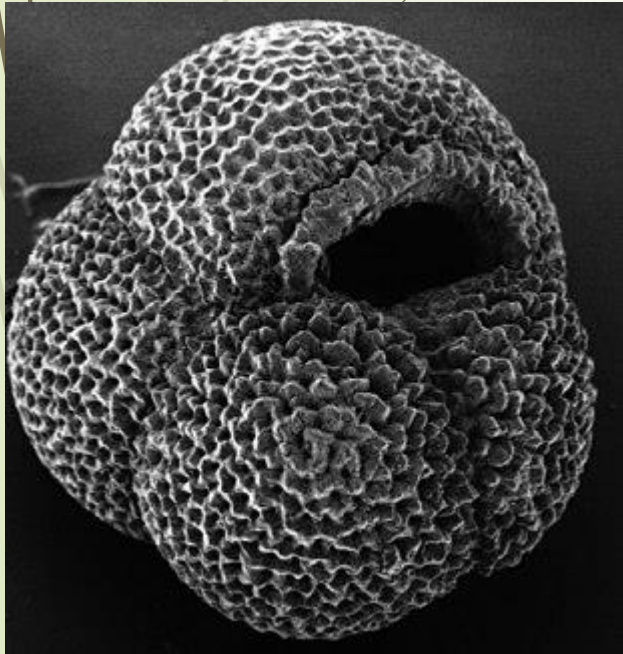
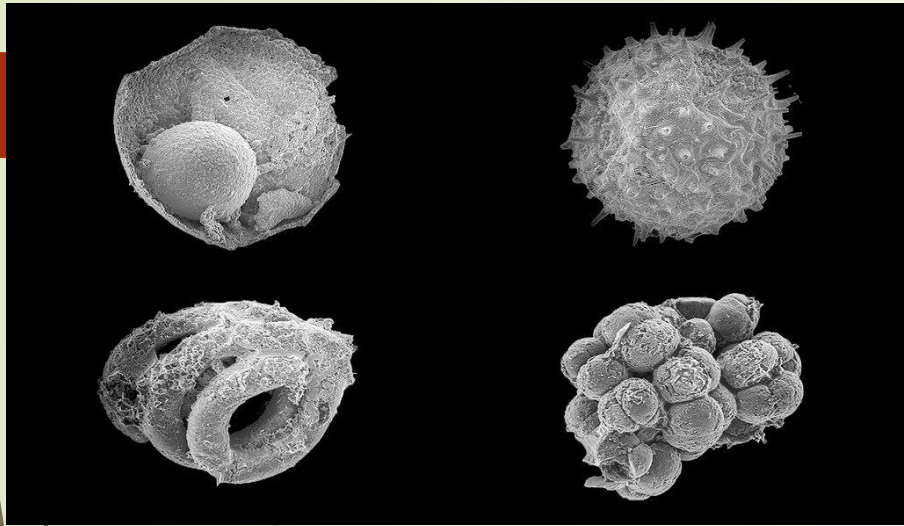




La cellula procariote  
a cura di Antonio Incandela



La **cellula procariote** deriva il suo nome da due parole greche: “pròtos” che significa primo e “kàrion” che significa nucleo, ovvero “nucleo primitivo”.

Infatti i procarioti sono organismi unicellulari aventi un nucleo non delimitato da membrana ma libero nel citoplasma.

Tutti i procarioti sono microbi e vengono classificati in due domini principali: **Bacteria (eubatteri)** e **Archea (archeobatteri o batteri “più antichi”)**.

L’origine della cellula procariote, e quindi dei primi procarioti, si fa risalire all’incirca a 3,5 miliardi di anni fa, data minima fissata per l’esistenza della vita. Tali primi esseri sono stati capaci di lasciare loro tracce incise sulle rocce.

In particolar modo per i procarioti si parla di fossili di cellule o di metaboliti cellulari, le cui strutture carboniose fissate sulle rocce possono essere rilevate e datate (approssimativamente) attraverso l’utilizzo di isotopi radioattivi che sfruttano il frazionamento degli isotopi di carbonio in esse presente.

## Archea

Il dominio include molte specie che vivono in habitat estremi sulla terra e che hanno strategie metaboliche molto differenti.

- assenza di peptidoglicano nella parete (pseudomureina)
- lipidi insoliti nella membrana
- RNA polimerasi, aminoacil-tRNA sintetasi simile a quella degli Eucarioti
- rRNA tipici

TABELLA 25-3

### I due gruppi di archeobatteri

#### Crenarchaeota



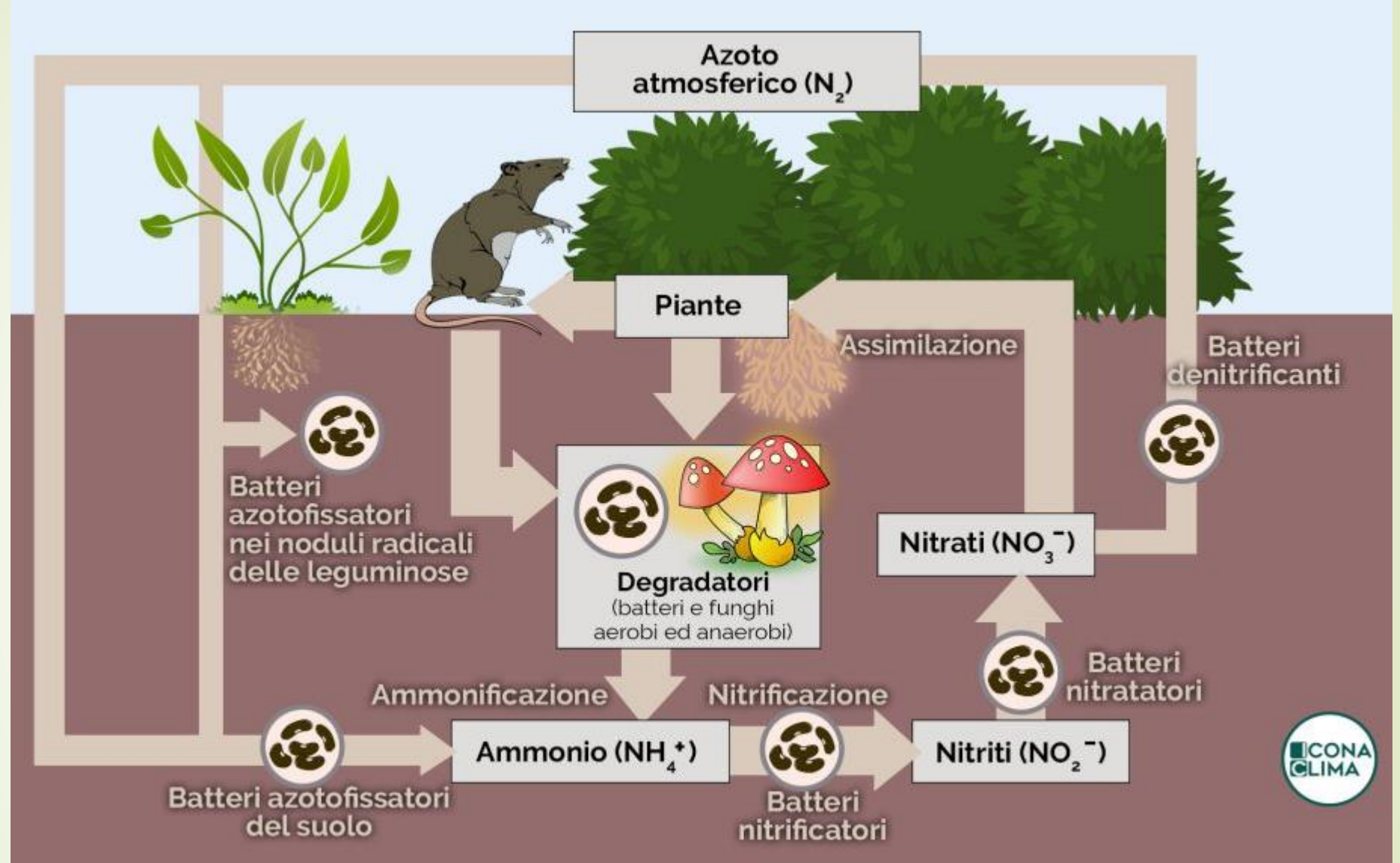
**Fotografia MES del *Pyrococcus furiosus*, un anaerobio che vive nella sabbia marina**  
Questo metanogeno è altamente resistente alle alte temperature; il suo optimum di temperatura è circa 100°C. *Pyrococcus* cresce utilizzando zuccheri e piccoli peptidi come donatori di elettroni. LA DNA polimerasi di *P. furiosus* viene usata per l'amplificazione del DNA in PCR (Polymerase Chain Reaction) grazie alla sua stabilità ad alta temperatura ed alla sua accuratezza.

Alcuni sono termofili estremi (prosperano a 70°C, alcuni addirittura al di sopra dei 100°C); altri sono psicrofilici (possono vivere a temperature inferiori a 15°C). Molti sono chemioautotrofi. Sono una componente importante del plancton nei mari freddi ricchi di ossigeno.

#### Euryarchaeota



Questo gruppo comprende metanogeni, alofili (non tutti estremi) ed acidofili. Alcuni termofili estremi sono inclusi in questo phylum.



