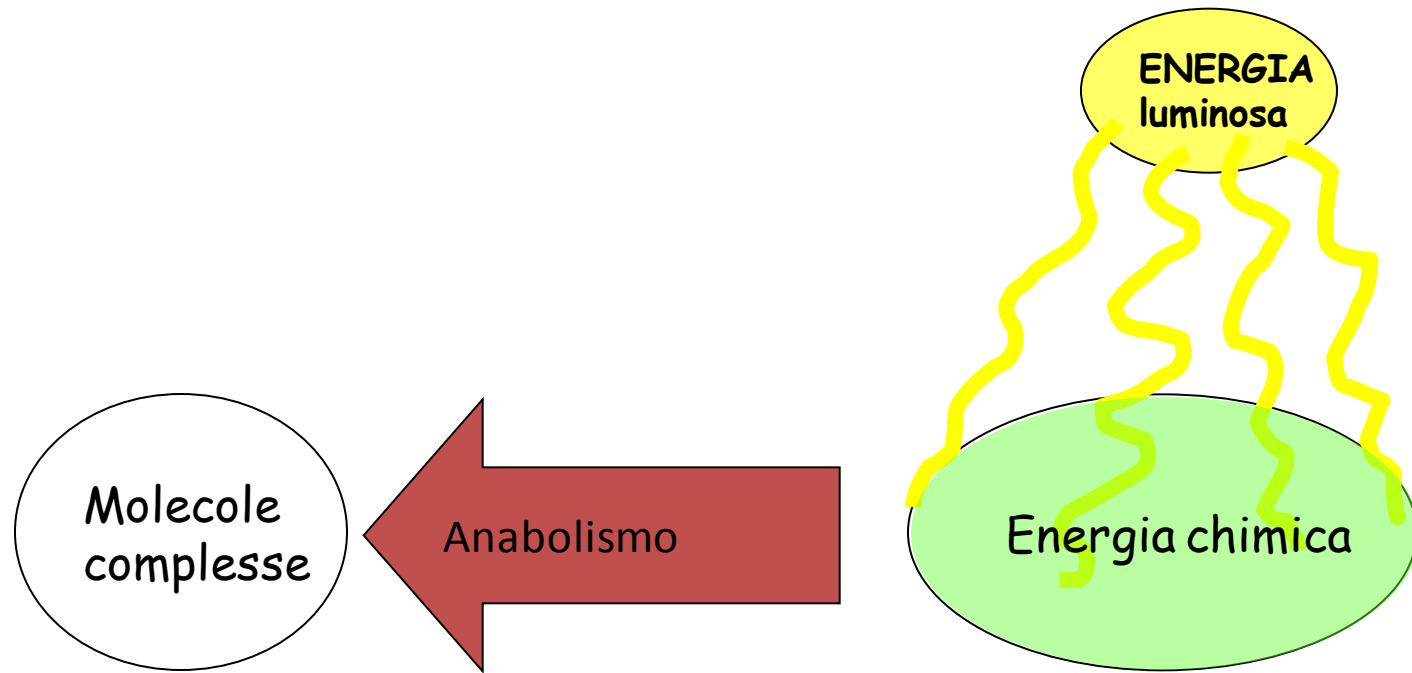
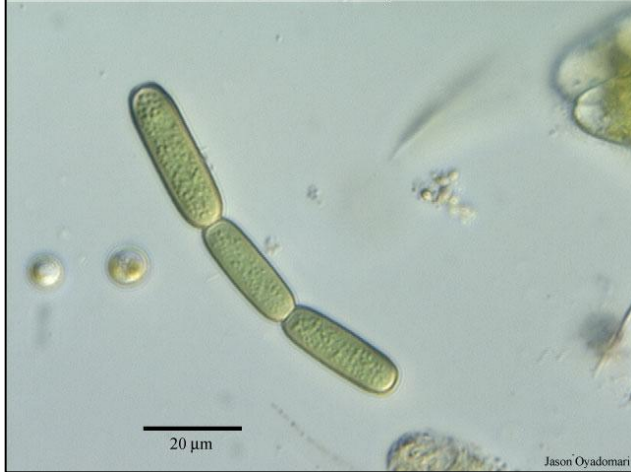


i microrganismi fotosintetici convertono
l'energia luminosa in energia chimica



Utilizzata per le sintesi della cellula batterica

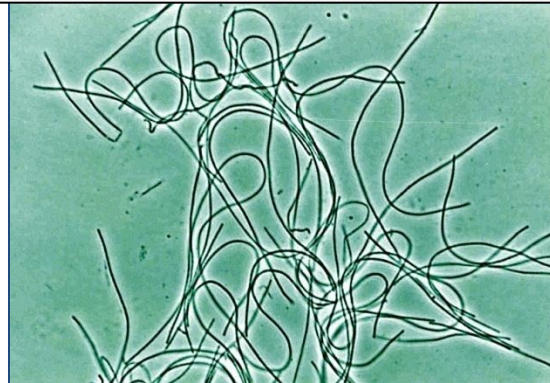


Cianobatteri

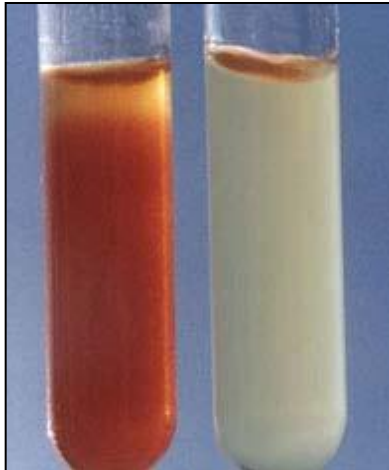


batteri rossi sulfurei
(*Chromatiaceae*)

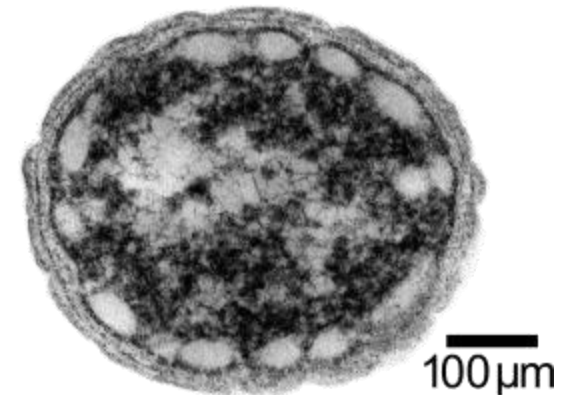
batteri verdi non sulfurei
(*Chloroflexaceae*)



batteri verdi sulfurei
(chlorobiaceae)



batteri rossi non sulfurei
(*Rhodobiaceae*)

