

# **Corso di Laurea Triennale in Biotecnologie**

**anno accademico 2024-25**

## **I Regni dei viventi**

**EUBATTERI  
ARCHEA**

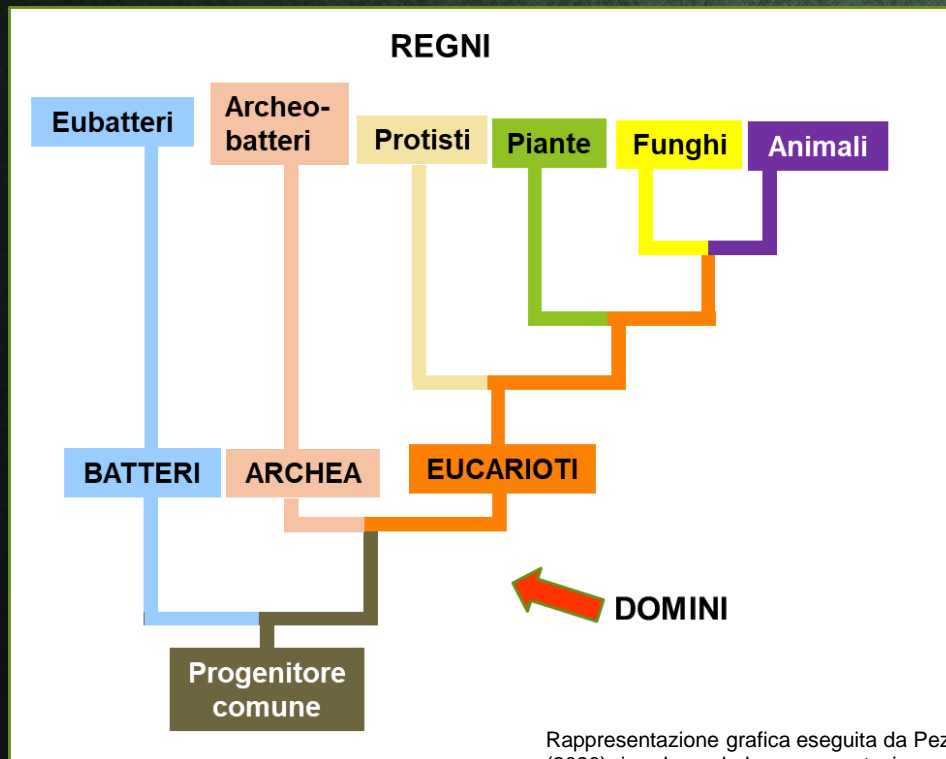
**Questo materiale didattico è per uso personale dello studente, ed è coperto da Copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione, la diffusione o il riutilizzo, anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore.**



# GLI ORGANISMI VIVENTI SI DIVIDONO IN **TRE DOMINI**: **EUBATTERI, ARCHAEA ED EUCARIOTI (O EUKARYA)**

Caratteristiche comuni a tutti gli organismi viventi:

1. presenza di una membrana plasmatica
2. presenza di ribosomi
3. condivisione di un comune corredo di vie metaboliche
4. materiale genetico costituito da DNA



Rappresentazione grafica eseguita da Pezzi (2020) riproducendo la rappresentazione grafica di Sadava et al. (2014)

Differenze:

- struttura cellulare
- meccanismi biochimici

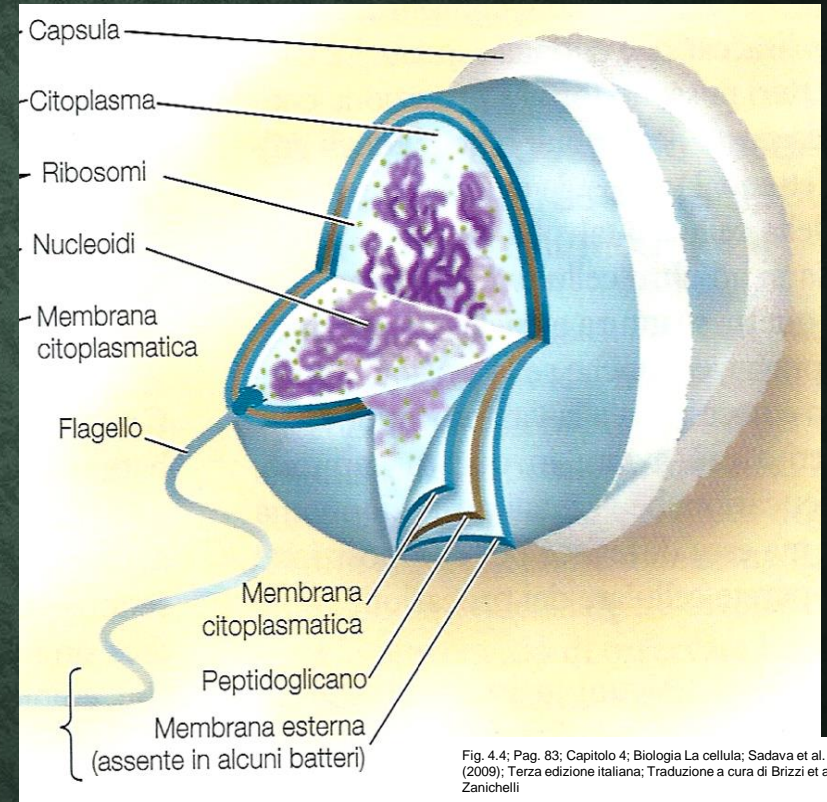


L'origine dei tre Domini è **monofiletica**, cioè è avvenuta a partire da **un antenato comune di tipo procariotico**

# L'unità di base di un archeobatterio e di un eubatterio è la **cellula di tipo procariotico**

Le cellule procariotiche differiscono da quelle eucariotiche per

- **assenza di divisione per mitosi**
  - **diversa organizzazione del materiale genetico**
  - **assenza di organuli cellulari citoplasmatici delimitati da membrana**
- 
- Attualmente sono state **descritte circa 10 000 specie di Eubatteri e circa 500 specie di Archaea**
  - Gli scienziati stimano che **ne esistano altrettante (forse milioni) non ancora descritte**





Prima dell'avvento del sequenziamento del DNA, la classificazione dei batteri era basata sulle seguenti caratteristiche:

**FORMA**

**COLORE**

**MOBILITÀ**

**SENSIBILITÀ AGLI  
ANTIBIOTICI**

**FABBISOGNI  
NUTRITIVI**

## PRINCIPALI FORME DELLA CELLULA BATTERICA

**Cocchi (*Micrococcus* sp.)**



Fig. 25.3; Pagina: 569 Capitolo 25; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

