tuberculose - Mycobacterium tuberculosis ou le bacille de Koch



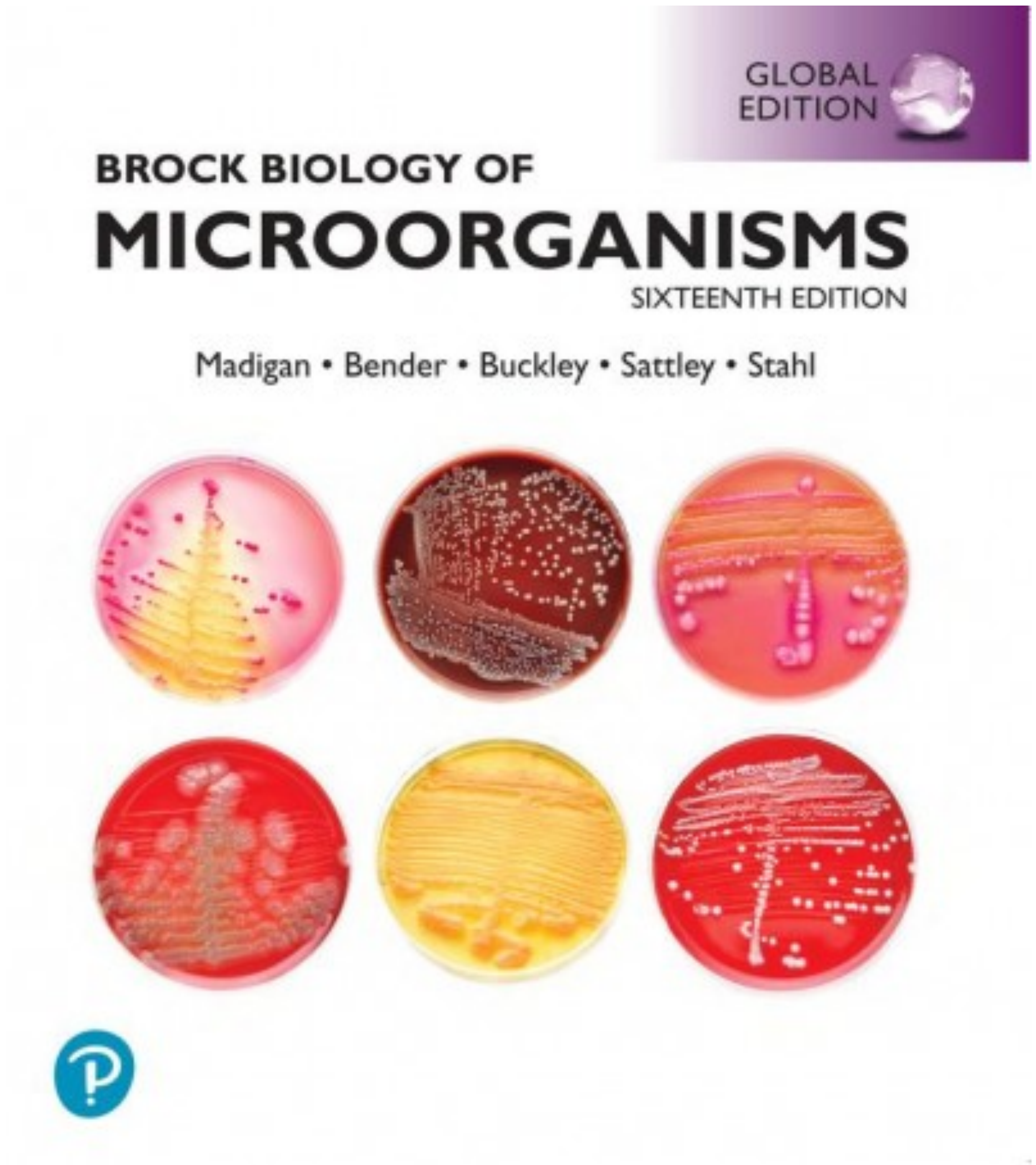
# Les origines de la microbiologie

- Cultiver des **bactéries pures** et les boîtes de **Petri** (associé de Koch)
  - ➔ des masses de cellules bactériennes appelées **colonies** se développent, avec des formes et couleurs distinctes



# Plan

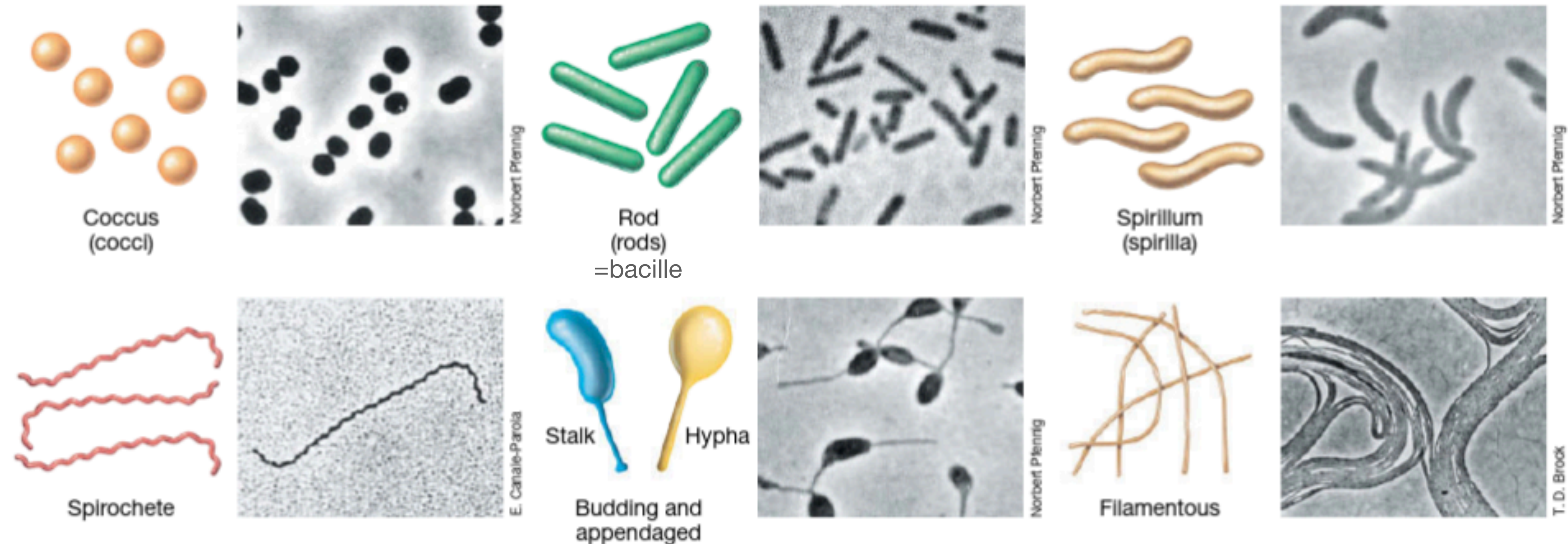
- Introduction
- Structures
- Rôles
- Origines de la microbiologie
- **Cellules bactériennes en détail**
- La croissance bactérienne
- Dans un labo de microbiologie





# Cellules microbiennes: structure et fonction

- Les morphologies classiques des cellules prokaryotes (bactéries et archées)





# Cellules microbiennes: structure et fonction

- Les tailles des cellules prokaryotes (bactéries et archées)

**TABLE 2.1 Cell size and volume of some cells of *Bacteria*, from the largest to the smallest**

Organism	Characteristics	Morphology	Size <sup>a</sup> ( $\mu\text{m}$ ) <sup>3</sup>	Cell volume ( $\mu\text{m}$ ) <sup>3</sup>	Volumes compared to <i>E. coli</i>
<i>Thiomargarita namibiensis</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci in chains	750	200,000,000	100,000,000×
<i>Epulopiscium fishelsoni</i> <sup>a</sup>	Chemoorganotroph	Rods with tapered ends	80 × 600	3,000,000	1,500,000×
<i>Beggiatoa</i> species <sup>a</sup>	Sulfur chemolithotroph	Filaments	50 × 160	1,000,000	500,000×
<i>Achromatium oxaliferum</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci	35 × 95	80,000	40,000×
<i>Lyngbya majuscula</i>	Cyanobacterium	Filaments	8 × 80	40,000	20,000×
<i>Thiovulum majus</i>	Sulfur chemolithotroph	Cocci	18	3,000	1,500×
<i>Staphylothermus marinus</i> <sup>a</sup>	Hyperthermophile	Cocci in irregular clusters	15	1,800	900×
<i>Magnetobacterium bavaricum</i>	Magnetotactic bacterium	Rods	2 × 10	30	15×
<i>Escherichia coli</i>	Chemoorganotroph	Rods	1 × 2	2	1×
<i>Pelagibacter ubique</i> <sup>a</sup>	Marine chemoorganotroph	Rods	0.2 × 0.5	0.014	0.007×
Ultra-small bacteria	Uncultured, from groundwater	Variable	<0.2	0.009	0.0045×
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	Pathogenic bacterium	Pleomorphic <sup>b</sup>	0.2	0.005	0.0025×

<sup>a</sup>Where only one number is given, this is the diameter of spherical cells. The values given are for the largest cell size observed in each species. For example, for *T. namibiensis*, an average cell is only about 200  $\mu\text{m}$  in diameter. But on occasion, giant cells of 750  $\mu\text{m}$  are observed. Likewise, an average cell of *S. marinus* is about 1  $\mu\text{m}$  in diameter. The species of *Beggiatoa* here is unclear and *E. fishelsoni*, *M. bavaricum*, and *P. ubique* are not formally recognized names in taxonomy.

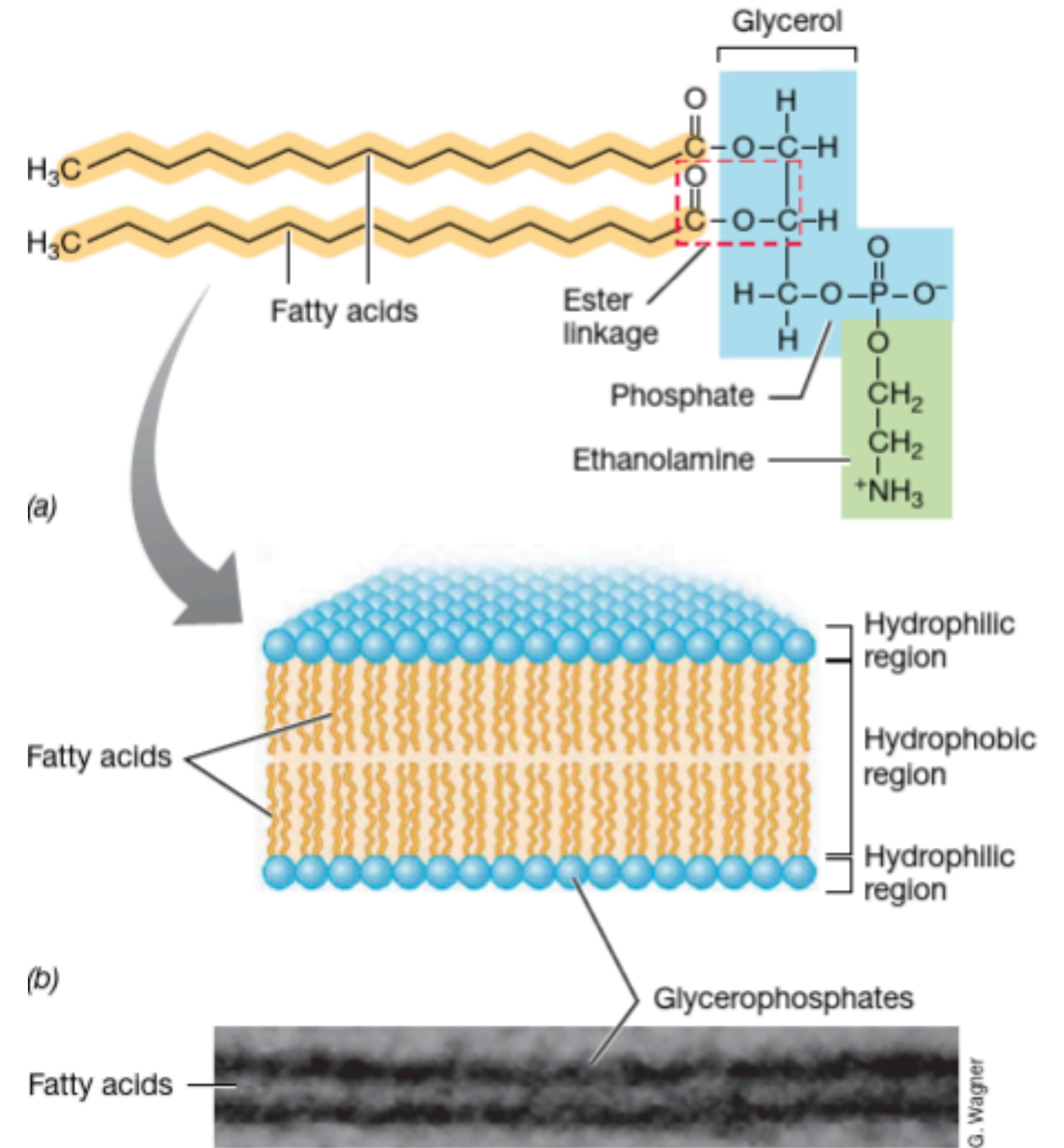
<sup>b</sup>*Mycoplasma* is a bacterium that lacks a cell wall and can thus take on many shapes (*pleomorphic* means "many shapes").

Source: Data obtained from Schulz, H.N., and B.B. Jørgensen. 2001. *Annu. Rev. Microbiol.* 55: 105–137, and Luef, B., et al. 2015. *Nature Communications*. doi:10.1038/ncomms7372.