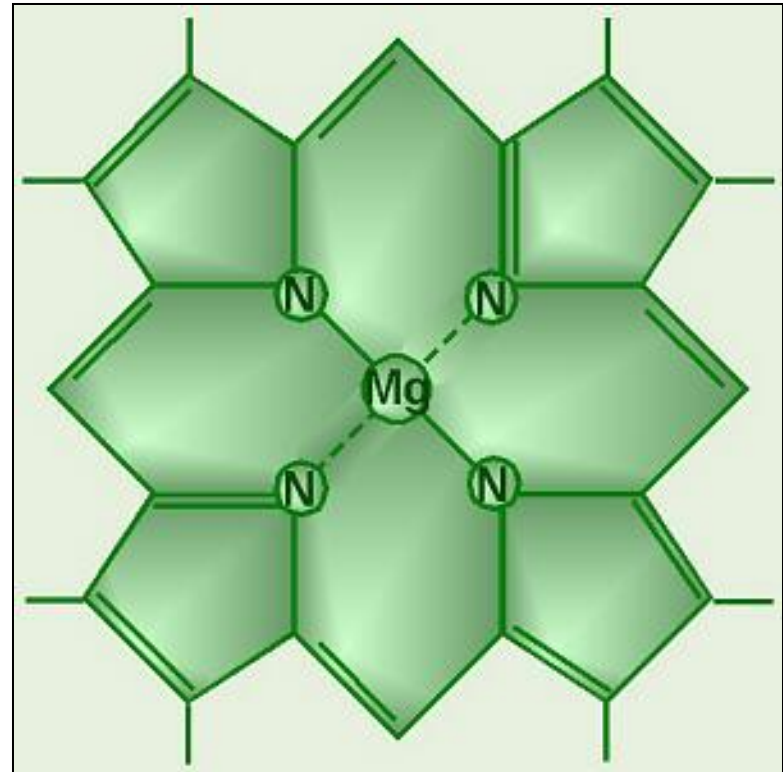


PER UTILIZZARE L'ENERGIA LUMINOSA
SONO NECESSARIE LE CLOROFILLE

I Cianobatteri

Possiedono una
Clorofilla a

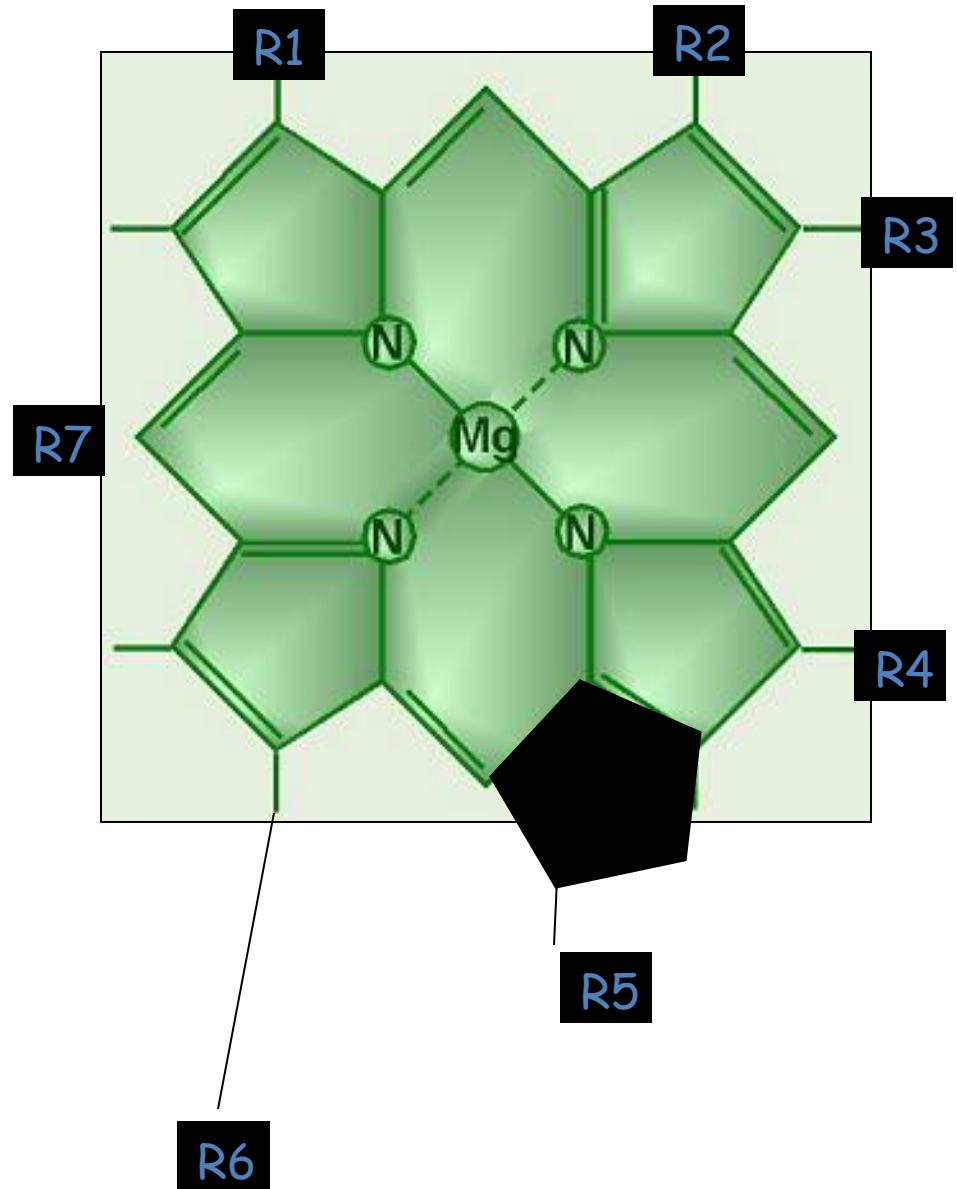
Come quella degli
eucarioti



I BATTERI ROSSI E VERDI

hanno Batterioclorofille

con picchi di assorbimento
diversi



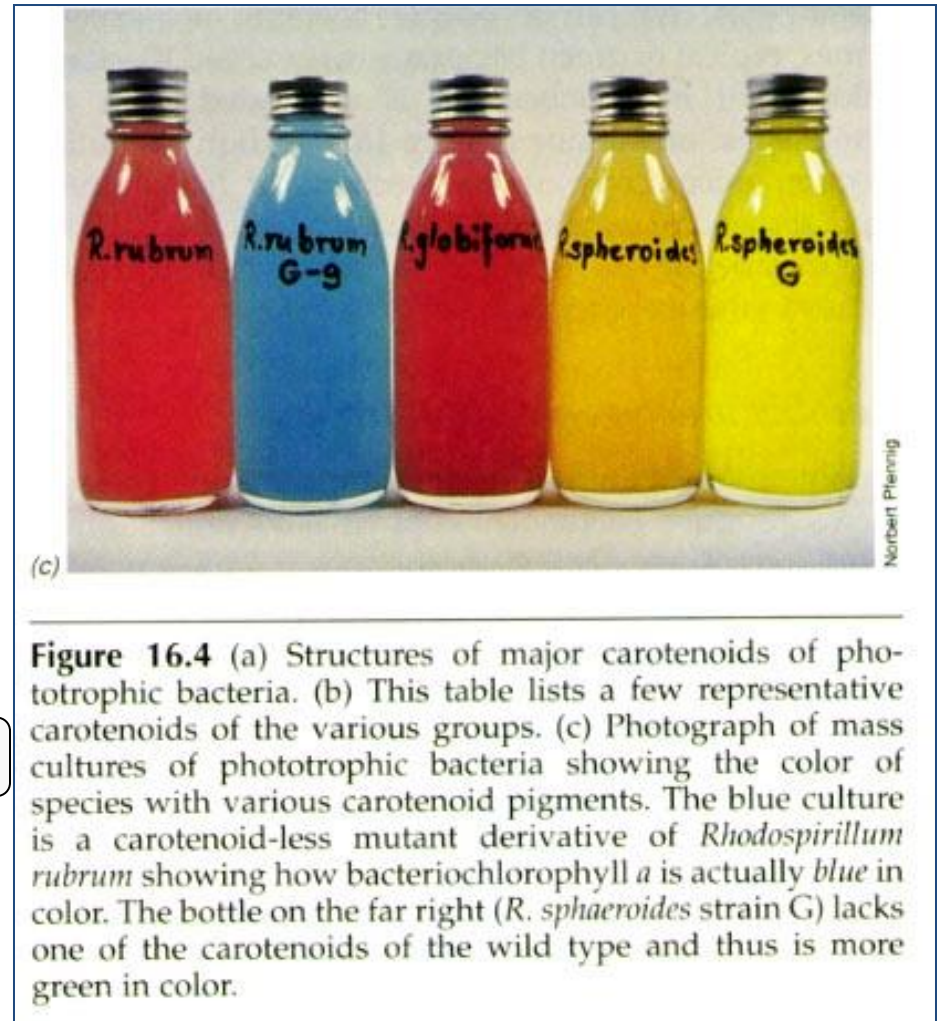
I PIGMENTI ACCESSORI

carotenoidi, ficobiliproteine;
ficoeritrina e ficocianina

catturano la luce da 470 a 630
(giallo-verde)
dove le clorofille non arrivano

Trasferiscono l'energia alla clorofilla

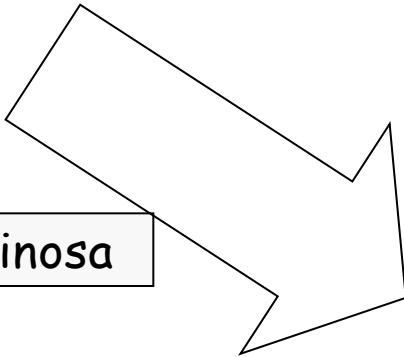