**Bacilli  
(*Salmonella typhimurium*)**



Fig. 25.3; Pagina: 569 Capitolo 25; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

**Spirilli (*Spiroplasma* sp.)**



Fig. 25.3; Pagina: 569 Capitolo 25; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

**Le forme degli Archea sono meno note**

Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

# **Eubatteri**

(Eubacteria)



# LA PARETE CELLULARE DEGLI EUBATTERI



contiene **PEPTIDOGLICANI**



Polimeri di due amminozuccheri, **N-acetilglucosamina (NAG)** e **acido N-acetilmurammico (NAM)**, collegati tra loro da **piccoli peptidi**

I peptidoglicani formano un reticolo intorno alla cellula



Caratteristica	Dominio		
	Batteri	Archei	Eucarioti
Nucleo racchiuso da membrana	Assente	Assente	Presente
Organuli racchiusi da membrana	Assenti	Assente	Diversi
Peptidoglicani nella parete cellulare	Presente	Assente	Assente
Lipidi di membrana	Legati a esteri Non ramificati	Legati a eteri Ramificati	Legati a esteri Non ramificati
Ribosoma <sup>a</sup>	70 S	70 S	80 S
tRNA iniziatore	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Operoni	Sì	Sì	Rari
Plasmidi	Sì	Sì	Rari
Numero di RNA polimerasi <sup>b</sup>	Uno	Uno	Tre
Ribosomi sensibili al cloramfenicolo e alla streptomicina	Sì	No	No
Ribosomi sensibili alla tossina difterica	No	Sì	Sì

<sup>a</sup> I ribosomi 70 S sono più piccoli dei ribosomi 80 S.

<sup>b</sup> La struttura della RNA polimerasi degli archei è simile a quella delle polimerasi degli eucarioti.

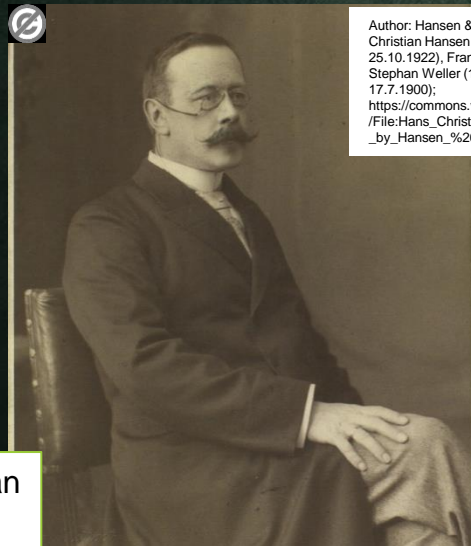
Tabella 25.1; Pagina: 567; Capitolo 25; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.



# La colorazione di Gram

Le diverse caratteristiche della parete, evidenziate da una particolare colorazione, permettono di distinguere gli Eubatteri in Gram-positivi e Gram-negativi

La colorazione, ideata nel 1884 dal microbiologo danese Hans Christian Gram, usa il cristalvioletto e la safranina (o la fucsina) per distinguere i batteri provvisti della sola parete di peptidoglicani (**Gram-positivi**) da quelli con parete di peptidoglicani e con una membrana esterna (**Gram-negativi**)



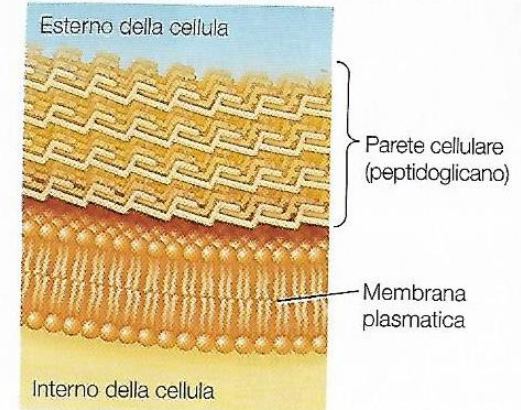
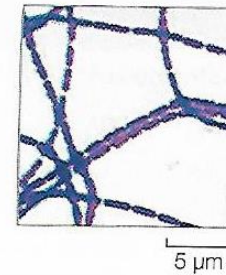
Hans Christian  
(1853-1938)

Author: Hansen & Weller, Niels Christian Hansen (16.12.1834-25.10.1922), Frantz Clemens Stephan Weller (17.5.1838-17.7.1900);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hans\\_Christian\\_Gram\\_portrait\\_by\\_Hansen\\_%26\\_Weller.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hans_Christian_Gram_portrait_by_Hansen_%26_Weller.jpg)

Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

(A)

I batteri Gram-positivi hanno una parete cellulare di densità uniforme, formata principalmente da peptidoglicani.



(B)

I batteri Gram-negativi hanno uno strato di peptidoglicano molto sottile e una membrana esterna, i quali insieme formano l'involucro cellulare.

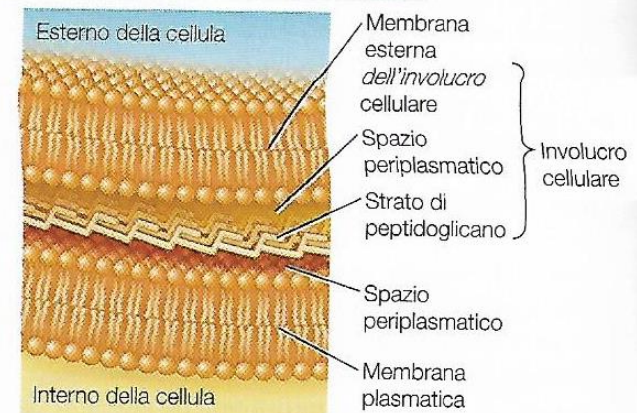
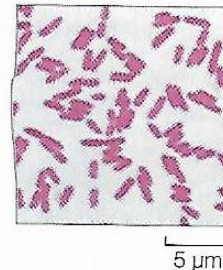


Fig. 25.2: Pagina: 568 Capitolo 25: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

**Figura 25.2 La colorazione di Gram e la parete cellulare dei batteri** Trattata con la colorazione di Gram, la parete cellulare dei batteri reagisce in uno dei due modi seguenti. (A) I batteri Gram-positivi possiedono una spessa parete cellulare formata da peptidoglicani che trattiene il colorante viola, cosicché appaiono di colore blu scuro o viola. (B) I batteri Gram-negativi possiedono uno strato sottile di peptidoglicani, che non trattiene il colorante viola ma assorbe il colorante di contrasto; i batteri appaiono pertanto di colore rosa o rosso.