# Cellules bactériennes: structure et fonction

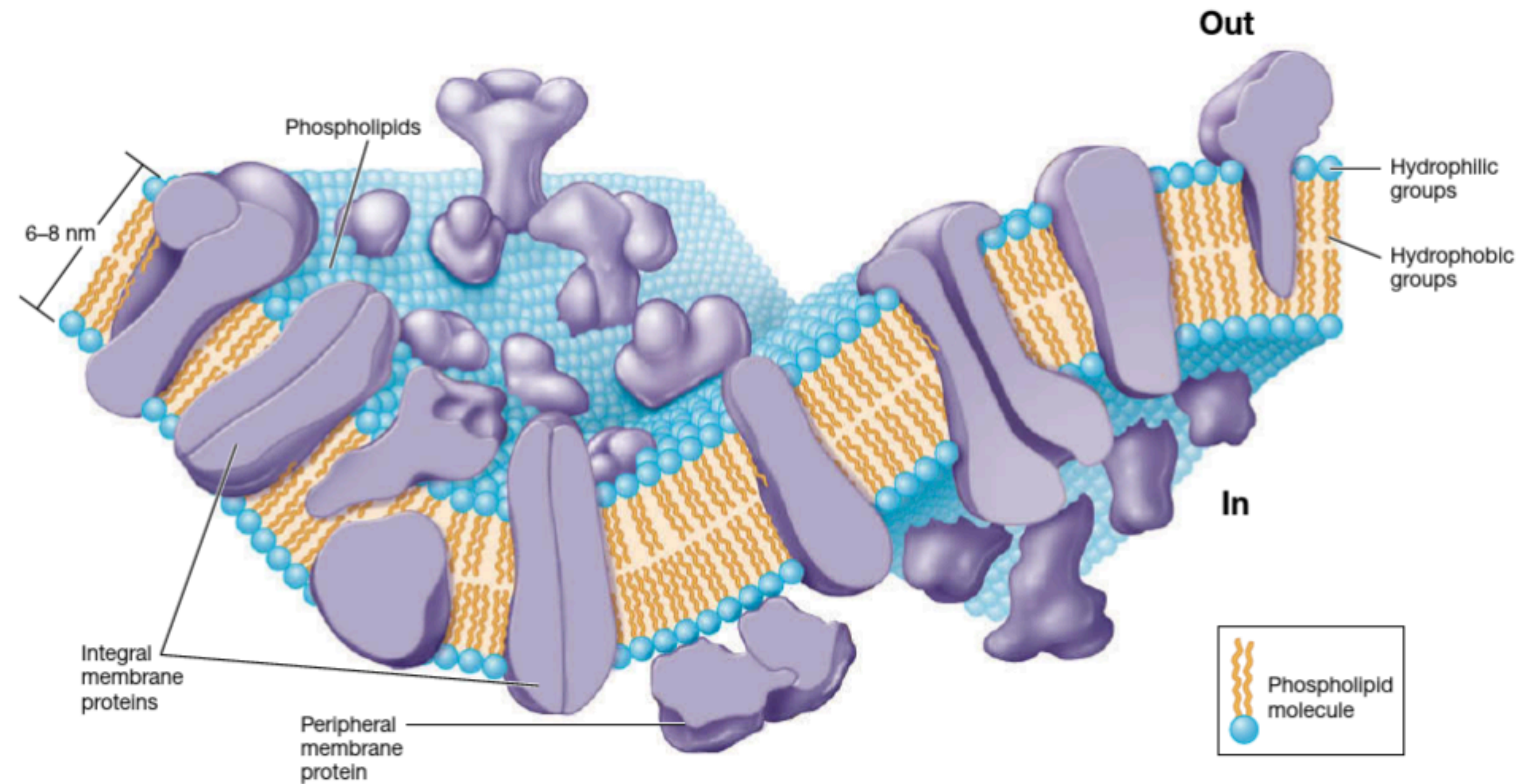
- La **membrane** et **paroi cellulaire**
- La membrane est composée d'une **double couche** de **phospholipides**





# Cellules bactériennes: structure et fonction

- La **membrane cellulaire**
  - La membrane est composée d'une **double couche** de **phospholipides**
  - Des **protéines** sont **liées** ou **intégrées** à la membrane

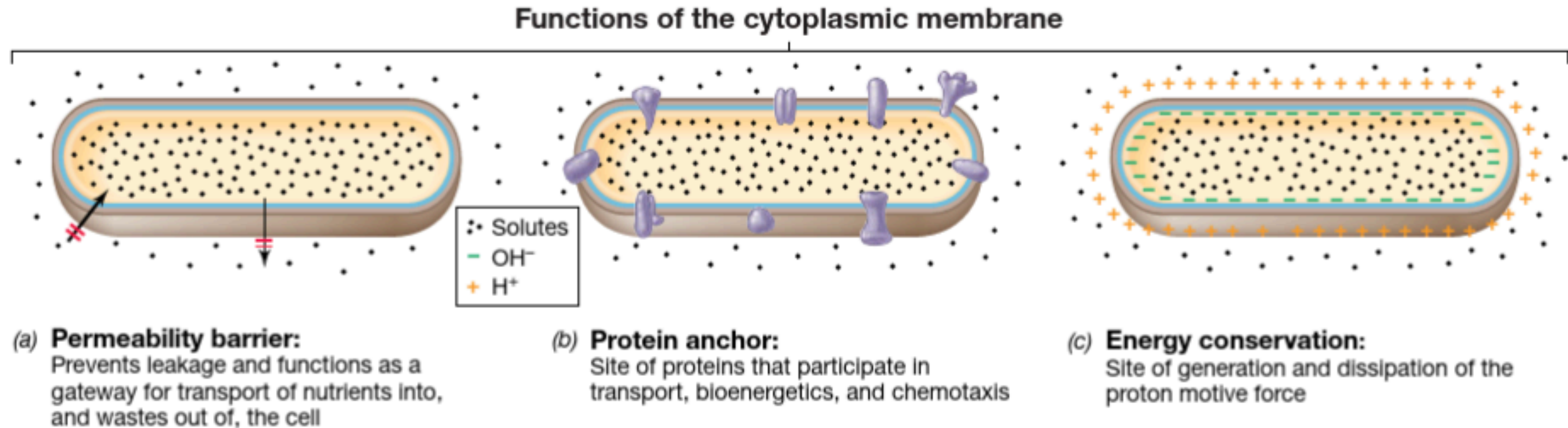




# Cellules bactériennes: structure et fonction

- La membrane cellulaire

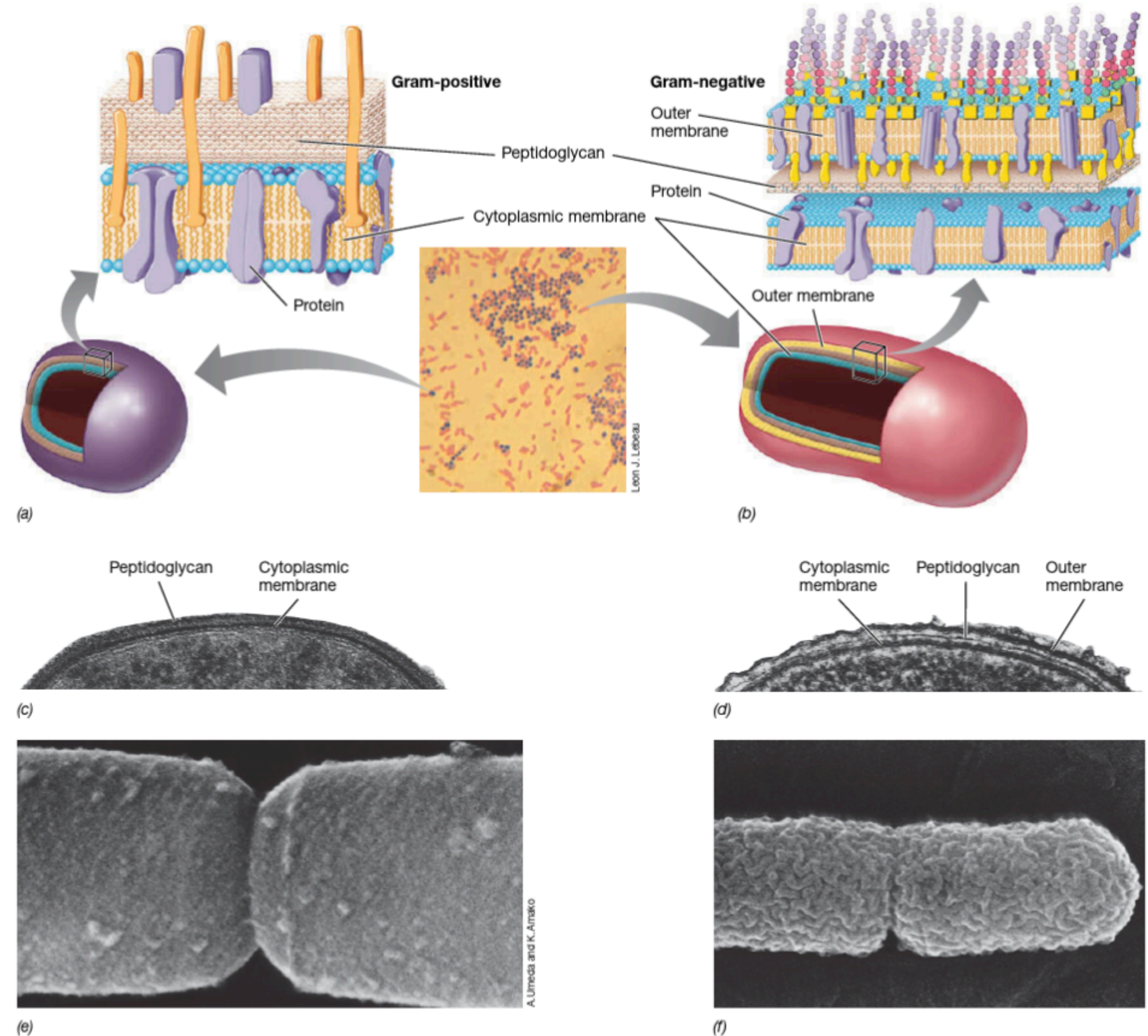
- 3 fonctions:





# Cellules bactériennes: structure et fonction

- La paroi **cellulaire**: le **peptidoglycane**





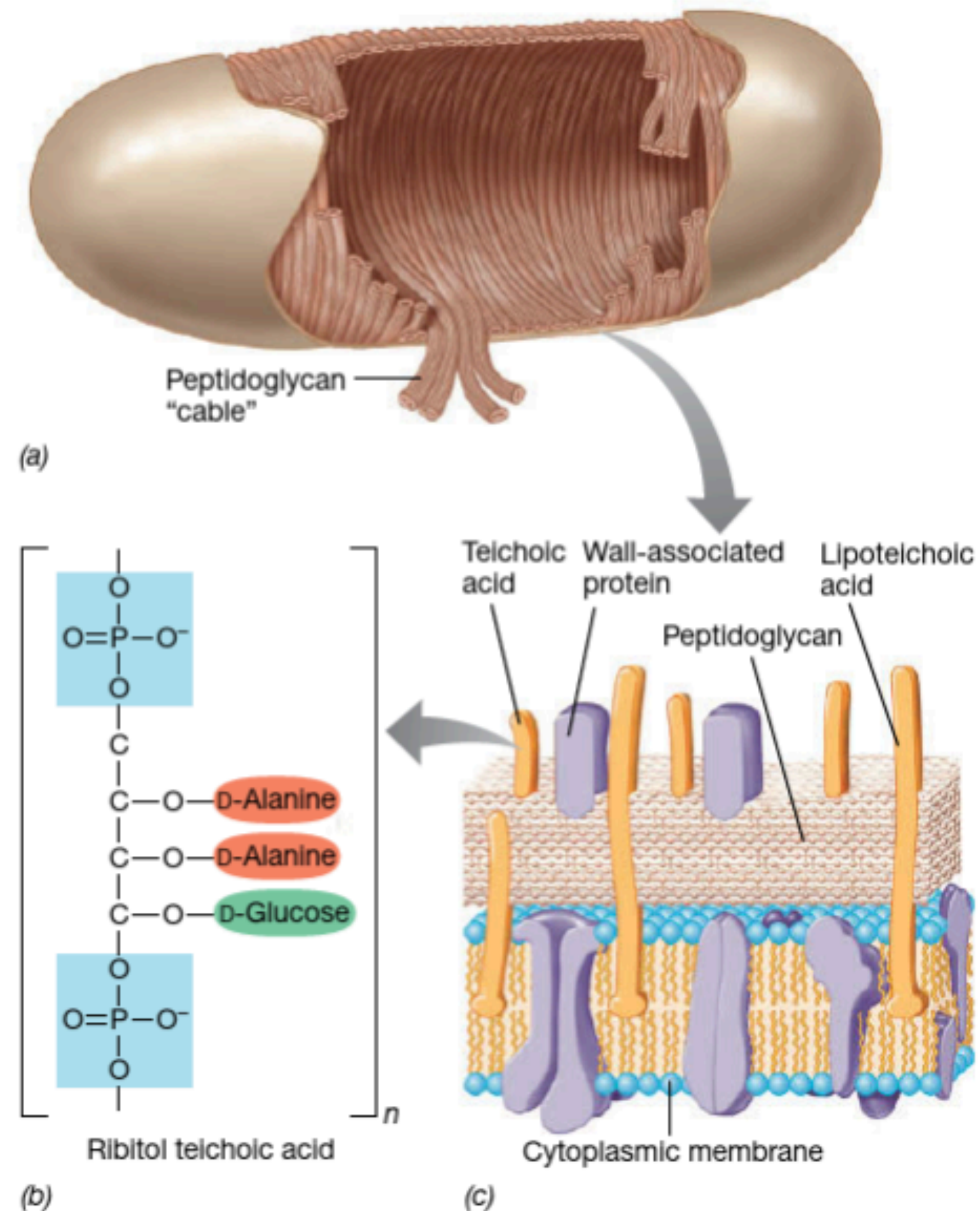
# Cellules bactériennes: structure et fonction

- La paroi **cellulaire**: le **peptidoglycane**
  - protège de la **lyse osmotique**
  - donne la **forme** et **rigidité** à la cellule
  - ciblé par de nombreux **antibiotiques**
  - différence entre bactéries à **gram-positif et négatif**