ampliano lo spettro utilizzabile e proteggono i batteri da una
eccessiva intensita' luminosa



CLOROFILLE E PIGMENTI ACCESSORI
SONO RIUNITI IN " ANTENNE"

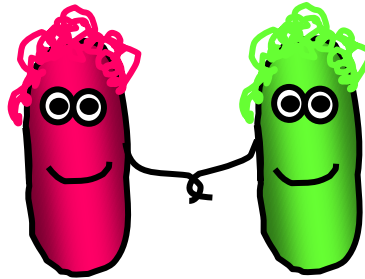
antenna
(circa 300 molecole di clorofilla)

energia luminosa



centro di reazione
(trasporto fotosintetico di e-)

I BATTERI VERDI E ROSSI SULFUREI (ANAEROBI) SVOLGONO UNA FOTOFOSFORILAZIONE ANOSSIGENICA E CICLICA



Chromatiaceae

Chlorobiaceae

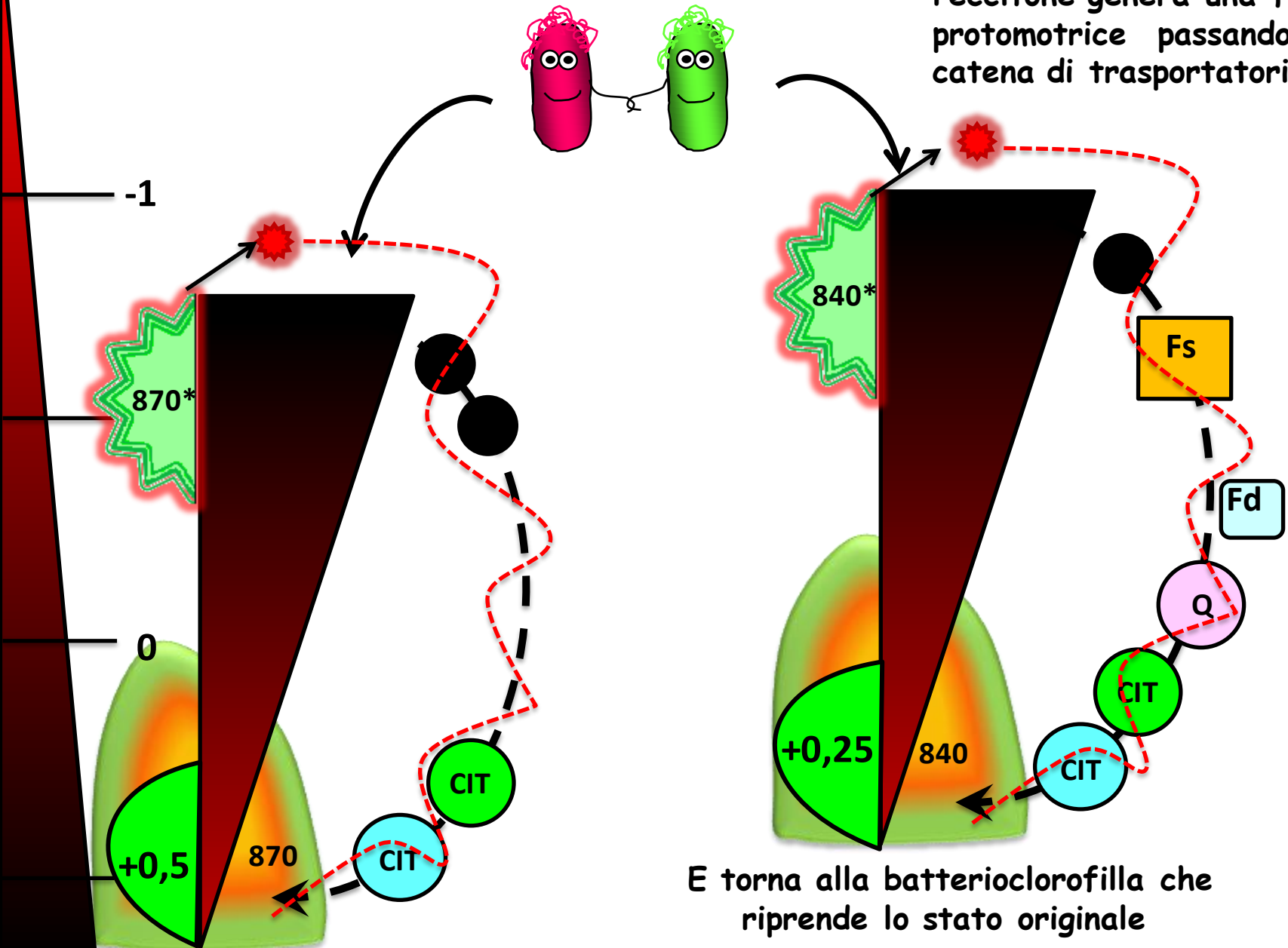
le loro batterioclorofille assorbono luce
nell'intervallo 800-1100 nm

