

Corso di Laurea Triennale in Biotecnologie

anno accademico 2024-25

I Regni dei viventi

**EUBATTERI
ARCHEA**

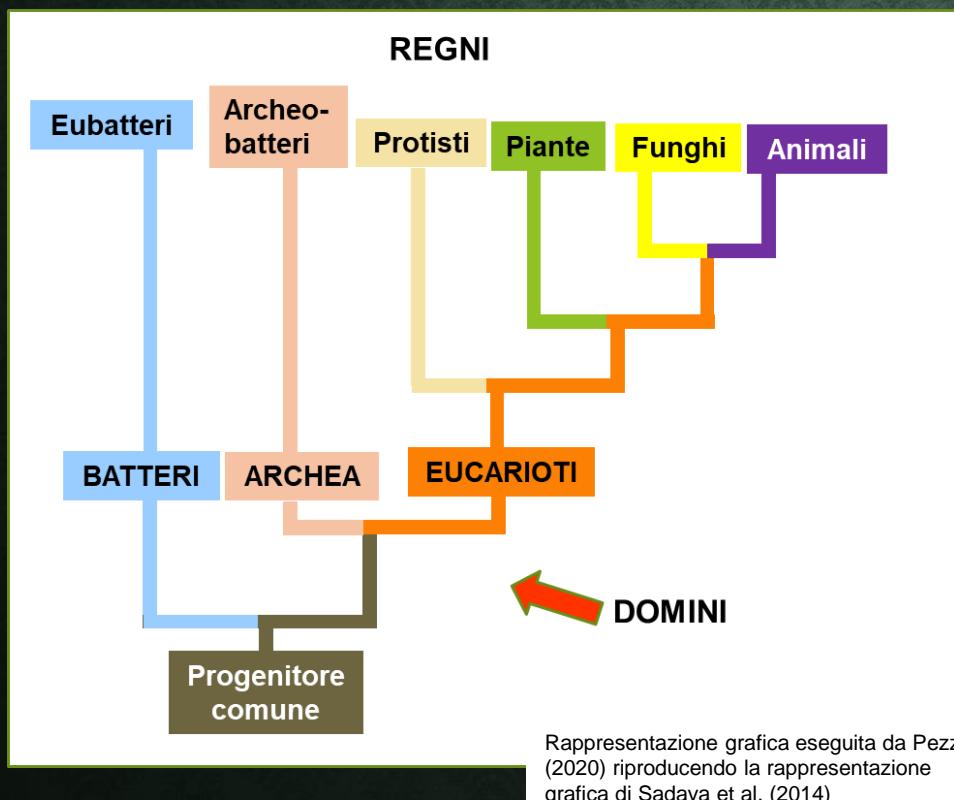
**Questo materiale didattico è per uso personale
dello studente, ed è coperto da Copyright.**

**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 EUCAZIOTI (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



Differenze:

- struttura cellulare
- meccanismi biochimici

↓

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

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

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

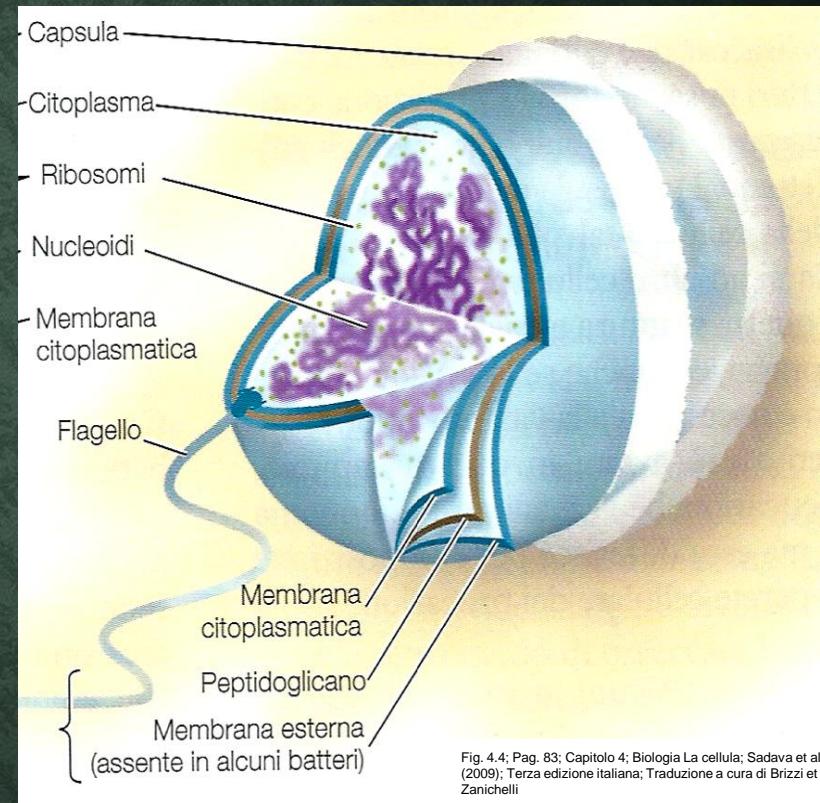


Fig. 4.4; Pag. 83; Capitolo 4; Biologia La cellula; Sadava et al. (2009); Terza edizione italiana; Traduzione a cura di Brizzi et al.; Zanichelli

- 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

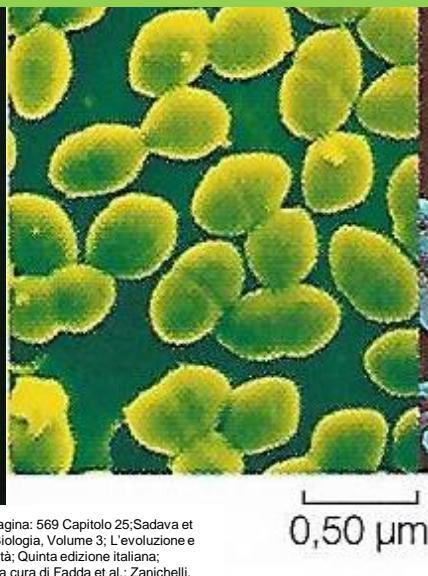
MOBILITÀ

SENSIBILITÀ AGLI ANTIBIOTICI

FABBISOGNI NUTRITIVI

PRINCIPALI FORME DELLA CELLULA BATTERICA

Cocchi (*Micrococcus* sp.)