# Cellules bactériennes: structure et fonction

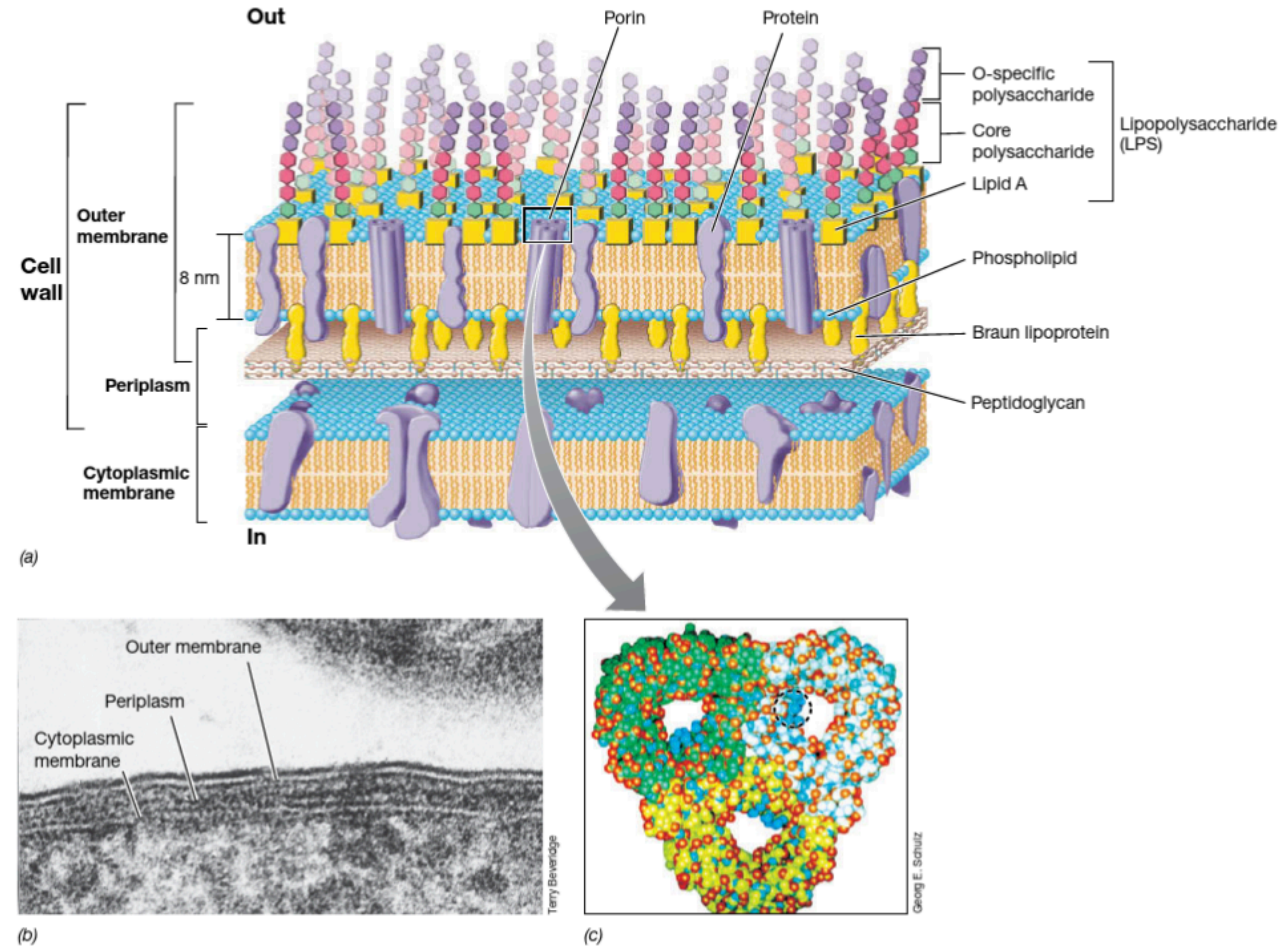
- La paroi **cellulaire**: les **bactéries à gram positif**





# Cellules bactériennes: structure et fonction

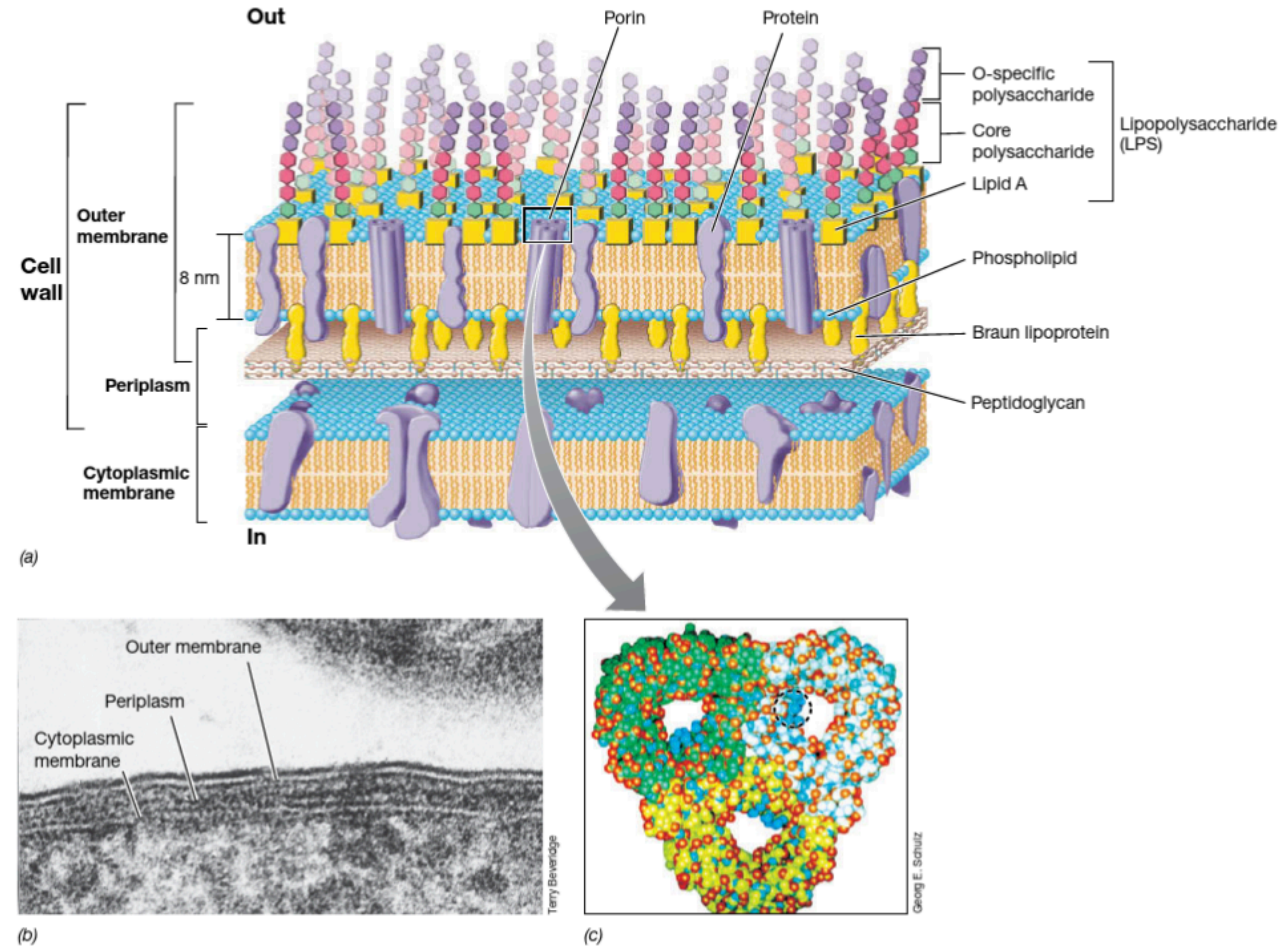
- La **membrane externe** des bactéries à gram-négatif et le **lipopolysaccharide** (LPS)
- le LPS est **toxique** pour les animaux et sa présence déclenche une réponse immunitaire





# Cellules bactériennes: structure et fonction

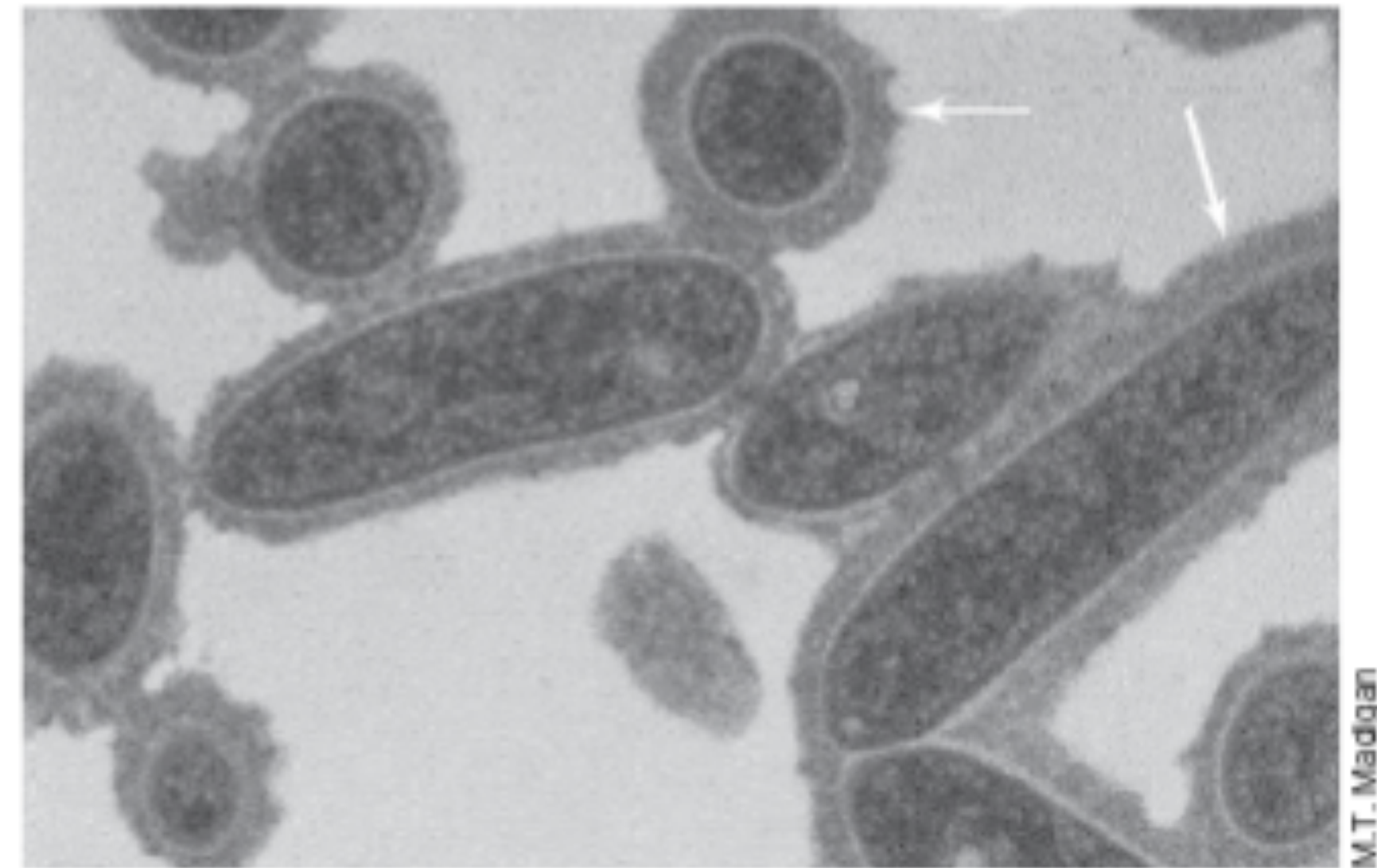
- La **membrane externe** des bactéries à gram-négatif et le **périplasma**





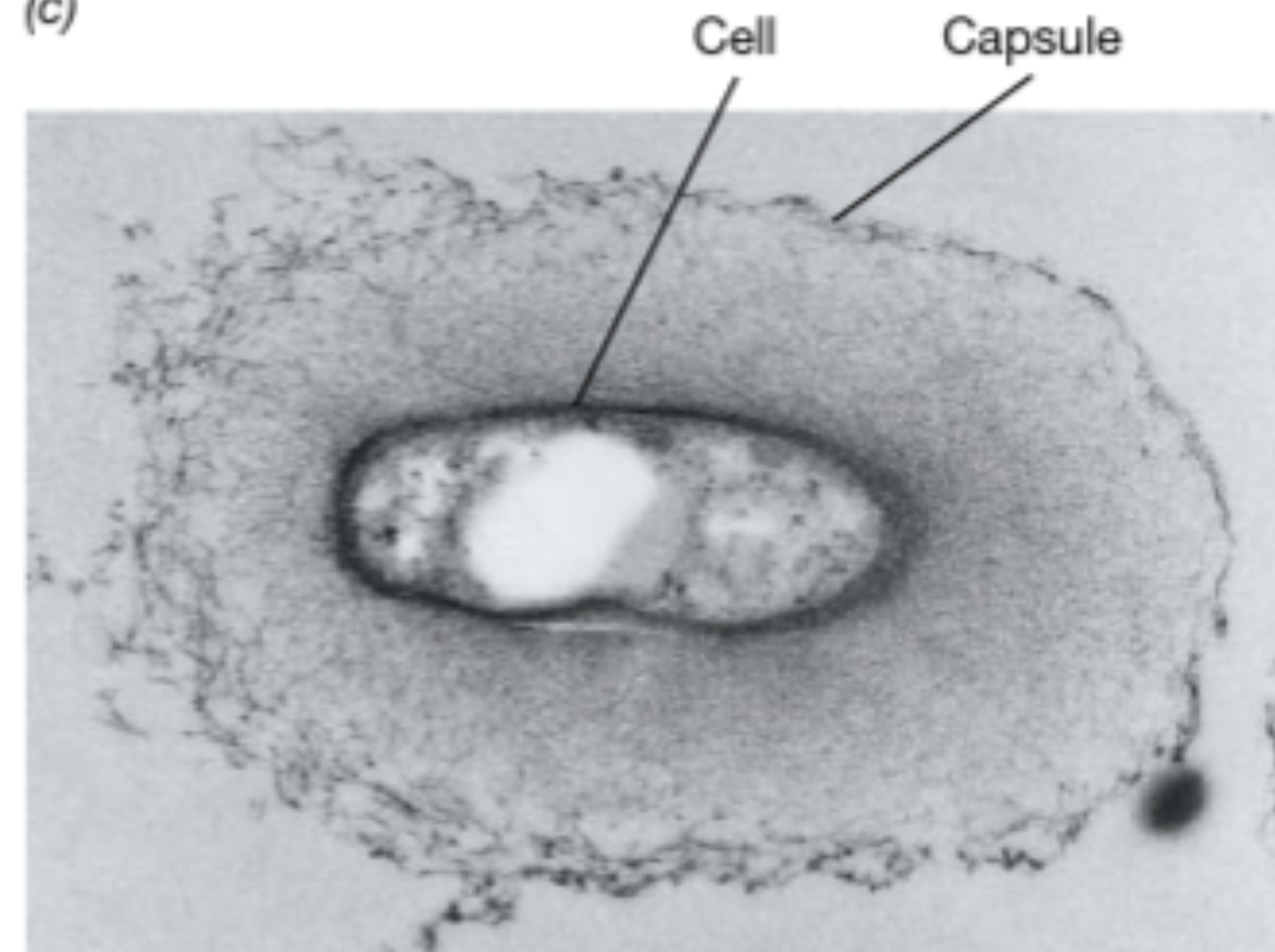
# Surface bactérienne

- La **capsule** (polysaccharides)
  - aide à l'**attachement** des bactéries sur des surfaces
  - facteur de **virulence**
  - prévient la **déshydratation**
  - rôle de **protection** (des phages, système immunitaire, antibiotiques, etc)



M.T. Madigan

(c)