Il donatore di elettroni, per la fissazione di CO_2 è
 H_2S (o altri composti ridotti dello zolfo)

La clorofilla, colpita dalla luce, cambia stato

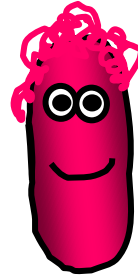
Emette un elettrone ad alta energia (ECCITONE)

l'eccitone genera una forza protomotrice passando per una catena di trasportatori

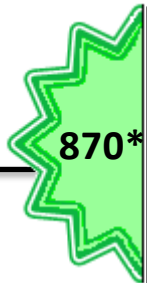


E torna alla batterioclorofilla che riprende lo stato originale

Nelle *Chromatiaceae*, il potenziale dei chinoni (~ 0) è maggiore di quello dell' NAD^+ ($-0,32$) che non può essere ridotto direttamente



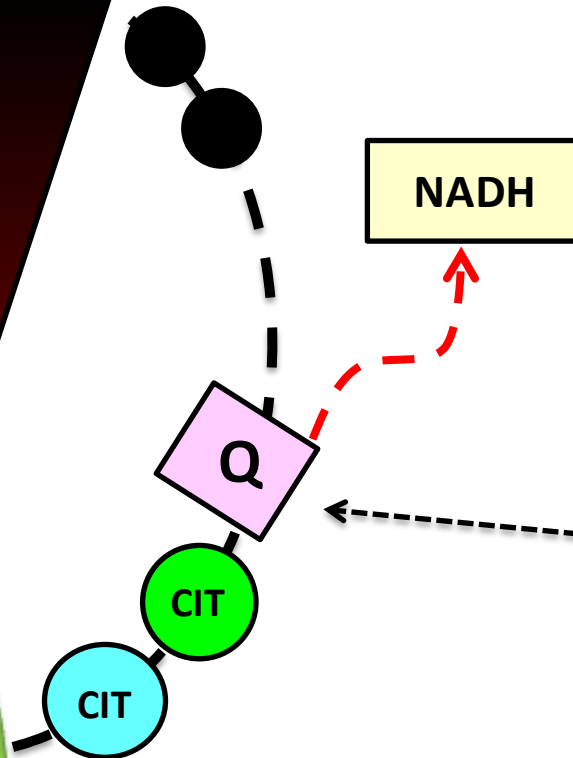
-1



870*

0

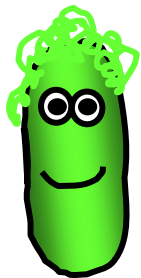
+0,5



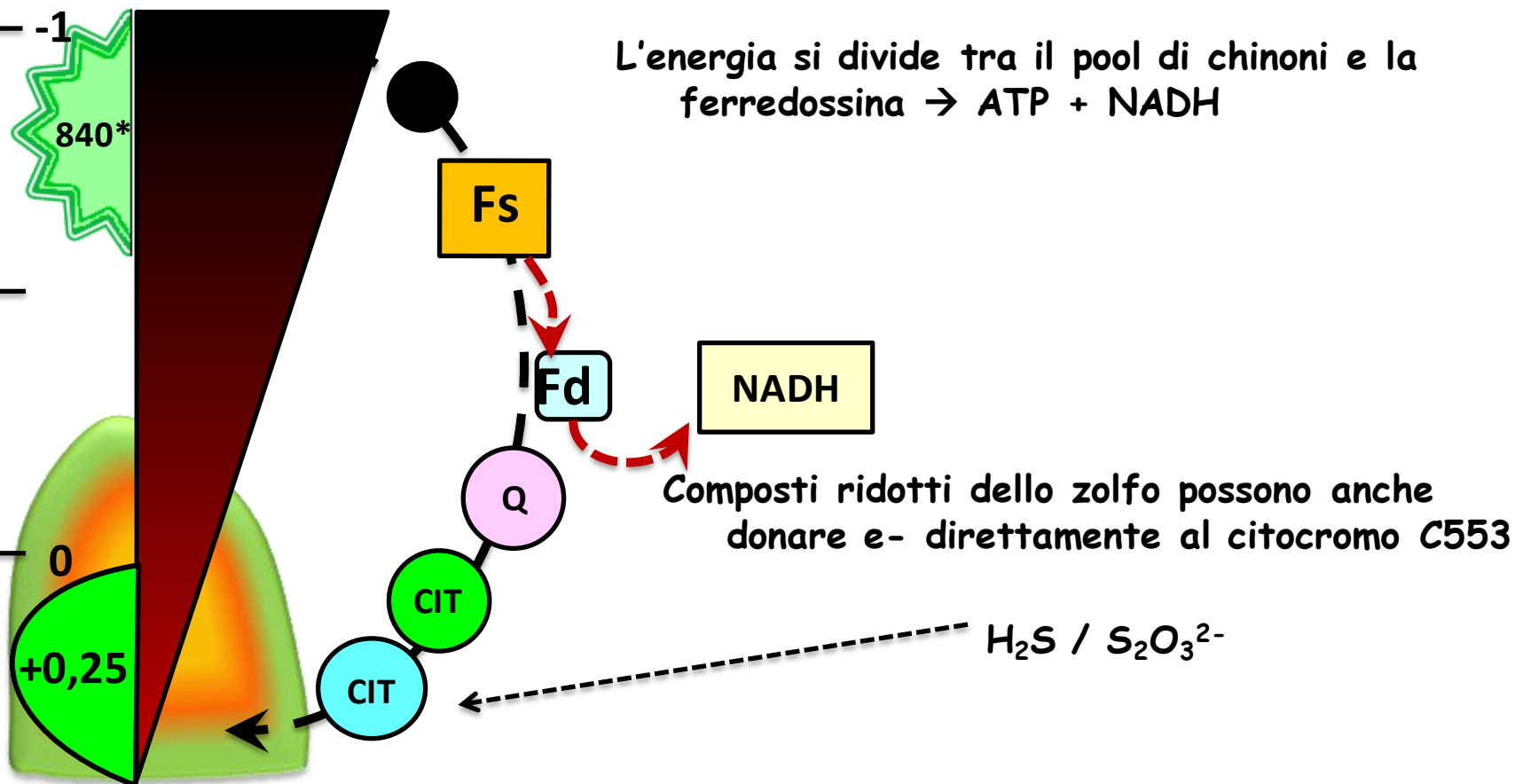
Parte dell'energia ottenuta è quindi spesa per rigenerare il potere riducente indispensabile per fissare CO_2

Solfuri, tiosolfati
Acido succinico (rossi non sulfurei)

$E_0 > \text{NADP}^+/\text{NADPH}$



Nelle *Chlorobiaceae*, P840* assume un valore di E_0 più fortemente negativo; la ferro-zolfo proteina, attraverso la ferredossina, può ridurre direttamente NAD^+ .