**Bacilli
(*Salmonella typhimurium*)**



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.

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.

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-acetilglucosammina (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 ^a	70 S	70 S	80 S
tRNA iniziatore	Formilmetionina	Metionina	Metionina
Operoni	Sì	Sì	Rari
Plasmidi	Sì	Sì	Rari
Numero di RNA polimerasi ^b	Uno	Uno	Tre
Ribosomi sensibili al cloramfenicolo e alla streptomicina	Sì	No	No
Ribosomi sensibili alla tossina difterica	No	Sì	Sì

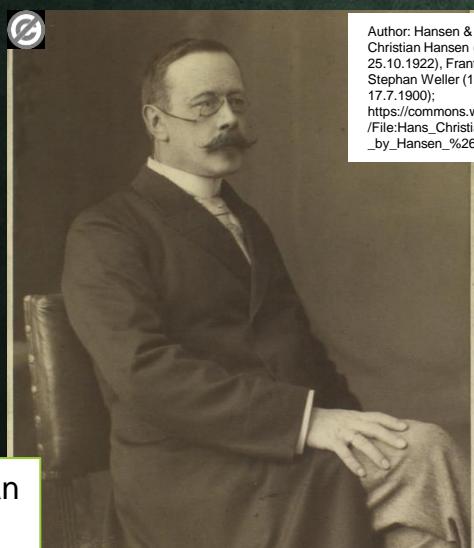
^a I ribosomi 70 S sono più piccoli dei ribosomi 80 S.

^b La struttura della RNA polimerasi degli archei è simile a quella delle polimerasi degli eucarioti.

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 saffranina (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

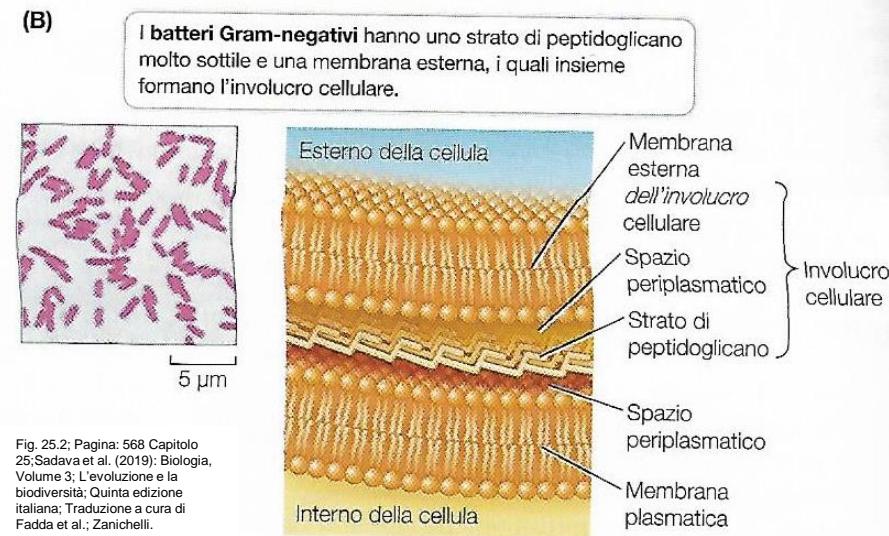
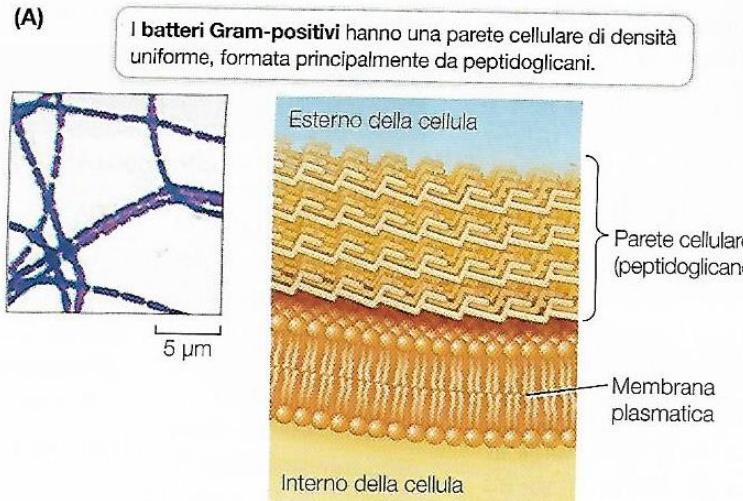


