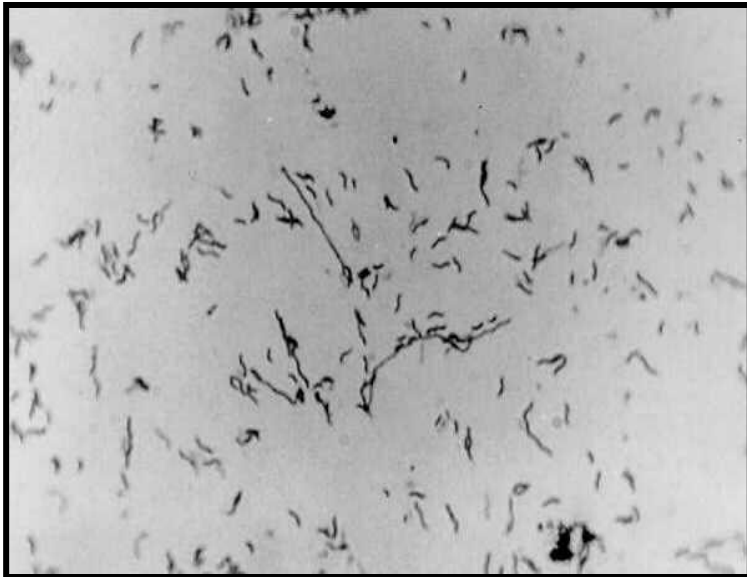
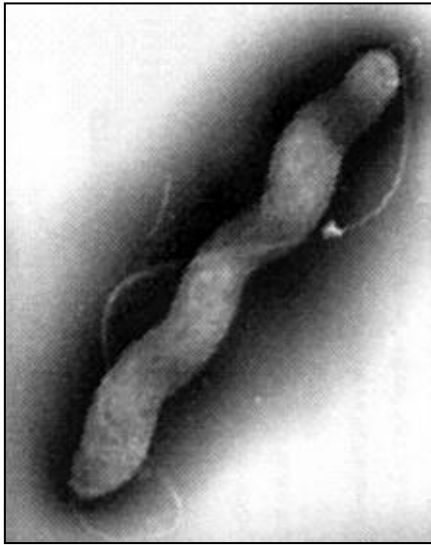
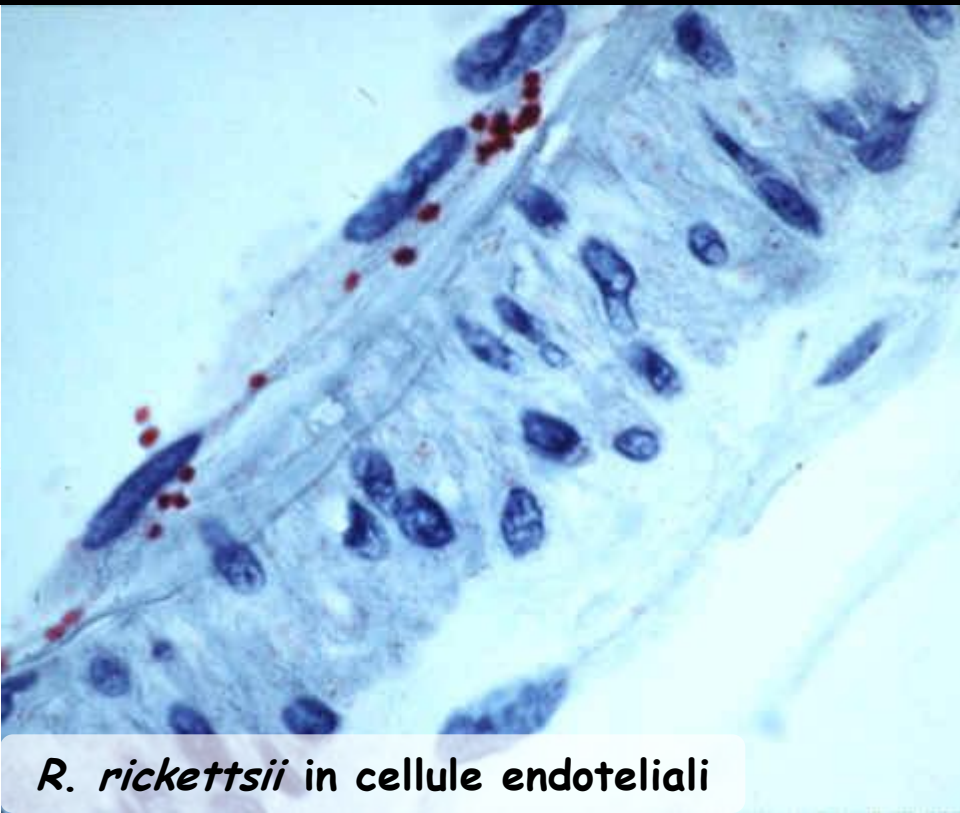
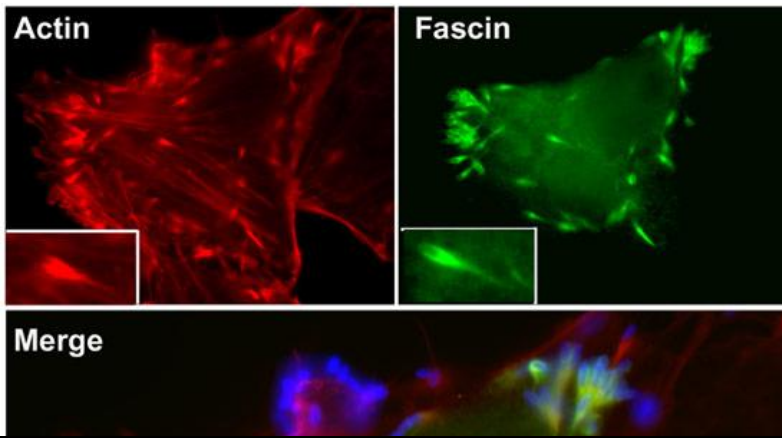