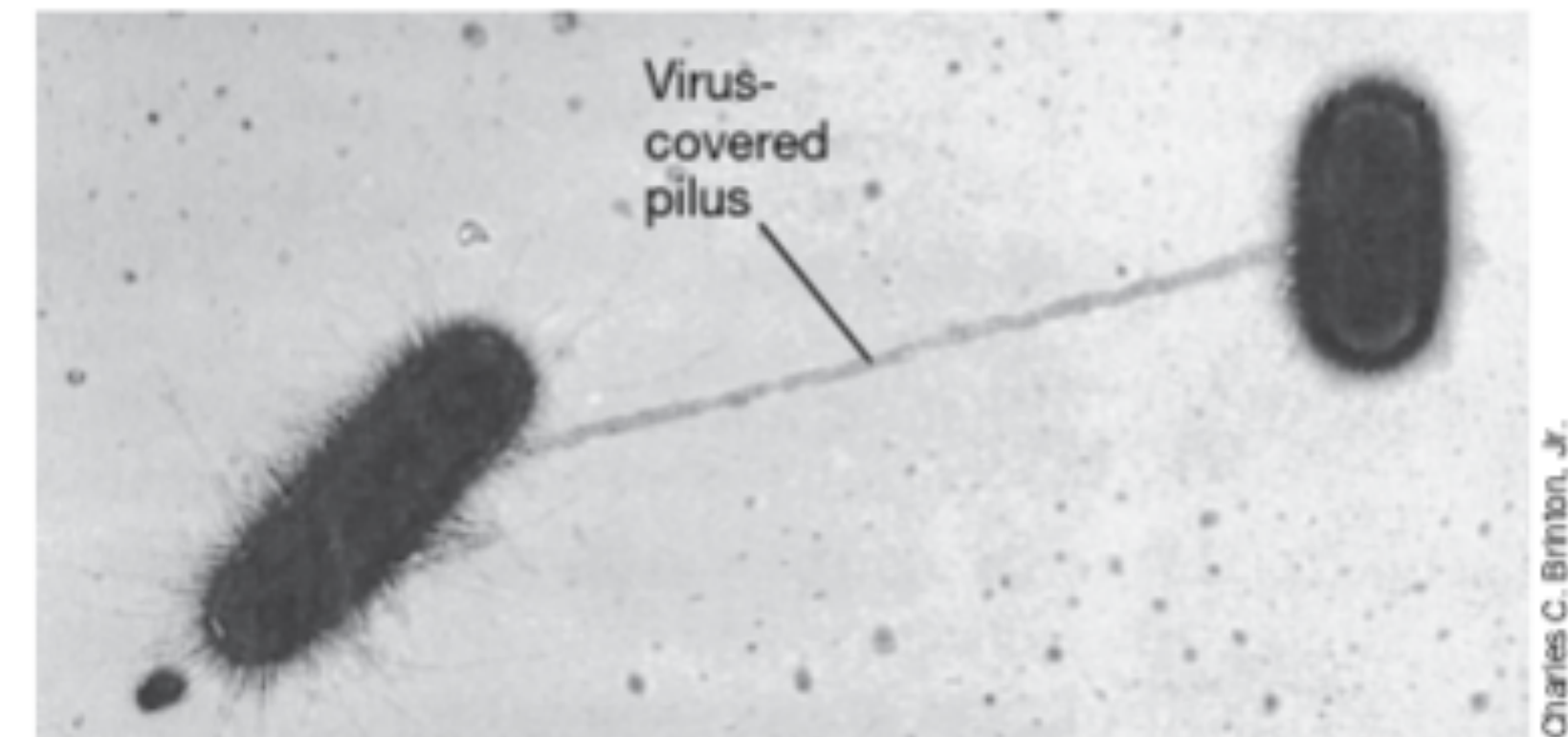
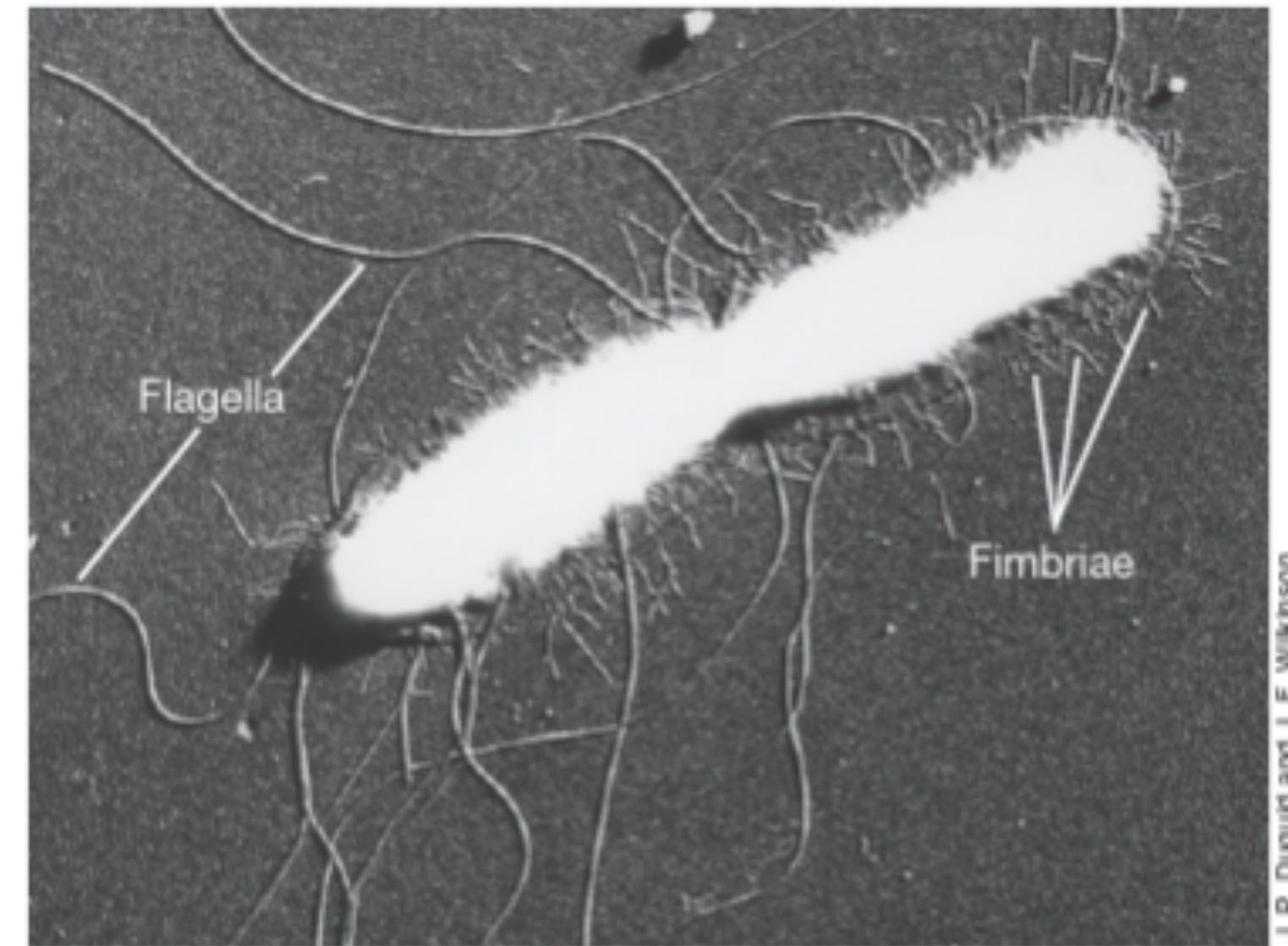
Frank Dazzo and Richard Heinzen

(d)



# Surface bactérienne

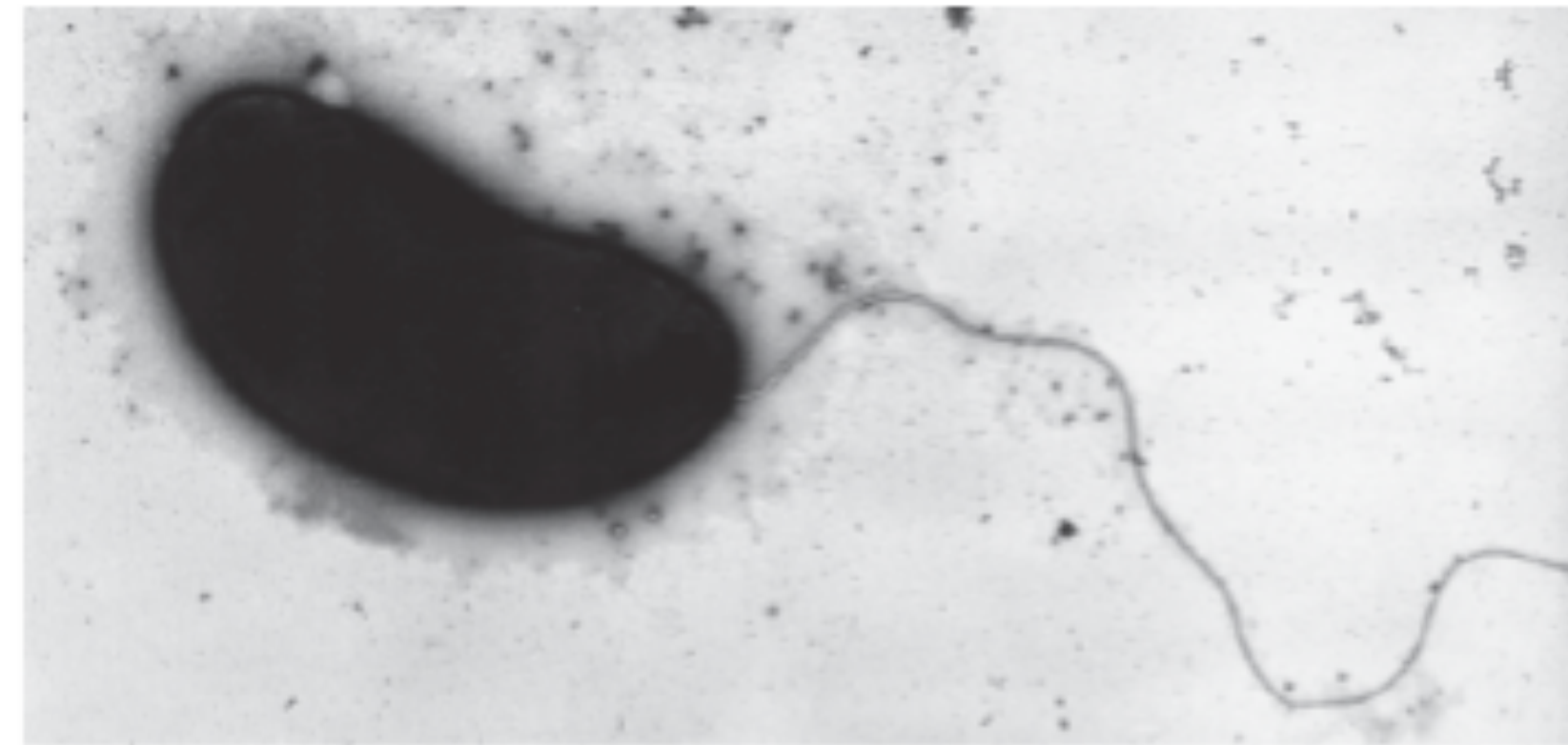
- Les **fimbriae** (plus courts et nombreux) et **pili** (plus longs et moins nombreux)
  - fines structures **protéiques** en forme de filaments
  - rôle d'**attachement** (colonisation)
  - rôle dans le **transfert d'ADN** (conjugaison)
  - rôle dans le **mouvement** cellulaire