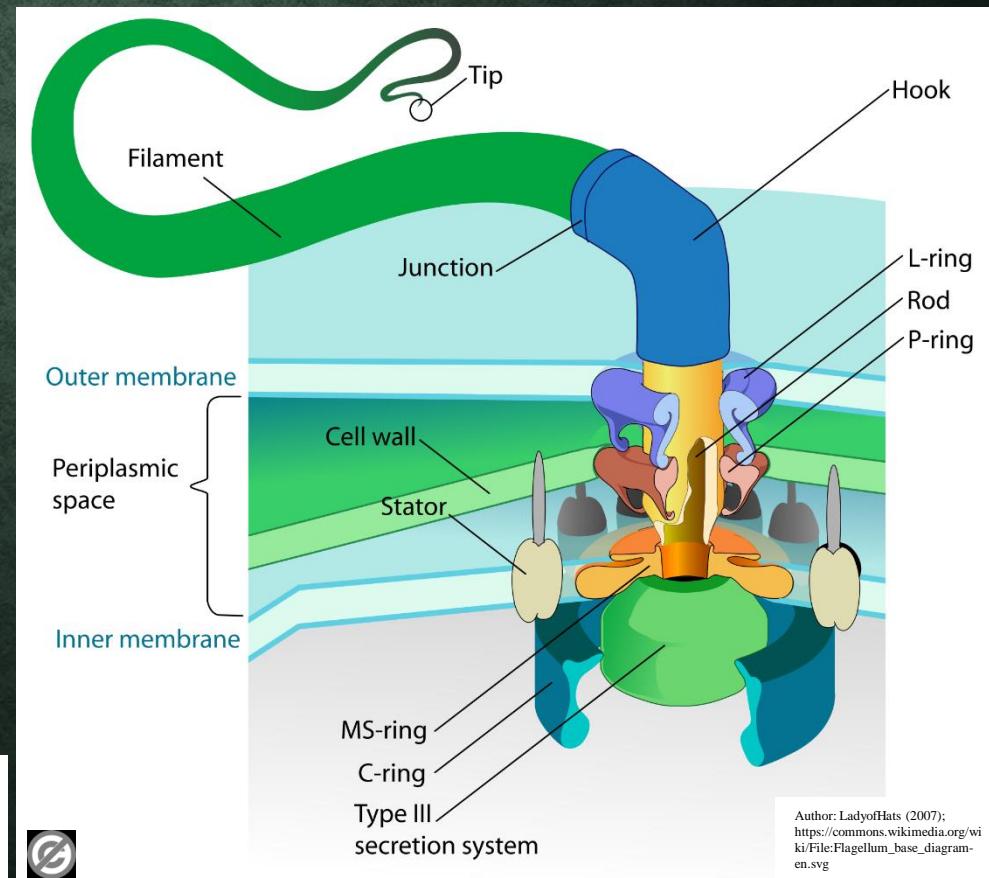
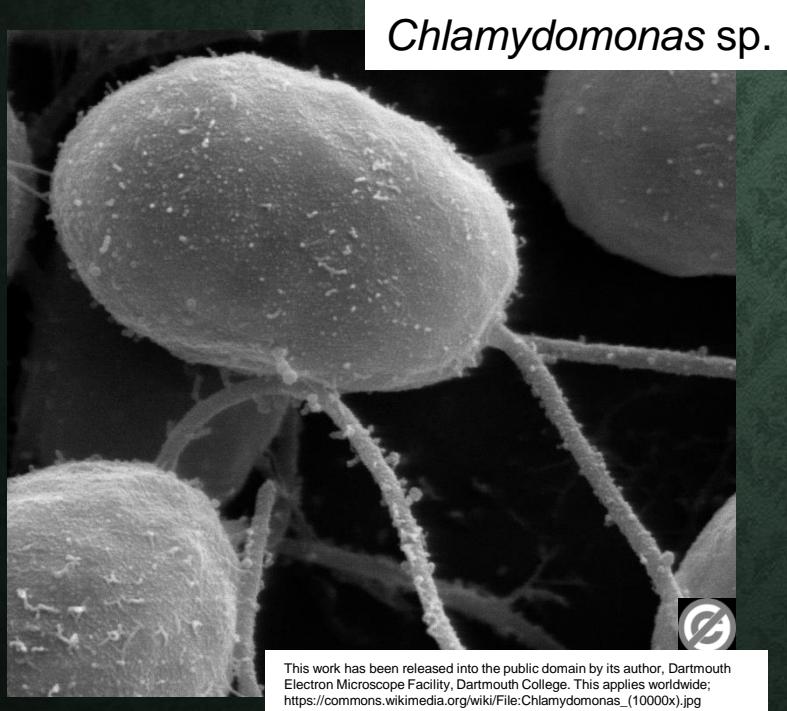
Figura 25.2 La colorazione di Gram e la parete cellulare dei batteri Trattata con la colorazione di Gram, la parete cellulare dei batteri reagisce in uno dei due modi seguenti. (A) I batteri Gram-positivi possiedono una spessa parete cellulare formata da peptidoglicani che trattiene il colorante viola, 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



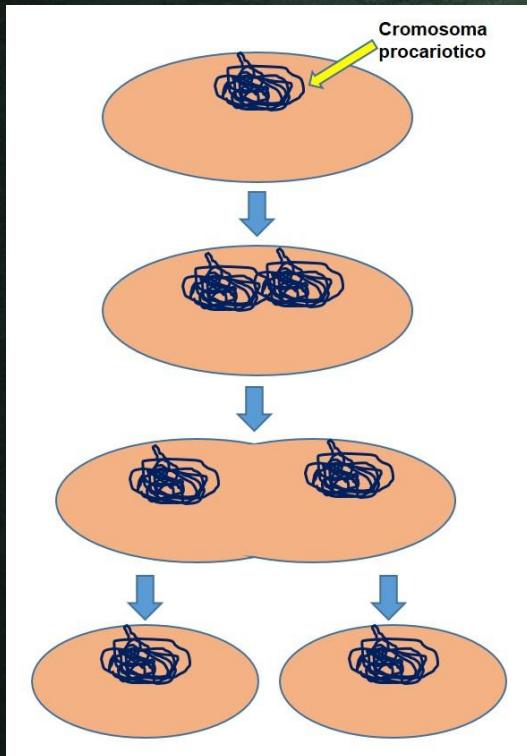
Fonte: - Sadava et al. (2019): Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6250/>; Structure, Function and Assembly of Flagellar Axial Proteins; Ferenc Vonderviszt and Keiichi Namba.