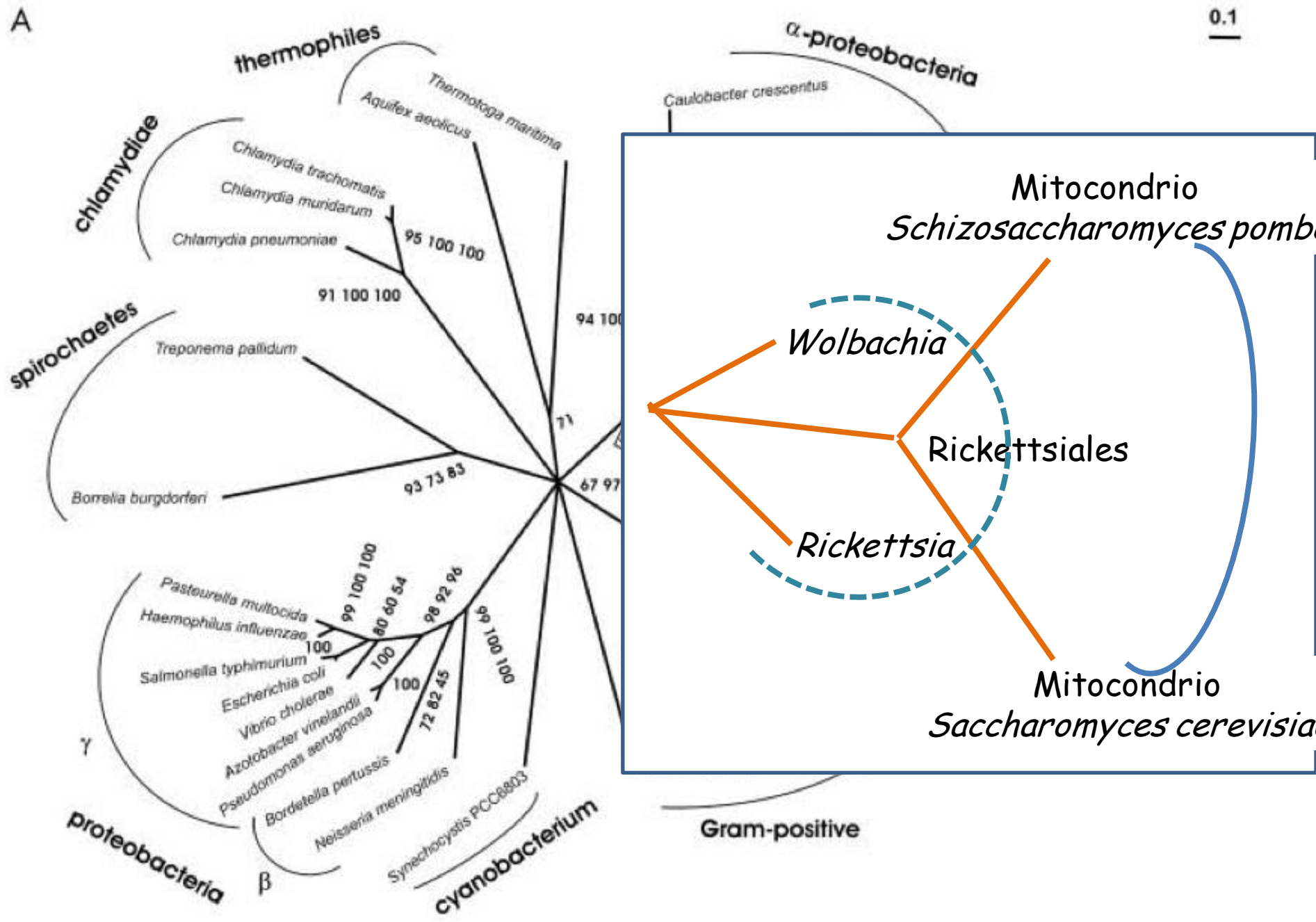
ε-proteobacteri



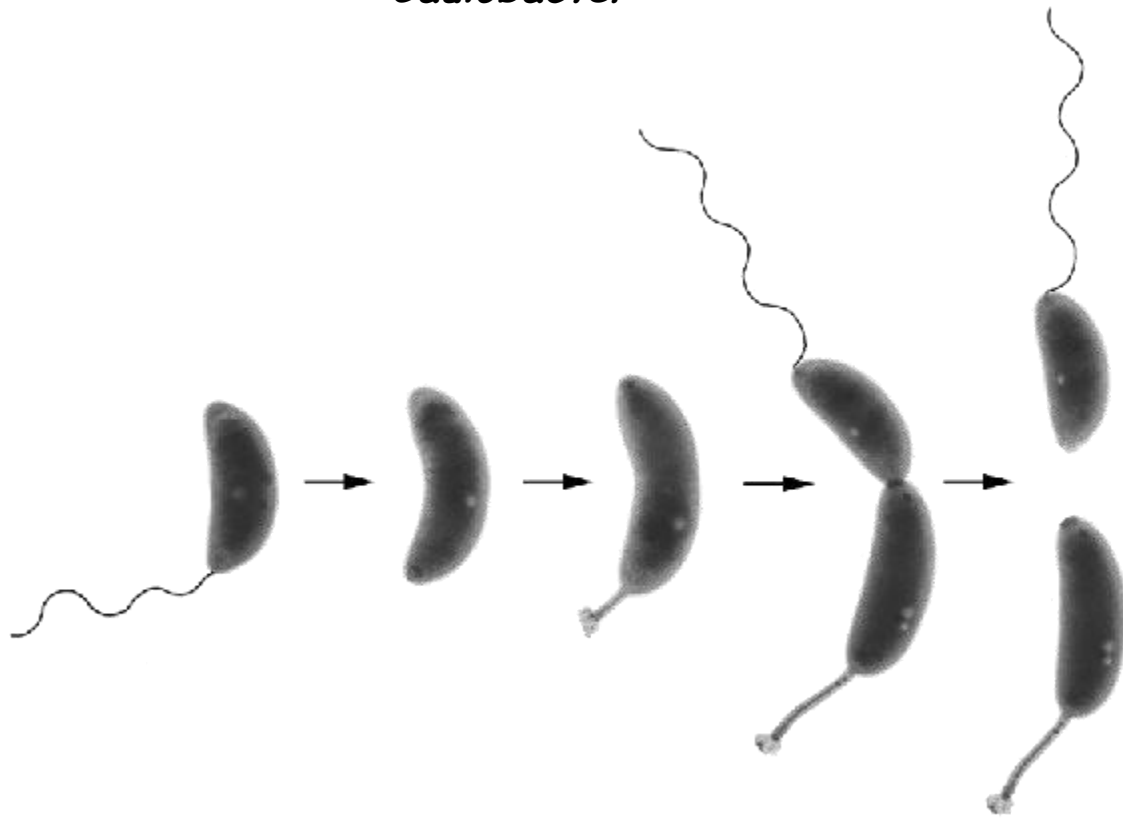
α -proteobatteri
Rickettsia

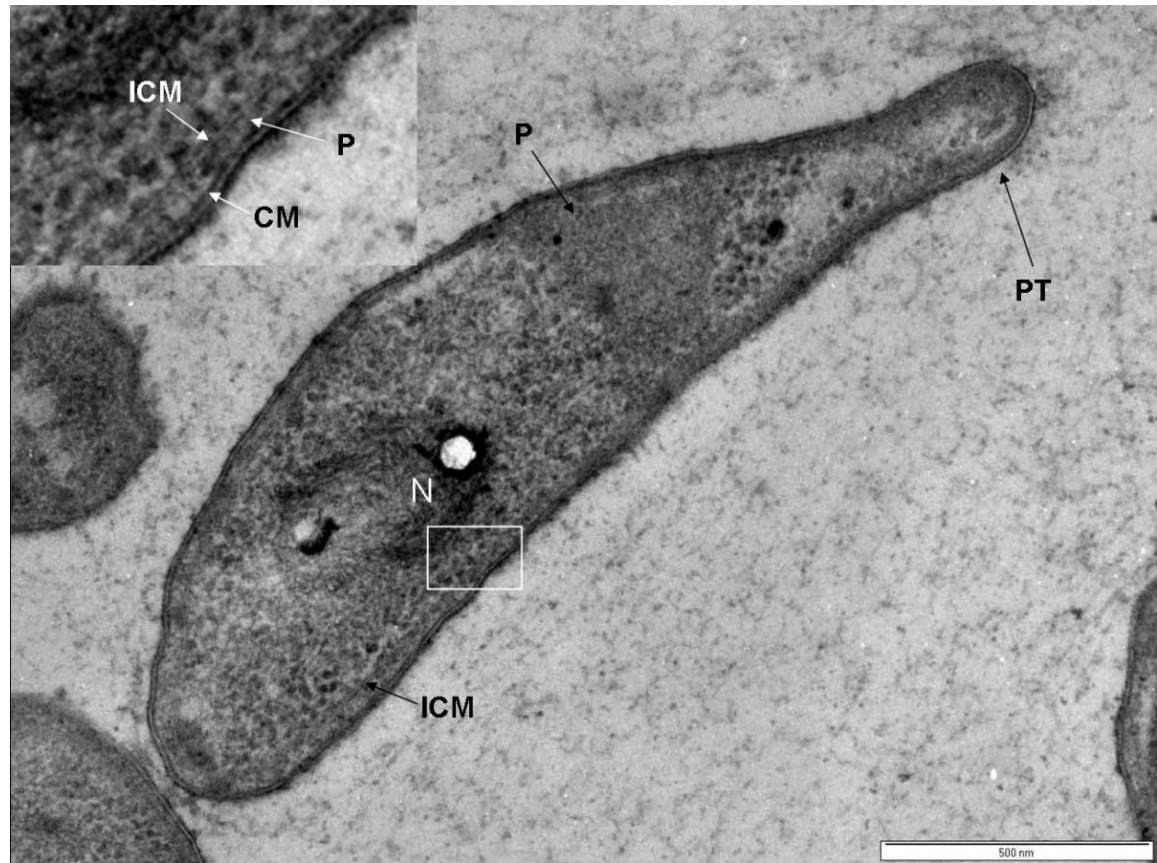
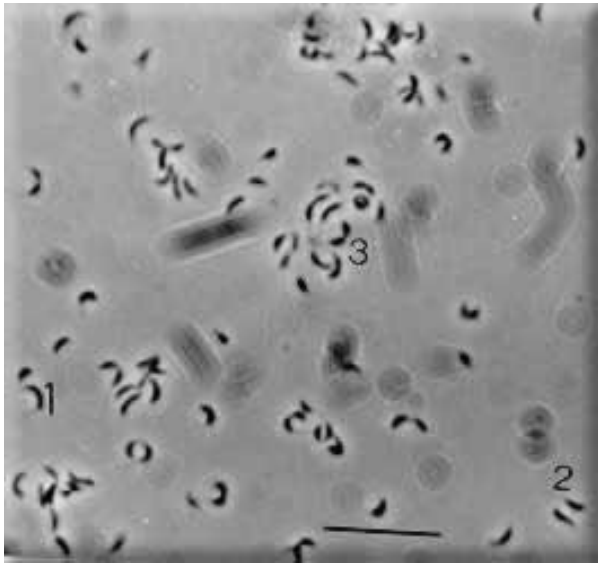


A

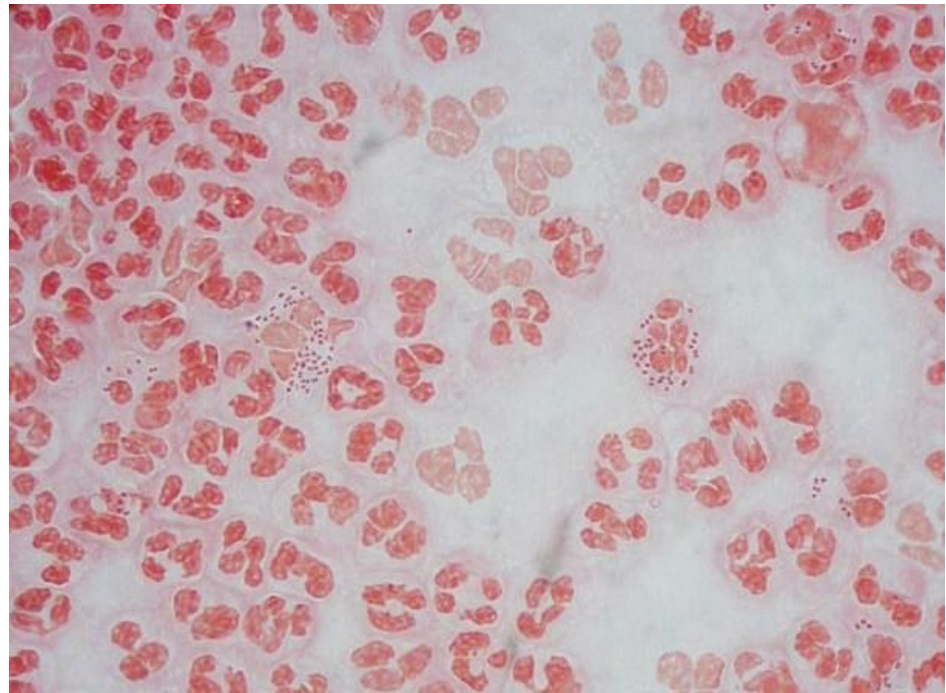
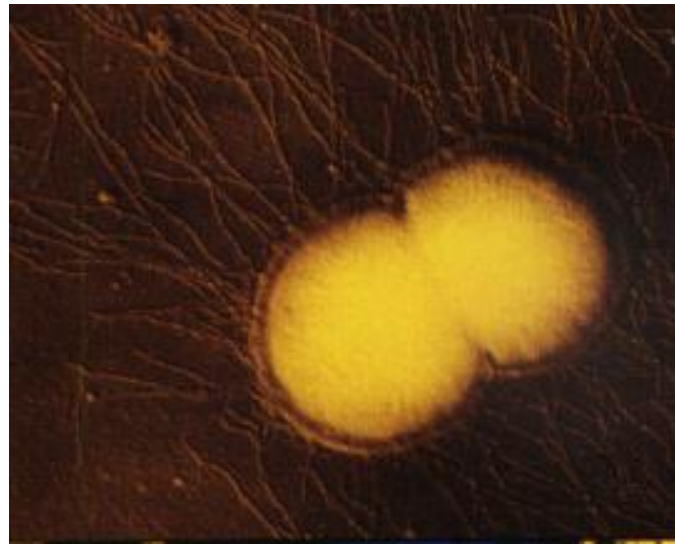
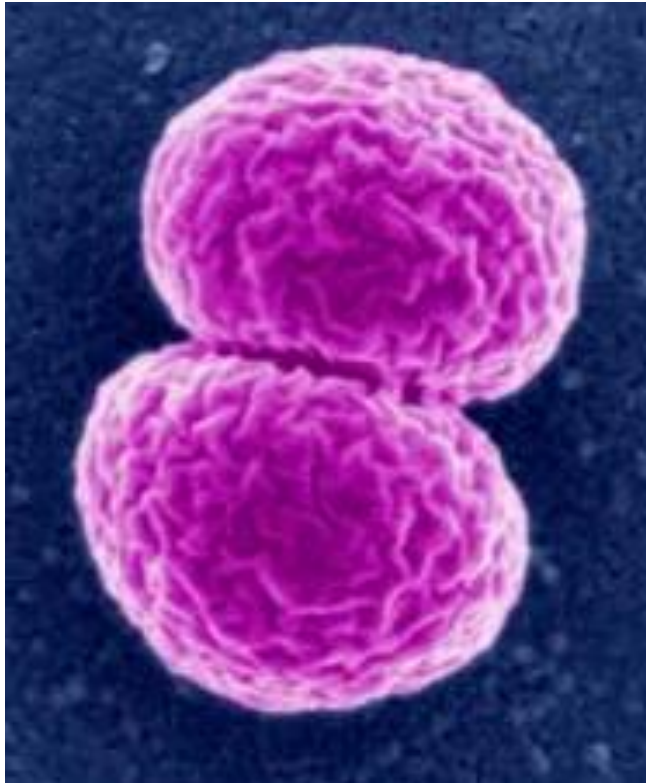


α -proteobacteri
Caulobacter

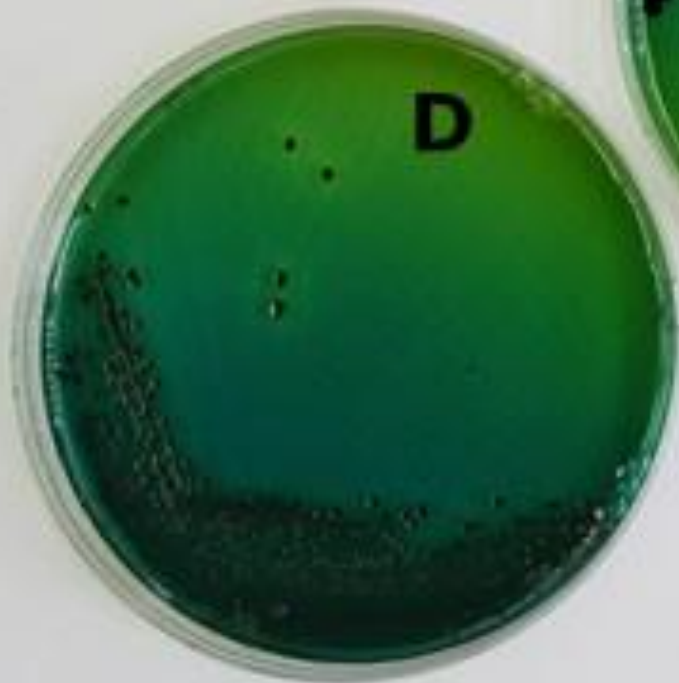
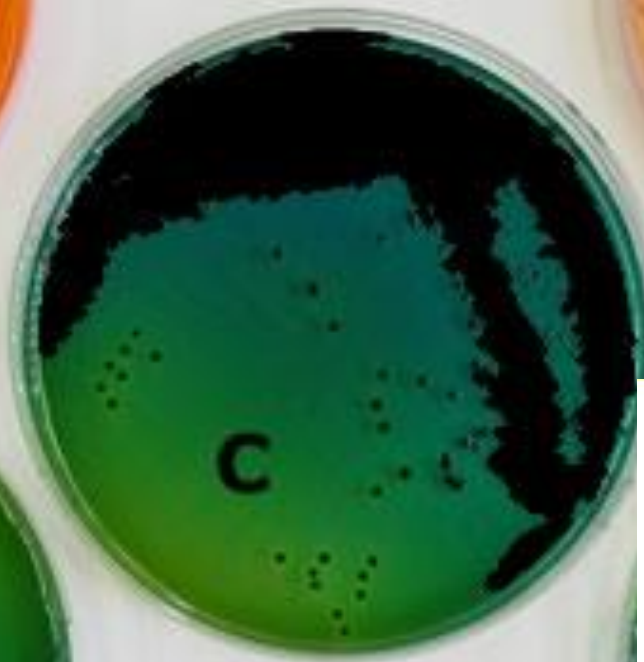
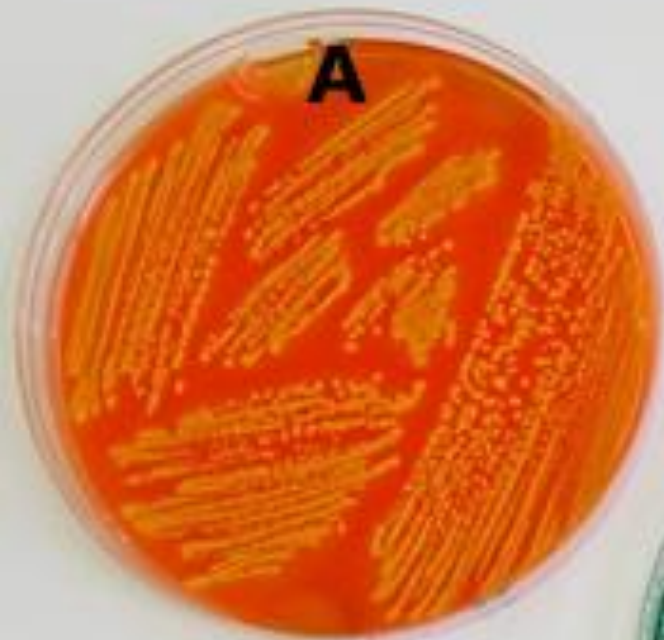