Alcuni procarioti sono coinvolti nel ciclo di elementi importanti-decomposizione-fissazione

Alcuni procarioti, ad esempio, fissano e metabolizzano l'azoto



(a) Cocchi (sferici)



(b) Bacilli (a bastoncino)

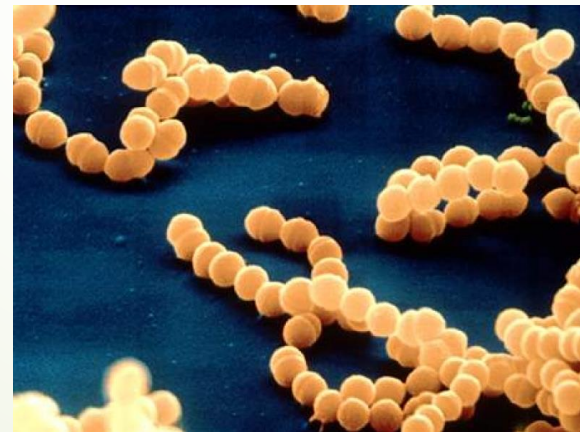


(c) Spirochete (spiraliformi)

**Cocchi**, con forma sferica  
**Bacilli**, con forma cilindrica  
**Vibrioni**, con forma ricurva  
**Spirilli**, con forma a spirale

ed in base al modo in cui si aggregano tra di loro:

**Diplococchi**, disposti a due a due  
**Streptococchi**, disposti a catenella  
**Stafilococchi**, disposti a grappolo



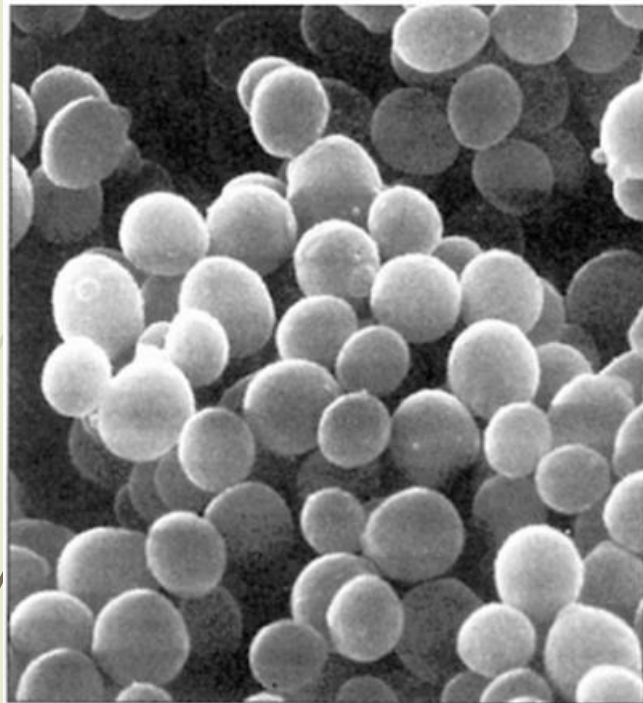
Streptococco



Staphylococcus aureus

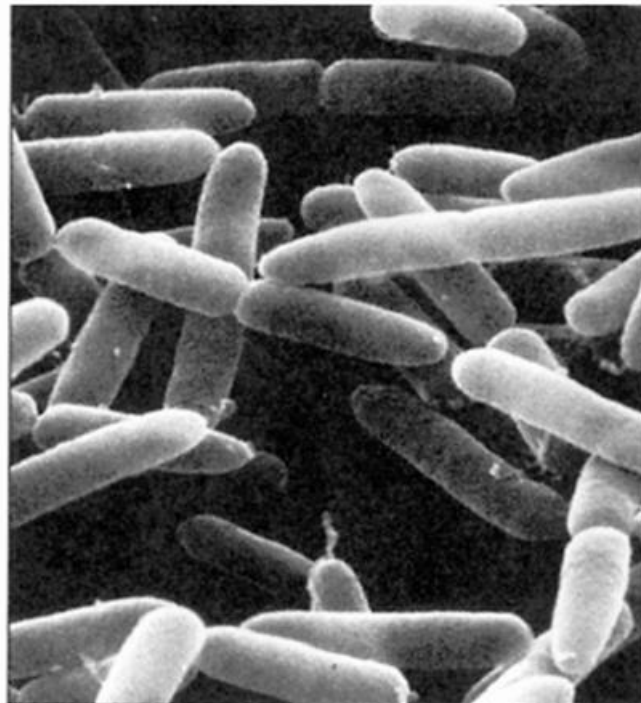
## Varie morfologie di batteri osservate con SEM

Cocchi



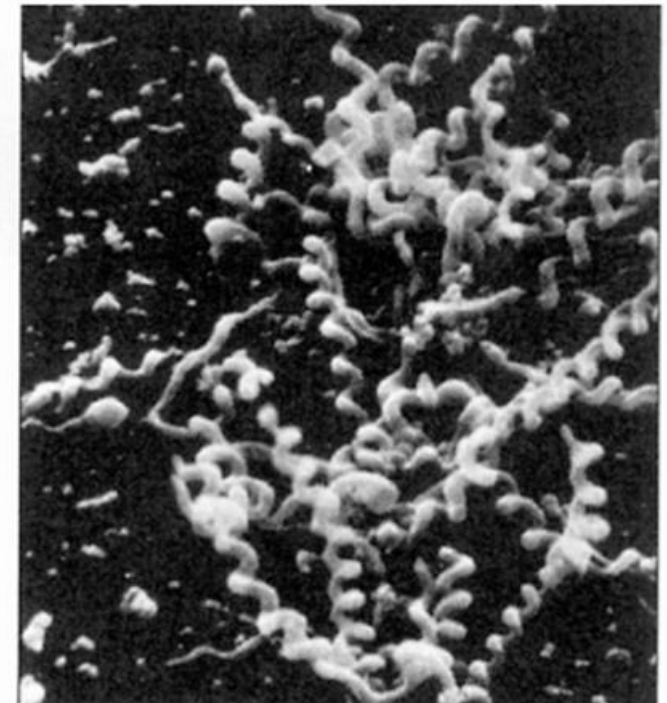
1,0 μm

Bacilli

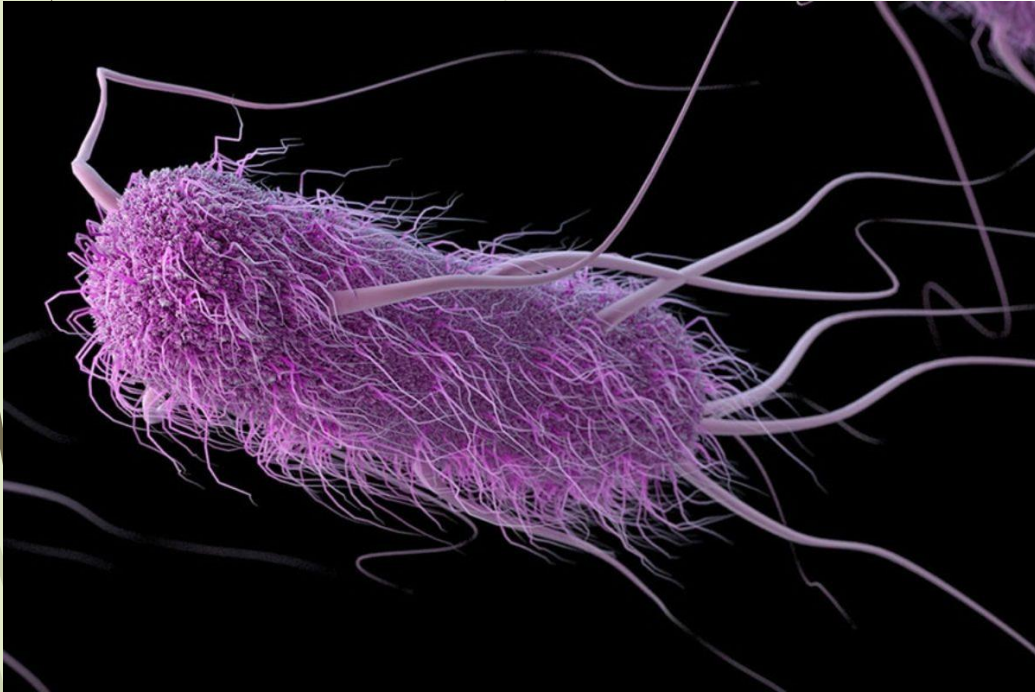


3,0 μm

Spirilli



2,0 μm



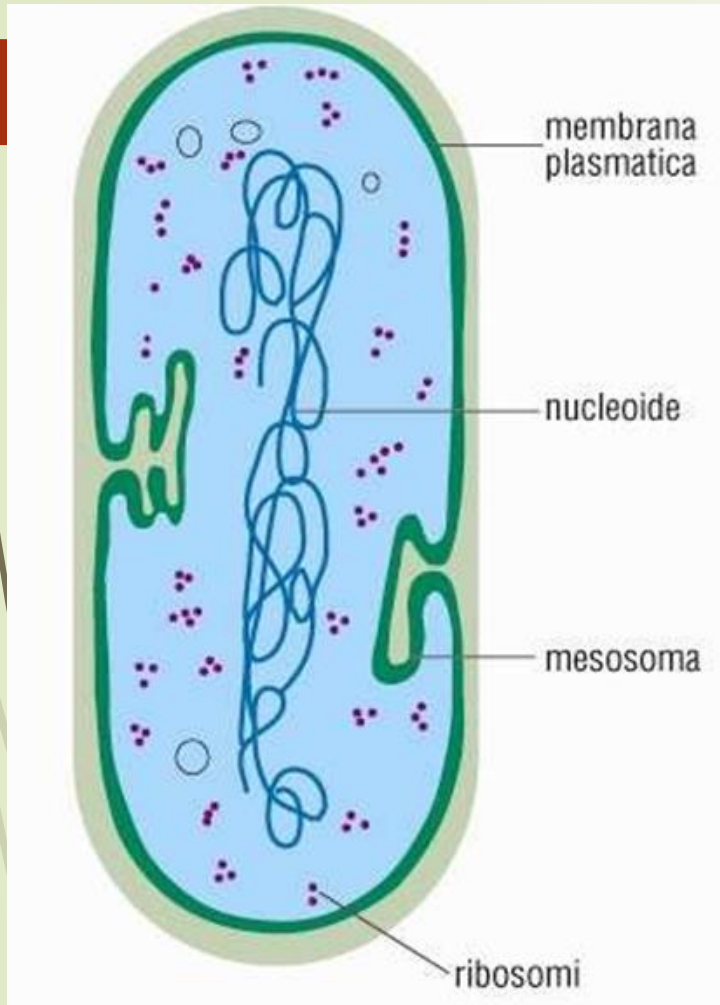
La cellula procariote ha una dimensione tipicamente di 1-2  $\mu\text{m}$ , anche se nanobatteri possono avere dimensioni ancora più ridotte (0.1-0.2  $\mu\text{m}$ ).

[ 1  $\mu\text{m}$  = un milionesimo di m = 1 millesimo di mm]

La relativa semplicità della cellula procariote è soltanto apparente. Infatti, se si esamina la composizione chimica di una cellula di un batterio come l'*Escherichia coli* (*E. coli*), si trova che questa contiene circa 5.000 tipi diversi di molecole.