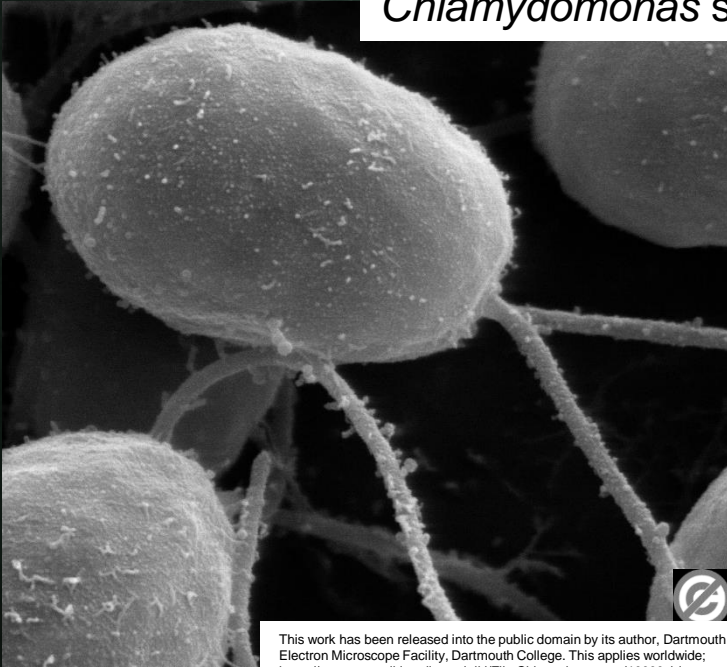
# Flagelli degli Eubatteri

Molti Eubatteri possiedono flagelli, ma **i flagelli dei Procarioti sono molto diversi da quelli degli Eucarioti**



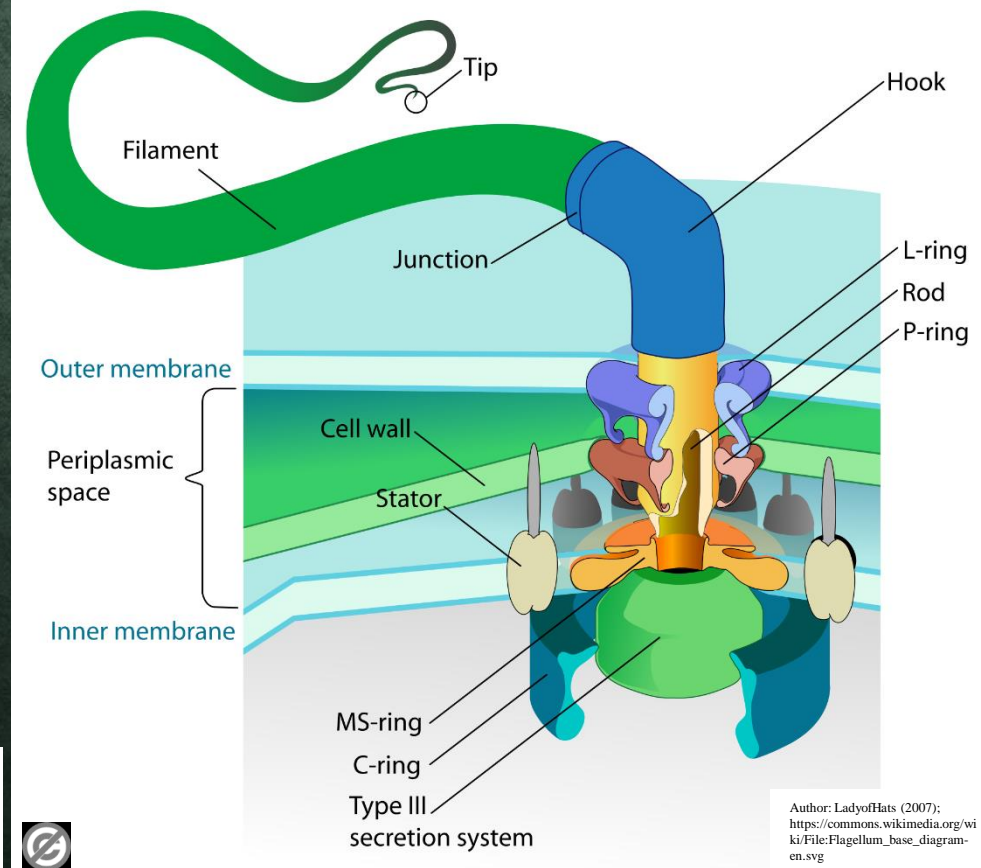
Il flagello batterico è un **“motorino” nanomolecolare a protoni**, costituito da più di 50 proteine: il movimento è determinato dal flusso di protoni in una struttura che ruota intorno alla base, situata nella membrana plasmatica del batterio

*Chlamydomonas* sp.



This work has been released into the public domain by its author, Dartmouth Electron Microscope Facility, Dartmouth College. This applies worldwide;  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlamydomonas\\_\(10000x\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlamydomonas_(10000x).jpg)

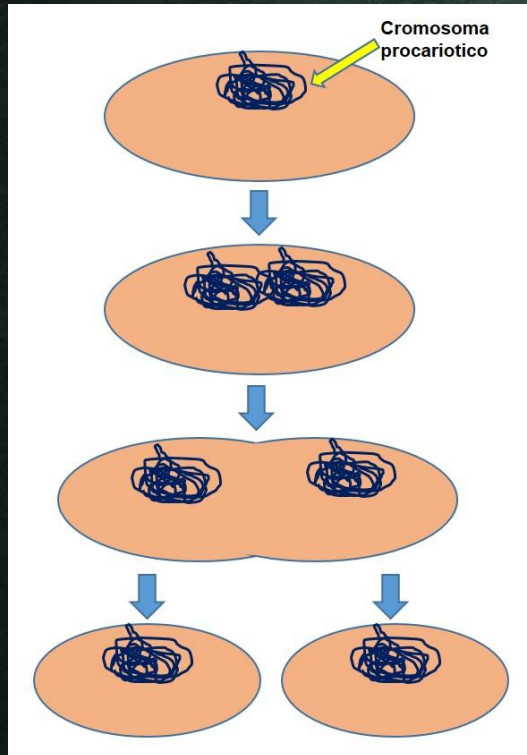
Fonte: - Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.  
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6250/>; Structure, Function and Assembly of Flagellar Axial Proteins; Ferenc Vonderviszt and Keiichi Namba.