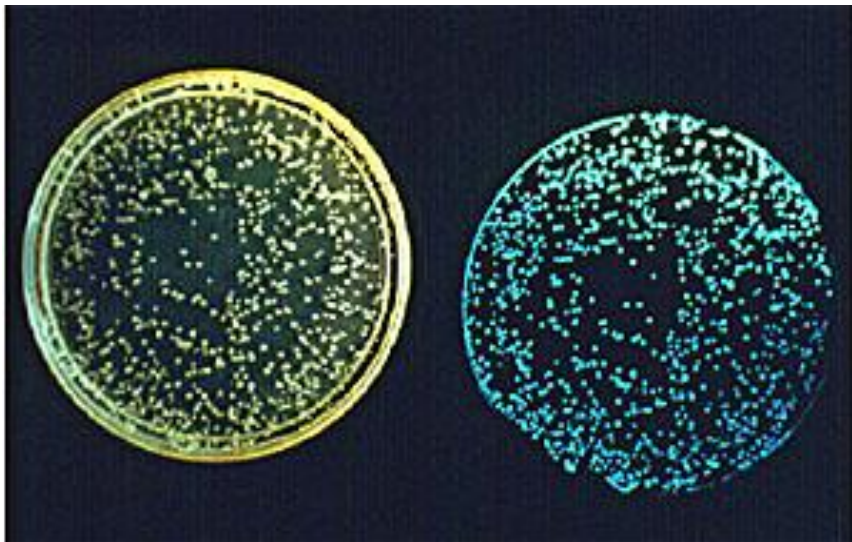
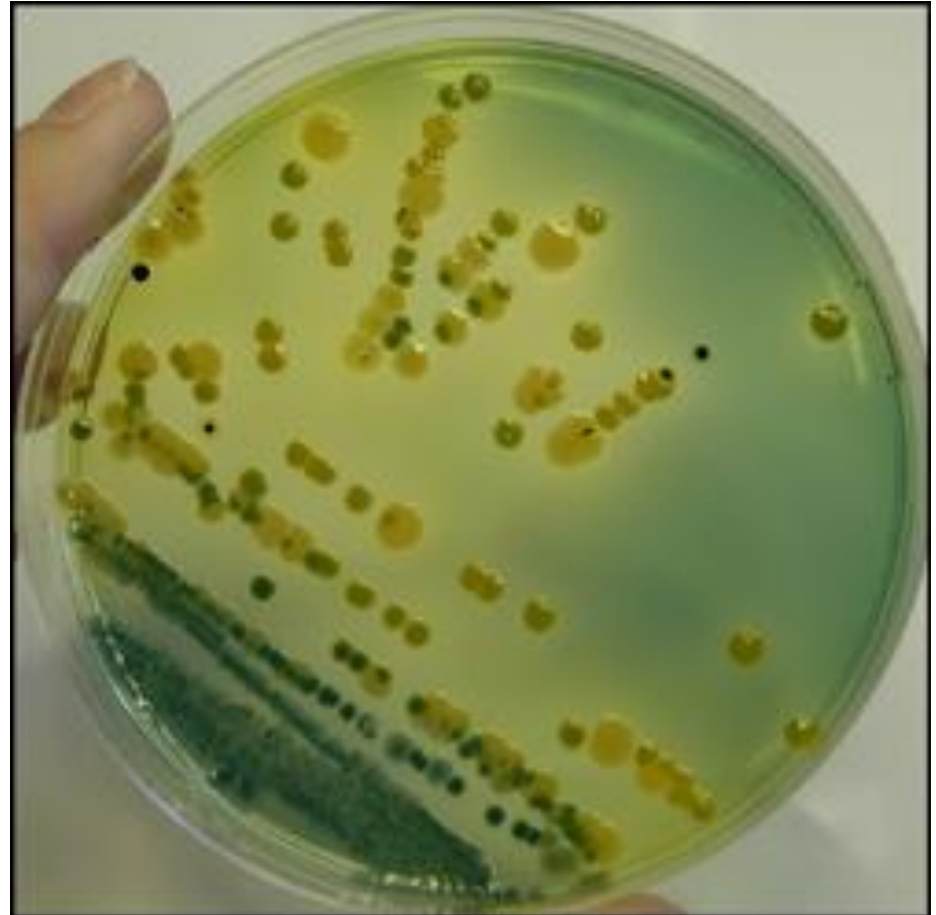
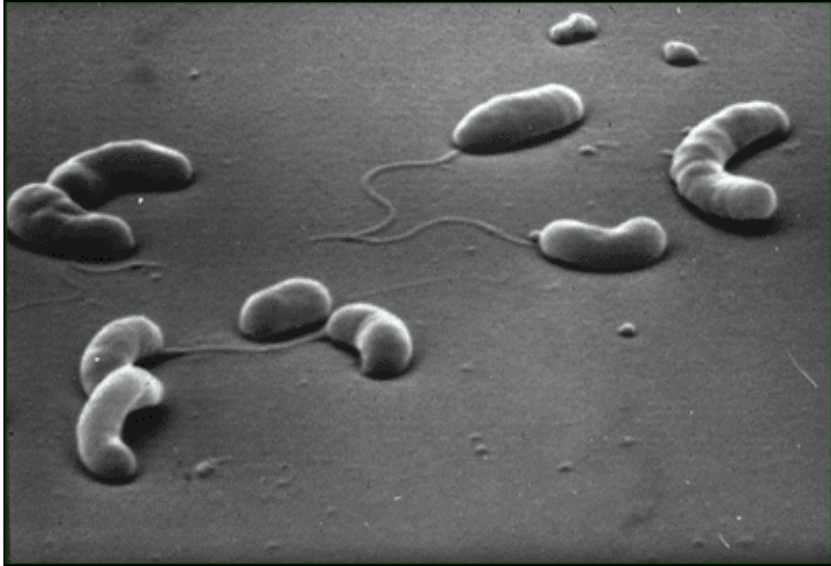
β -proteobatteri



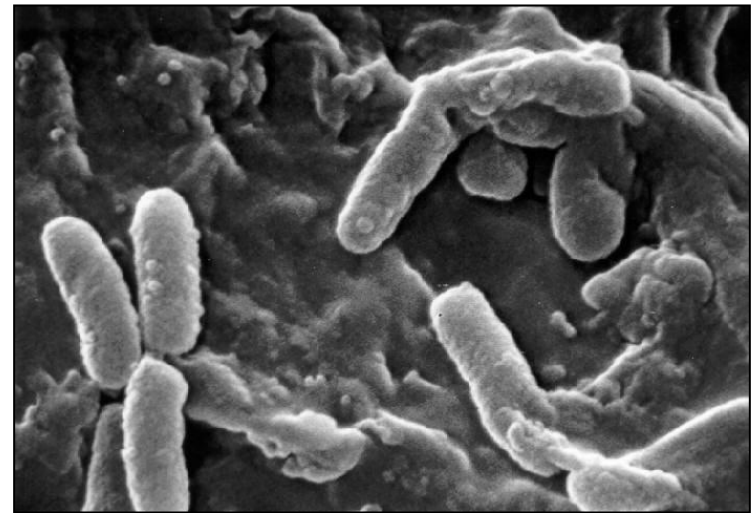
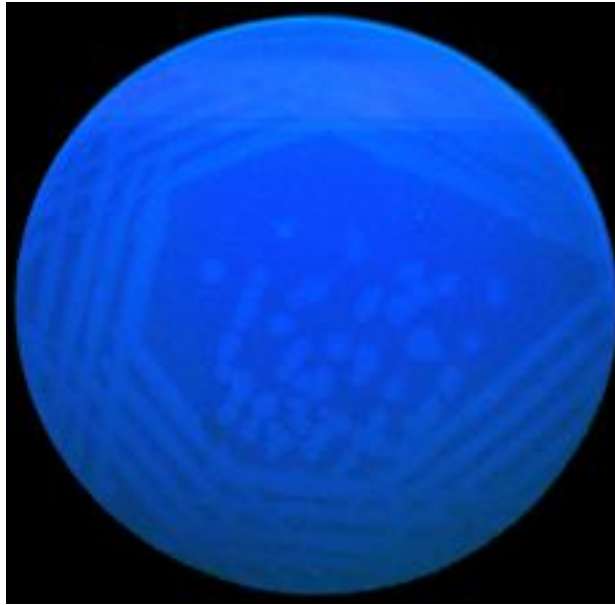
γ-proteobacteri
Enterobacteri



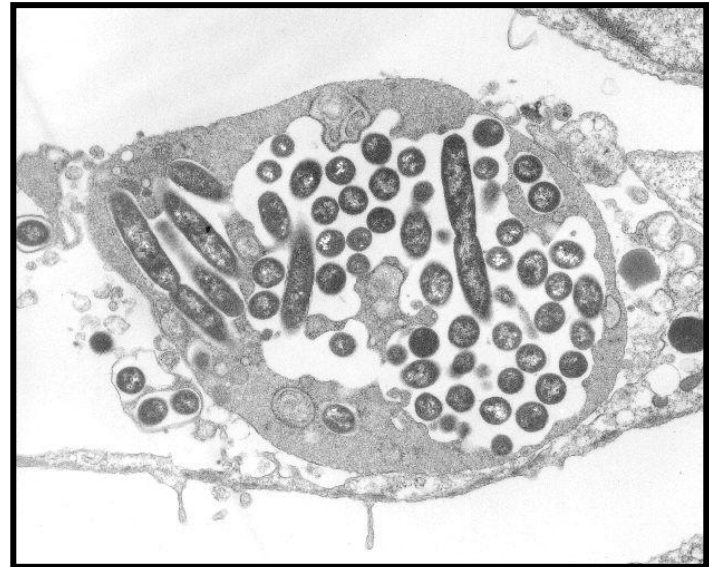
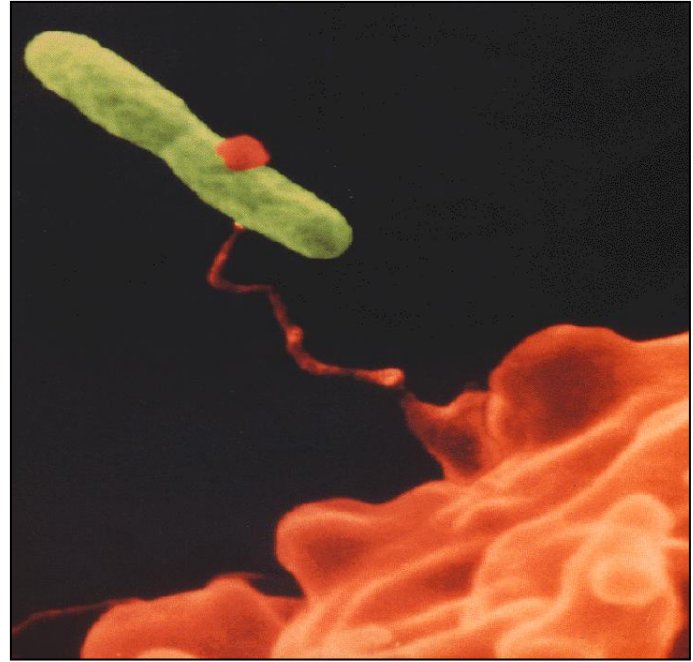
γ-proteobacteri Vibrio