In una cellula batterica sono presenti almeno 3.000 tipi di proteine, alcune in poche copie per cellula ed altre in varie migliaia, per un totale di circa un milione di molecole proteiche per cellula.

## La struttura della cellula procariote



dall'esterno verso l'interno si individuano:

una **capsula**, non sempre presente, che funge da magazzino extracellulare di sostanze utili per la cellula e provvede al riconoscimento stereospecifico di polimeri presenti su altre cellule;

un **complesso di strutture accessorie** (**flagelli, pili, fimbrie**) utili per la mobilità, per l'adesione alle membrane di altre cellule e per la coniugazione batterica;

una **parete cellulare**, che conferisce sia elasticità che resistenza e protezione alla cellula;

una **membrana plasmatica**, che assume diverse funzioni tra le quali la sintesi di ATP, la respirazione cellulare, le fotosintesi e la biosintesi di lipidi;

un **citrosol**, composto da acqua, elementi minerali e composti organici in cui sono presenti i **ribosomi**, grazie ai quali avviene la sintesi proteica, e delle inclusioni, ovvero accumuli di sostanze di riserva come glicogeno, polisaccaridi e polifosfati;

DNA, compattato in una struttura chiamata **nucleoide**, presente sotto forma di cromosoma/i circolari e portatore dell'informazione genetica della cellula;

**plasmidi**, DNA extracromosomiali che danno la capacità alla cellula, ad esempio, di resistere agli antibiotici.

# La parete della cellula procariote

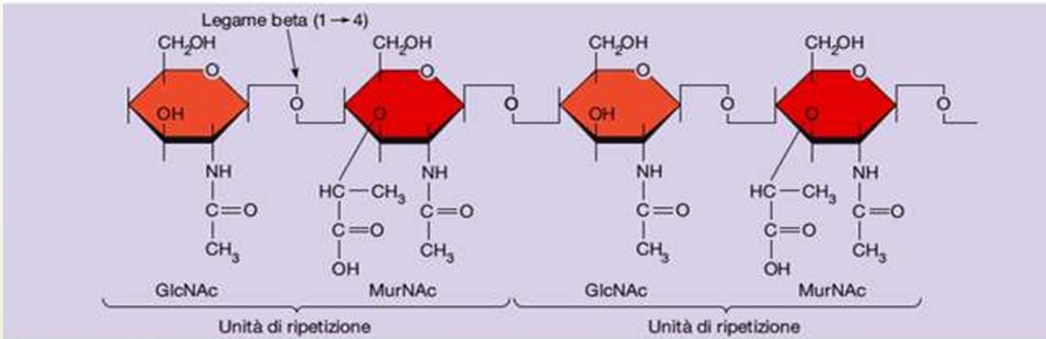
La parete cellulare batterica può essere definita come una sorta di "contenitore" rigido che racchiude la cellula batterica conferendole una certa robustezza e condizionandone la forma. La parete cellulare non esercita solamente un ruolo protettivo nei confronti della cellula batterica ma regola anche il trasporto di sostanze all'interno della stessa.

Pertanto, si può affermare che le principali funzioni della parete cellulare sono:

- Impedire la rottura delle cellule batteriche per effetto della pressione osmotica. Infatti, molto spesso, i batteri vivono in ambienti ipotonici. L'entrata incontrollata dell'acqua causerebbe il rigonfiamento della cellula batterica fino a farla scoppiare (lisi osmotica). La funzione della parete cellulare è proprio quella di resistere alla pressione esterna dell'acqua, impedendo così il rigonfiamento e la lisi batterica.
- Proteggere la membrana plasmatica e l'ambiente cellulare da molecole o sostanze dannose per lo stesso batterio.
- Regolare l'entrata dei nutrienti nella cellula batterica.

Il componente fondamentale della parete cellulare è il **peptidoglicano**

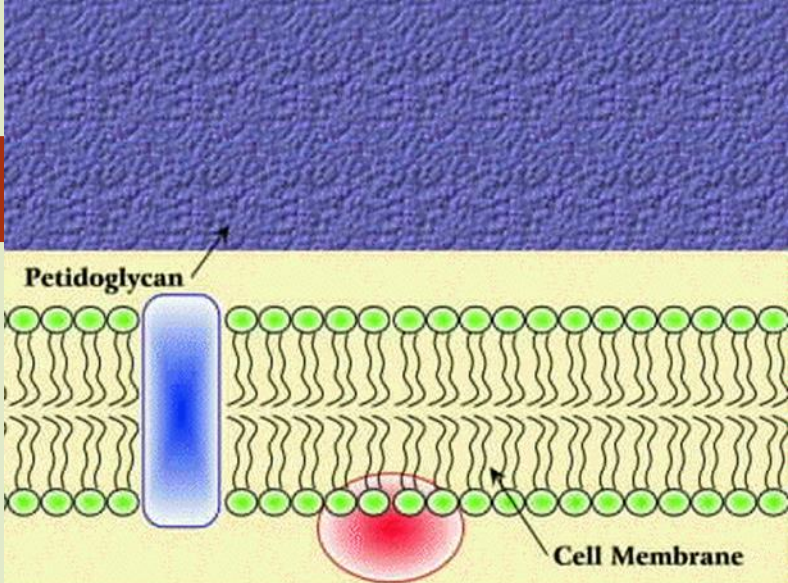
La parete dei batteri **gram-positivi** è costituita da uno spesso strato di catene ramificate di peptidoglicano. La parete dei batteri **gram-negativi**, invece, risulta composta di più strati. Lo strato di peptidoglicano risulta più sottile rispetto ai batteri gram-positivi ed è circondato da una membrana aggiuntiva composta da lipopolisaccaridi e contenente molecole di porina, una proteina che forma dei pori acquosi nella membrana esterna.



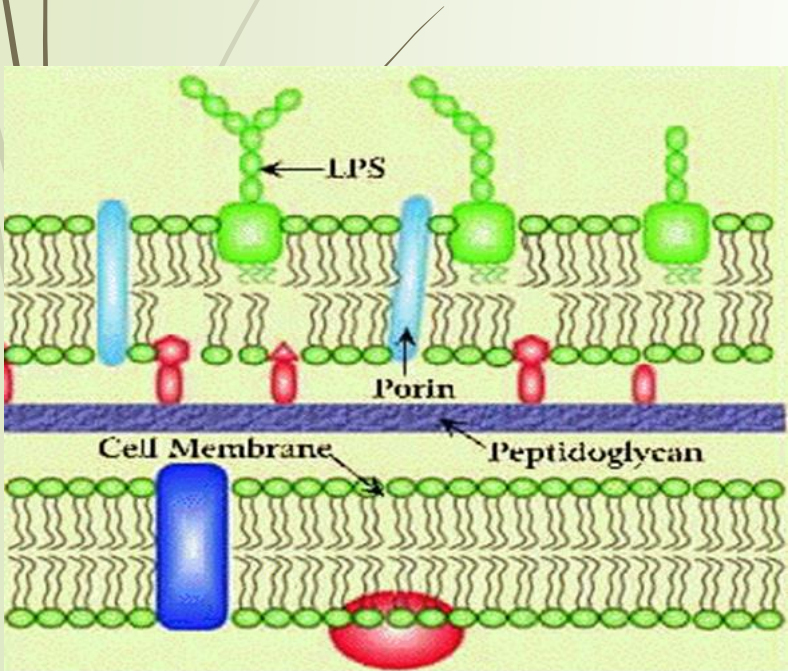
Polisaccaride della parete cellulare batterica

il peptidoglicano (o mureina) è una lamina costituita da due derivati polisaccaridici: l'N-acetilglucosamina e l'acido N-acetilmuramico

Solo pochi procarioti sono privi di parete e, tra questi, i Micoplasmidi, batteri estremamente piccoli, spesso parassiti intracellulari e che vivono, pertanto, in un ambiente isoosmotico



Gram +




Gram -



come distinguere i Gram + dai Gram -

## Colorazione di Gram (1884)

Cristal violetto, soluzione iodo-iodurata, decolorazione con alcool, eosina o safranina


**1. Applicazione del cristalvioletto**





Gram-positivi	Gram-negativi
	

Entrambe le pareti delle cellule incorporano il colorante.

**2. Applicazione dello iodio di Gram**



Gram-positivi	Gram-negativi
	

All'interno delle cellule si formano dei complessi colorati di cristalvioletto-iodio. Tutte le cellule si colorano.