Author: LadyofHats (2007);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flagellum\\_base\\_diagram-en.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flagellum_base_diagram-en.svg)

# RIPRODUZIONE NEI BATTERI

## Scissione binaria



I Procarioti (Eubatteri ed Archea) si riproducono per **scissione binaria**:

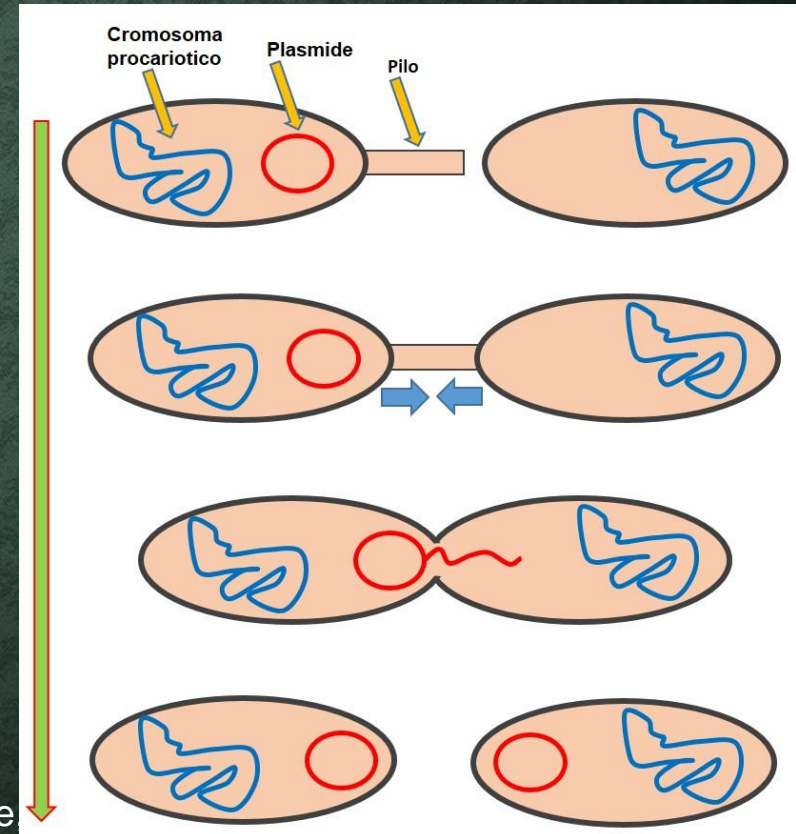
- il DNA circolare si replica e si separa in due molecole poi si separano anche la membrana plasmatica e il citoplasma
- infine si ricostruisce la parete batterica intorno alla membrana delle due cellule figlie

Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.



## PROCESSI ASESSUATI

## Coniugazione



Rappresentazione grafica eseguita da Pezzi (2020) e seguendo la rappresentazione di Adenosine (2009); <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/3/3e/20110613185942%21Conjugation.svg>.

Gli Eubatteri possiedono anche una sorta primitivo processo sessuato (detta "**coniugazione**") in cui avviene un trasferimento di geni da una cellula all'altra tramite sottili protuberanze ("**pili**")



# SUDDIVISIONE DEGLI EUBATTERI

**I GRUPPI DI BATTERI PIÙ CONOSCIUTI  
E INDAGATI DA UN PUNTO DI VISTA FILOGENETICO SONO 8:**

1. Gram-positivi a basso contenuto in guanina e citosina (GC) nel DNA
2. Gram-positivi ad alto contenuto in GC nel DNA
3. Ipertermofili
4. Adobatteri
5. Cianobatteri
6. Spirochete
7. Clamidio
8. Proteobatteri

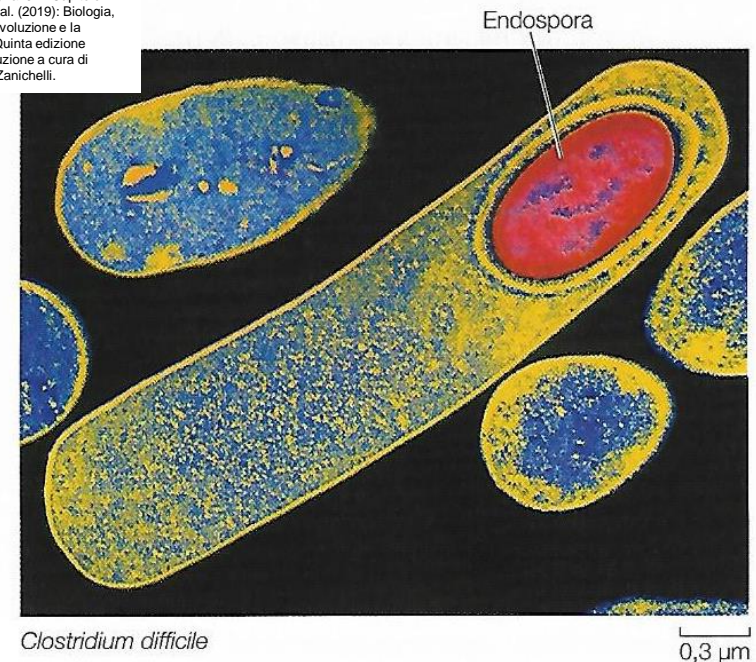
# 1. EUBATTERI GRAM-POSITIVI A BASSO CONTENUTO IN GC (FIRMICUTES)

- formano **endospore**
- comprendono *Clostridium tetani* (agente del tetano) e *Bacillus anthracis* (agente del carbonchio o antrace)
- comprendono gli stafilococchi
- comprendono i più piccoli procarioti conosciuti, i **MICOPLASMI** (diametro di soli 0,2  $\mu\text{m}$ )

**Endospore:** forme di resistenza dei Firmicutes per superare periodi avversi

Le **endospore** sono **forme quiescenti** (“**dormienti**”) e non riproduttive, che consentono la sopravvivenza dei Firmicutes in condizioni difficili come la siccità, il calore, il gelo, l'esposizione a radiazioni ultraviolette e ad agenti chimici

Fig. 25.5; Pagina: 572 Capitolo 25; Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