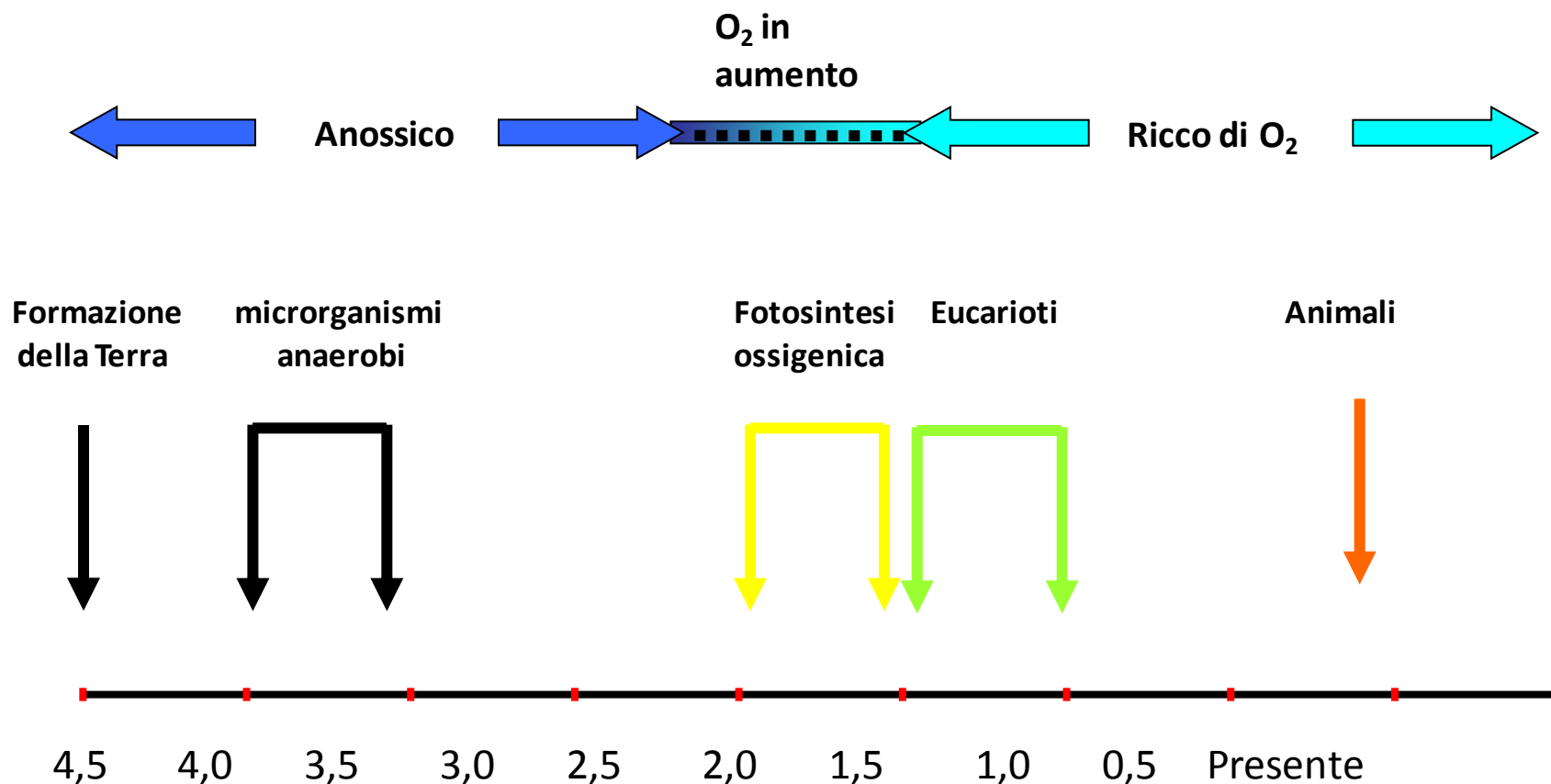


γ-proteobacteri
Pseudomonas



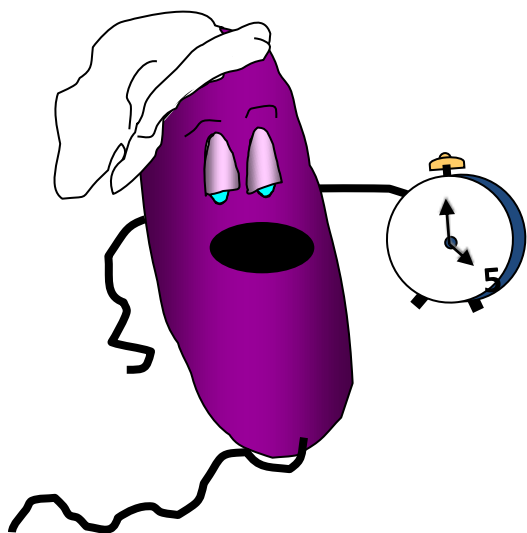
γ-proteobacteri Legionella





Tempo in miliardi di anni (su dati geologici e su fossili)

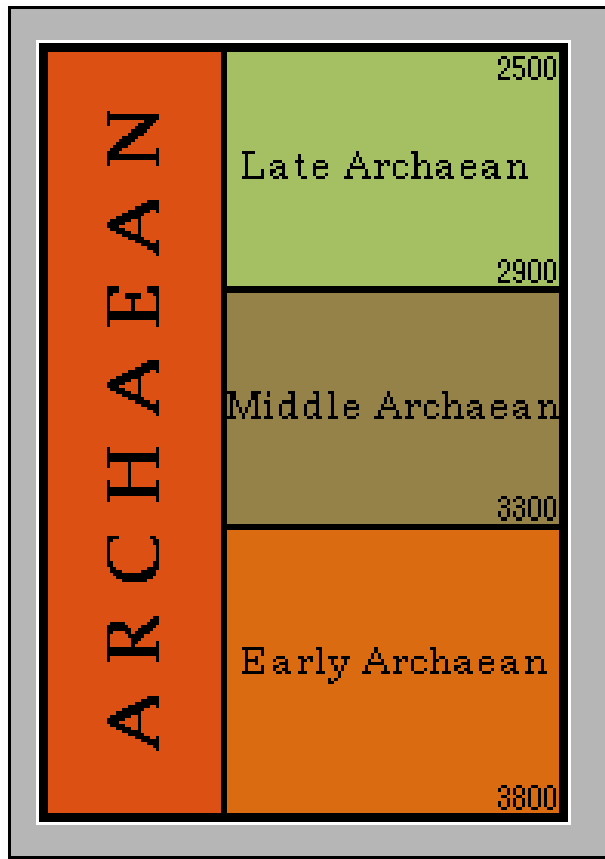
Se la storia della Terra fosse racchiusa
Nell'arco di un giorno, i microrganismi
Sarebbero in scena alle 5 di mattina



I Sauri farebbero la loro comparsa
intorno alle ventidue



**E il genere umano all'ultimo momento,
sullo scoccare della Mezzanotte**



ARCHEANO :
ci sono già tracce di microrganismi

la crosta terrestre si raffredda tanto da permettere la
formazione di rocce e piattaforme continentali

l'atmosfera è riducente, (CH_4 ,
 H_2 , NH_3)

per tutto questo periodo (più di 1 Ga)
la vita fu esclusivamente procariotica

primo Archeano microfossili
di batteri

rocce sedimentarie 3,5 Ga: il rapporto
 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ dimostra l'origine biologica del kerogene

I feltri formati dai cianobatteri intrappolano sedimenti secernendo carbonato di calcio. Così si formano gli stromatoliti

Fossili di stromatoliti sono stati trovati in rocce datate nel primo Archeano, (3600 Ga fa) in Sud Africa e in Australia.

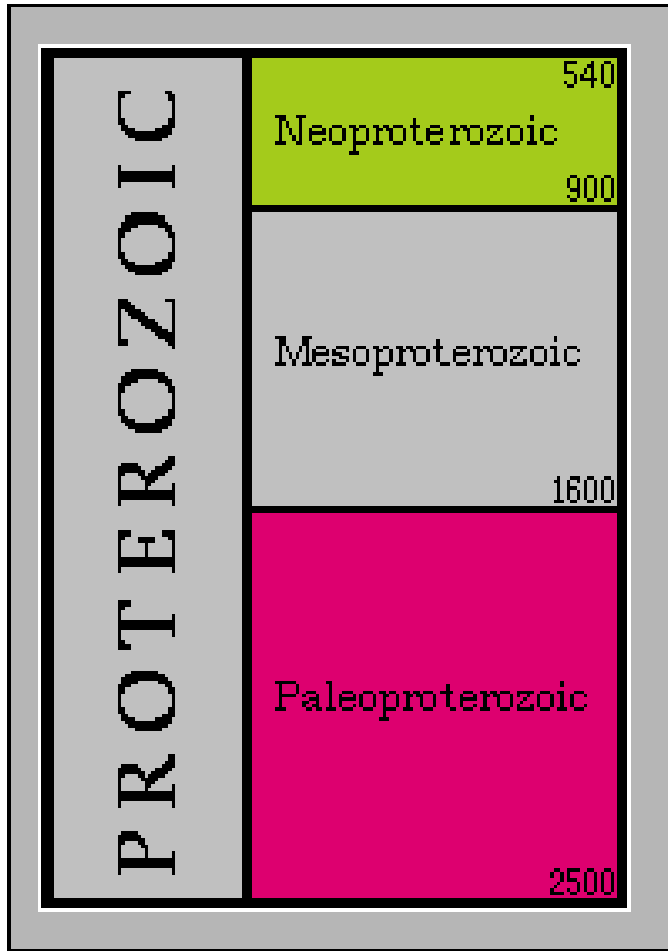
Il loro numero aumentò per tutto l'Archeano, per poi scemare durante il Proterozoico