**3. Viene effettuato un lavaggio in alcol**





Gram-positivi	Gram-negativi
	

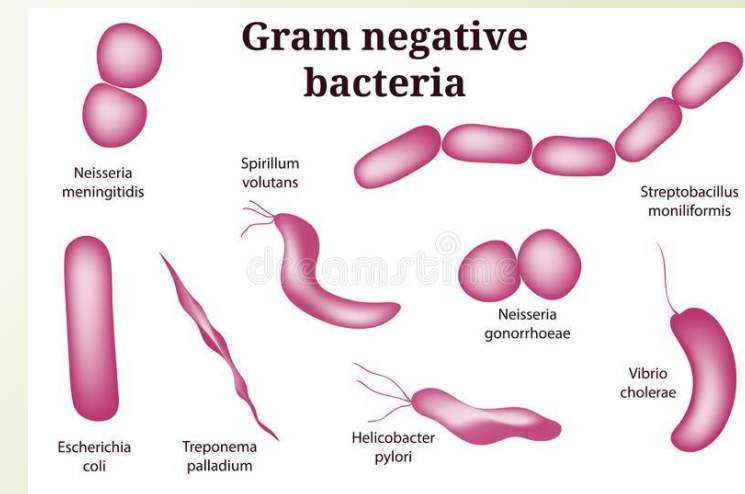
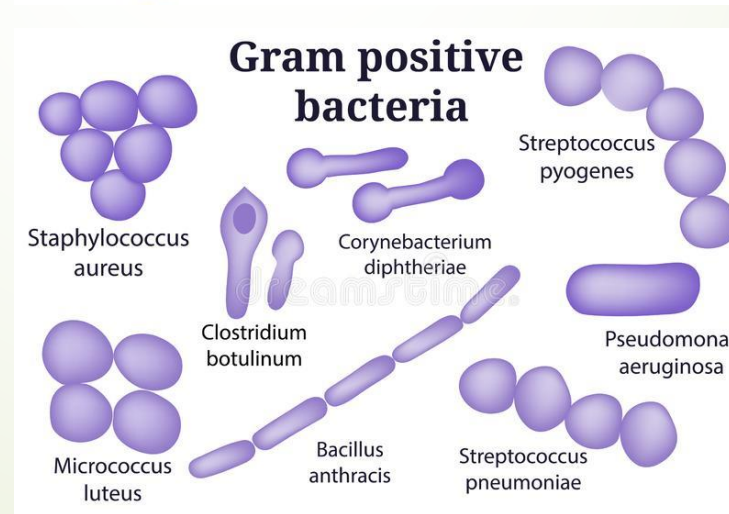
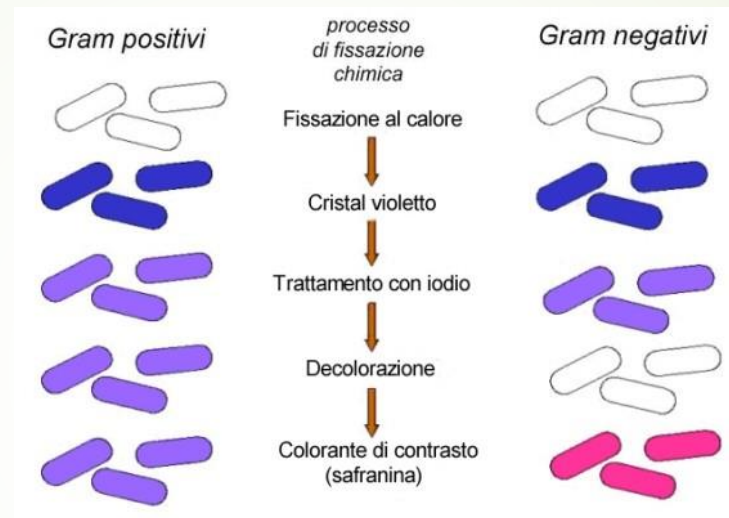
L'alcol disidrata lo spesso strato di PG e intrappola il complesso colorato. L'alcol ha un effetto minimo sulla sottile parete di PG.

**4. Applicazione di safranina (colorante rosso)**



Gram-positivi	Gram-negativi
	

Il colorante rosso non ha alcun effetto. Il colorante colora di rosso le cellule incolori.



# Batteri Gram-positivi

## Stafilococchi

Fra i vari tipi di stafilococchi patogeni, ricordiamo:

**Staphylococcus aureus**, responsabile di svariate infezioni dell'apparato genito-urinario, del sistema nevoso, della cute, delle ossa, delle articolazioni, dell'apparato cardiovascolare, delle vie respiratorie e dell'occhio. Inoltre, questo batterio è responsabile anche d'infezioni opportunistiche associate a compromissione del sistema immunitario dell'ospite, d'infezioni opportunistiche nosocomiali (cioè infezioni contratte all'interno di strutture sanitarie) e di tossinfezioni alimentari.

## Streptococchi

Gli streptococchi sono in grado di produrre delle tossine capaci di distruggere i globuli rossi, cioè sono dotati di attività emolitica. Gli streptococchi possono essere suddivisi a loro volta in funzione del grado di emolisi che inducono. Si possono, quindi, distinguere:

**Streptococchi alfa-emolitici** (o  $\alpha$ -emolitici) che provocano un'emolisi parziale;

**Streptococchi beta-emolitici** (o  $\beta$ -emolitici) che provocano un'emolisi totale;

**Streptococchi gamma-emolitici** (o  $\gamma$ -emolitici) che non provocano emolisi.

## Clostridi

I clostridi sono dei bacilli che - in condizioni ambientali avverse - sono in grado di generare spore in modo da sopravvivere.

Fra i vari clostridi patogeni esistenti, ricordiamo:

**Clostridium tetani**, responsabile del tetano (o paralisi spastica). Generalmente, contro questo battere vengono utilizzati metronidazolo o benzilpenicillina. È anche disponibile un vaccino per prevenire l'infezione.

**Clostridium botulinum**, responsabile del botulismo (o paralisi flaccida).

## Bacillus anthracis

(conosciuto come antrace), responsabile dell'insorgenza del carbonchio cutaneo, polmonare e gastrointestinale;

## Listeria monocytogenes

un bacillo responsabile dell'insorgenza di meningiti, encefaliti, meningoencefaliti e ascessi cerebrali;

### **Escherichia coli**

L'E. coli è un batterio normalmente presente nella flora batterica intestinale umana, ma in soggetti immunodepressi può dare origine a infezioni opportunistiche.

### **Batteri appartenenti al genere Salmonella**

Questi batteri sono responsabili di infezioni dell'apparato gastrointestinale che possono provocare patologie quali gastroenteriti, tifo (febbre enterica) e diarrea.

### **Batteri appartenenti al genere Shigella**

Questi microorganismi sono responsabili dell'insorgenza di patologie come la dissenteria bacillare e la gastroenterite acuta.

### **Vibrioni**

I vibrioni sono bacilli incurvati, cioè batteri caratterizzati da una forma "a virgola". Fra i vibrioni patogeni per l'uomo, ricordiamo: *Vibrio cholerae*, responsabile dell'insorgenza del colera. *Vibrio parahaemolyticus*, responsabile di gastroenteriti, enterocoliti, diarrea e sindrome simil-dissenterica.

### **Helicobacter pylori**

H. pylori è un bacillo incurvato responsabile dell'insorgenza di patologie gastrointestinali come la gastrite cronica attiva e l'ulcera peptica.

### **Haemophilus influenzae**

H. influenzae è un batterio Gram-negativo responsabile di infezioni del tratto respiratorio e del sistema nervoso che possono provocare otite acuta, sinusite, bronchite, polmonite o meningite batterica acuta.

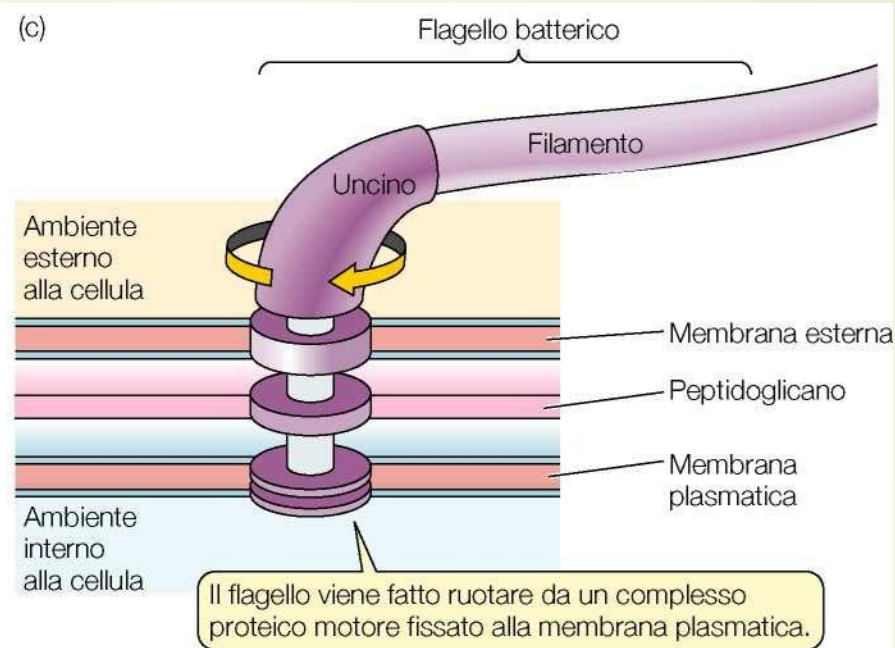
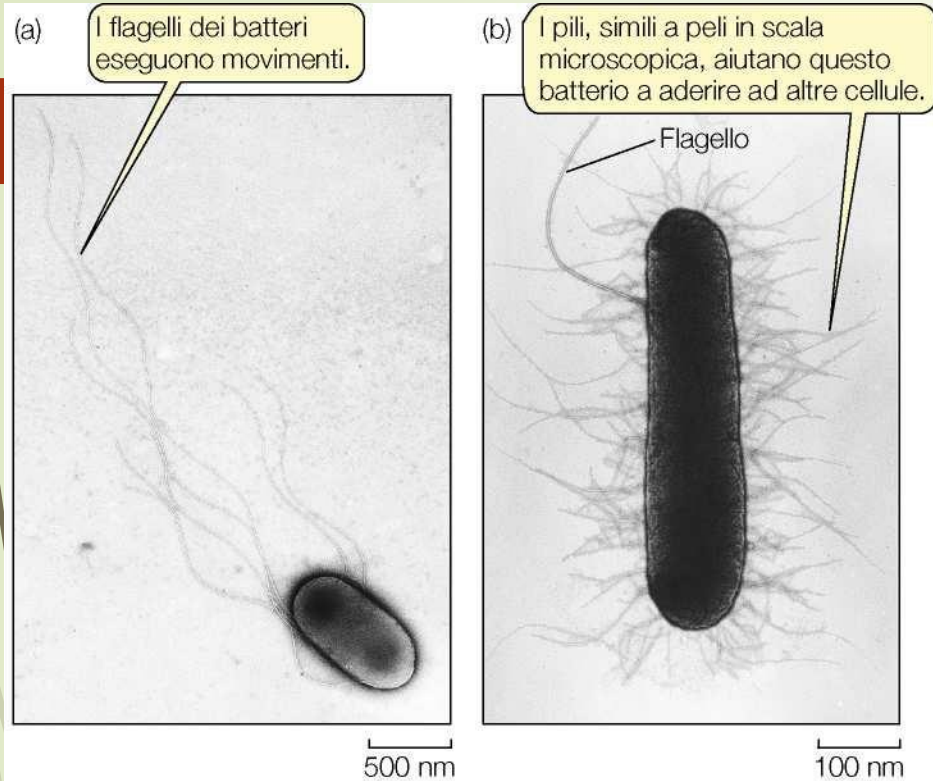
### **Legionella pneumophila**

La L. pneumophila è un batterio Gram-negativo responsabile della legionellosi, un'infezione che colpisce l'apparato respiratorio.