TRASFERIMENTO DIRETTO

H_2 ha E_0 tanto basso (-0,42 volt) da ridurre direttamente NADP (-0,32)

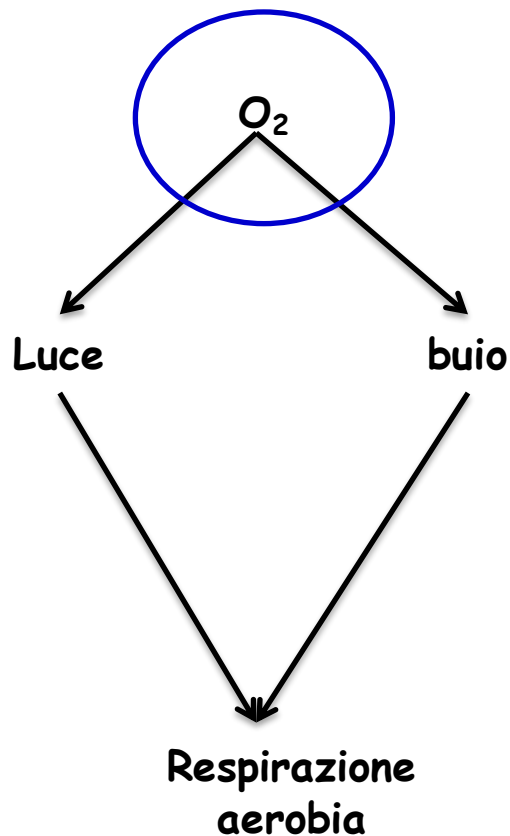
le specie che possiedono idrogenasi
(catalizza l'ossidazione di H_2)

Possono trasferire elettroni direttamente a NAD^+



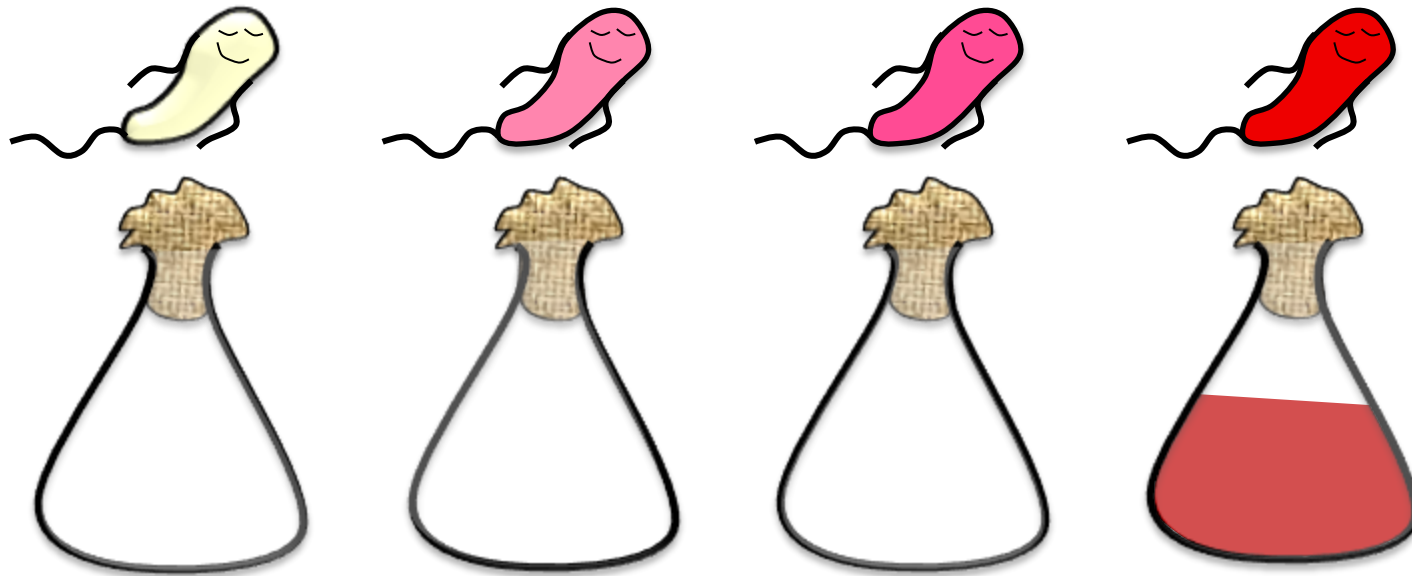
Microrganismi fotoetrotrofi
batteri rossi e verdi non sulfurei;
archeobatteri alofili (*Halobacteraceae*)

usano l'energia luminosa ma non fissano CO_2 e
necessitano di fonti di carbonio organiche



nei batteri rossi non sulfurei (*Rhodobiaceae*)
l'ossigeno inibisce la sintesi delle ICM

In anaerobiosi è presente un sistema di membrane che si diramano dalla
IM e supportano i pigmenti fotosintetici neoformati



La transizione da respirazione a fotosintesi è completa nel giro di circa quattro ore



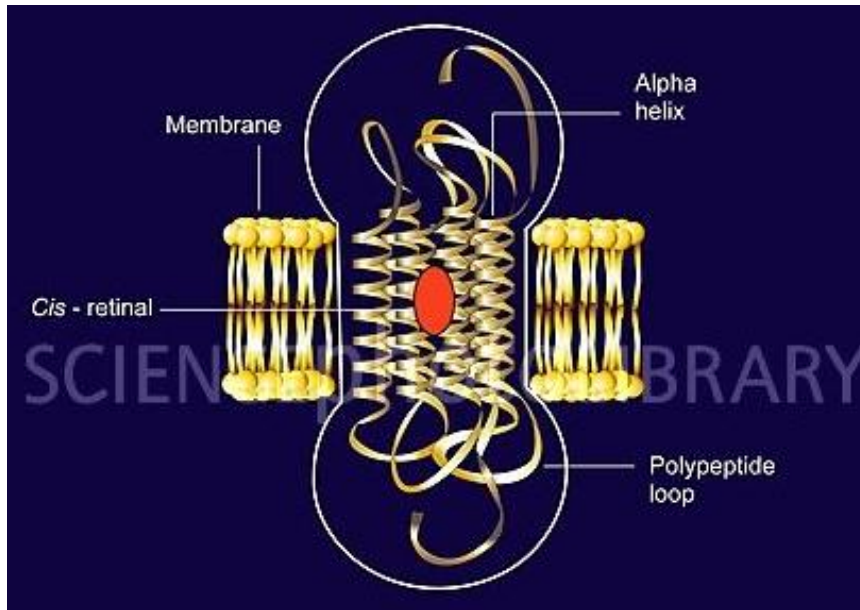
le Halobacteraceae non usano clorofille

Sono archibatteri aerobi e ossidano il carbonio organico usando O_2 come accettore