**al giorno d'oggi queste formazioni sono rare
(Shark Bay, Australia)**

PROTEROZOICO

Batteri fossili a mucchi

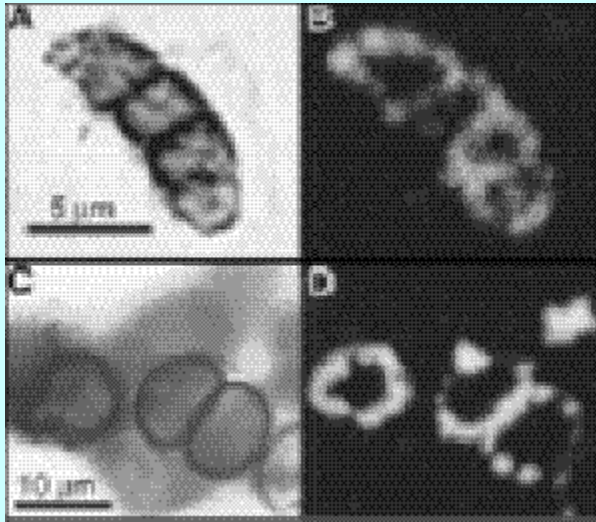


Durante il Proterozoico apparirono e cominciarono ad accrescersi i primi continenti stabili

con un processo che sarebbe durato circa un miliardo di anni

I migliori fossili di batteri risalgono a questo periodo

**Proterozoico: Sito di Bitter Springs
850 milioni di anni fa**



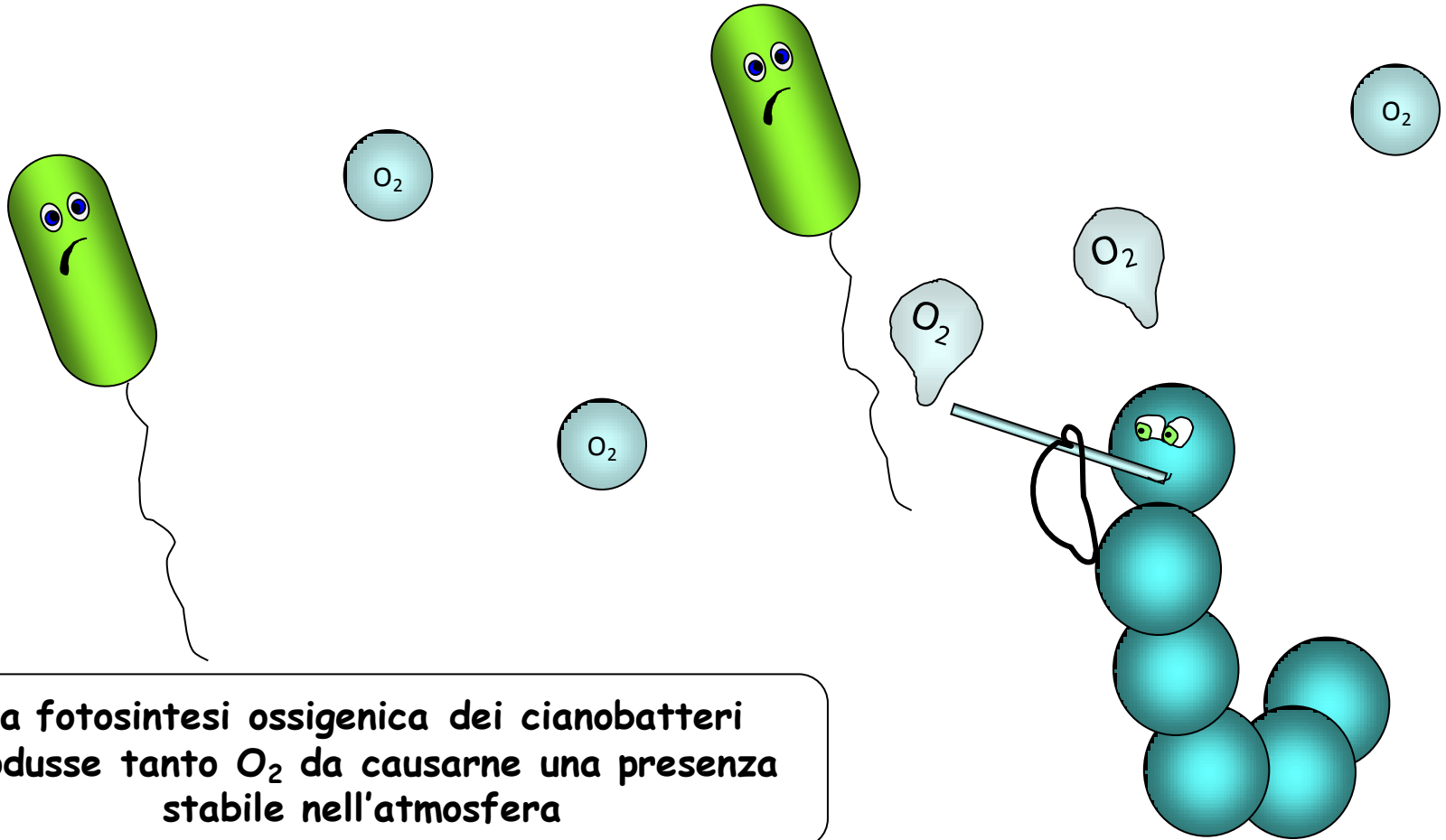
**(A e C) Microfotografie ottiche
(B e D) immagini ottenute con l'isotopo ^{12}C)**

**(A e B) cianobatterio filamentoso (Oscillatoriaceae);
(C e D) Myxococcoides, cellule cianobatteriche raggruppate in un involucro**

Le immagini ottenute con il ^{12}C mostrano che il carbonio analizzato deriva principalmente (>90%) dai microfossili

PALEO-MEDIO PROTEROZOICO

IL PRIMO DISASTRO ECOLOGICO DEL PIANETA



La fotosintesi ossigenica dei cianobatteri produsse tanto O_2 da causarne una presenza stabile nell'atmosfera

La presenza di vaste stratificazioni di ossidi di ferro nei sedimenti fossili ha permesso di datare questo avvenimento

da una percentuale di circa 1% (ARCHEANO)

L'O₂ arrivò al 15% dei valori odierni e continuò a salire

La presenza di vaste stratificazioni di ossidi di ferro nei sedimenti fossili ha permesso di datare questo avvenimento

la respirazione aerobia si sviluppò in risposta all'aumentata tensione di O₂ nell'atmosfera rappresentando un vantaggio come meccanismo di detossificazione e di produzione di energia

PALEOZOICO



250 milioni di anni un batterio sporigeno incluso in un cristallo di sale sicuramente mai sciolto e databile con certezza, viene “risuscitato” e battezzato *Bacillus permianus*

TERZIARIO (OLIGOCENE)



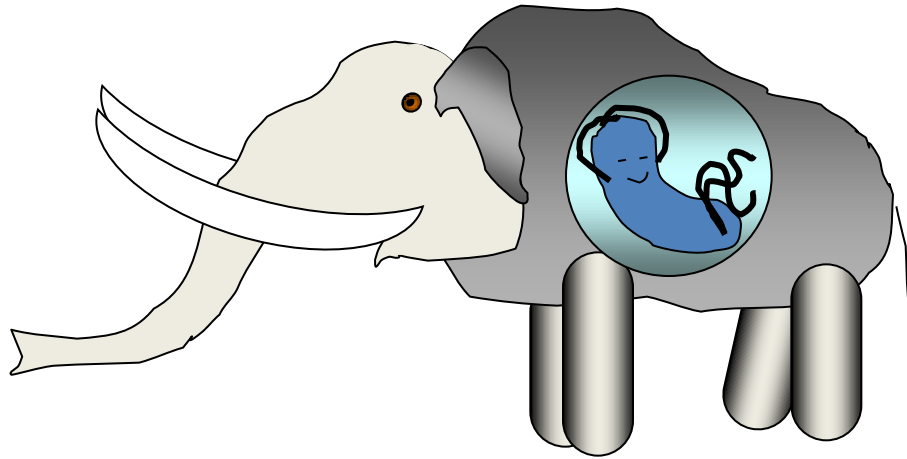
25 milioni di anni fa un'ape viva fu intrappolata nella resina di un pino, e i suoi endosimbionti si trasformarono in spore

Raul J. Cano (California Polytechnic University) ha aperto sterilmente il frammento di ambra, ha isolato e coltivato le spore, ottenendo la forma vegetativa del microrganismo

L'assetto genetico dello sporigeno dell'oligocene è unico e simile a quello di *Bacillus sphaericus* , endosimbionte delle api moderne.

CENOZOICO

(ALTRI SOPRAVVISSUTI)

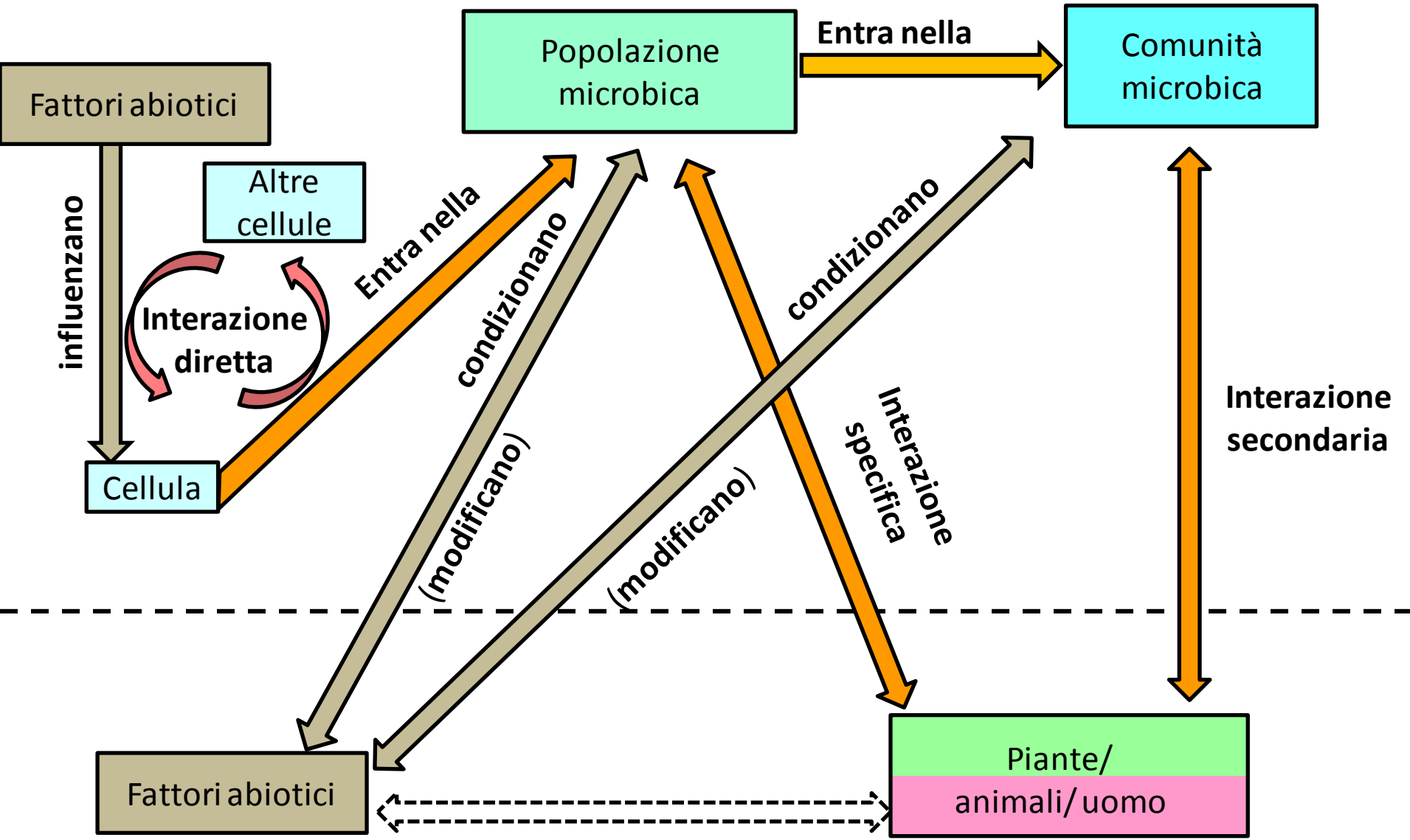


Jurassic bugs **

dallo stomaco di un mastodonte morto 11.600 anni fa e rimasto intrappolato nel ghiaccio, si isolano batteri gram-negativi, che crescono e possono essere identificati come “*Enterobacter*”