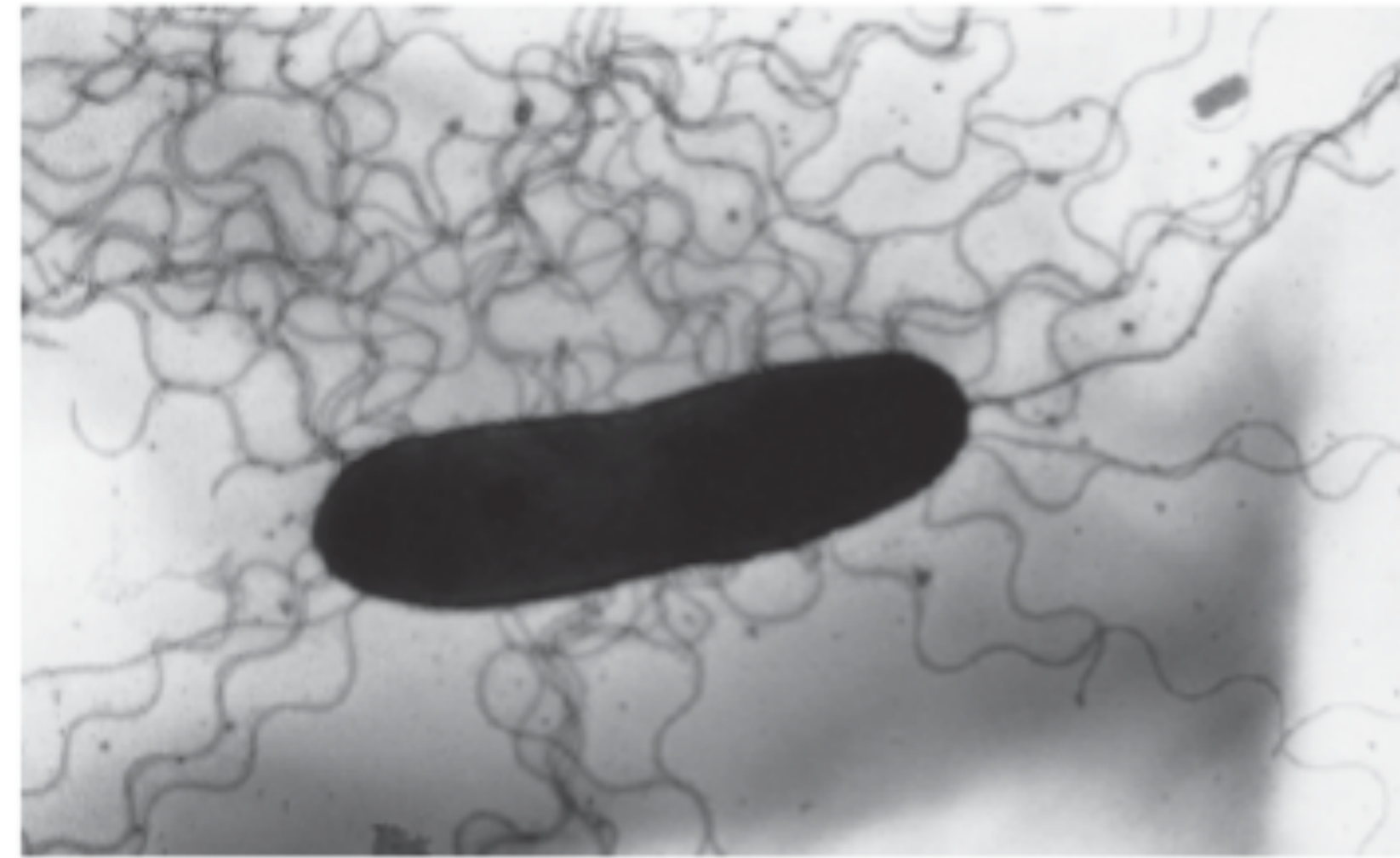


# Surface bactérienne

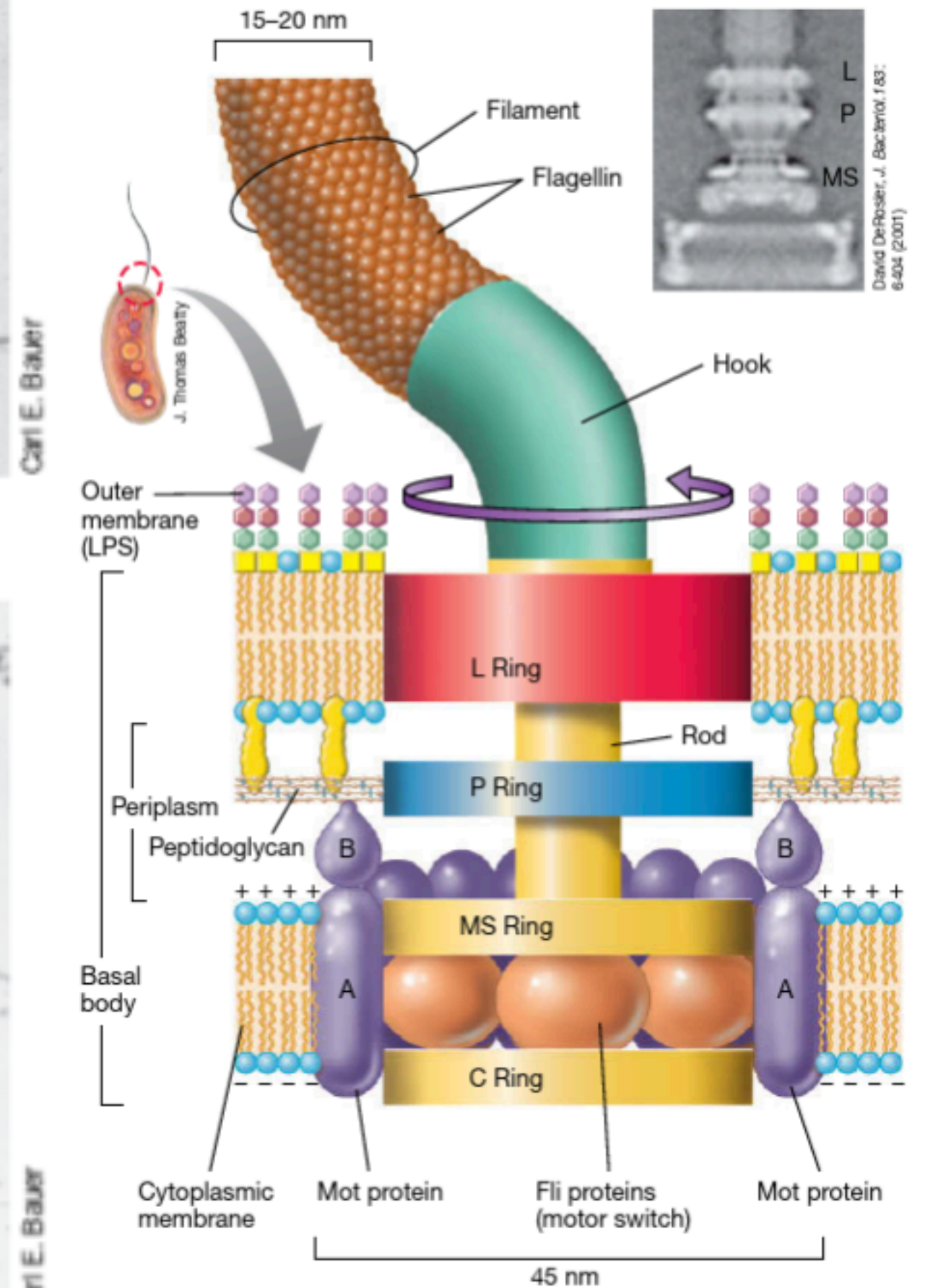
- Les **flagelles**
  - long et fins **appendices protéiques**
  - rôle dans la **motilité** (par rotation)
  - structure **complexe**



(a)



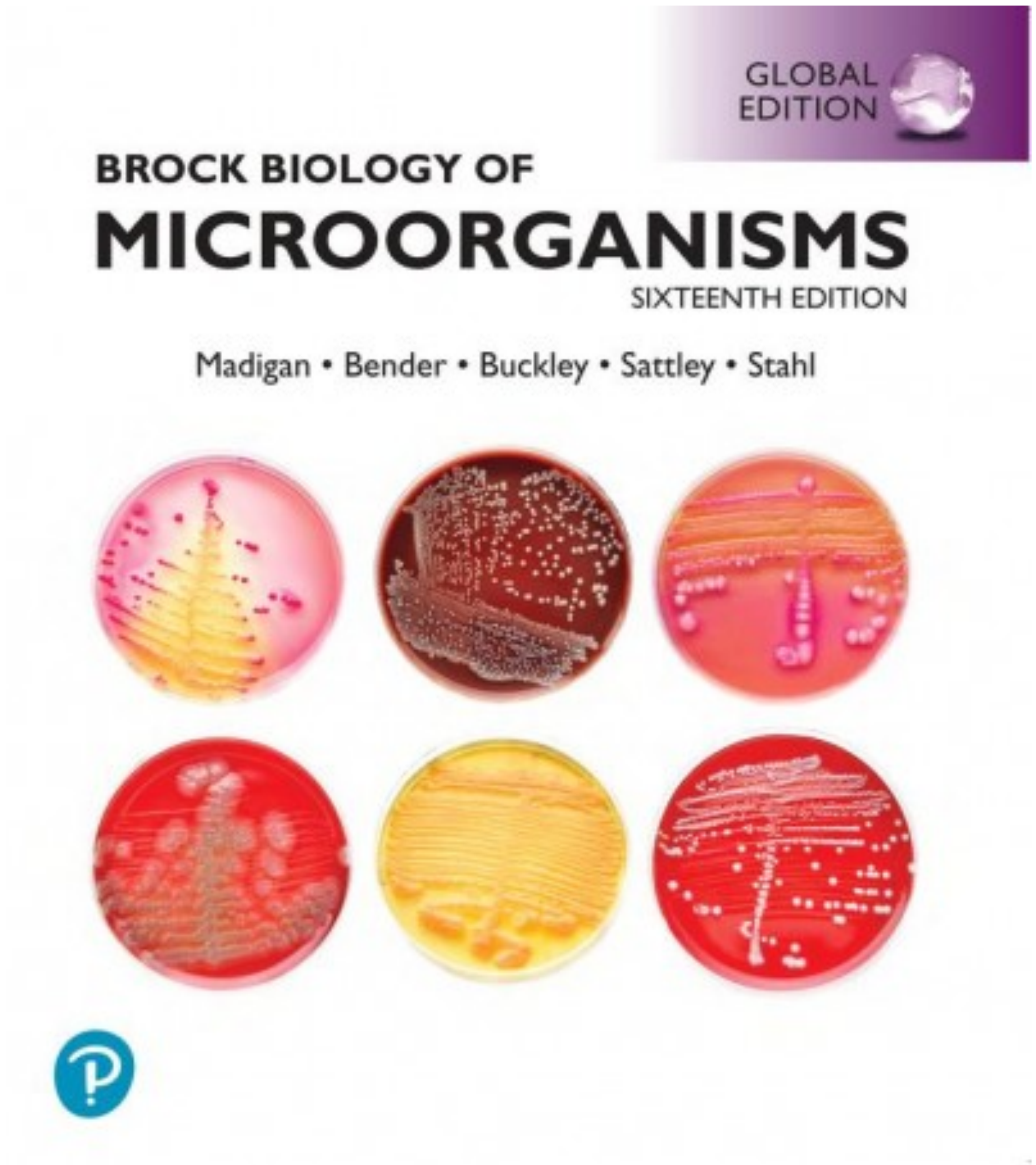
(b)





# Plan

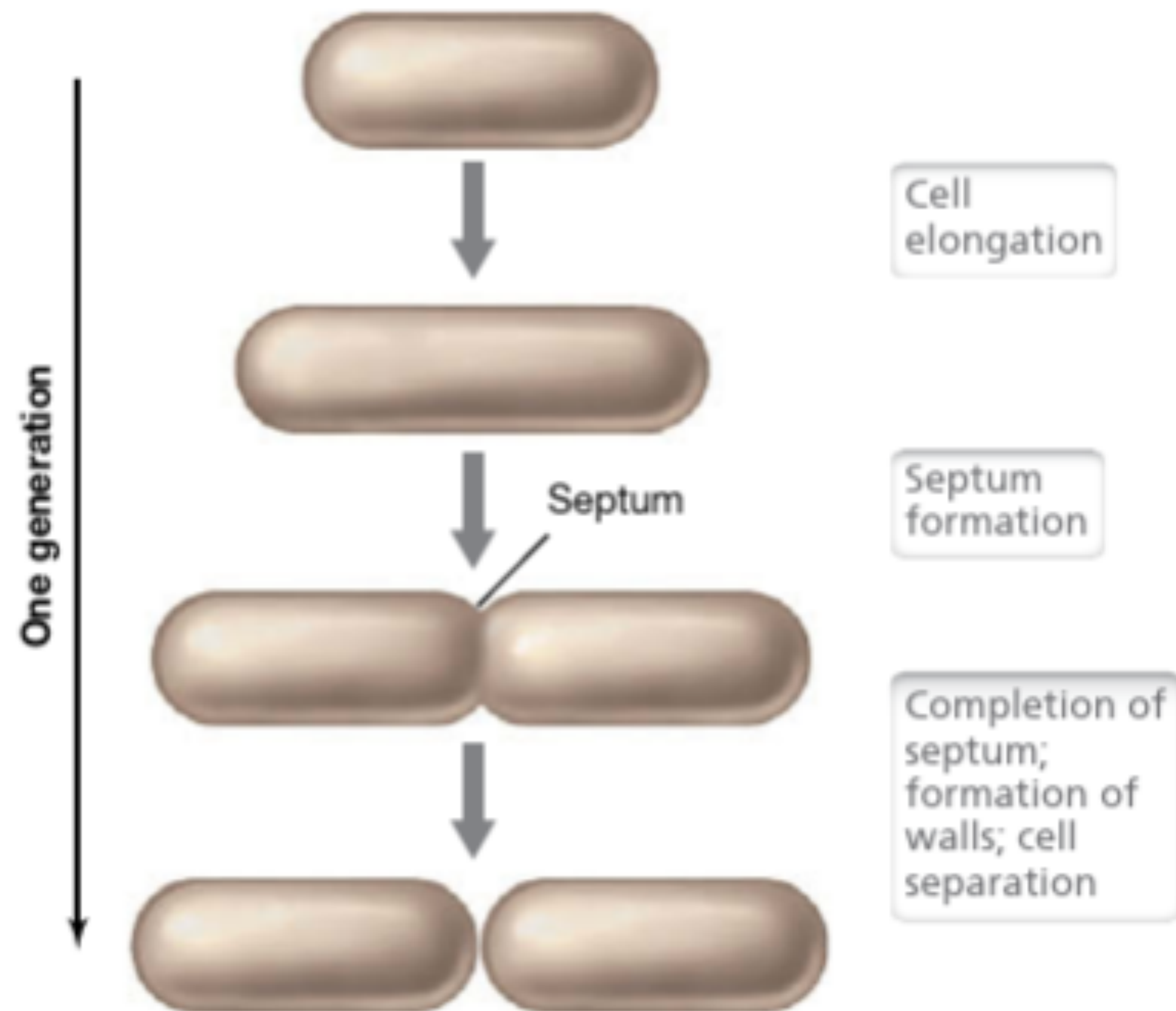
- Introduction
- Structures
- Rôles
- Origines de la microbiologie
- Cellules bactériennes en détail
- **La croissance bactérienne**
- Dans un labo de microbiologie





# La croissance bactérienne

- La **division** bactérienne



- Le **temps de génération** varie de 20 min (en conditions de laboratoire) à plusieurs semaines
- Cela dépend des **nutriments**, **conditions** etc.