Author: LadyofHats (2007);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flagellum_base_diagram.svg

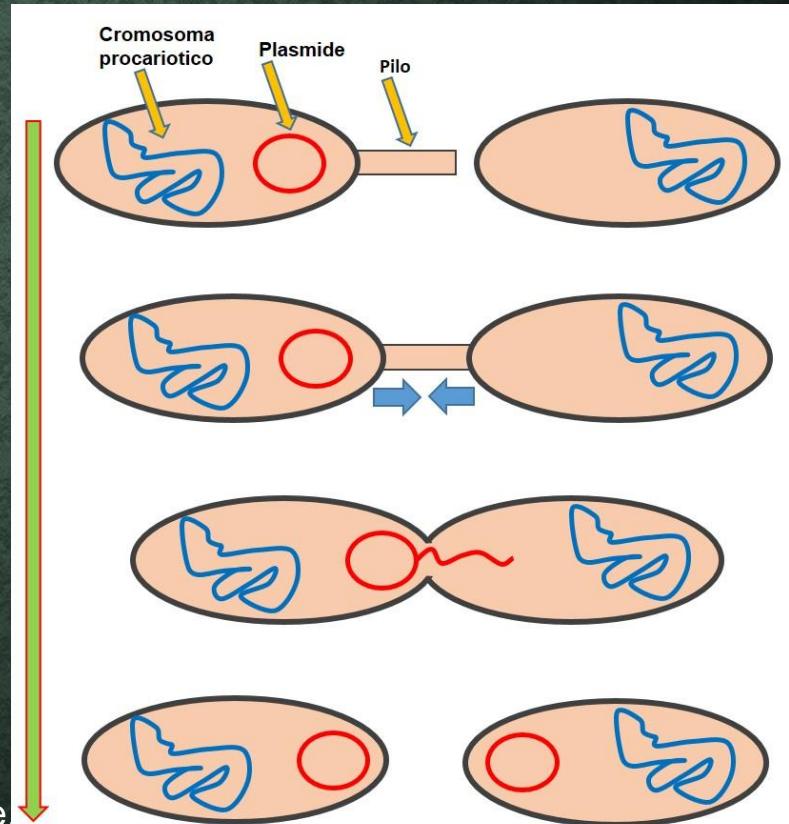
RIPRODUZIONE NEI BATTERI

Scissione binaria



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>.

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

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. Clamidie
8. Proteobatteri

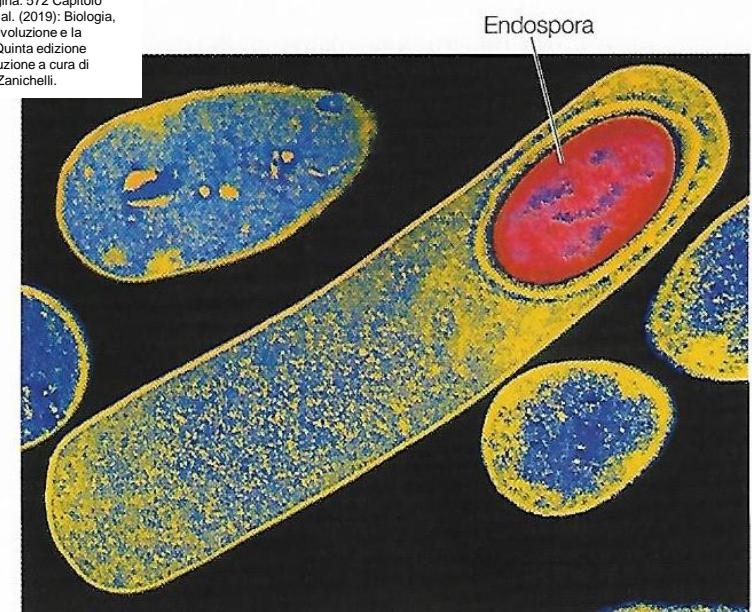
1. EUBATTERI GRAM-POSITIVI A BASSO CONTENUTO IN GC (FIRMICUTES)

- 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 µm)**

Endospore: forme di resistenza dei Firmicutes per superare periodi avversi

Le endospore sono **forme quiescenti** (“**dormienti**”) e non riproductive, 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.

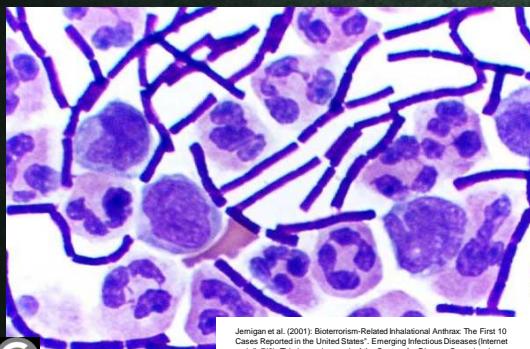


Clostridium difficile

BACILLUS ANTHRACIS ENDOSPORIGENO ED AGENTE DEL CARBONCHIO (O “ANTRACE”)