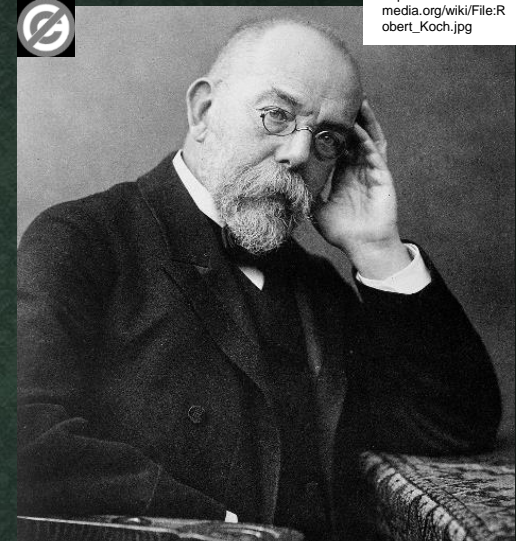
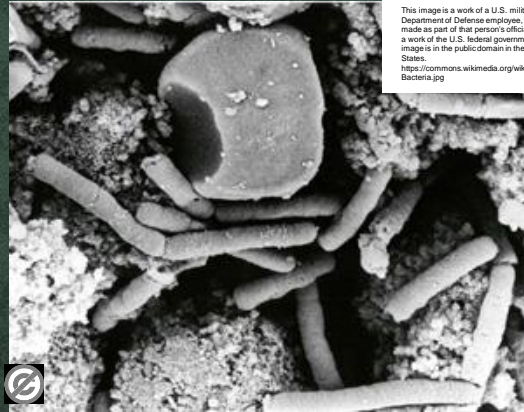
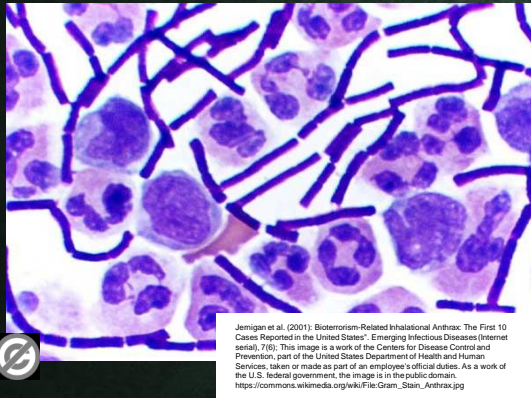




# BACILLUS ANTHRACIS

## ENDOSPORIGENO ED AGENTE DEL CARBONCHIO (O “ANTRACE”)

*Bacillus anthracis*, scoperto dal batteriologo tedesco Robert Koch nel 1876, produce endospore che restano infettive per molti anni anche in condizioni sfavorevoli  
Il sintomo tipico è una lesione con area centrale necrotica di colore nero (“antrace”).



Author: Wilhelm Fechner (1835–1909); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert\\_Koch.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert_Koch.jpg)

Robert Koch (1843-1910)

La malattia ha tre forme principali:

1. gastrointestinale
2. cutanea
3. respiratoria (mortalità 97%)

Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3;  
L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana;  
Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

### Lesioni cutanee da antrace





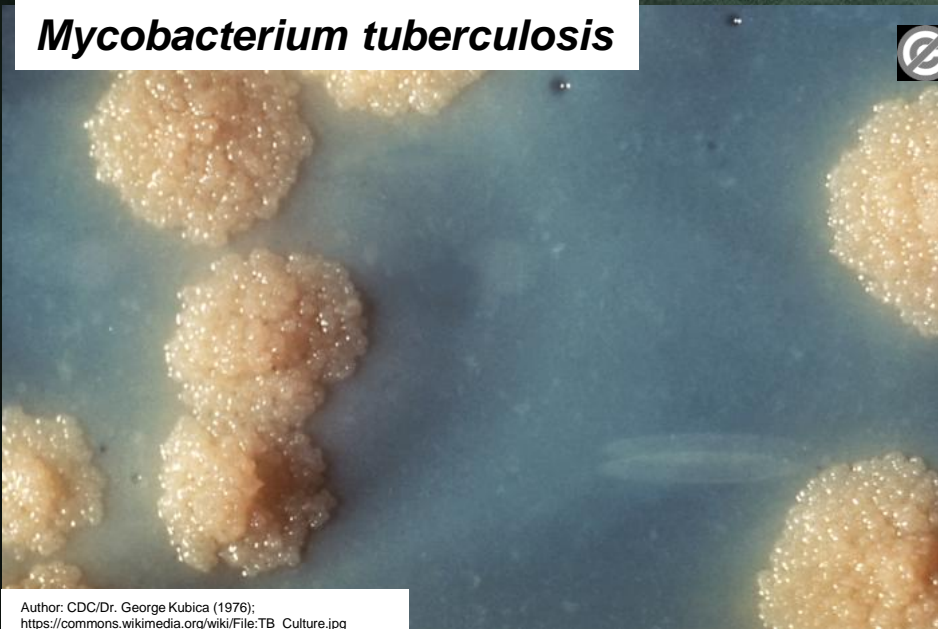
## 2. GRAM-POSITIVI AD ALTO CONTENUTO IN GC NEL DNA (ATTINOBATTERI)

Eubatteri capaci di sviluppare un complesso sistema di filamenti ramificati che, in scala ridotta, somigliano ad ife fungine

Questo gruppo comprende **specie di grande importanza medico-sanitaria**:

- *Mycobacterium tuberculosis*, agente della tubercolosi
- Le specie del genere *Streptomyces*, in grado di produrre streptomicina e molti altri antibiotici impiegato in campo medico e veterinario

*Mycobacterium tuberculosis*



Author: CDC/Dr. George Kubica (1976);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TB\\_Culture.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TB_Culture.jpg)

*Streptomyces sp.*



Author: CDC/Dr. David Berd (PHIL #2983) (1972);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Streptomyces\\_sp\\_01.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Streptomyces_sp_01.png)



### 3. EUBATTERI IPERTERMOFILI

Alcuni Eubatteri sono **estremofili**, caratteristica tipica degli Archaea ma presente anche negli Eubatteri

Ad esempio, *Aquifex aeolicus*, un batterio scoperto nel 1992 in una sorgente termale delle Isole Eolie) **vive senza problemi alla temperatura di 95 °C**

- *A. aeolicus* è di grande interesse biotecnologico per gli **enzimi termoresistenti che produce (solfo-reduttasi ed idrogenasi)**

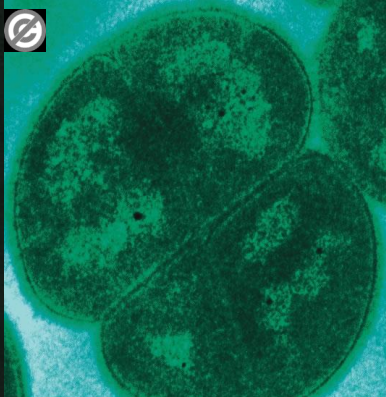
*Thermotoga maritima*, scoperto nel 1986 in una area marina geotermica dell'isola di Vulcano, vive tra 55 e 90° nei camini vulcanici sottomarini ("hydrothermal vents") e nei depositi di petrolio

E' rivestito da un curioso involucro, detto "toga", costituita da espansioni dello strato esterno



## 4. ADOBATTERI

Altri Eubatteri estremofili sono fortemente **radioresistenti**, come *Deinococcus radiodurans*, o fortemente **ipertermofili**, come *Thermus aquaticus*



Author: TEM of *D. radiodurans* acquired in the laboratory of Michael Daly, Uniformed Services University, Bethesda, MD, USA (2003); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deinococcus\\_radiodurans.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deinococcus_radiodurans.jpg).