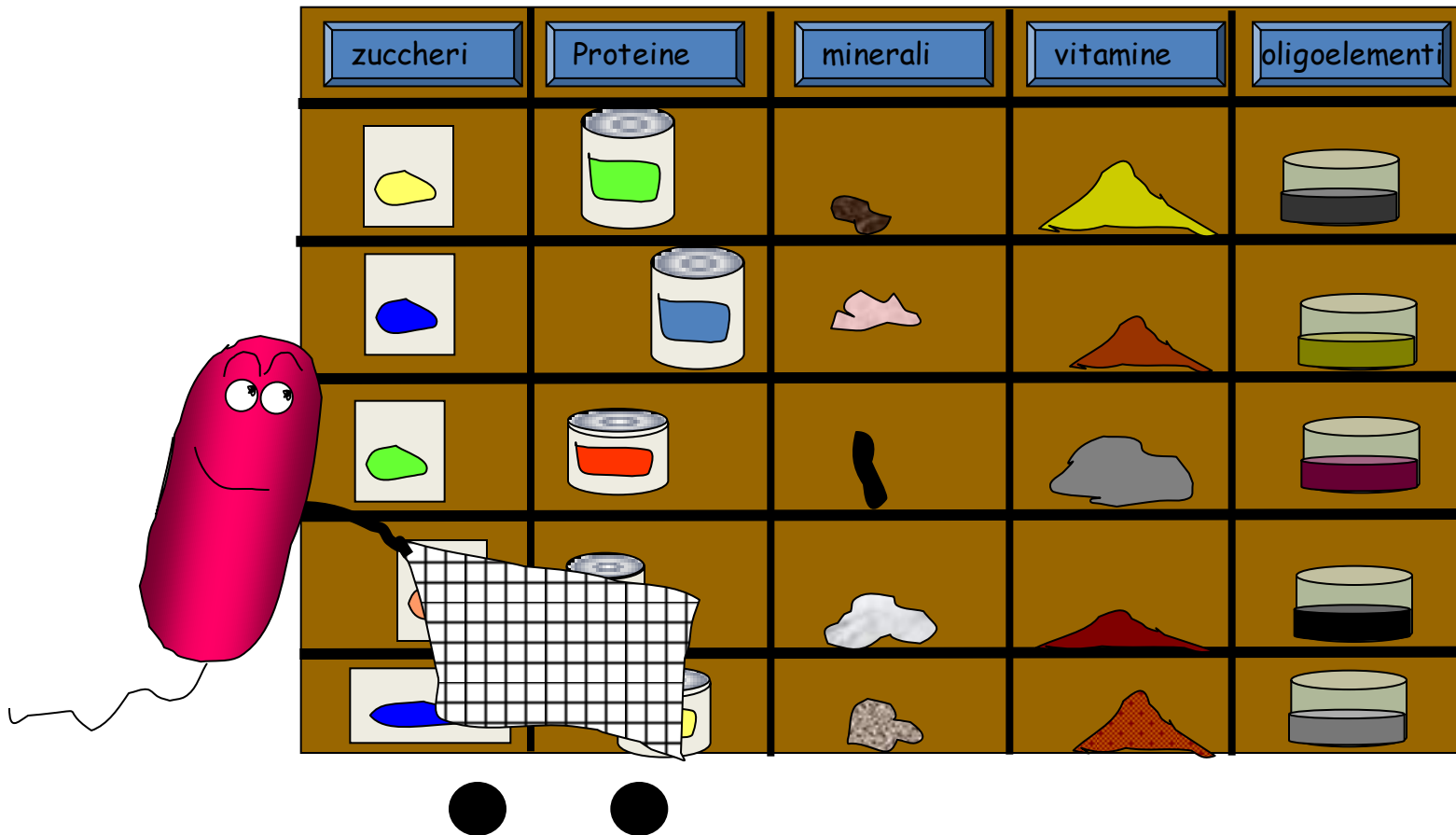
****! OVVIAMENTE** la dicitura “Jurassic” è una battuta... il Giurassico è uno dei periodi del Mesozoico (circa 160 milioni di anni fa) i batteri c’erano ma i mastodonti NO!

MICROSCALA (μm)



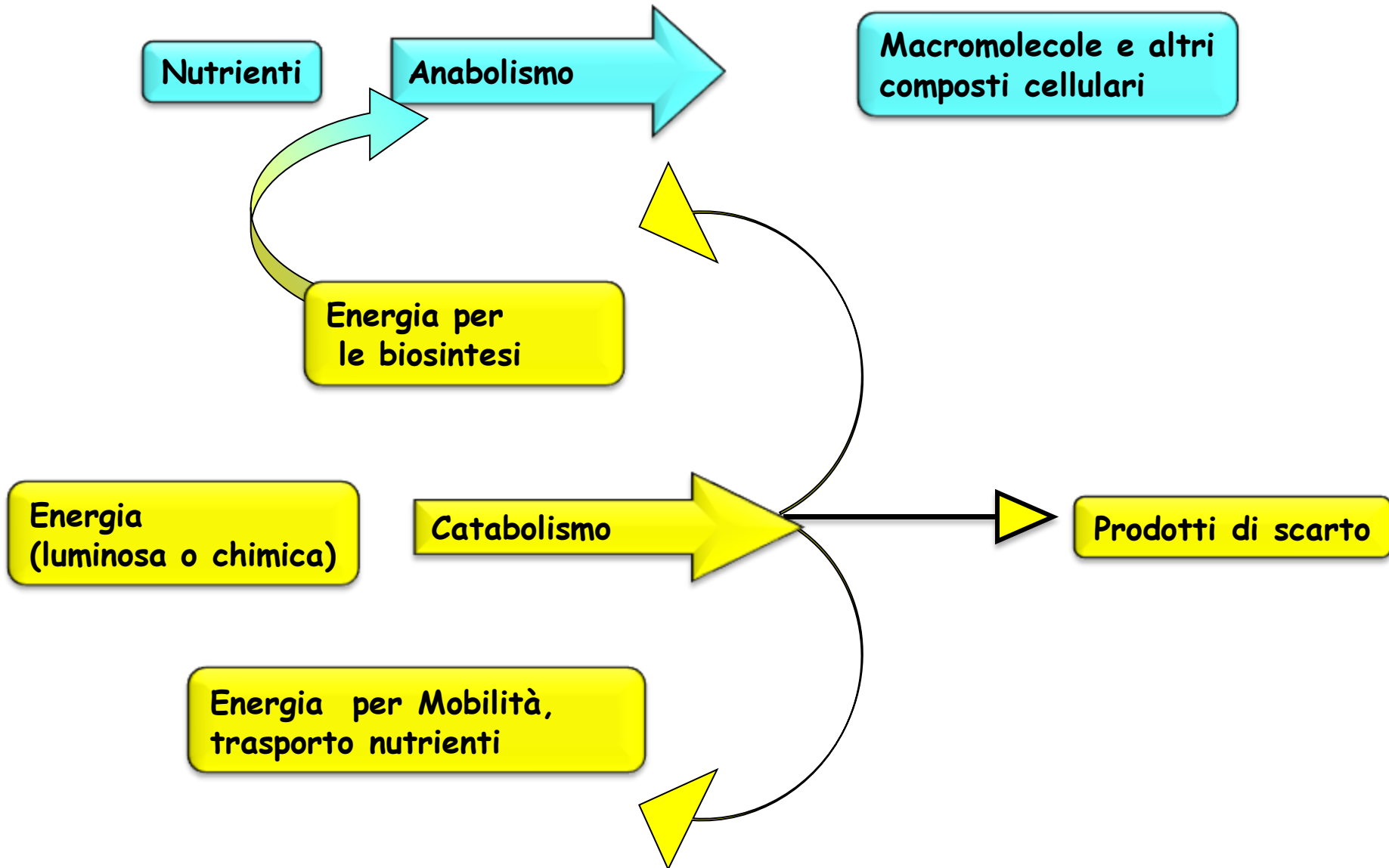
MACROSCALA (cm)

Per svolgere le loro attività i microrganismi hanno bisogno di nutrienti, di condizioni abiotiche adatte e di produrre energia

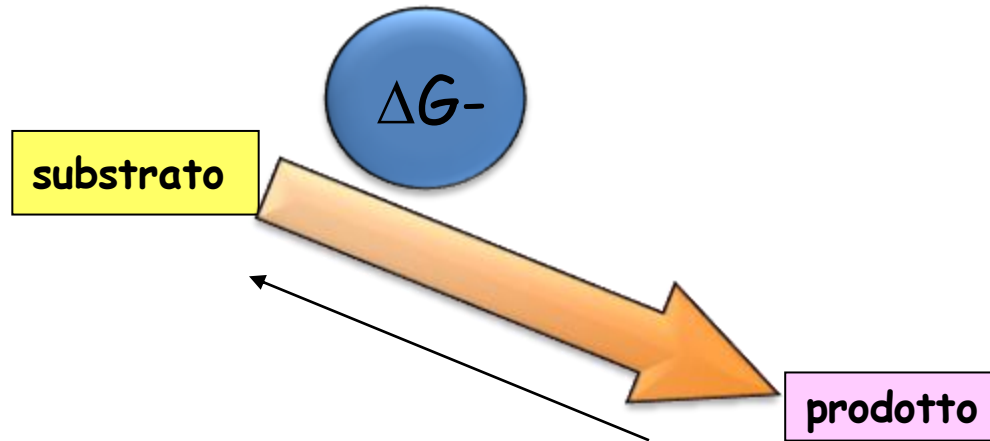


Per acquisire nutrienti e trasformarli in macromolecole organiche, i procarioti possono usare molte e diverse strategie

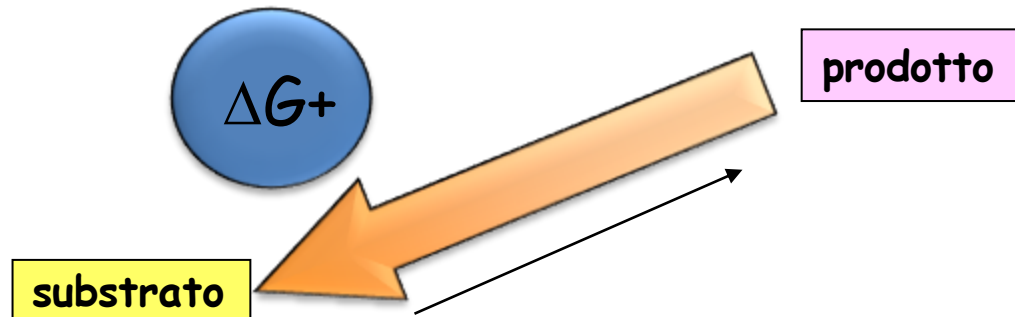
Il metabolismo energetico è l'insieme delle reazioni biochimiche che si verificano in una cellula vivente



L'energia liberata in una reazione, che diventa disponibile per svolgere un lavoro utile alla cellula batterica è "energia libera": un fattore determinante nel metabolismo microbico

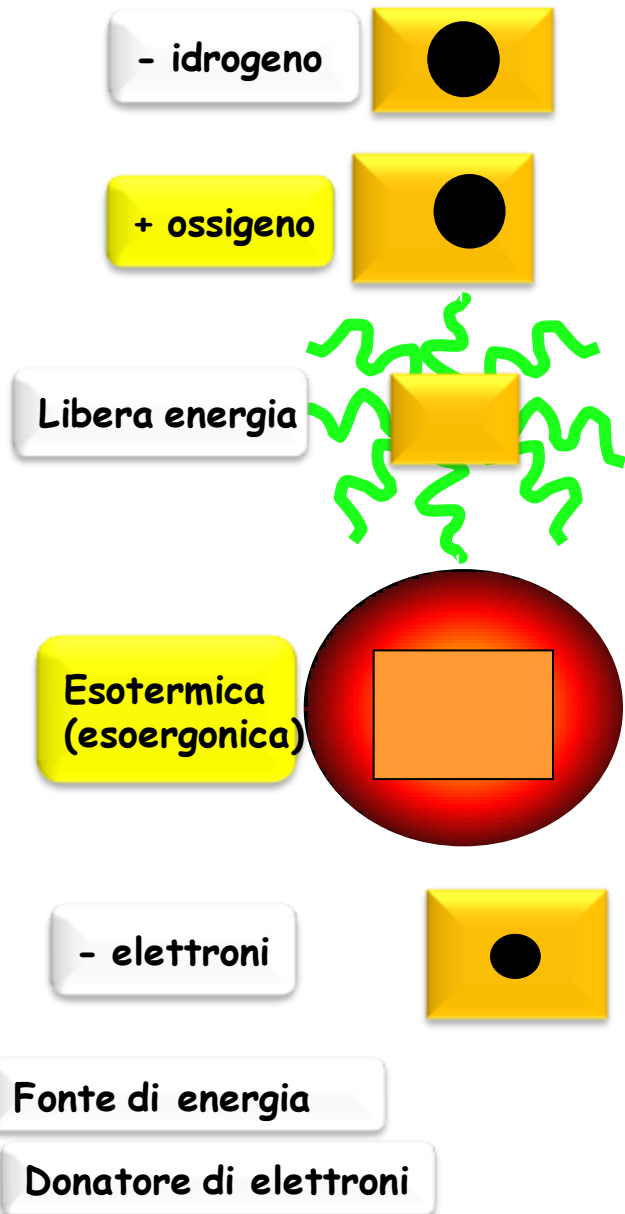


Una reazione, con ΔG negativo (che rilascia energia libera) è spontanea e si definisce ESOERGONICA