# La croissance bactérienne

- La **division** bactérienne

## I. Equal products of cell division:



Binary fission: most bacteria

## II. Unequal products of cell division:

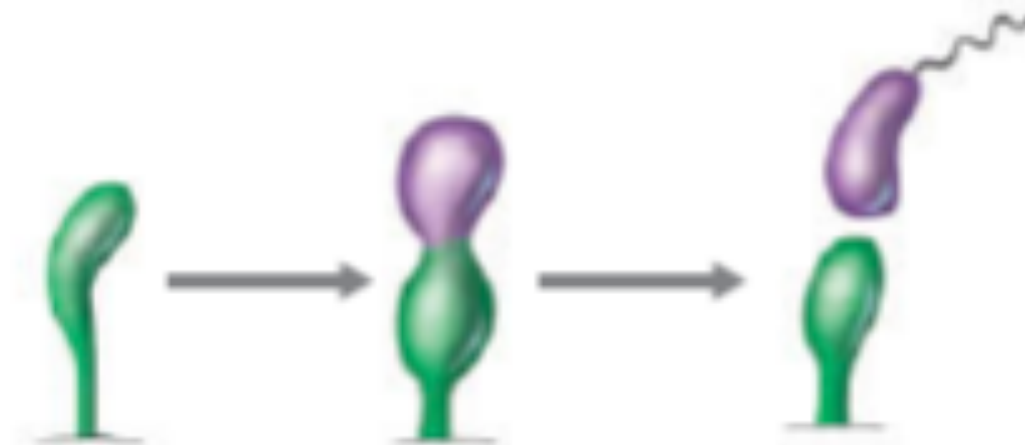
### 1. Simple budding: *Pirellula*, *Blastobacter*



### 2. Budding from hyphae: *Hyphomicrobium*, *Rhodomicrobium*, *Pedomicrobium*



### 3. Cell division of stalked organism: *Caulobacter*



### 4. Polar growth without differentiation of cell size:

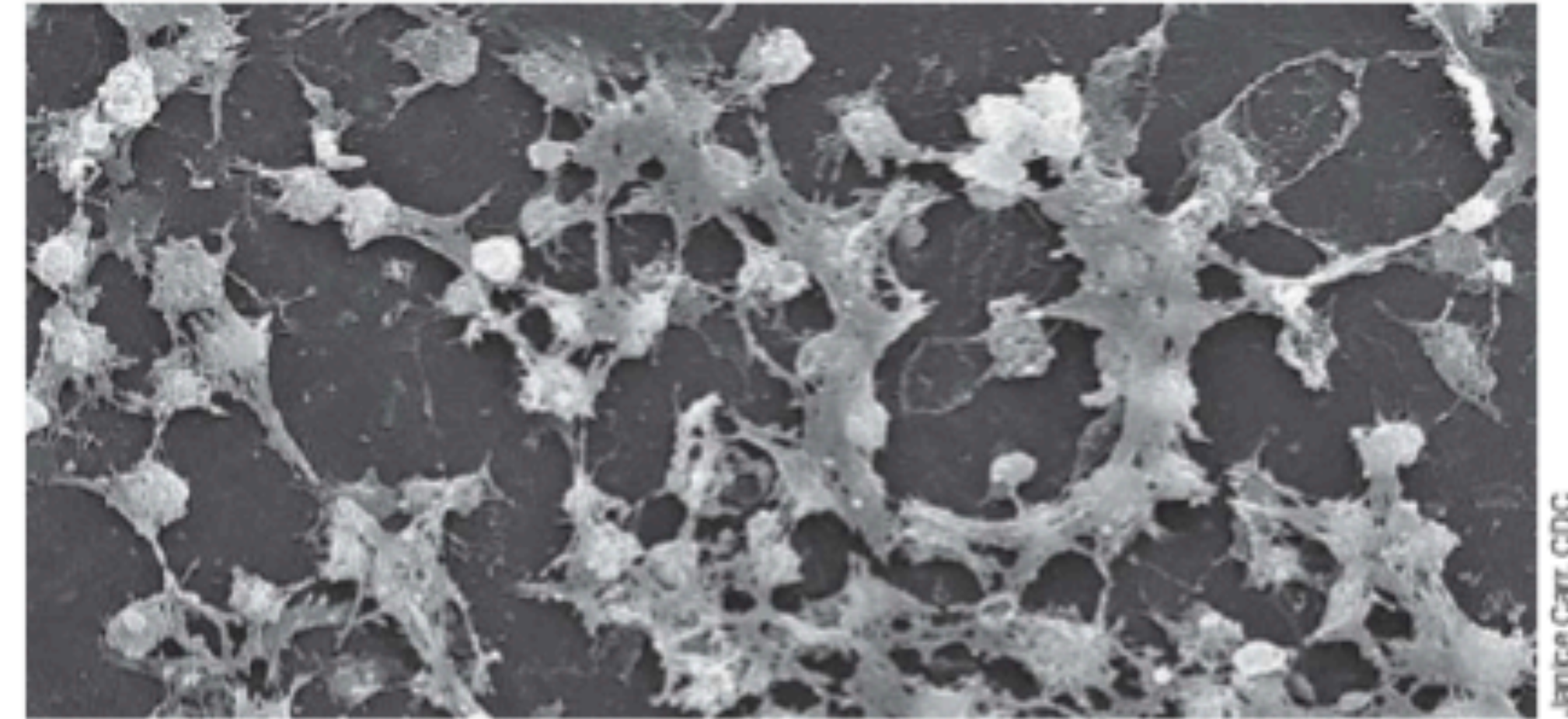
*Rhodopseudomonas*, *Nitrobacter*, *Methylosinus*





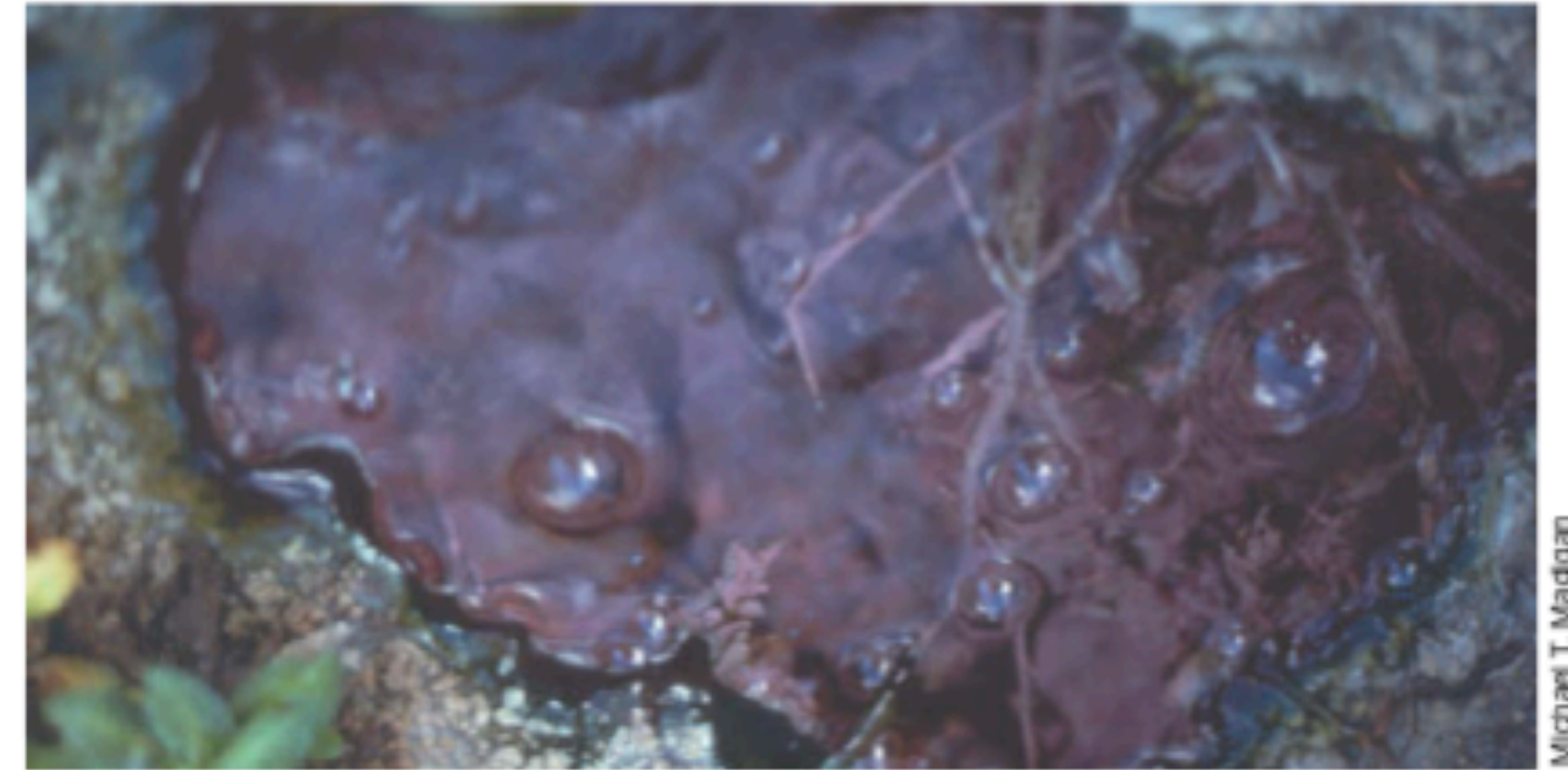
# Les biofilms

- Les bactéries peuvent pousser en **suspension** (dans du liquide) ou **attachées à une surface**
- Ces cellules attachées peuvent former des **biofilms** (ex: plaque dentaire)
- Les biofilms sont formés d'une **matrice de polysaccharides** dans lesquels se trouvent les bactéries



(a)

Janice Carr, CDC

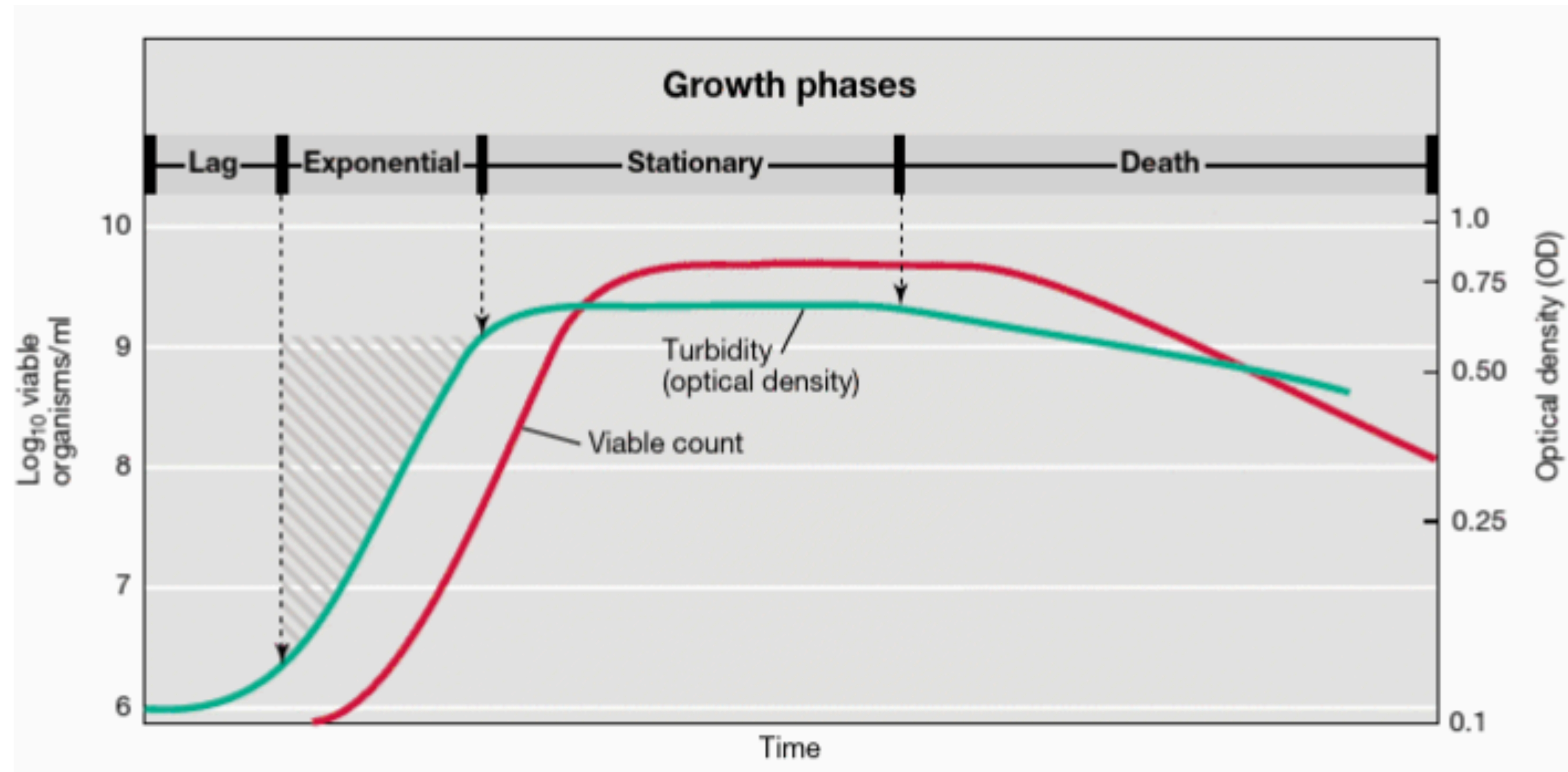


(b)

Michael T. Madigan

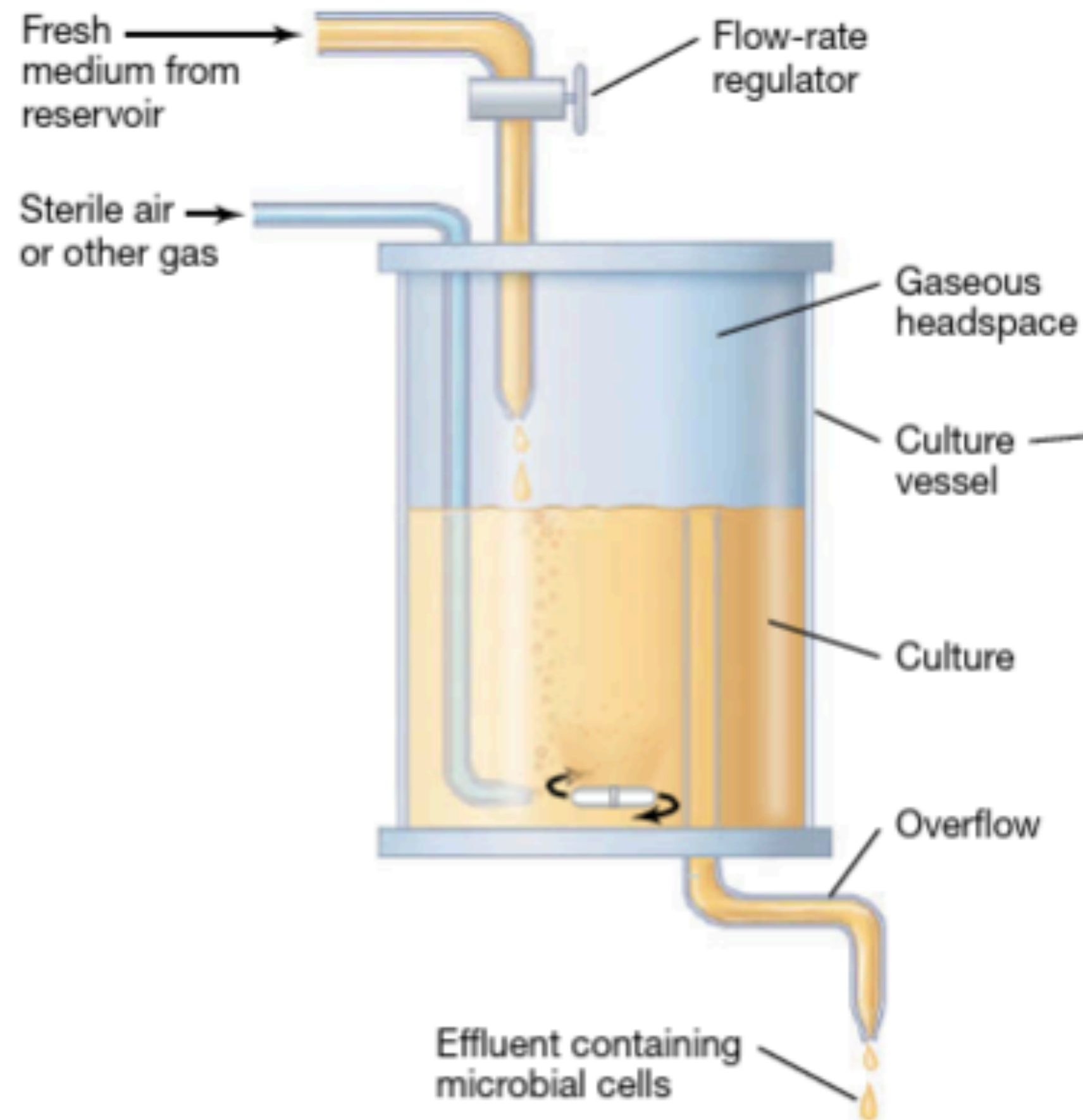


# Les phases de croissance





# Le chemostat



(a)