***Thermus aquaticus***, chemiotrofo isolato nel 1969 nella Geyser Valley (Yellowstone National Park, Wyoming): vive tra 55 e 80°, con temperatura ideale 70°



Author: Diane Montpetit (Food Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada) (2005); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thermus\\_aquaticus.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thermus_aquaticus.JPG)



Author: Jim Peaco, National Park Service (2001); [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand\\_prismatic\\_spring.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_prismatic_spring.jpg)

***D. radiodurans***, adobatterio in grado di sopravvivere fino a 1500 Krad

(1 Krad è mortale per *H. sapiens* e 6 Krad per *E. coli*)

E' stata la prima preziosa fonte biotecnologica di enzimi termostabili, come la **DNA polimerasi** ("**Taq pol**", 1976), **RNA polimerasi**, **endonucleasi di restrizione** e **aldolasi**



## 5. CIANOBATTERI (CYANOBACTERIA) DETTI ANCHE IMPROPRIAMENTE “ALGHE VERDI-AZZURRE”

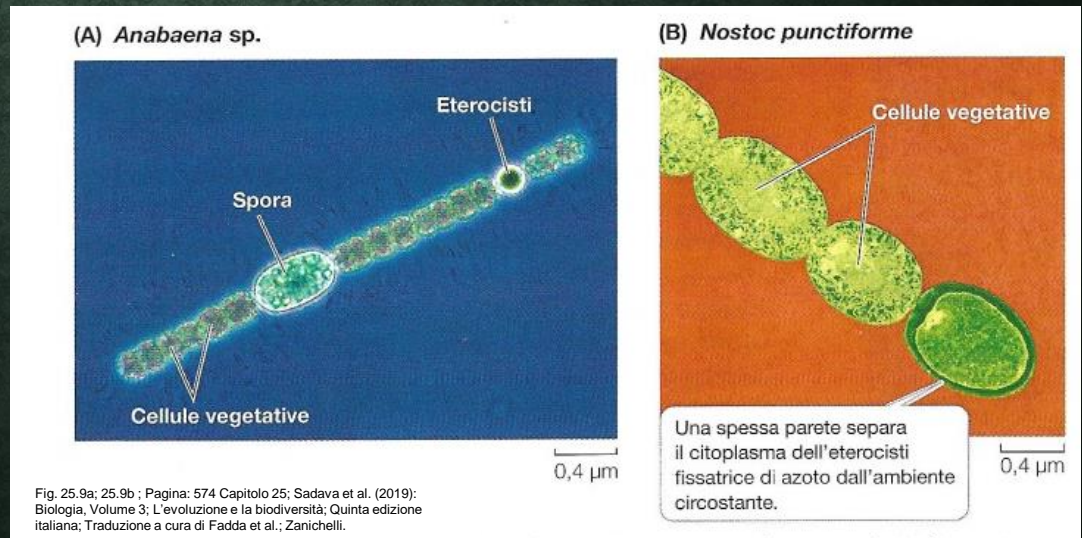
Importantissimi procarioti autotrofi, i primi a sviluppare la **fotosintesi ossigenica** che ha arricchito di O<sub>2</sub> l'atmosfera del pianeta circa 2.3 miliardi di anni fa

In questo gruppo si possono trovare specie a **cellula singola** e specie in grado di organizzarsi in **colonie** (filamentose o sferiche)

Questi batteri sono in grado di **fissare l'azoto atmosferico**

Le specie coloniali possono assumere forme filamentose o laminari: nelle forme filamentose le cellule si differenziano in cellule vegetative, spore ed eterocisti

L'eterocisti è una cellula specializzata per la fissazione di azoto tramite l'enzima **nitrogenasi**, che è inattivato dall'ossigeno

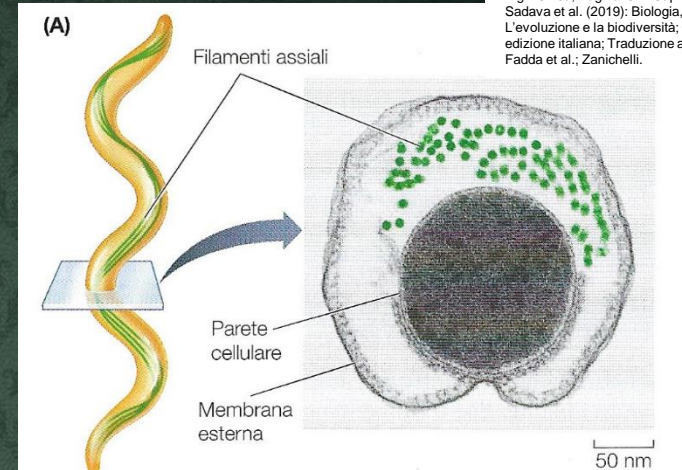




## 6. SPIROCHETE (SPIROCHAETAE)

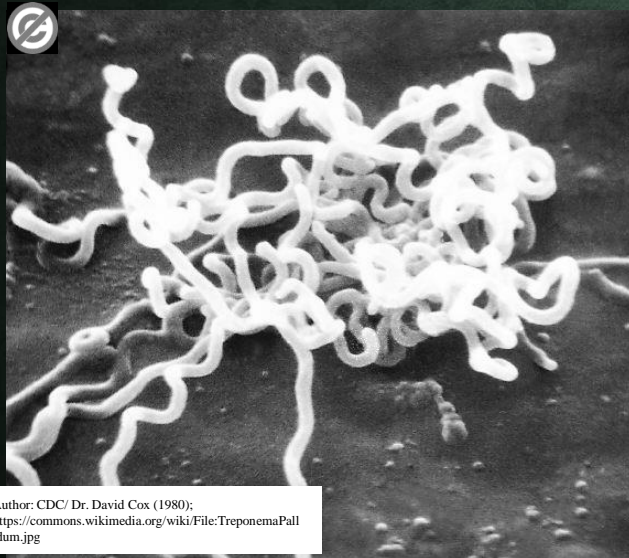
**Batteri Gram-negativi** con filamenti assiali nella membrana periplasmica ("**endoflagelli**") che determinano un veloce movimento a spirale

Molte spirochete sono chemioeterotrofe e conducono vita libera, ma **alcune provocano malattie gravi, come la sifilide o la malattia di Lyme**



***Borrelia burgdorferi***

agente della malattia (o febbre) di Lyme, zoonosi trasmessa dalla zecca *Ixodes* sp.