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

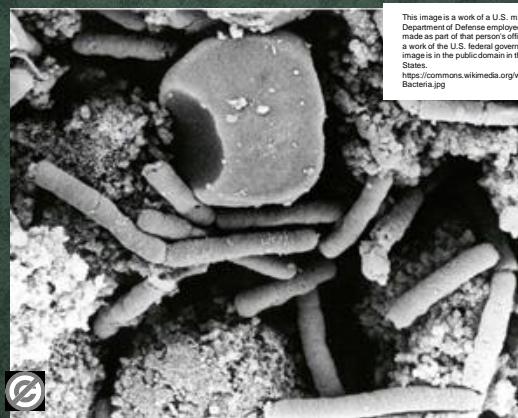
***Bacillus anthracis*, scoperto dal batteriologo tedesco Robert Koch nel 1876, produce endospora che restano infettive per molti anni anche in condizioni sfavorevoli
Il sintomo tipico è una lesione con area centrale necrotica di colore nero (“antrace”).**



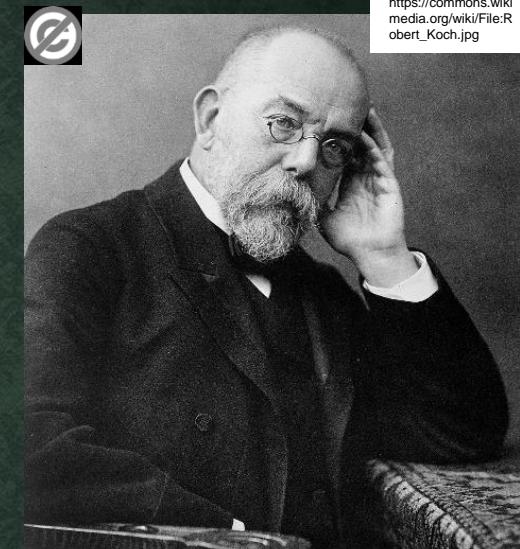
Jenner et al. (2001). "Epidemiism-Related Inhalational Anthrax: The First 10 Cases Reported in the United States". Emerging Infectious Diseases (Internet serial), 7(6). This image is a work of the Centers for Disease Control and Prevention, part of the United States Department of Health and Human Services. As such, the Government of the United States owns a copyright in the work or works contained therein. As a work of the U.S. federal government, the image is in the public domain.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gram_Stain_Anthrax.jpg

La malattia ha tre forme principali:

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



This image is a work of a U.S. military or Defense Department employee, taken or made as part of that person's official duties. As a work of the U.S. federal government, the image is in the public domain.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anthrax_Bacteria.jpg



Robert Koch (1843-1910)



Lesioni cutanee da antrace



Author: United States Army (2003). This work is in the public domain in the United States because it is a work prepared by an officer or employee of the United States Government as part of that person's official duties under the terms of Title 17, Chapter 1, Section 105. This work is not subject to copyright protection in the United States.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skin_reaction_to_anthrax.jpg

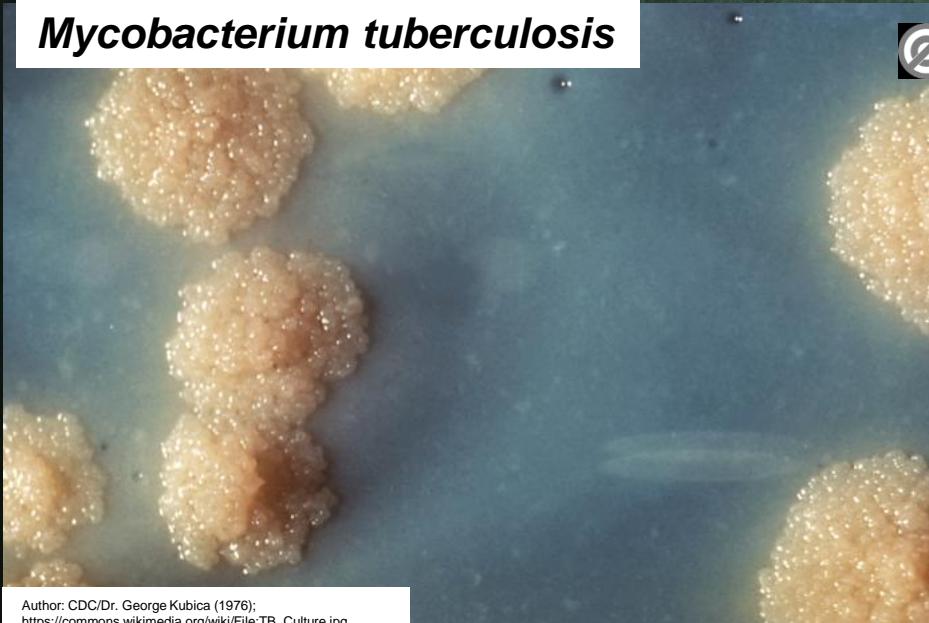
2. GRAM-POSITIVI AD ALTO CONTENUTO IN GC NEL DNA (ATTINOBATTERI)

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**:

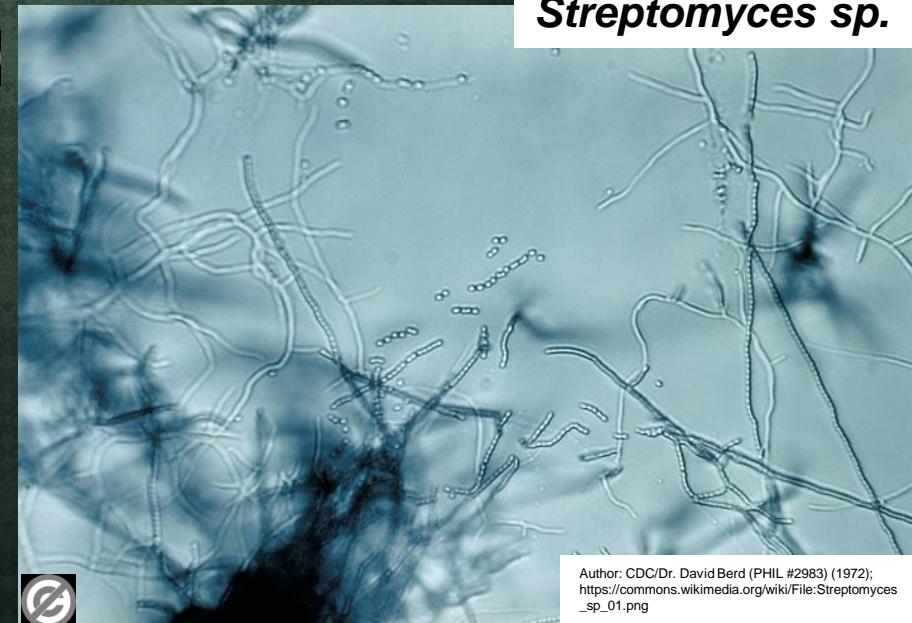
- *Mycobacterium tuberculosis*, agente della tubercolosi
- Le specie del genere *Streptomyces*, in grado di produrre streptomicina e molti altri antibiotici impiegati in campo medico e veterinario

Mycobacterium tuberculosis



Author: CDC/Dr. George Kubica (1976);
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

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**

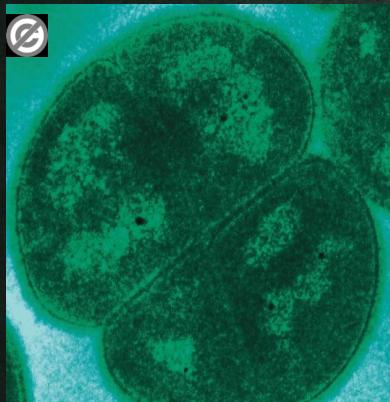
- *A. aeolicus* è di grande interesse biotecnologico per gli **enzimi termoresistenti che produce (solforeduttasi ed idrogenasi)**

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.

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

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

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



Author: Diane Montpetit (Food Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada) (2005);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_rmus_aquaticus.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

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

5. CIANOBATTERI (CYANOBACTERIA)

DETTI ANCHE IMPROPRIAMENTE “ALGHE VERDI-AZZURRE”

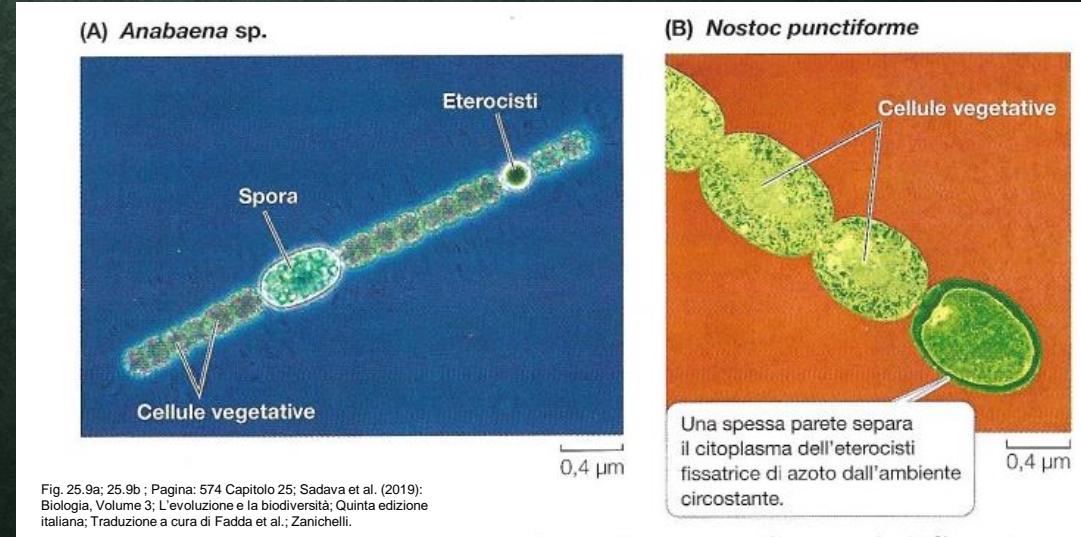
Importantissimi procarioti autotrofi, i primi a sviluppare la **fotosintesi ossigenica** che ha arricchito di O₂ l’atmosfera del pianeta circa 2.3 miliardi di anni fa

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

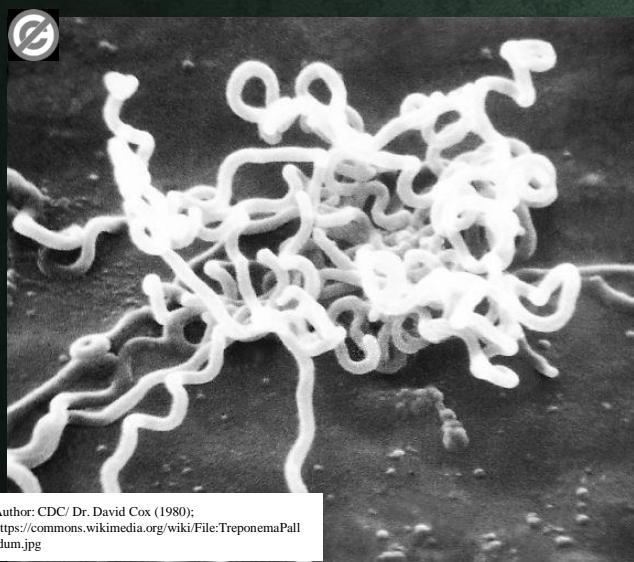
L’eterocisti è una cellula specializzata per la fissazione di azoto tramite l’enzima **nitrogenasi**, che è inattivato dall’ossigeno