**TABELLA 28.1****Malattie dell'uomo causate da batteri**

Malattia	Patogeno	Vettore/Serbatolo	Epidemiologia
Antrace	<i>Bacillus anthracis</i>	Animali, comprese le pelli lavorate	Infezione batterica che può essere trasmessa attraverso contatto o ingestione. Rari focolai sporadici. Può essere fatale.
Botulismo alimentare	<i>Clostridium botulinum</i>	Cibo preparato in modo improprio	Contatto attraverso l'ingestione o attraverso una ferita. Produce un avvelenamento acuto; può essere fatale.
Carie dentale	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Streptococcus sobrinus</i>	Uomo	Una massiccia presenza di questi batteri sulla superficie dei denti porta alla secrezione di acidi che distruggono lo smalto dei denti, lo zucchero da solo non causa la carie.
Chlamydia	<i>Chlamydia trachomatis</i>	Uomo, malattia a trasmissione sessuale (STD)	Infezioni urogenitali con possibile diffusione agli occhi e alle vie respiratorie. Sempre più comune oltre i 20 anni.
Colera	<i>Vibrio cholerae</i>	Feci umane, plancton	Causa grave diarrea che può portare alla morte per disidratazione; il tasso di mortalità raggiunge il 50% se non trattato. Particolarmente letale nei casi di affollamento e scarsa igiene. Ha provocato oltre 100.000 morti in Ruanda nel 1994.
Difterite	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Uomo	Acuta infiammazione e lesioni delle mucose e delle vie respiratorie. Si diffonde attraverso le goccioline respiratorie. Vaccino disponibile.
Febbre tifoide	<i>Salmonella typhi</i>	Uomo	Malattia sistemica batterica con un'incidenza a livello mondiale. Meno di 500 casi l'anno sono segnalati negli Stati Uniti. Diffusione attraverso l'acqua contaminata o il cibo (come frutta e verdure non lavate). I vaccini sono disponibili per i viaggiatori.
Gonorrea	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Uomo	Malattia sessualmente trasmissibile, in aumento in tutto il mondo. Di solito non fatale.
Malattia di Hansen (lebbra)	<i>Mycobacterium leprae</i>	Uomo, armadillo selvatico	Infezione cronica della pelle; incidenza a livello mondiale circa 10-12 milioni soprattutto nel sud-est asiatico. Si diffonde attraverso il contatto con persone infette.
Malattia di Lyme	<i>Borrelia burgdorferi</i>	Zecche, cervi, piccoli roditori	Si diffonde attraverso il morso di una zecca infetta. Lesione seguita da malessere, febbre, stanchezza, dolore, torcicollo e mal di testa.
Peste	<i>Yersinia pestis</i>	Pulci di roditori selvatici: topi e scoiattoli	Ha ucciso un quarto della popolazione europea nel 14° secolo; oggi è endemica nelle popolazioni di roditori selvatici degli Stati Uniti occidentali.
Polmonite	<i>Streptococcus</i> , <i>Mycoplasma</i> , <i>Chlamydia</i> , <i>Haemophilus</i>	Uomo	Infezione acuta dei polmoni, spesso fatale senza trattamento. Disponibile un vaccino per la polmonite da streptococco.
Tifo	<i>Rickettsia typhi</i>	Pidocchi, pulci del ratto, uomo	Storicamente letale si manifesta negli ambienti con affollamento e scarsa igiene; trasmessa da uomo a uomo attraverso il morso di pidocchi infetti e pulci. Il picco di mortalità nei casi non trattati arriva al 70%.
Tubercolosi	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Uomo	Infezione batterica acuta dei polmoni, del sistema linfatico e delle meningi. La sua incidenza è in aumento, complicata dallo sviluppo di nuovi ceppi del batterio resistenti agli antibiotici.
Ulcere peptiche	<i>Helicobacter pylori</i>	Uomo	Originariamente si pensava fossero causate da stress o dalla dieta. La maggior parte delle ulcere peptiche ora sembra invece essere causata da questo batterio, una buona notizia per chi soffre di ulcera perché può essere trattata con antibiotici.

## Flagelli e pili



Alcuni procarioti presentano i **pili** (o **fimbrie**) in numero da uno a parecchie centinaia.

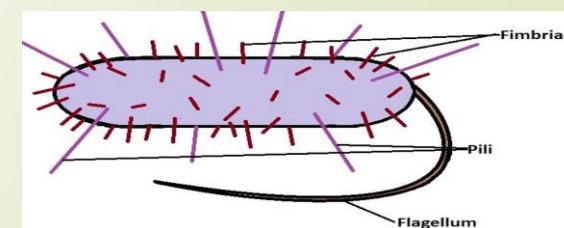
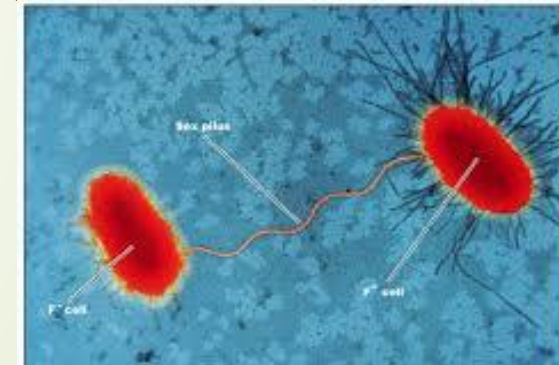
Si tratta di appendici filiformi che partecipano alla «coniugazione batterica», rappresentando anche il sito cellulare di attacco di alcuni virus batterici.

**I pili sono caratteristici principalmente dei Gram negativi**

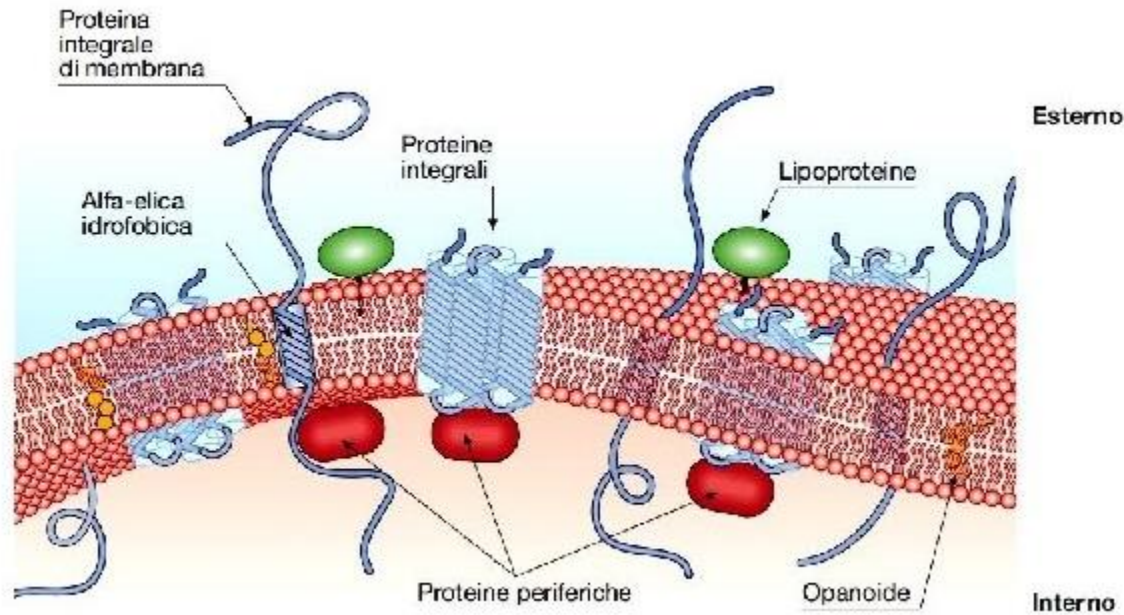
In molti procarioti, ma non nelle alghe azzurre (Cianoficce), sono presenti anche delle strutture, i **flagelli**, che hanno una funzione motoria. Molto più semplice nella struttura rispetto a quello delle cellule eucariote, nel flagello, morfologicamente, si distinguono tre parti: una **struttura basale** associata alla membrana plasmatica cellulare, una **porzione intermedia** a forma di uncino che connette la parte basale con la terza parte, il **flagello vero e proprio**.

Quest'ultimo si protende all'esterno e può avere una lunghezza sino a 10 volte maggiore di quella della cellula.

Ogni flagello è costituito da numerose copie di una proteina (**flagellina**) che risulta specifica per ciascuna specie batterica.



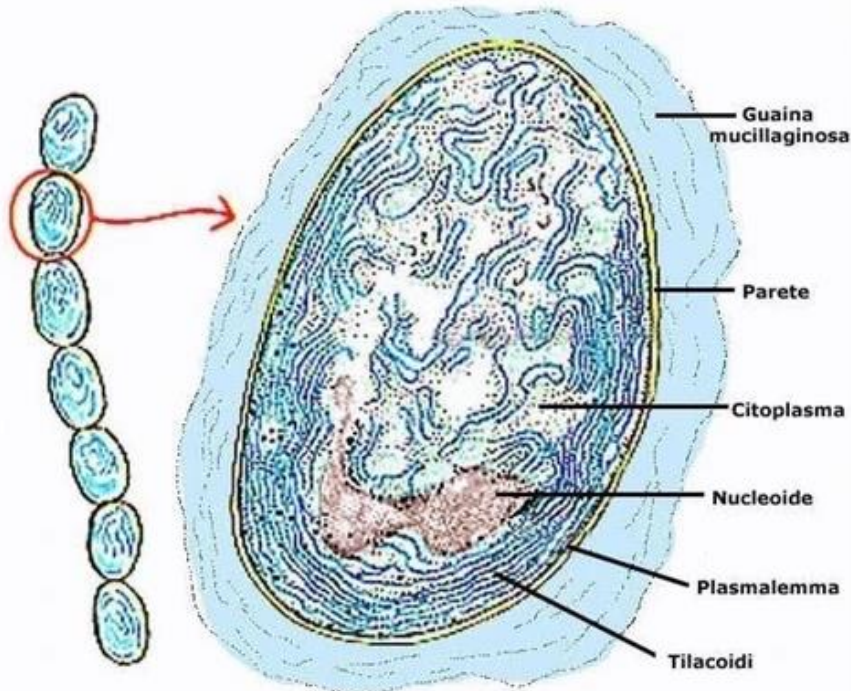
## Membrana plasmatica



La membrana plasmatica funge da filtro selettivo per le varie sostanze che entrano nella cellula e fuoriescono da questa.