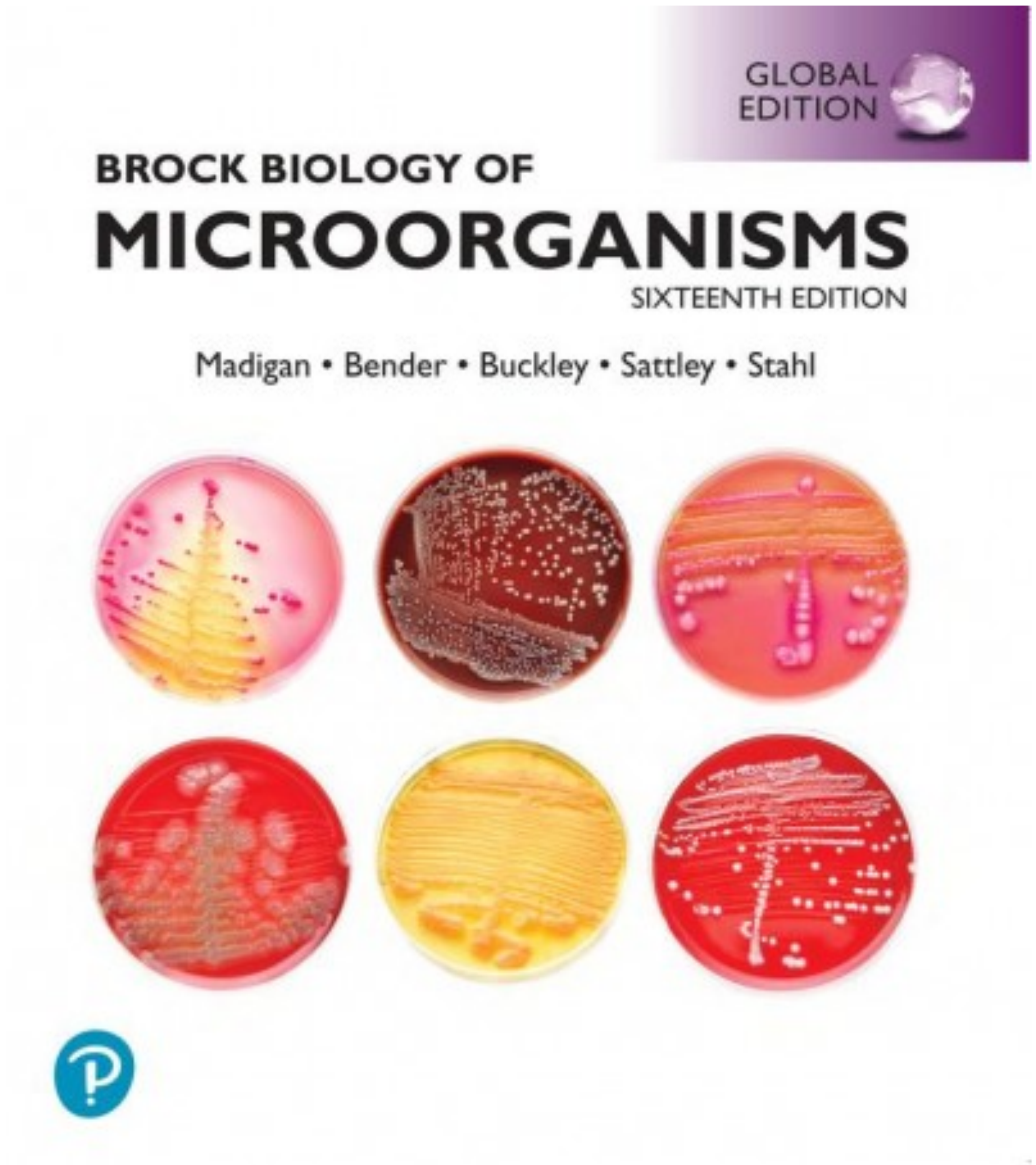


(b)



# Plan

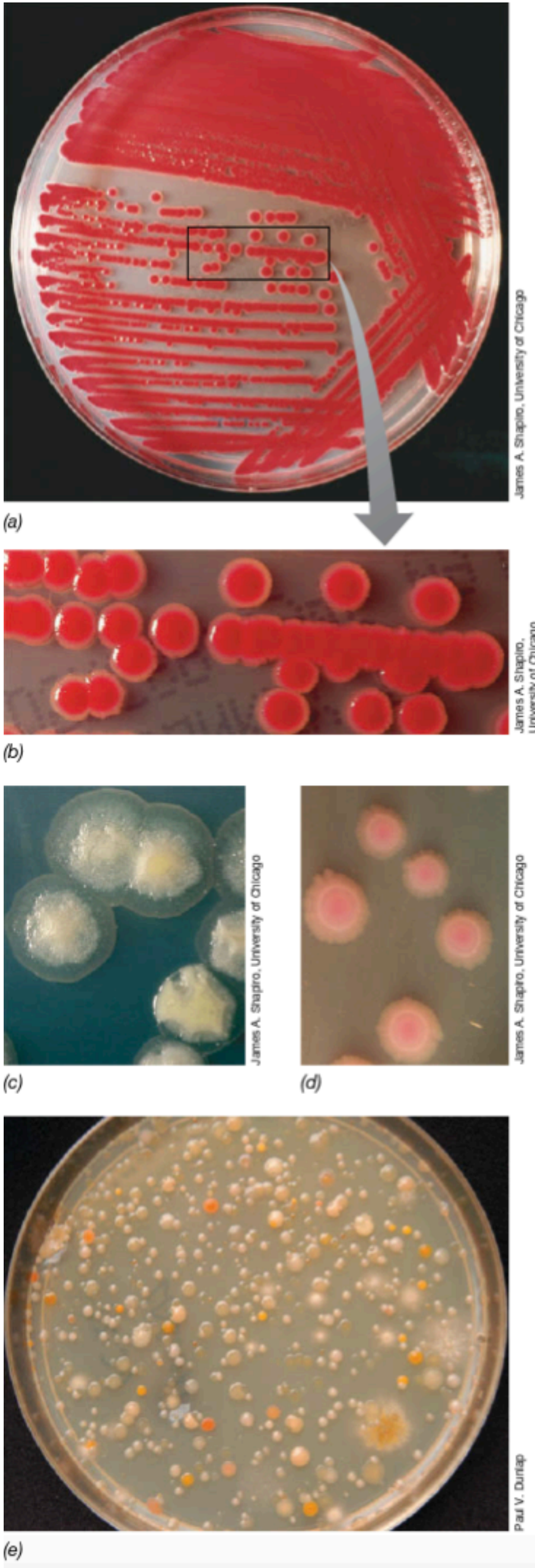
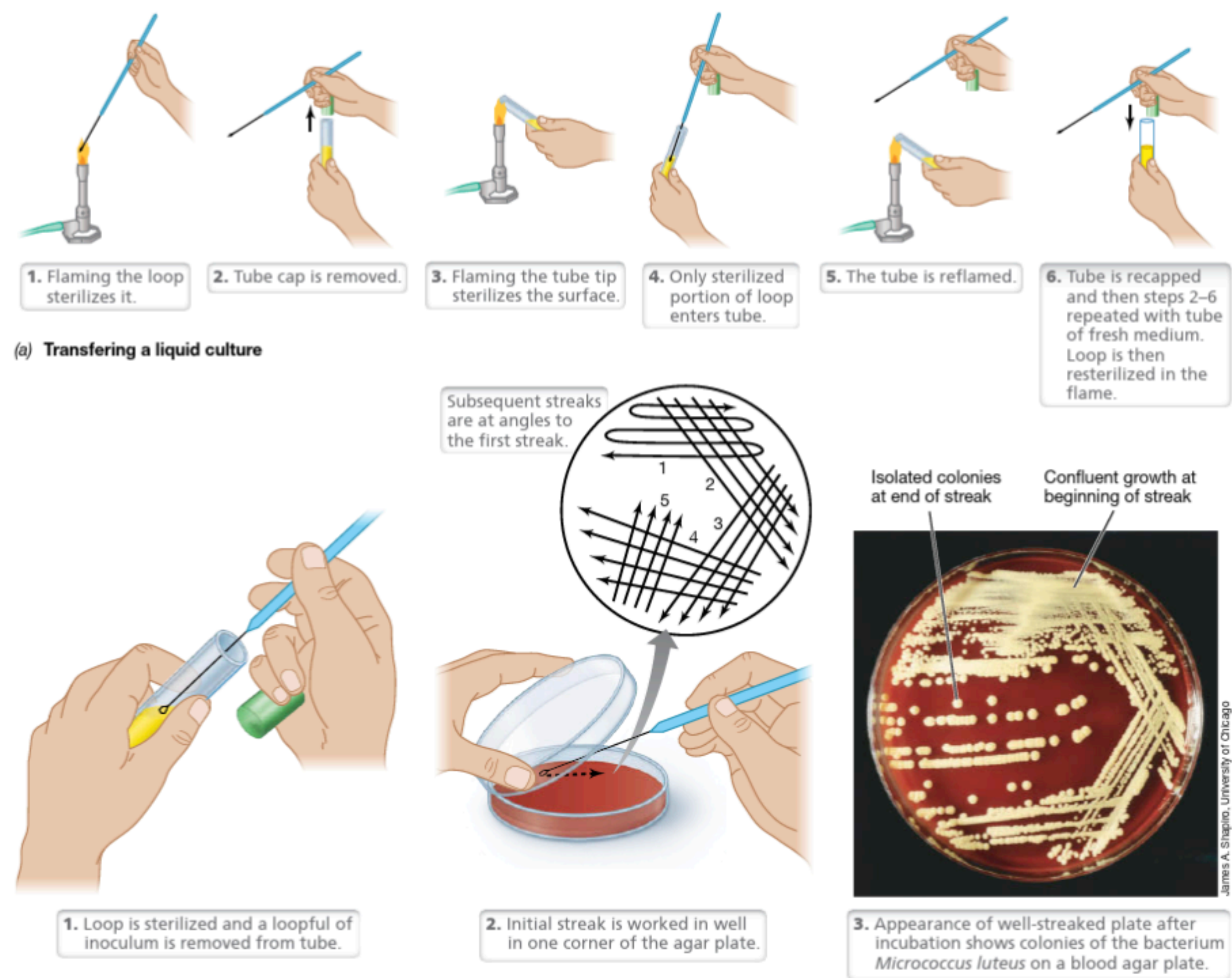
- Introduction
- Structures
- Rôles
- Origines de la microbiologie
- Cellules bactériennes en détail
- La croissance bactérienne
- **Dans un labo de microbiologie**