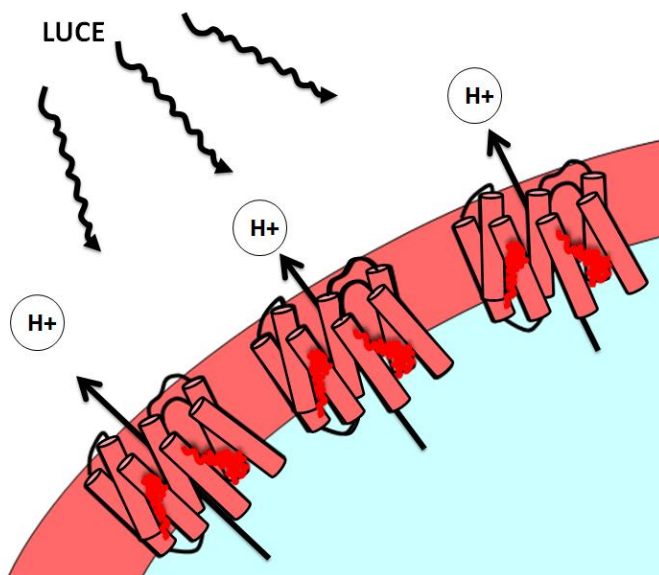
Vivono in ambienti dove la concentrazione salina ostacola la respirazione ma la luce è forte



L'energizzazione della membrana è operata dalla batteriorodopsina, connessa a un retinale che ne separa due emicanali interni



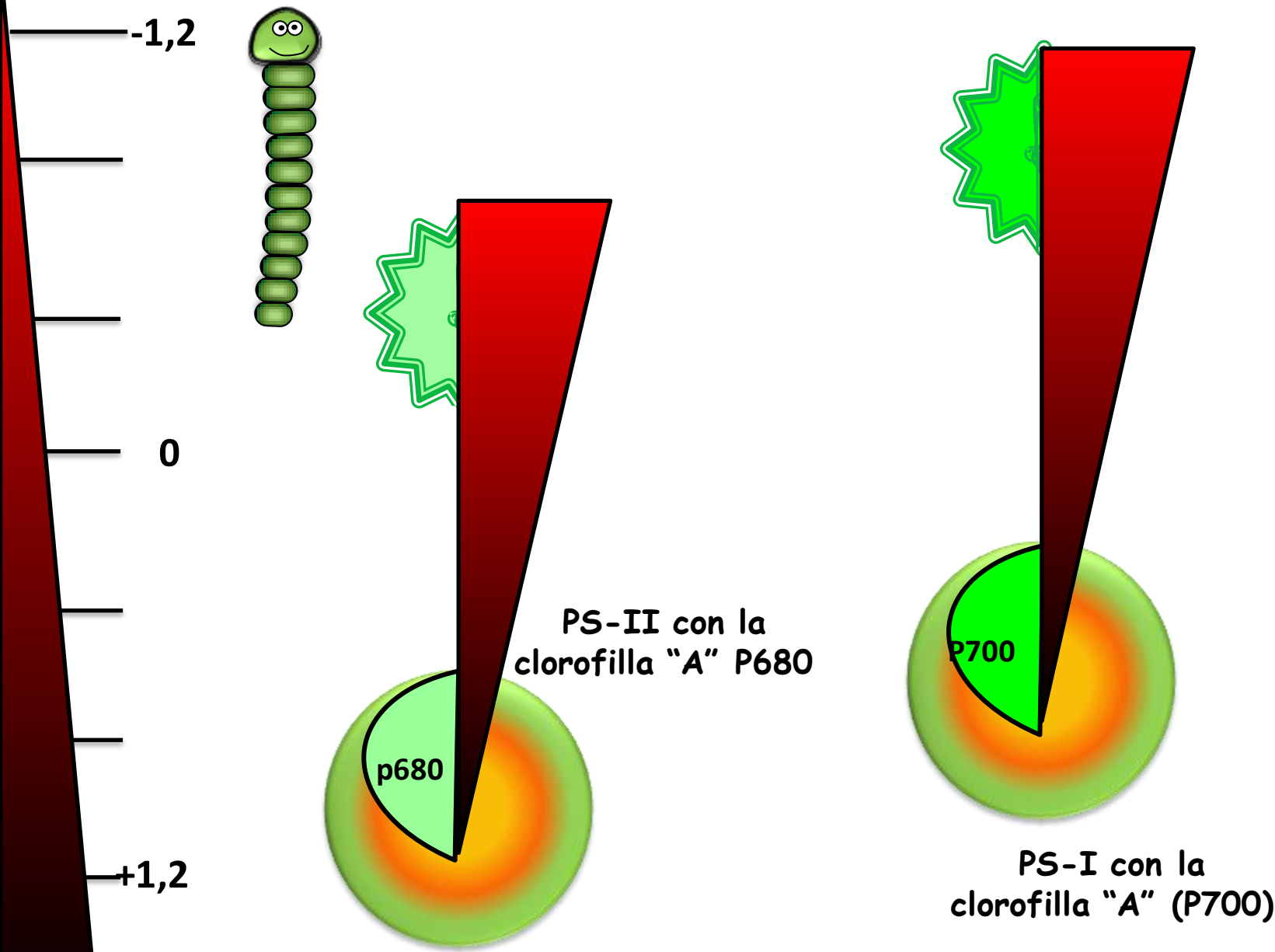
Luce
↓
retinale cambia conformazione
↓
emicanali si uniscono



la batteriorodopsina
trasferisce H^+ all'esterno

Fotofosforilazione non ciclica:
Cianobatteri, proclorofite

due fotosistemi in tandem: acqua come donatore di
elettroni e ossigeno come prodotto di scarto