Poiché nei procarioti, a differenza degli eucarioti, non sono presenti all'interno della cellula organelli specializzati per compiere specifiche funzioni, è sulla stessa membrana plasmatica o su alcune sue invaginazioni, dette mesosomi, che si svolgono molte delle funzioni che, negli eucarioti, hanno luogo negli organelli.

Ad esempio, alcuni, i **mesosomi respiratori**, sono sede di reazioni proprie del processo respiratorio, altri svolgono un ruolo nella replicazione del DNA e nella divisione cellulare.



Mentre la maggior parte dei procarioti sono eterotrofi, alcuni sono in grado di vita autotrofa e, tra questi, i batteri fotosintetici e tutte le Cianoficee, che sono in grado di svolgere la fotosintesi.

In questi casi, l'apparato fotosintetico risulta costituito da una serie di introflessioni della membrana o da lamelle (**tilacoidi**) a diretto contatto con il citoplasma

Struttura di una cellula di cianobatterio

## Citoplasma e nucleoide

La maggior parte dei processi vitali della cellula hanno luogo nel **citosol**, una soluzione acquosa in cui sono presenti quasi tutti i costituenti cellulari (proteine, enzimi, ribosomi, ecc.).

Nel citosol è, inoltre, facilmente individuabile una zona, detta **nucleoide**, nella quale è concentrato il DNA

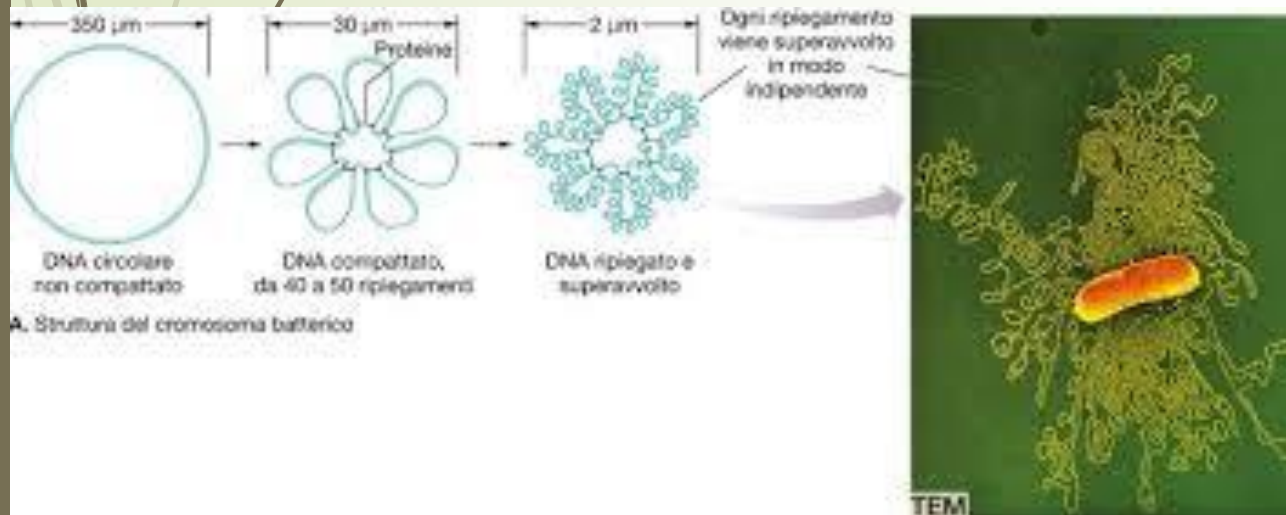
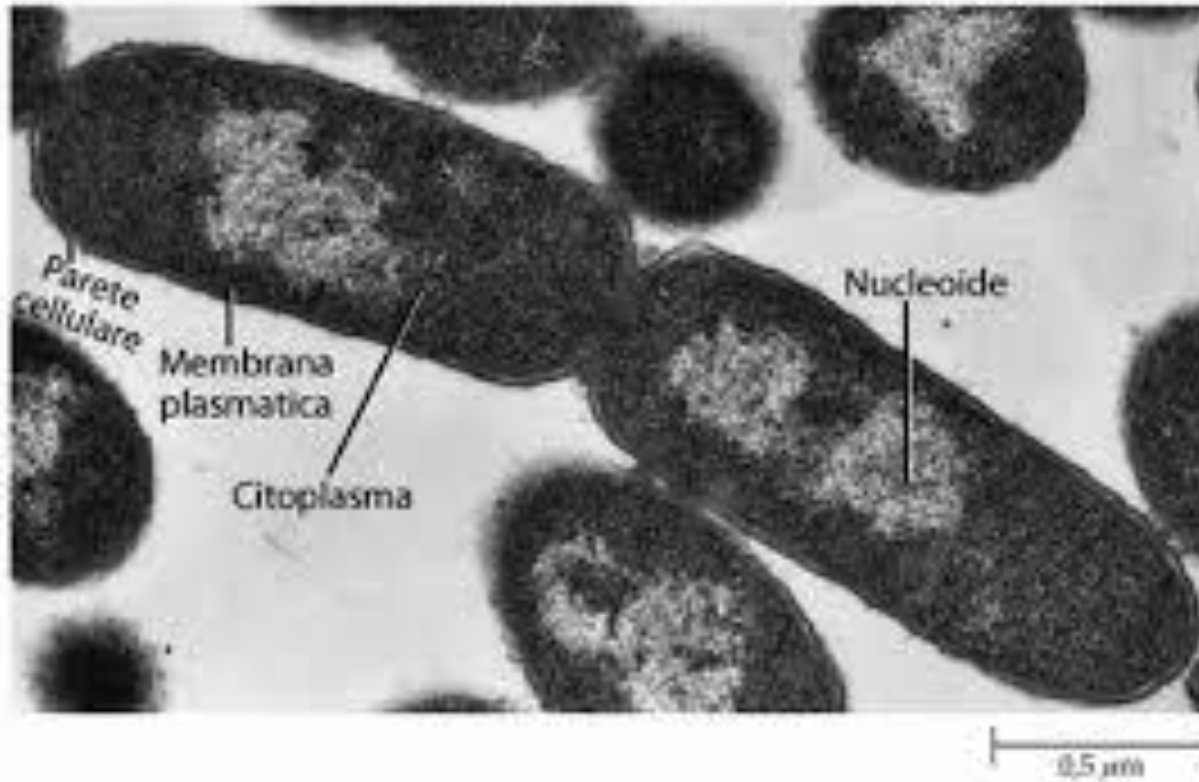
Il DNA dei procarioti è formato da una sola molecola circolare a struttura condensata (il cromosoma procariote) e, al contrario di quello degli eucarioti, non è racchiuso da una membrana.

Il cromosoma procariote, come quello degli eucarioti, non è costituito da solo DNA, ma contiene anche proteine ed RNA.

L'unica molecola di DNA presente a formare il cromosoma, se fosse completamente svolta, raggiungerebbe la lunghezza di 1 mm.

Il cromosoma esplica una duplice funzione:

- Conservazione dell'informazione ereditaria della cellula e sua trasmissione alle cellule della generazione successiva
- Trasmissione dell'informazione alle strutture preposte alla sua estrinsecazione

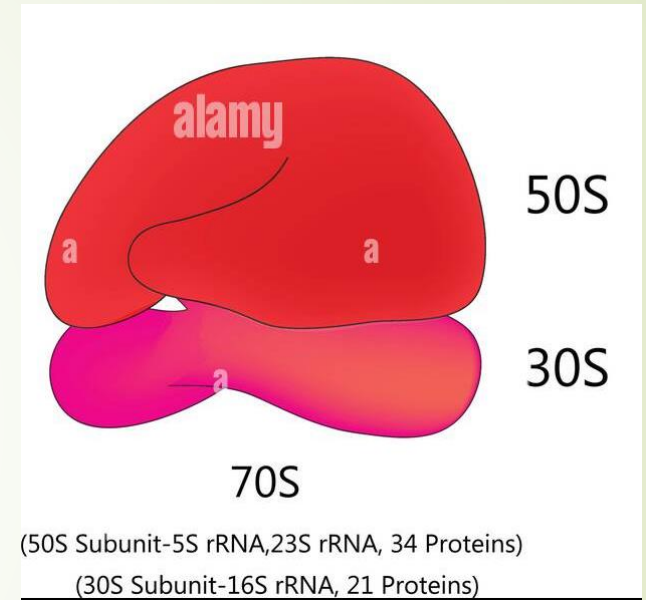


I ribosomi sono dei complessi ribonucleoproteici (in una cellula di E. coli se ne contano circa 20.000) costituiti dall'associazione di un particolare tipo di RNA (r-RNA), associato a proteine.

In particolare, essi risultano costituiti per il 65% da RNA e per il 35% da proteine (circa 55 molecole diverse per ribosoma) e presentano un coefficiente di sedimentazione di 70 S.

Ciascuno di essi risulta formato da 2 subunità diseguali: una maggiore con un coefficiente di sedimentazione di 50 S e una minore con coefficiente di sedimentazione di 30 S

Sui ribosomi ha luogo la **sintesi proteica**, un complesso processo metabolico che conduce a produrre le proteine che, direttamente o indirettamente, sono le principali responsabili dei caratteri presentati da una cellula (fenotipo)

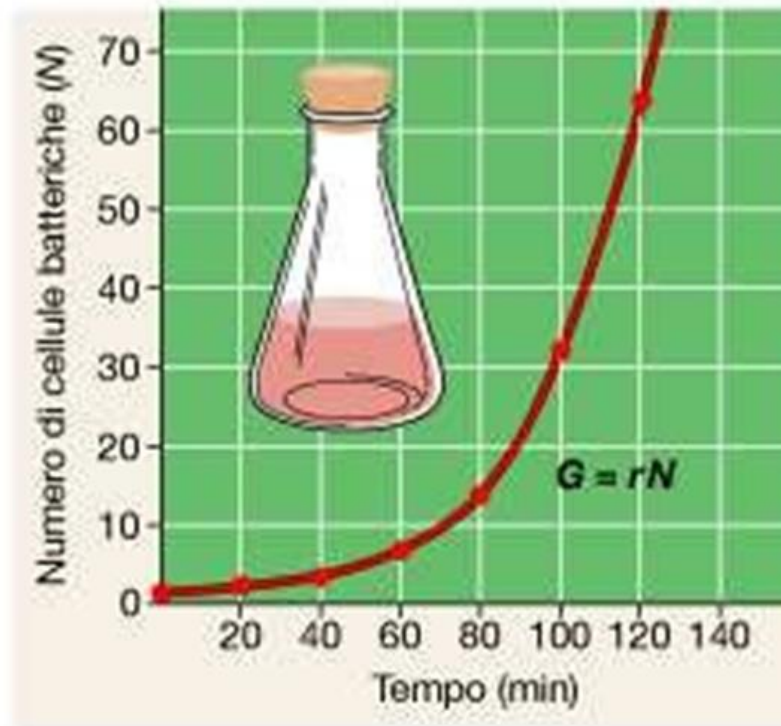


# Riproduzione a sessuata

Scissione binaria (20 minuti)