6. SPIROCHETE (SPIROCHAETAE)

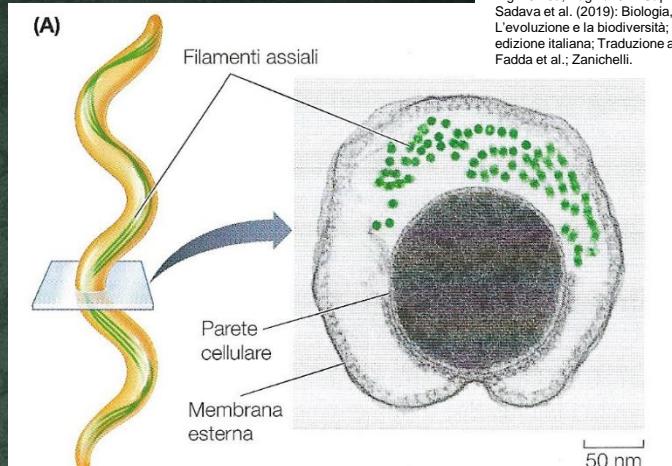
Batteri Gram-negativi con filamenti assiali nella membrana periplasmica (“**endoflagelli**”) che determinano un veloce movimento a spirale

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



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.



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

**Eritema cutaneo
“a bersaglio”**



Author: CDC/ James Gathany (2007);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erythema_migrans_-erythematous_rash_in_Lyme_disease_-PHIL_9875.jpg



Author: CDC (1993);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Borrelia_burgdorferi-cropped.jpg



Ixodes ricinus

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ixodes.ricinus.searchin.jpg>

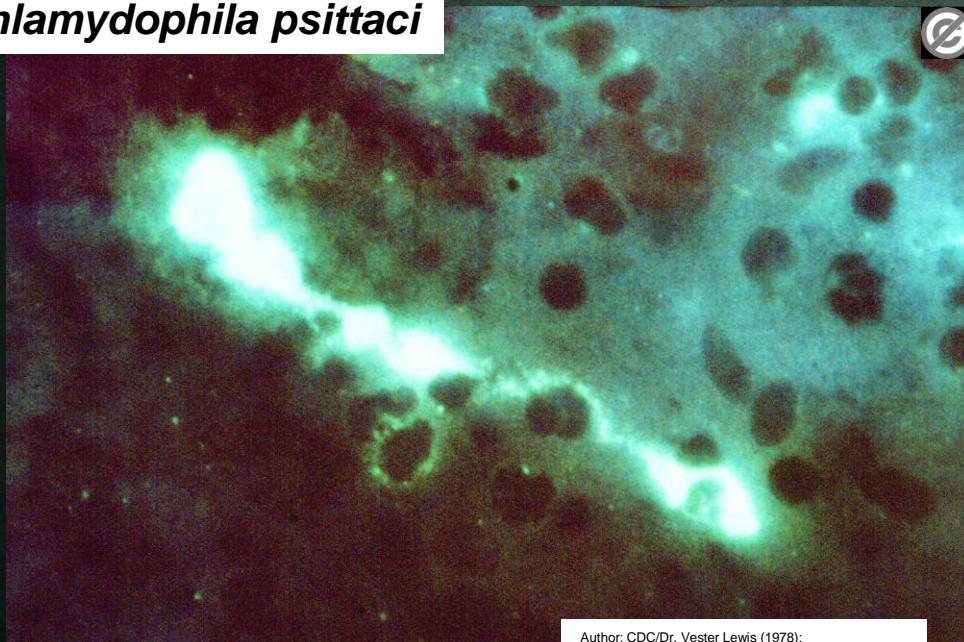
7. CLAMIDIE

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

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

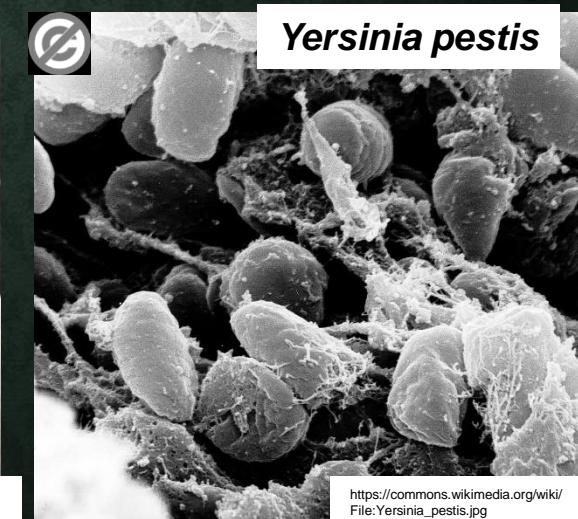
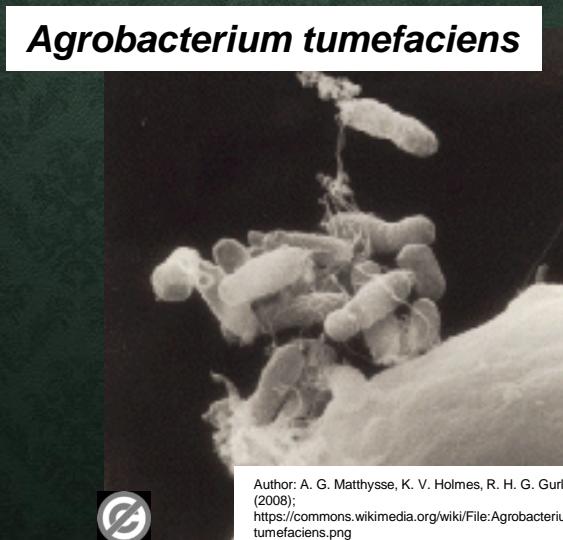
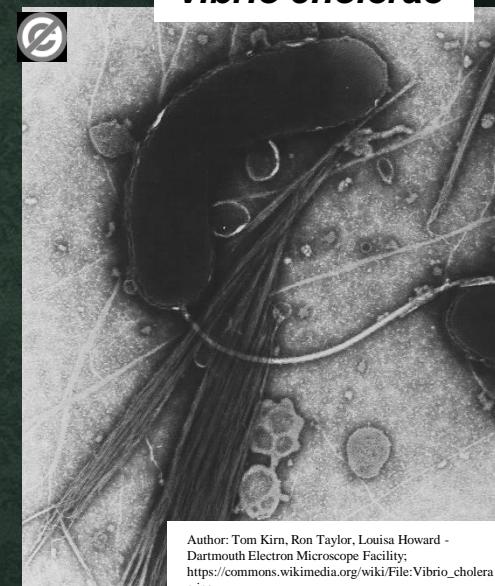
8. PROTEOBATTERI (GRAM-NEGATIVI)