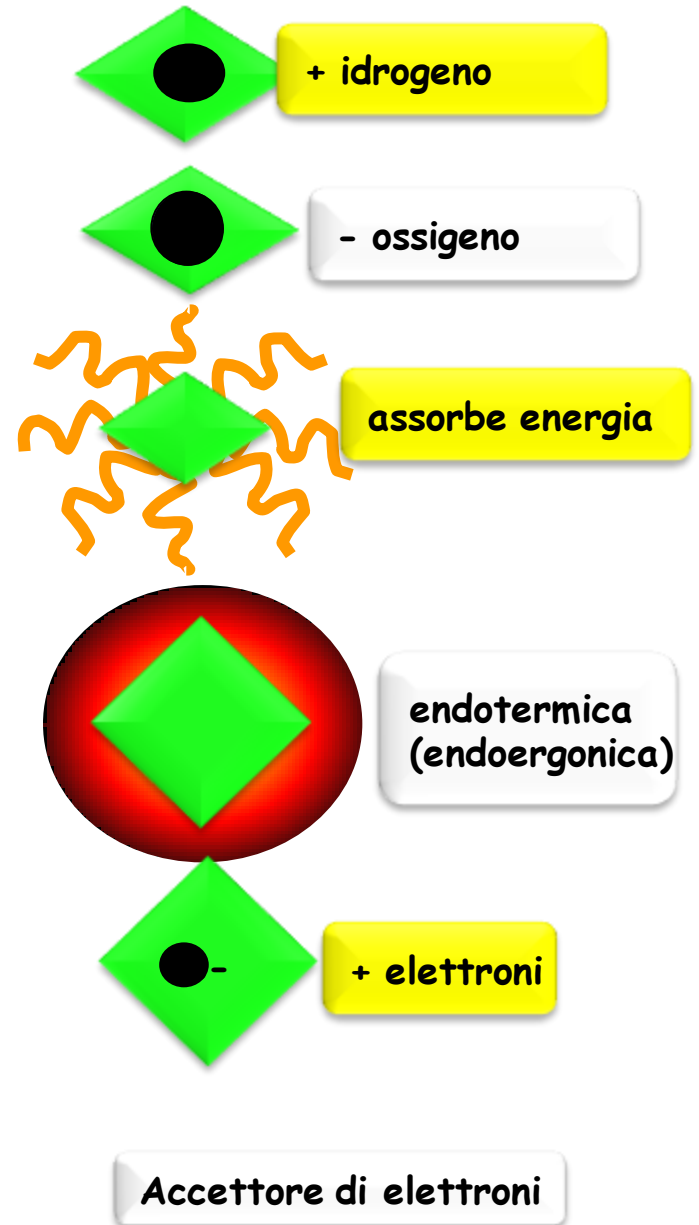


se il ΔG di una reazione è positivo, la reazione non è spontanea (si svolge la reazione contraria) e si definisce ENDOERGONICA

Si ossida



Si riduce

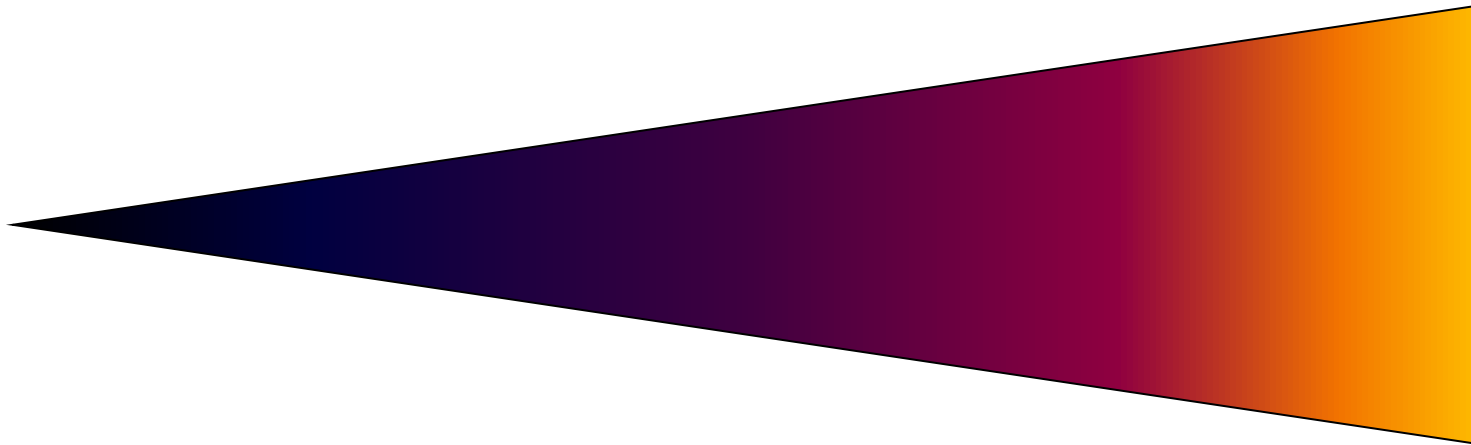


La tendenza a cedere o acquisire
ELETTRONI è il potenziale redox (E_0)

L'energia liberata in una reazione è proporzionale
alla differenza di E_0 tra i composti coinvolti nella reazione

E_0 negativo:
RIDUCENTI
(Si ossidano)

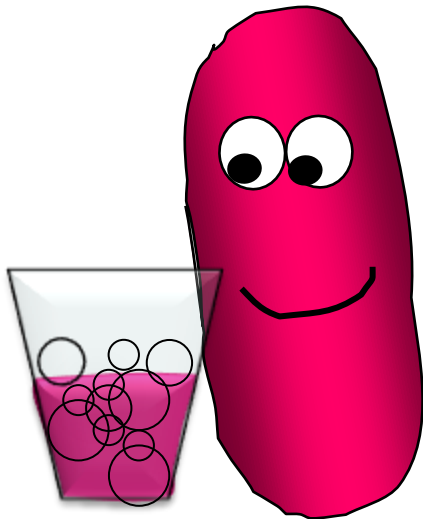
E_0 positivo:
OSSIDANTI
(si riducono)



CATABOLISMO

Reazioni dissimilative

FERMENTAZIONE
(Anaerobia)

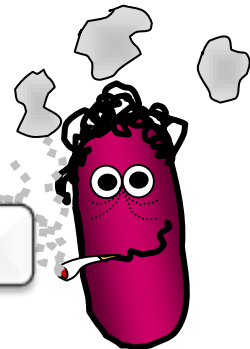


RESPIRAZIONE



Aerobia

Anaerobia



FERMENTAZIONE

reazione redox tra
DUE MOLECOLE ORGANICHE
con stato di ossidazione simile

Composto organico
(donatore)



Composto organico ossidato
(accettore)

Composto organico ridotto
(prodotto)

l'ossidazione del substrato
è incompleta

l'energia non si libera
completamente

La resa energetica è bassa

**FOSFORILAZIONE A
LIVELLO DEL SUBSTRATO**

fermentazione del glucosio:

Glucosio

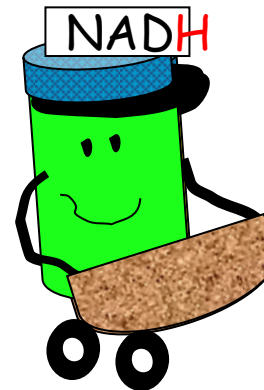
GLICOLISI
ossidazione del glucosio
+ riduzione coenzimi

Acido piruvico
(INTERMEDIO)

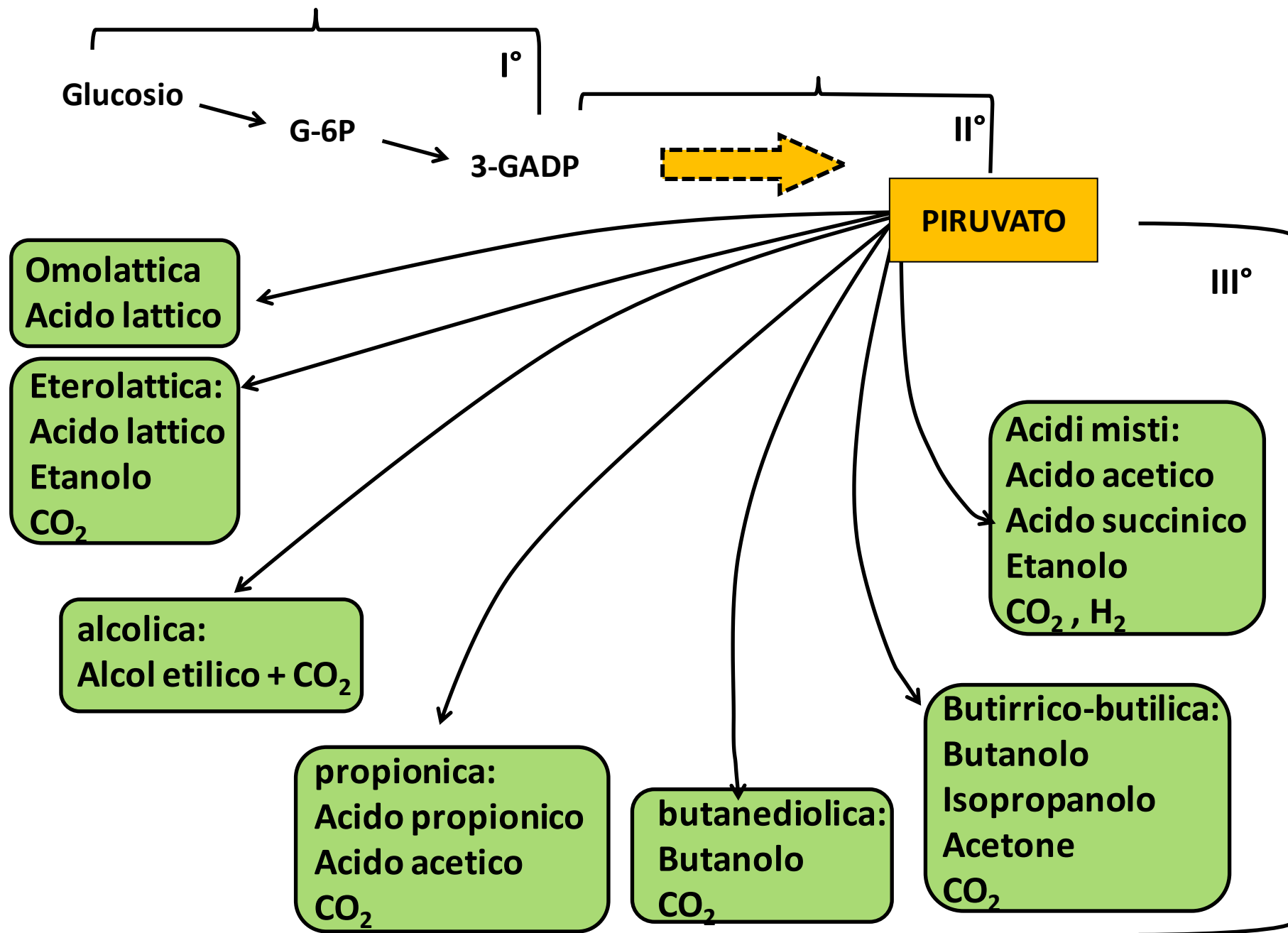


Acido piruvico
(INTERMEDIO)