Tempo	Numero di cellule	
0 minuti	1	= $2^0$
20	2	= $2^1$
40	4	= $2^2$
60	8	= $2^3$
80	16	= $2^4$
100	32	= $2^5$
120 (= 2 ore)	64	= $2^6$
3 ore	512	= $2^9$
4 ore	4096	= $2^{12}$
8 ore	16 777 216	= $2^{24}$
12 ore	68 719 476 736	= $2^{36}$

(a)



(b)

Anche se la riproduzione sessuata (fusione di gameti) non avviene nei batteri, si può avere scambio di materiale genetico mediante:

**Coniugazione (Pili)**

**Traformazione**

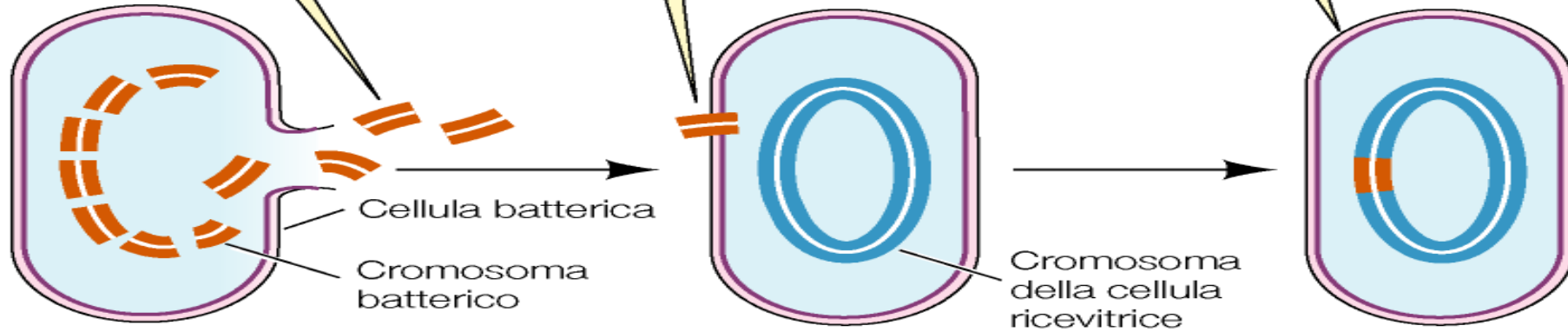
**Trasduzione**

### (a) Trasformazione

**1** Un batterio lisato libera frammenti di DNA...

**2** ... che penetrano in una cellula vivente.

**3** La ricombinazione si verifica tra il frammento di DNA e il cromosoma ospite.

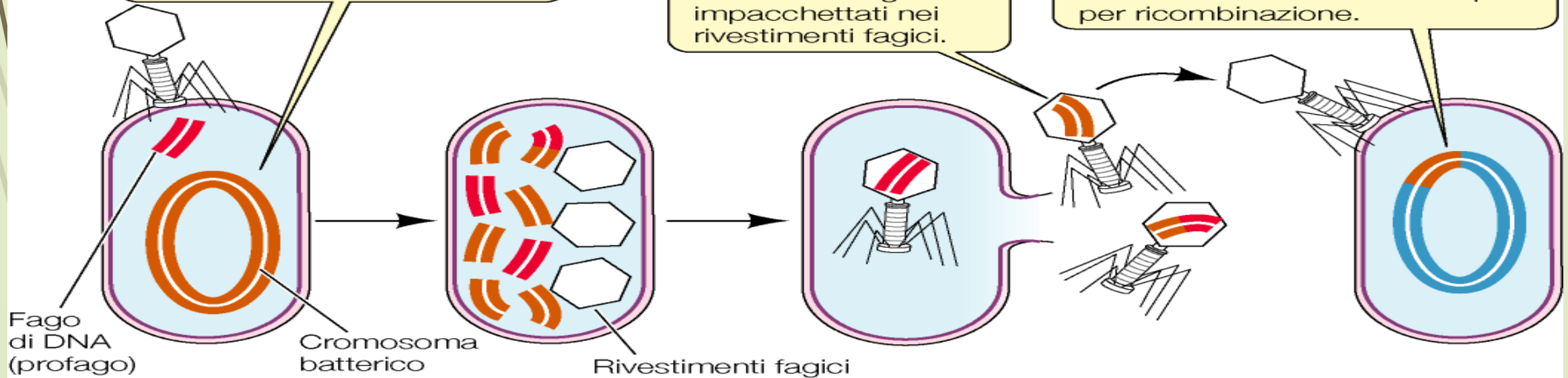


### (b) Trasduzione

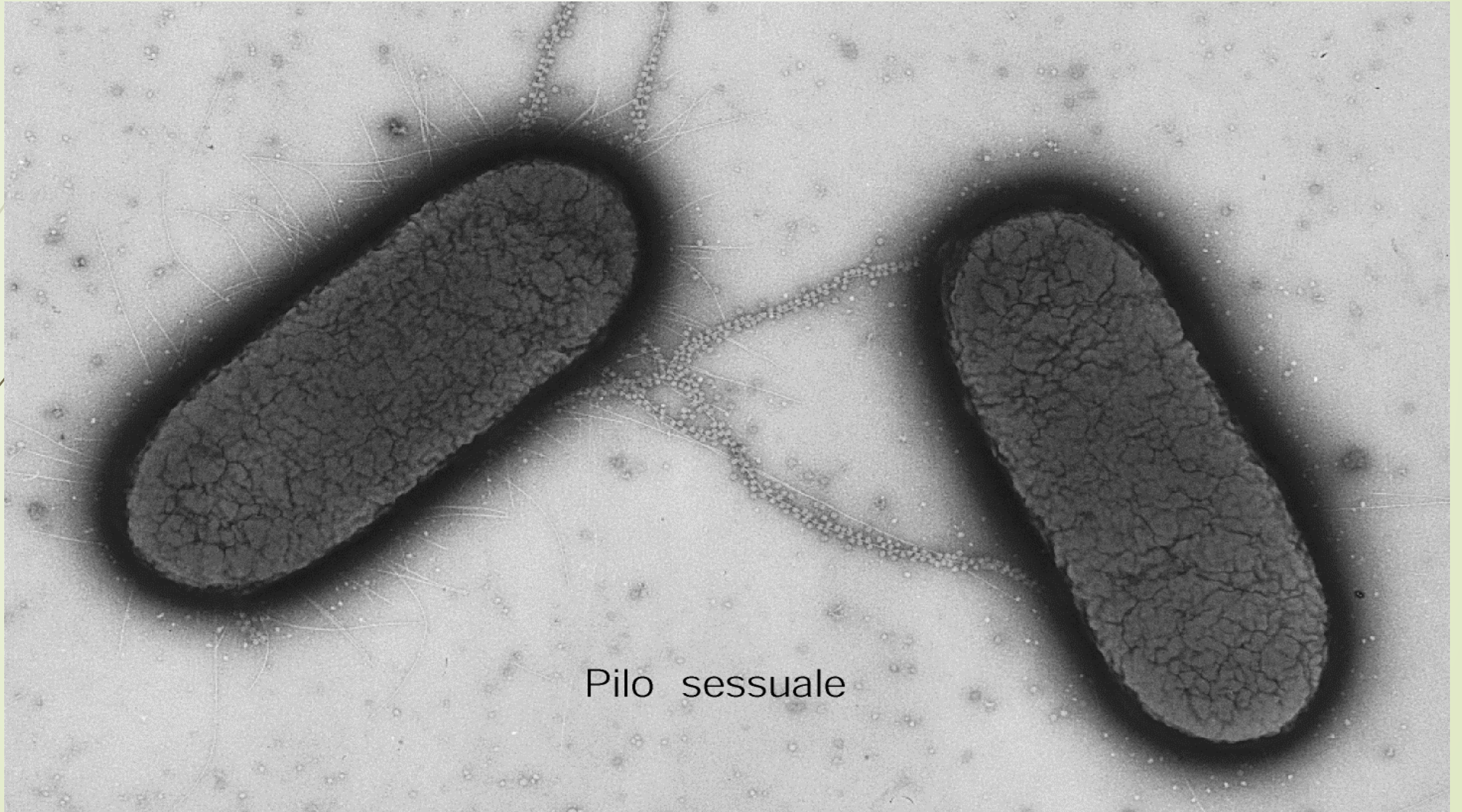
**1** Il DNA del batteriofago viene iniettato per dare inizio a un ciclo litico.

**2** Durante il ciclo litico, frammenti di DNA batterico vengono impacchettati nei rivestimenti fagici.

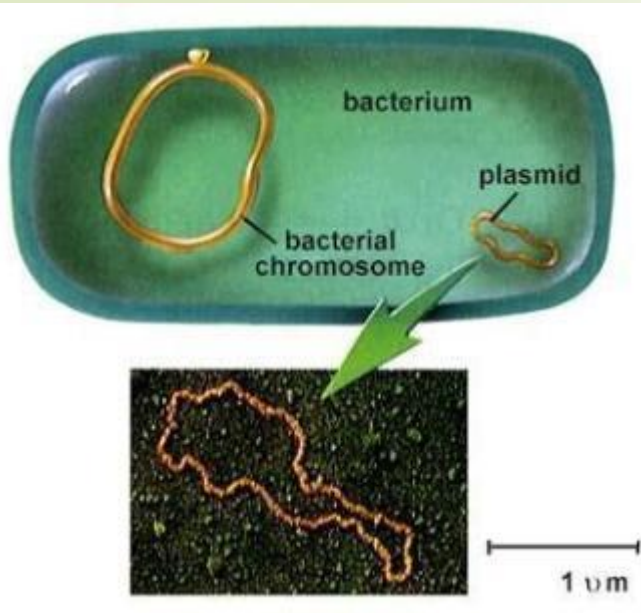
**3** In una successiva "infezione" il DNA batterico viene inserito in un nuovo cromosoma ospite per ricombinazione.