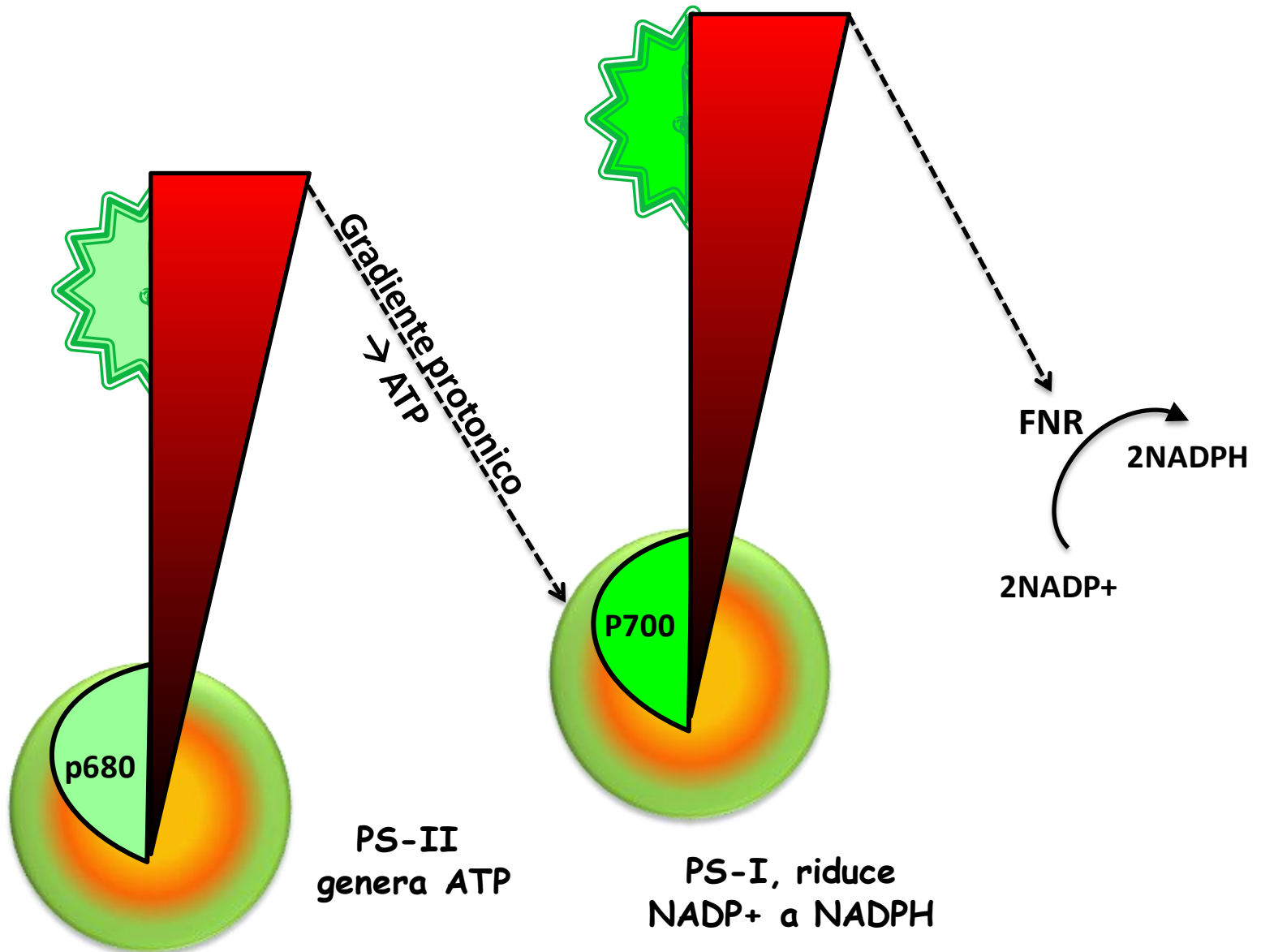


PS-I e PS-II producono energia e potere riducente usando acqua come donatore di elettroni formando ossigeno come prodotto di scarto