FERMENTAZIONI
riduzione del piruvato
+ ossidazione coenzimi

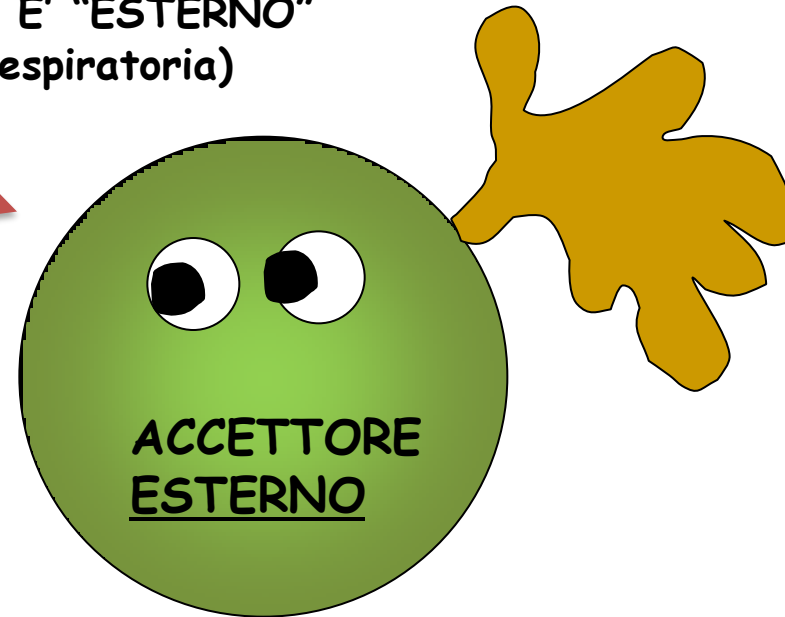
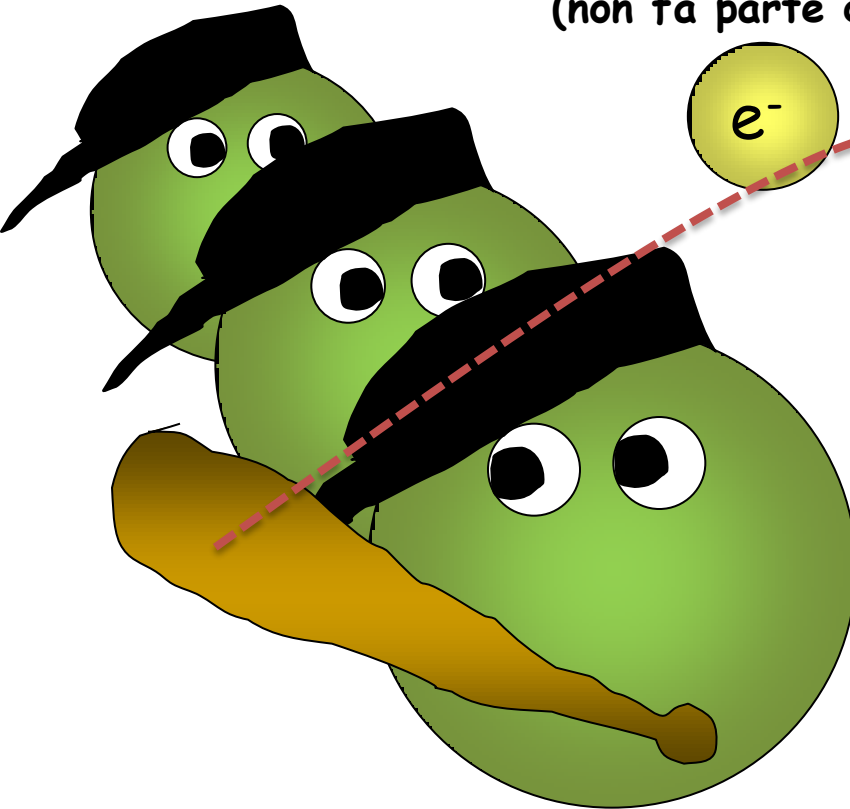


PRODOTTI
FINALI



DONATORE

RESPIRAZIONE: L'ACCETTORE E' "ESTERNO"
(non fa parte della catena respiratoria)



O_2
(aerobia)

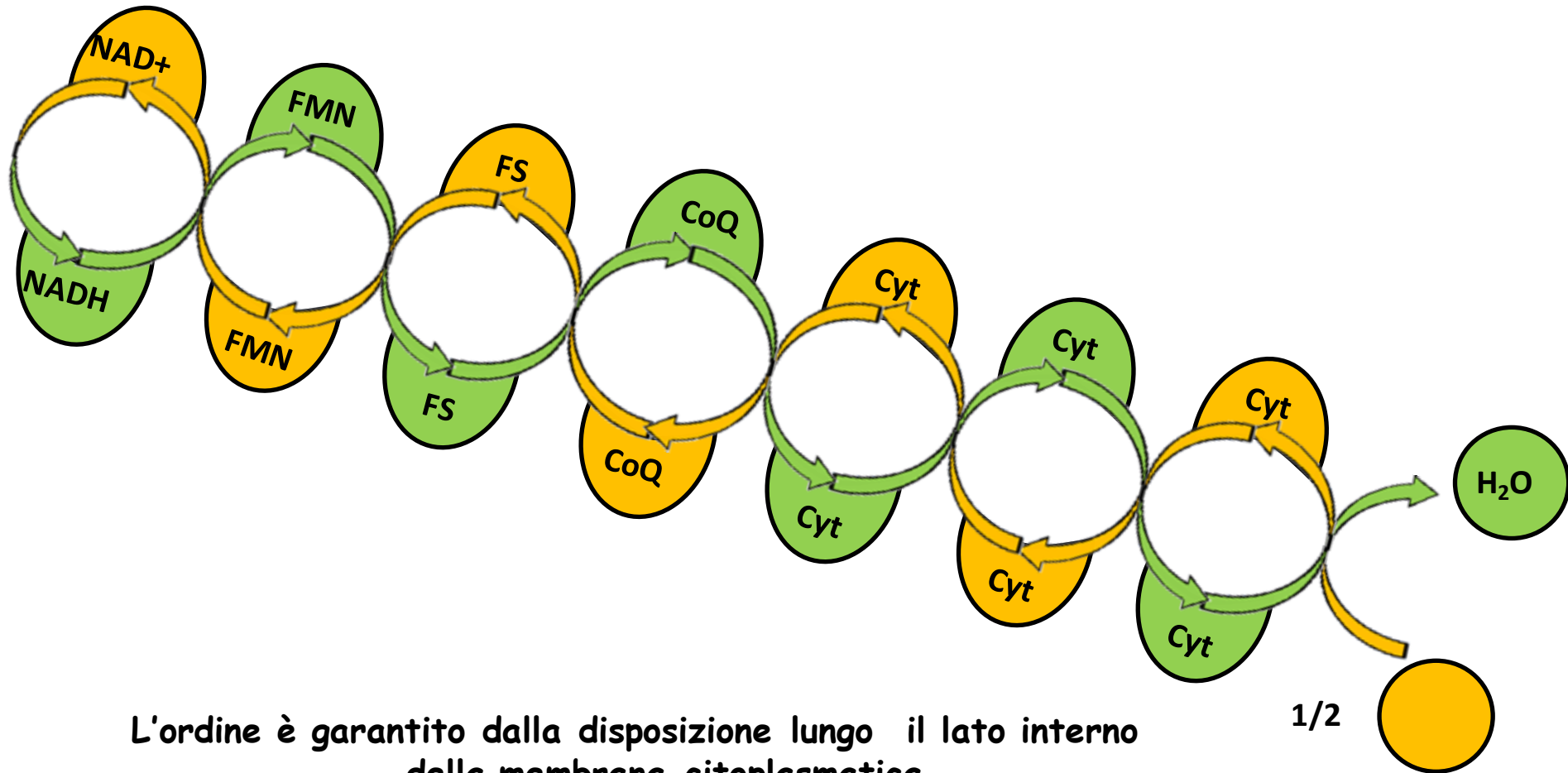
$Fe^{3-}/NO_3/SO_4...$
(anaerobia)

OSSIDAZIONE COMPLETA $C_{org} \rightarrow CO_2$

La netta differenza di E0 tra donatore iniziale e accettore terminale
permette la sintesi di un numero maggiore di molecole di ATP
FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

RESA ENERGETICA > FERMENTAZIONE

i trasportatori sono disposti secondo E0



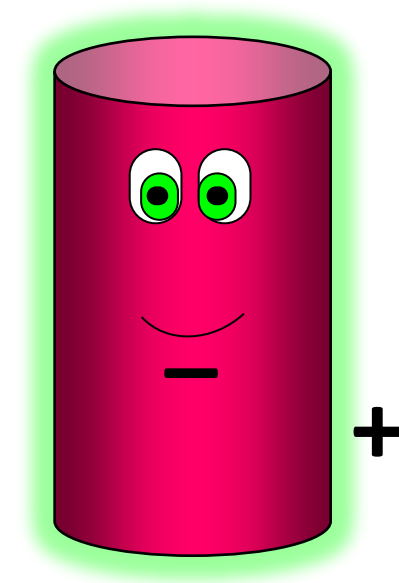
Gli elettroni sono trasferiti fino
all'accettore terminale, che si riduce

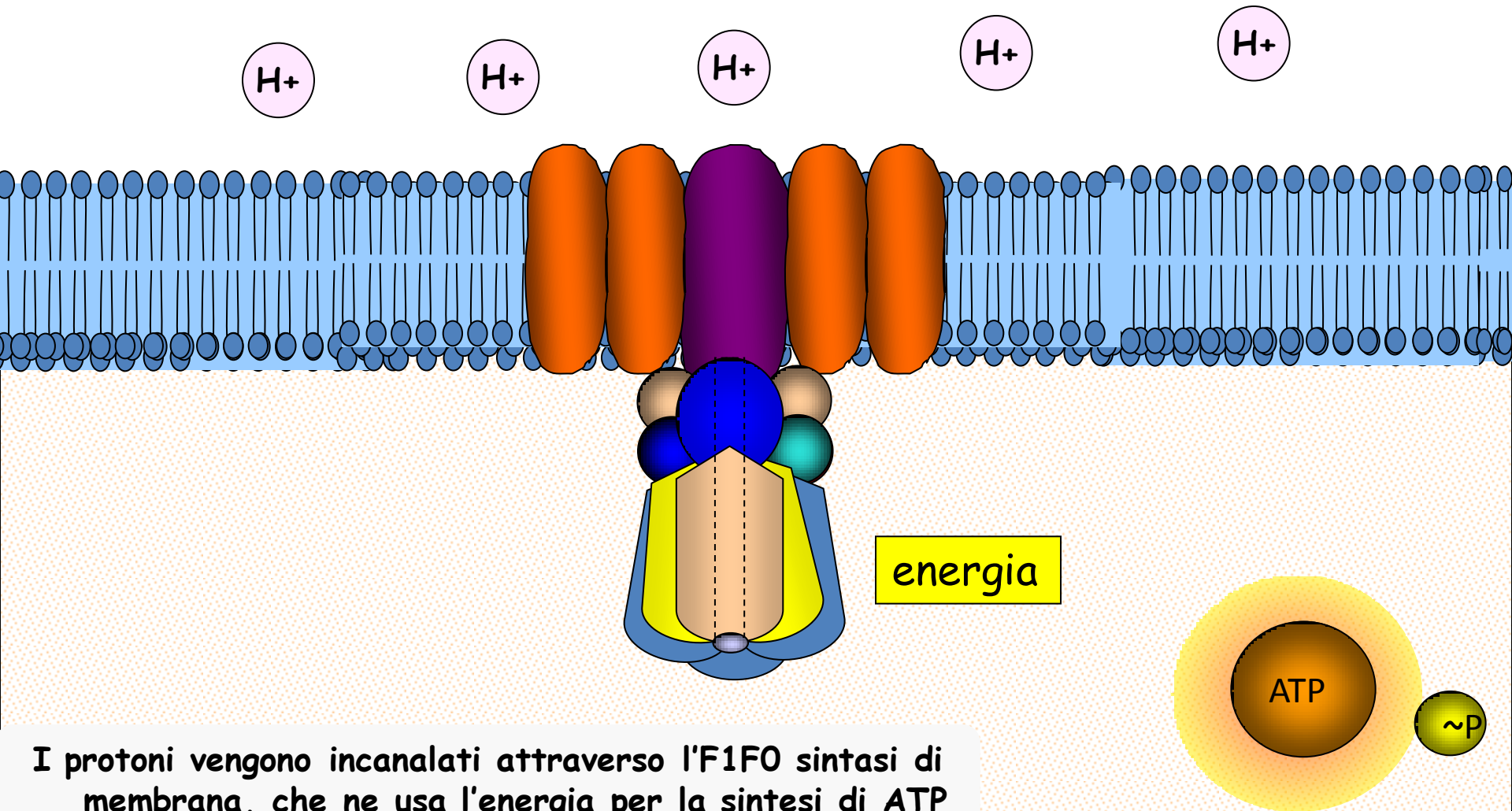
i trasportatori che trasferiscono protoni si alternano
con quelli che trasferiscono elettroni

I protoni non trasferiti sono espulsi e
restano all'esterno della cellula

Gli ioni ossidrilici negativi restano all'interno

La separazione delle cariche sui due
versanti **ENERGIZZA** la membrana





I protoni vengono incanalati attraverso l'F1F0 sintasi di membrana, che ne usa l'energia per la sintesi di ATP