## Coniugazione batterica



Pilo sessuale



I **plasmidi**, scoperti da Griffith nel 1928, sono dei minuscoli filamenti di DNA circolare immersi nel citosol delle cellule procariotiche. Sono facilmente distinguibili per dimensioni dal cromosoma circolare batterico, ma differiscono da esso soprattutto per la funzione.

Le funzioni dei plasmidi sono raramente associate a condizioni di vita ottimali dell'organismo, poiché non contengono materiale genetico necessario alla sopravvivenza, ma, al contrario, sono estremamente funzionali in condizioni sfavorevoli per il batterio, come ad esempio in un ambiente competitivo e spesso in presenza di antibiotici.

Tra le funzioni plasmidiche più comuni si possono annoverare:

- La resistenza agli antibiotici o a farmaci antibatterici (caratteristici del **plasmide R**), a metalli pesanti o a raggi UV;
- La produzione di tossine (ad opera del **plasmide T**);
- La produzione di pili sessuali o altri tipi di adesine (riguarda ad esempio il **plasmide F**);
- La produzione di siderofori batterici con la funzione di accumulare nella cellula ioni  $Fe^{3+}$ ;
- La produzione di batteriocine (ovvero proteine "tossiche" in grado di uccidere altri batteri in casi di elevata competitività).



## I plasmidi F e R

Il **plasmide F** permette la coniugazione batterica ed è solo uno dei molteplici plasmidi coniugativi. Venne osservato per la prima volta in *Escherichia coli*.

I plasmidi coniugativi, generalmente, contengono un set di geni chiamati tra (da "trasferimento") che consentono il trasferimento orizzontale di materiale genetico da cellula a cellula e sono responsabili della formazione dei cosiddetti pili sessuali.

L'esistenza del plasmide F divide i batteri in due classi: **F<sup>+</sup>** (le cellule che possiedono il plasmide F) e **F<sup>-</sup>** (le cellule che non lo possiedono).

La coniugazione sessuale infatti avviene tra un batterio "donatore" e un batterio "accettore", rispettivamente di classe F<sup>+</sup> ed F<sup>-</sup>.

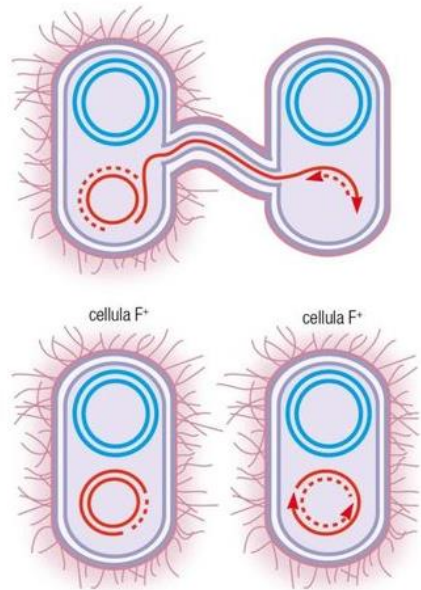
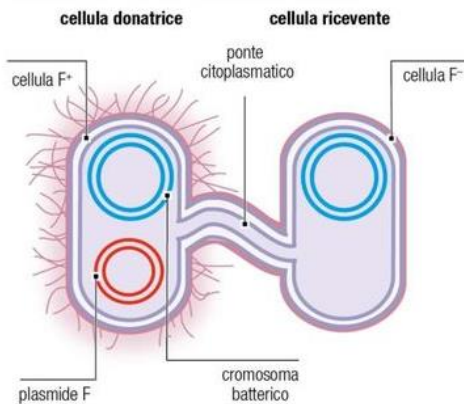
La prima cellula, tramite il pilo sessuale, si ancora alla seconda e, tramite un ponte citoplasmatico, riesce a trasferire il filamento esterno del plasmide F, a cui verrà appaiato un filamento complementare sintetizzato dalla nuova cellula ospitante.

Un altro importantissimo plasmide coniugativo è il **plasmide R**, ovvero il plasmide della resistenza.

La combinazione dei due fattori, la capacità di essere trasmesso tramite coniugazione e quella di conferire resistenza a uno o più antibiotici, lo rende estremamente pericoloso.



Fasi successive del passaggio di un plasmide F da una cellula F<sup>+</sup> a una F<sup>-</sup> durante la coniugazione.



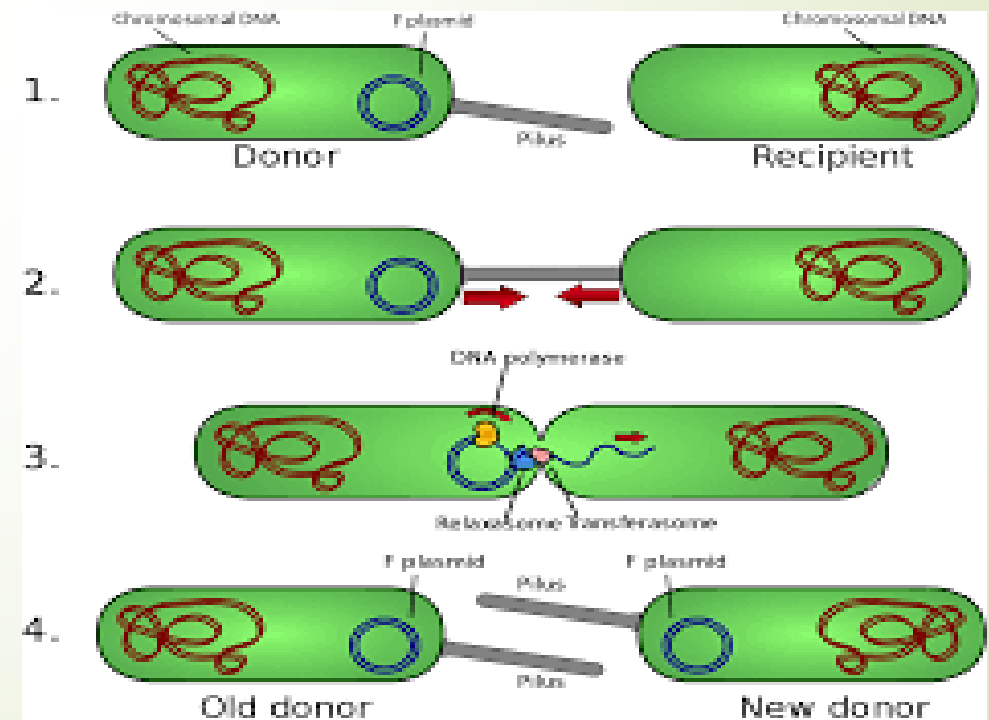
Alla fine del processo, la cellula ricevente diventa a sua volta una cellula F<sup>+</sup>.

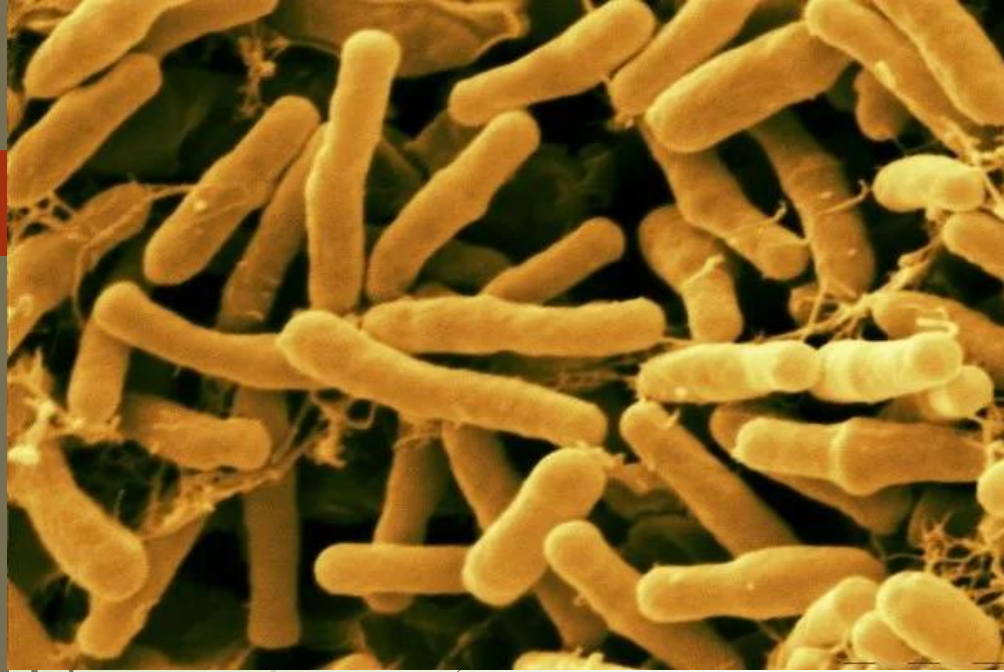
## Coniugazione nei Gram+

- *Enterococcus faecalis*
- Produzione e rilascio di ferormoni da parte della cellula “accettrice” (femminile)
- Ferormoni inducono produzione della sostanza aggregante alla superficie della cellula “donatrice” (maschile)
- Formazione di aggregati cellulari con trasferimento del plasmide coniugativo

## Coniugazione nei Gram-

- Formazione “coppia coniugativa”. Rottura in un punto specifico di una catena del plasmide F+
- Formazione di un ponte intercellulare. Una catena del plasmide F+ entra in F-
- Sintesi della catena complementare di F+ in entrambi i batteri, adesso in grado di produrre il pilo sessuale.





## Il plasmide Ti

Un plasmide che invece non ha capacità coniugativa, ma che risulta estremamente distruttivo, è il **plasmide Ti**, ovvero Tumor inducing.

E' caratteristico del batterio *Agrobacterium tumefaciens*, e al suo interno contiene una sequenza formata da soli 8 geni e chiamata T-DNA, responsabile dell'inizio dell'infezione.

*A. tumefaciens* è un batterio oncogeno, ovvero causa la formazione di un tumore, e attacca le piante. Al T-DNA è imputabile, infatti, la formazione del "tumore" vegetale, chiamato galla.