***Treponema pallidum*,**  
agente della sifilide

Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

**Eritema cutaneo  
"a bersaglio"**



***Ixodes ricinus***



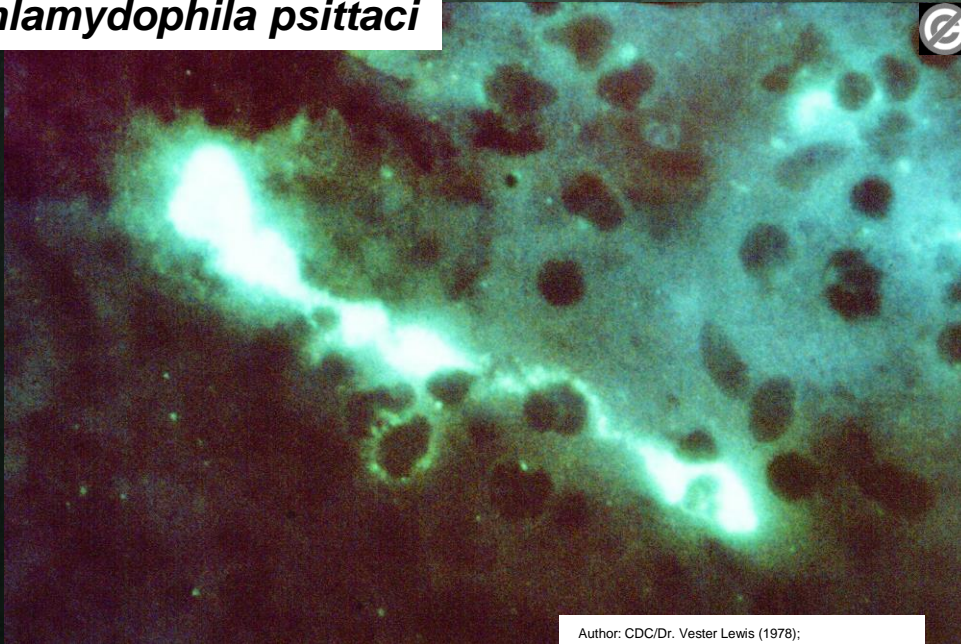
## 7. CLAMIDIE

A questo gruppo appartengono piccoli batteri Gram-negativi tutti parassiti cellulari

Possiedono un complesso ciclo biologico con due forme cellulari:

- corpi elementari;
- corpi reticolari

***Chlamydophila psittaci***



Author: CDC/Dr. Vester Lewis (1978);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlamydophila\\_psittaci\\_FA\\_stain.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlamydophila_psittaci_FA_stain.jpg)

La clamidie sono causa nell'uomo d'infezioni oculari, polmonari e a trasmissione sessuale



## 8. PROTEOBATTERI (GRAM-NEGATIVI)

E' il gruppo più numeroso e diversificato di Eubatteri, con specie **autotrofe**, **eterotrofe** ed **azotofissatrici** di grande importanza

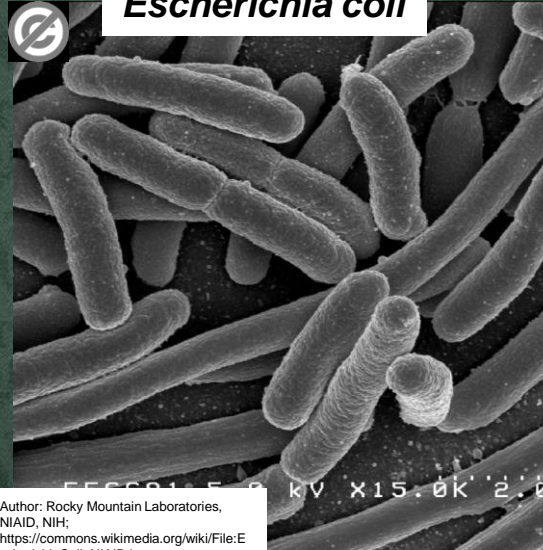
E' il gruppo che tramite **endosimbiosi** ha originato i **mitocondri** nella cellula eucariotica

Ai proteobatteri appartiene ***Escherichia coli***, organismo modello fondamentale tra i Procarioti, e patogeni come *Helicobacter pylori*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae* e *Yersinia pestis*

Tra i proteobatteri vi sono anche importanti organismi azotofissatori, come ***Rhizobium leguminosarum*** e l'agente del tumore del colletto ("crown gall"), ***Agrobacterium tumefaciens***, il cui plasmide è usato per le trasformazioni genetiche delle piante

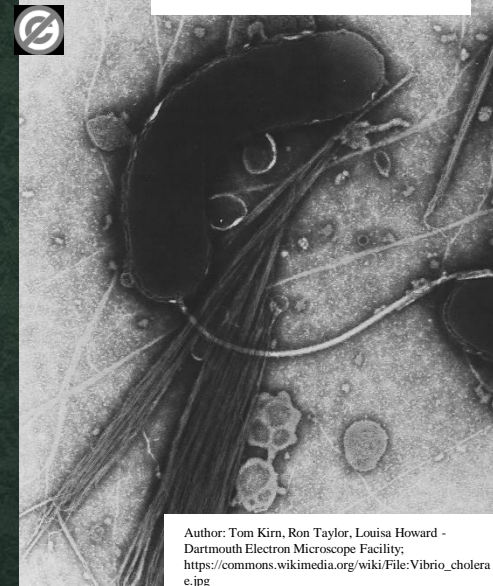
Fonte: Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

***Escherichia coli***



Author: Rocky Mountain Laboratories, NIAID, NIH;  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EscherichiaColi\\_NIAID.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg)