# Dans un labo de microbiologie

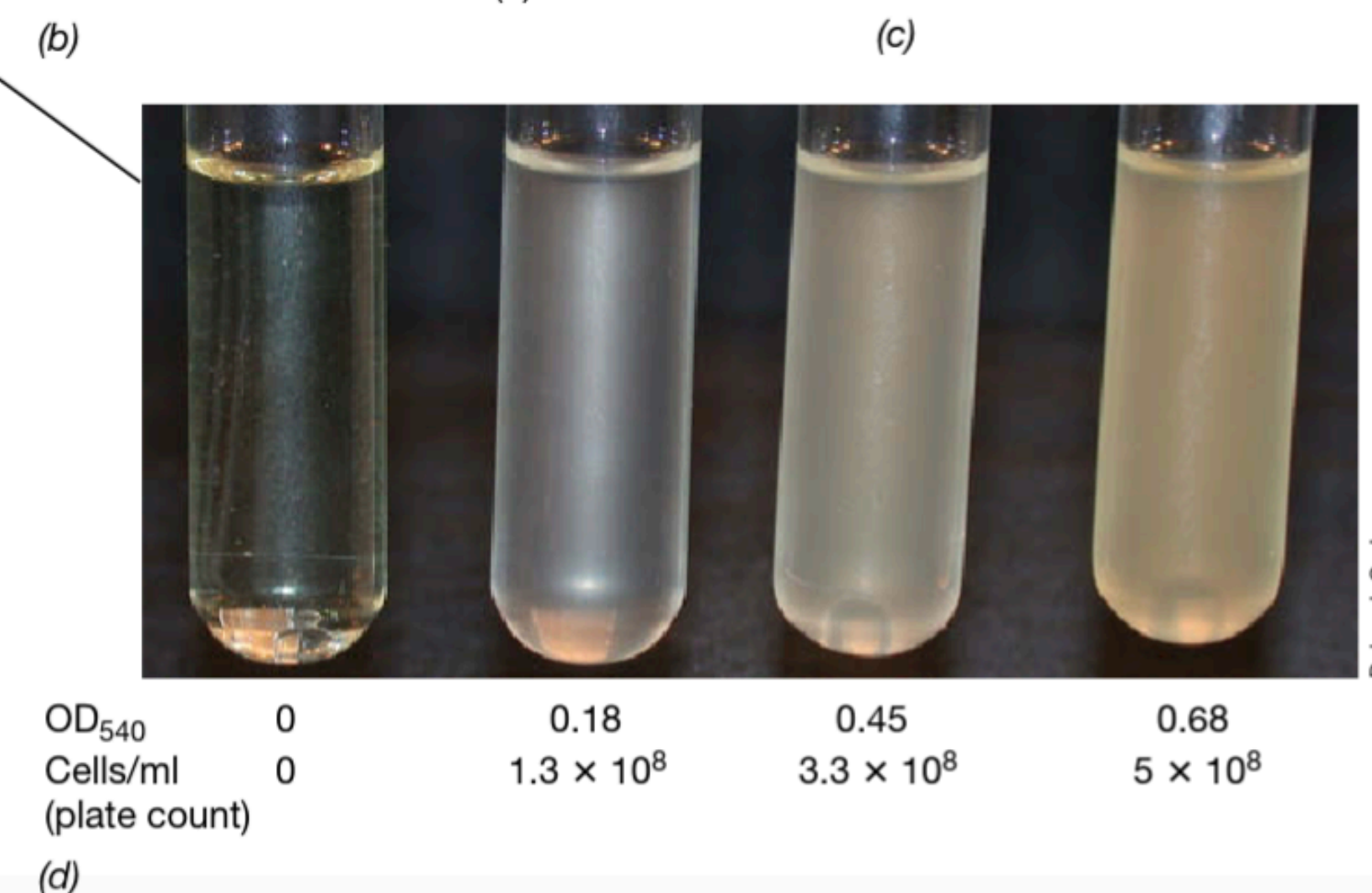
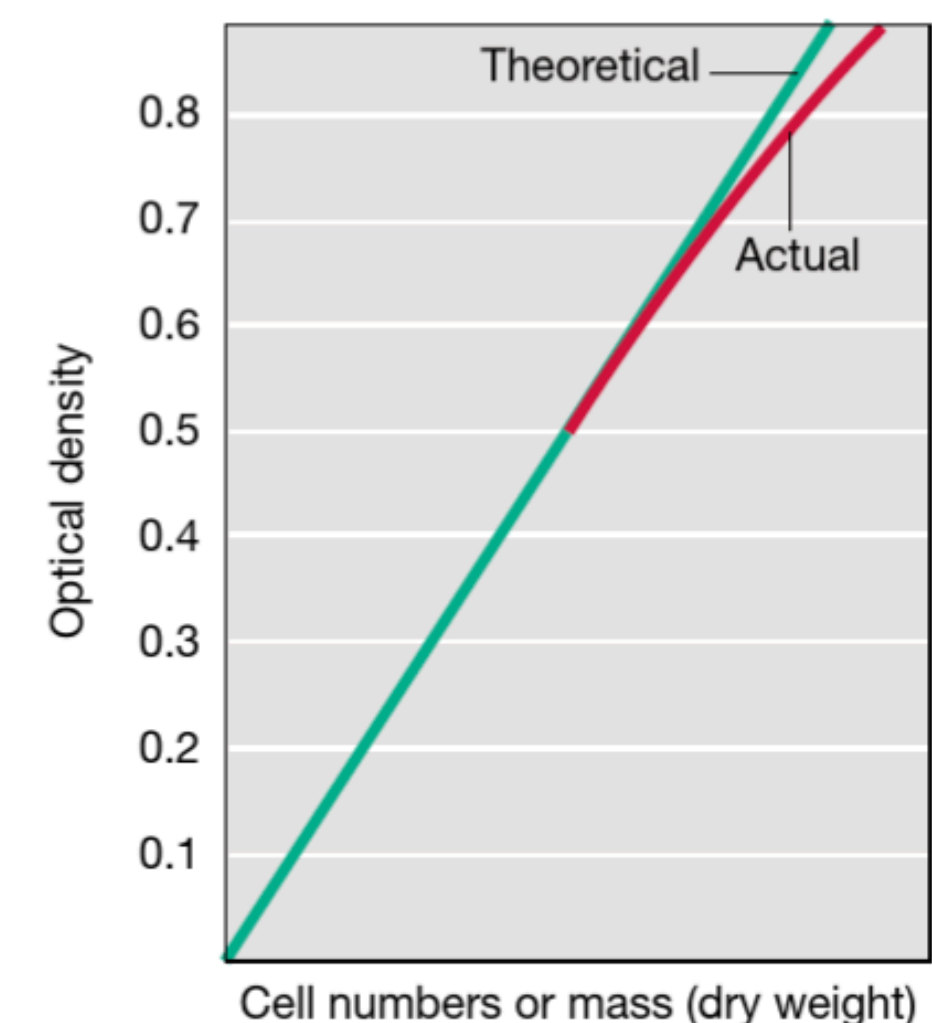
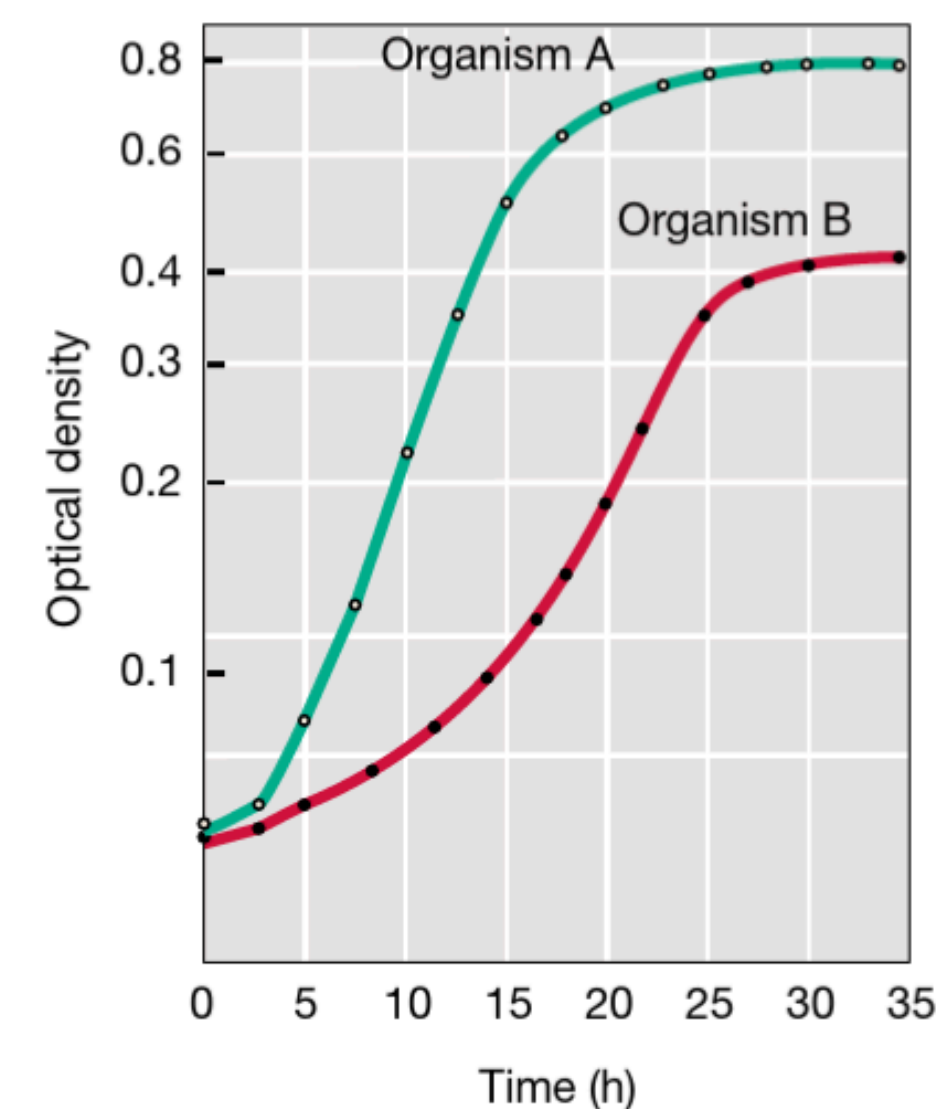
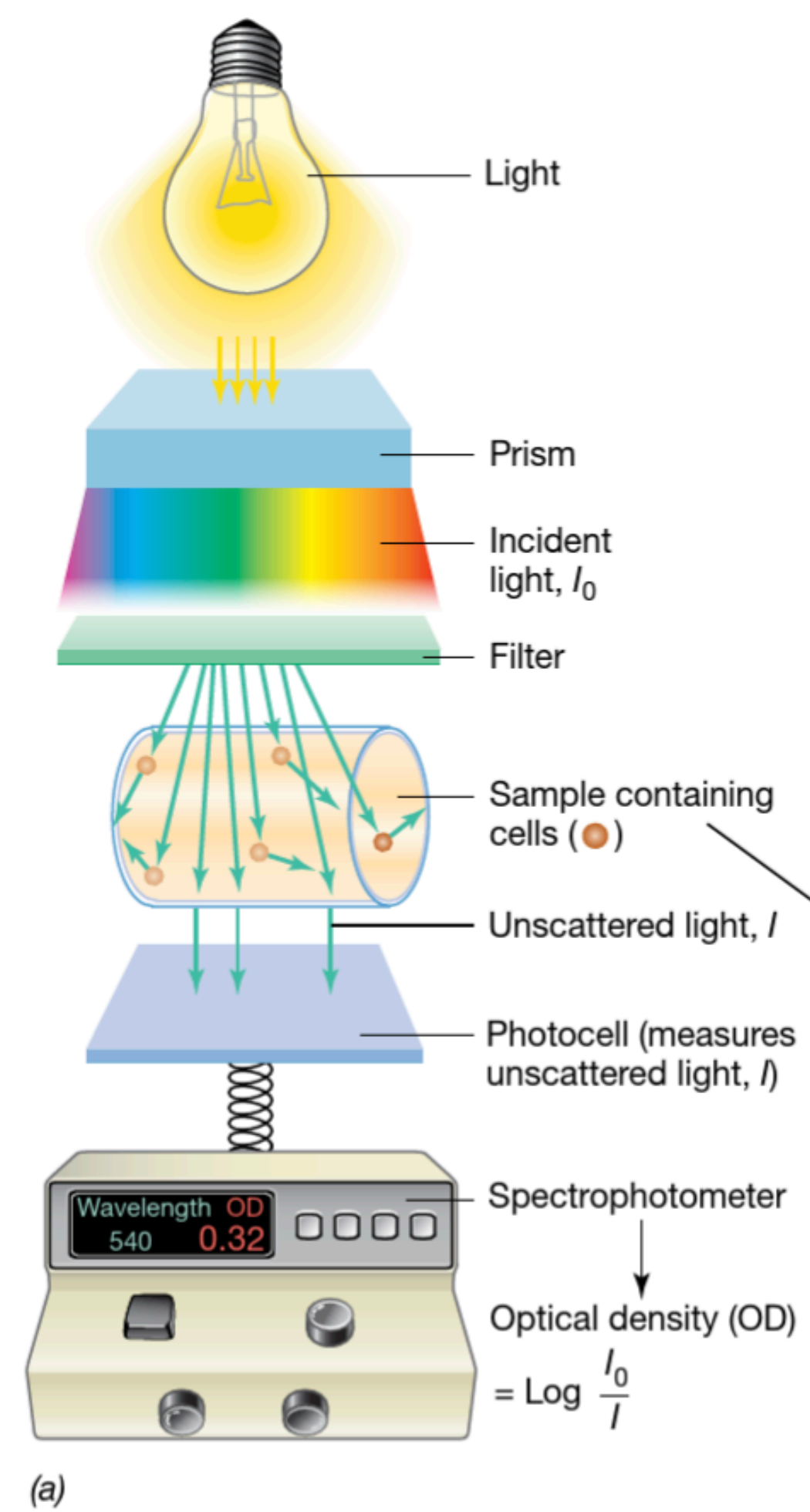
- Travailler en conditions **stériles**





# Dans un labo de microbiologie

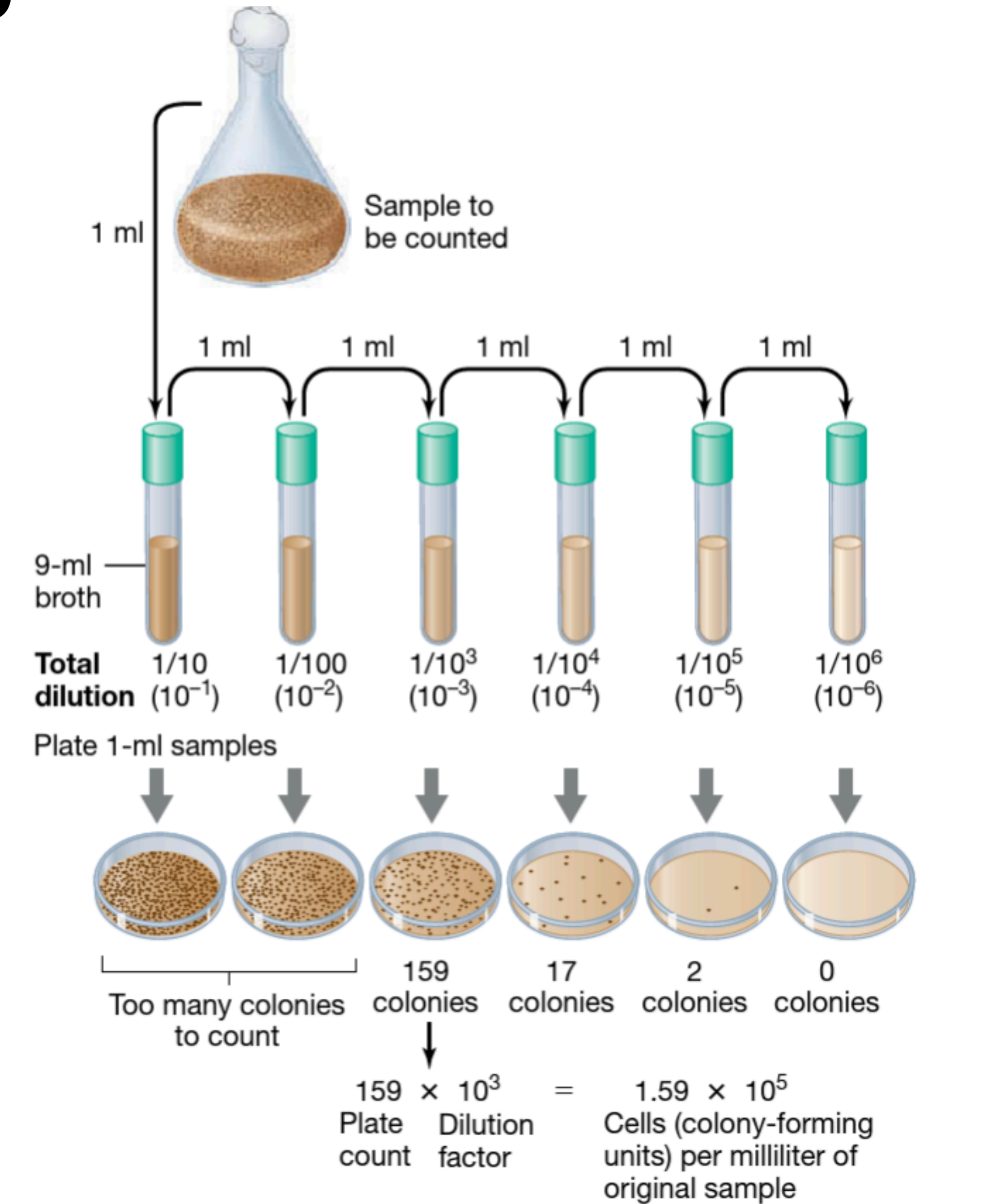
- Mesurer la **croissance** bactérienne





# Dans un labo de microbiologie

- Compter le nombre de **bactéries vivantes** dans une culture





# Recap



**Belle journée à tous!**