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



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.



Author: Carol Stoker, NASA (2002);
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_tinto_river_CarolStoker_NASA_Ames_Research_Center.jpg

Morning Glory Pool,

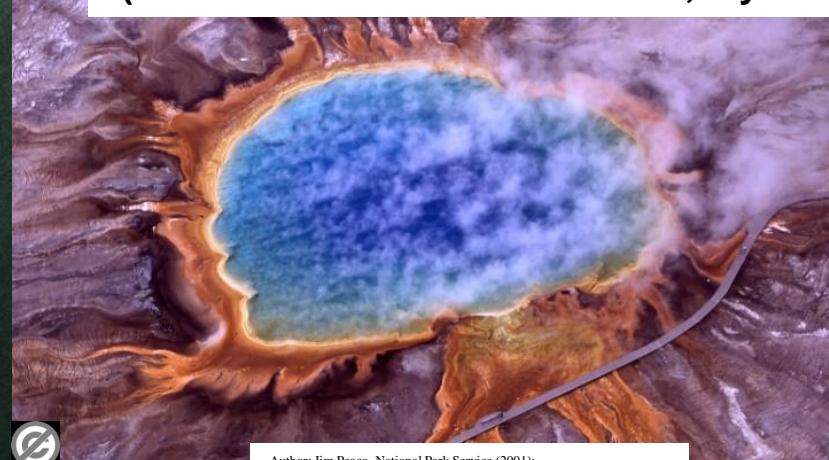
(Parco nazionale di Yellowstone, Wyoming)



Author: Taken by Jon Sullivan;
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morning_Glory_Pool2.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

NONOSTANTE L'APPARENTE SOMIGLIANZA CON GLI EUBATTERI, GLI ARCHAEA SONO GENETICAMENTE E METABOLICAMENTE PIÙ SIMILI AGLI EUCAZIOTI

- 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**

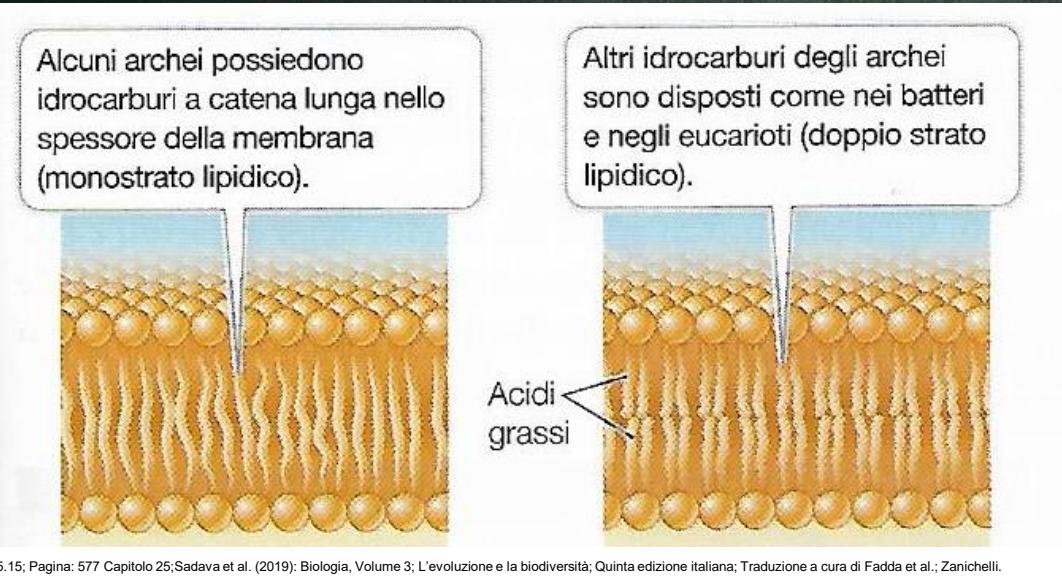


Fig. 25.15; Pagina: 577 Capitolo 25; Sadava et al. (2019); Biologia, Volume 3; L'evoluzione e la biodiversità; Quinta edizione italiana; Traduzione a cura di Fadda et al.; Zanichelli.

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



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



SUDDIVISIONE DEGLI ARCHAEA

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