***Vibrio cholerae***



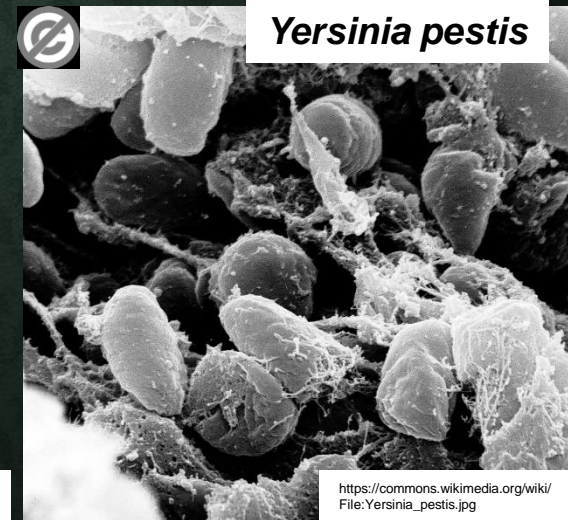
Author: Tom Kirn, Ron Taylor, Louisa Howard - Dartmouth Electron Microscope Facility;  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vibrio\\_cholerae.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vibrio_cholerae.jpg)

***Agrobacterium tumefaciens***



Author: A. G. Matthisse, K. V. Holmes, R. H. G. Gurliet (2008);  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agrobacterium-tumefaciens.png>

***Yersinia pestis***



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yersinia\\_pestis.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yersinia_pestis.jpg)



# **ARCHEOBATTERI**

## **(ARCHAEA)**



# GLI ARCHAEA (O ARCHEOBATTERI) SONO **PROCARIOTI ESTREMOFILI** CHE VIVONO IN SORGENTI CALDISSIME E/O IN POZZE AD ELEVATA SALINITÀ

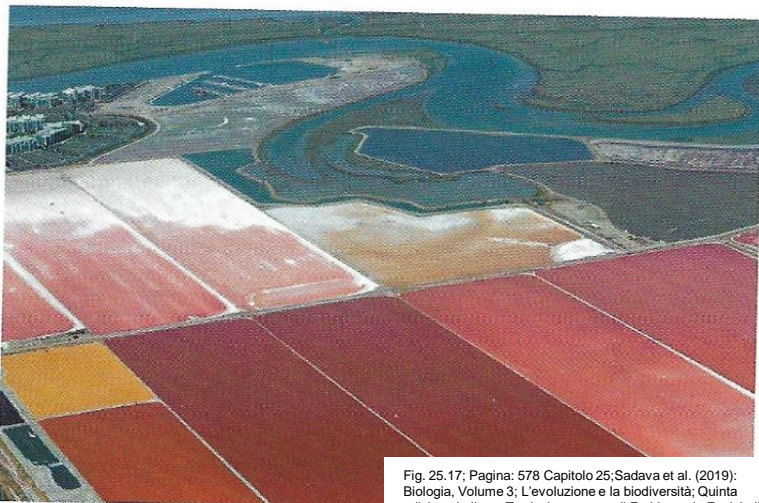


Fig. 25.17; Pagina: 578 Capitolo 25; Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.



## Morning Glory Pool, (Parco nazionale di Yellowstone, Wyoming)



Author: Taken by Jon Sullivan;  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morning\\_Glory\\_Pool2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morning_Glory_Pool2.jpg)



## Río Tinto, Spagna



Author: Carol Stoker, NASA (2002);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio\\_tinto\\_river\\_CarolStoker\\_NASA\\_Ames\\_Research\\_Center.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_tinto_river_CarolStoker_NASA_Ames_Research_Center.jpg)



## Grand Prismatic Spring (Parco nazionale di Yellowstone, Wyoming)

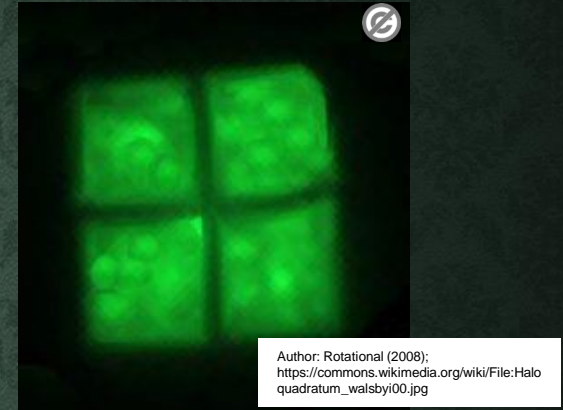


Author: Jim Peaco, National Park Service (2001);  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand\\_prismatic\\_spring.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grand_prismatic_spring.jpg)



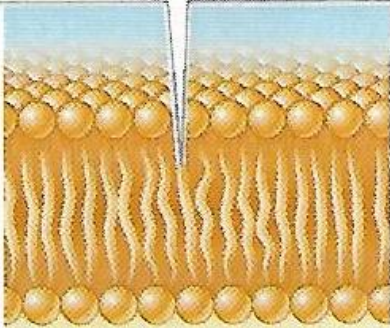
# NONOSTANTE L'APPARENTE SOMIGLIANZA CON GLI EUBATTERI, GLI ARCHAEA SONO GENETICAMENTE E METABOLICAMENTE PIU' SIMILI AGLI EUCARIOTI

- A differenza degli Eubatteri, quasi tutti gli Archaea sono **privi di peptidoglicani** nella loro parete cellulare (come gli Eucarioti) e condividono con gli Eucarioti i meccanismi di replicazione-riparo del DNA
- **Nessuna specie di Archaea produce endospore**

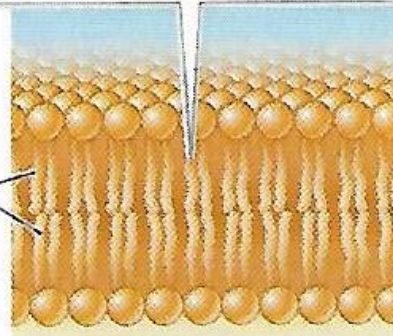


*Haloquadratum walsbyi*  
(Halobacteriaceae), strano  
archeobatterio ipersalino con cellule a  
forma quadrata ed appiattita

Alcuni archei possiedono  
idrocarburi a catena lunga nello  
spessore della membrana  
(monostrato lipidico).



Altri idrocarburi degli archei  
sono disposti come nei batteri  
e negli eucarioti (doppio strato  
lipidico).



Acidi  
grassi

Fig. 25.15; Pagina: 577 Capitolo 25; Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.



# SUDDIVISIONE DEGLI ARCHAEA

1. Crenarchaeota
2. Euryarchaeota
3. Korarchaeota
4. Nanoarchaeota