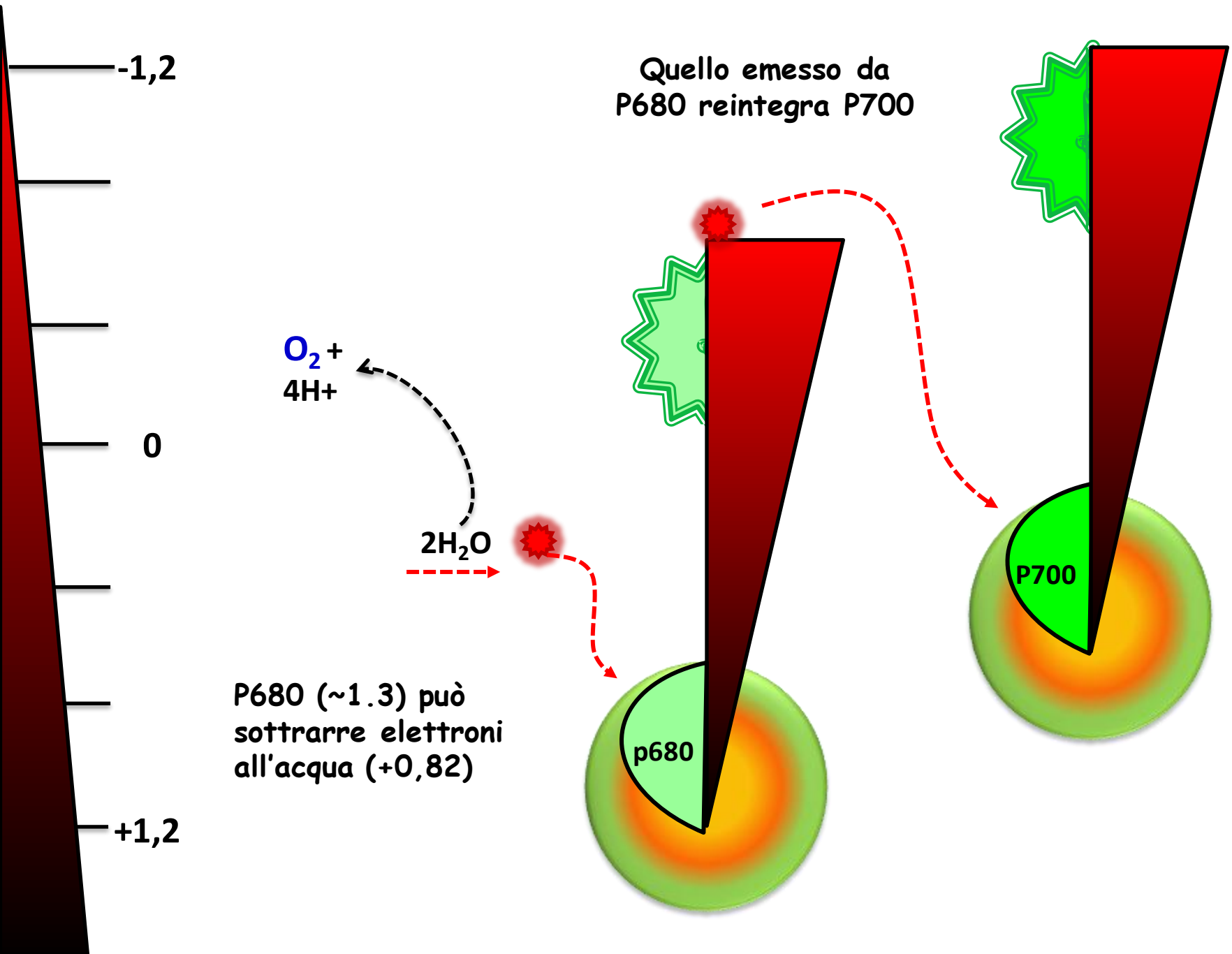
-1,2

0

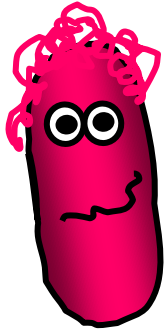
+1,2



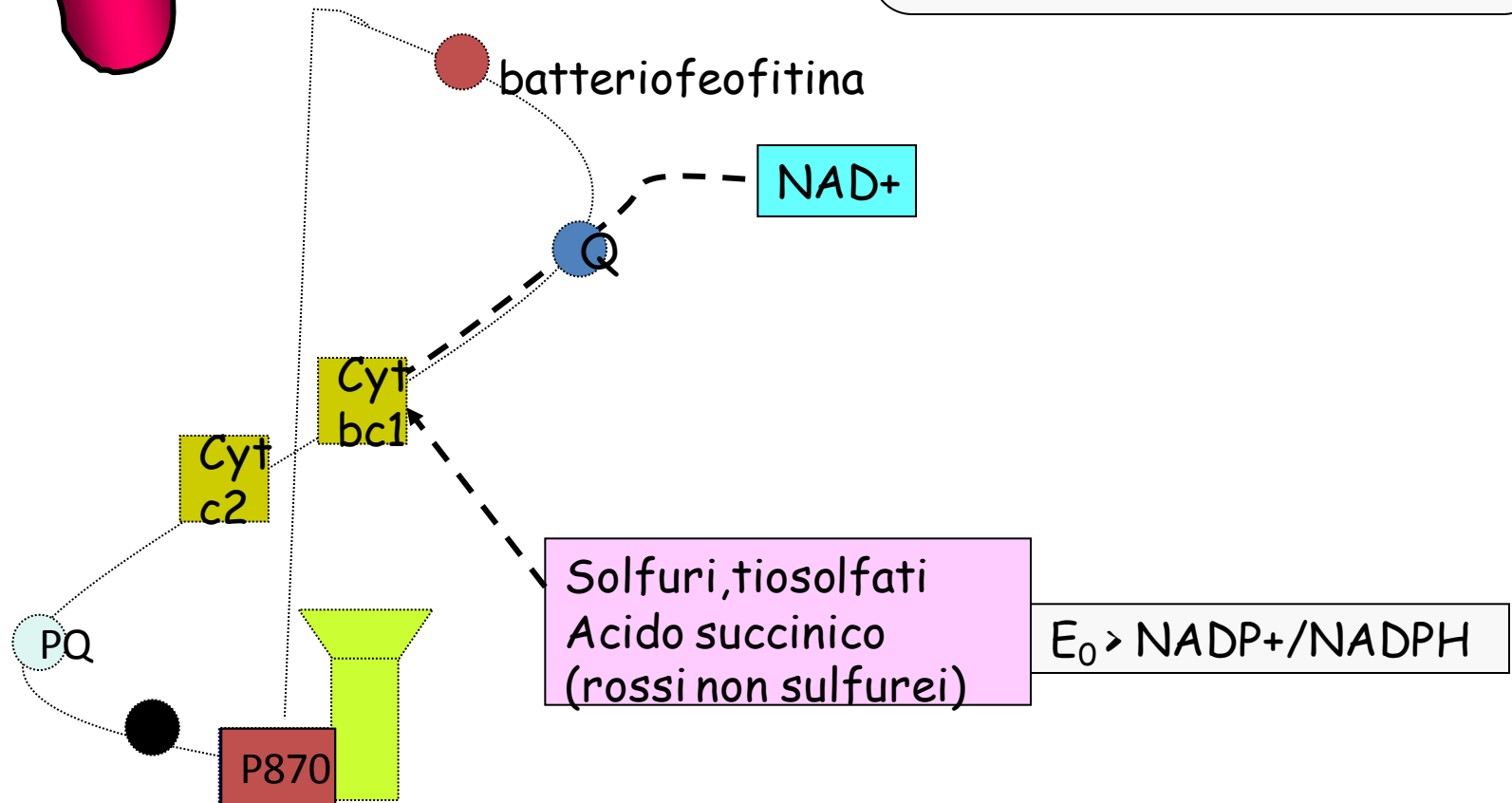
Entrambe le clorofille emettono un eccitone



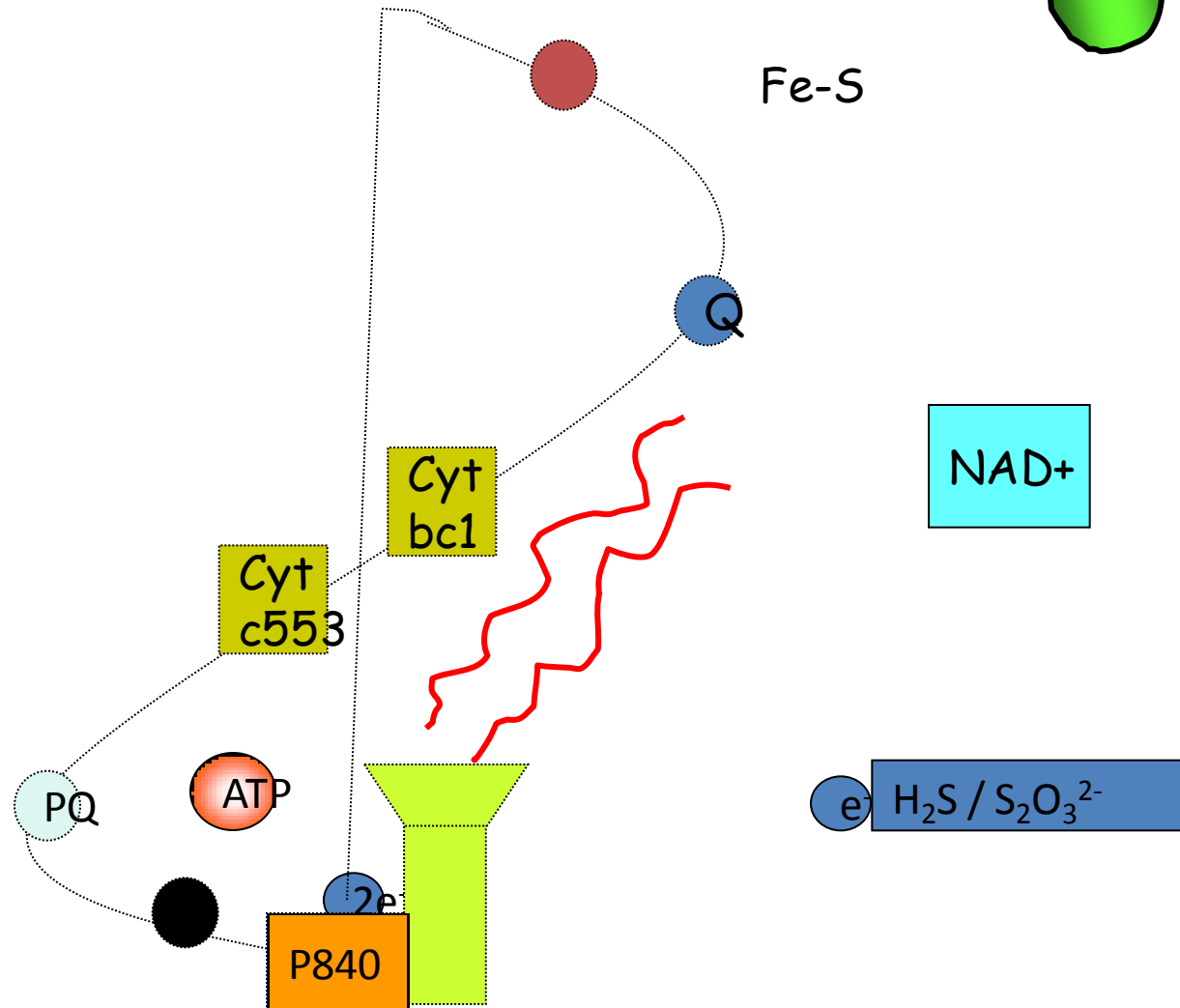
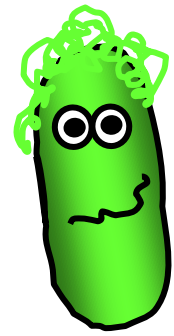
TRASPORTO INVERSO DI ELETTRONI (Rossi sulfurei e non sulfurei)



Termodinamicamente
SFAVOREVOLE
Attinge al potenziale di
membrana

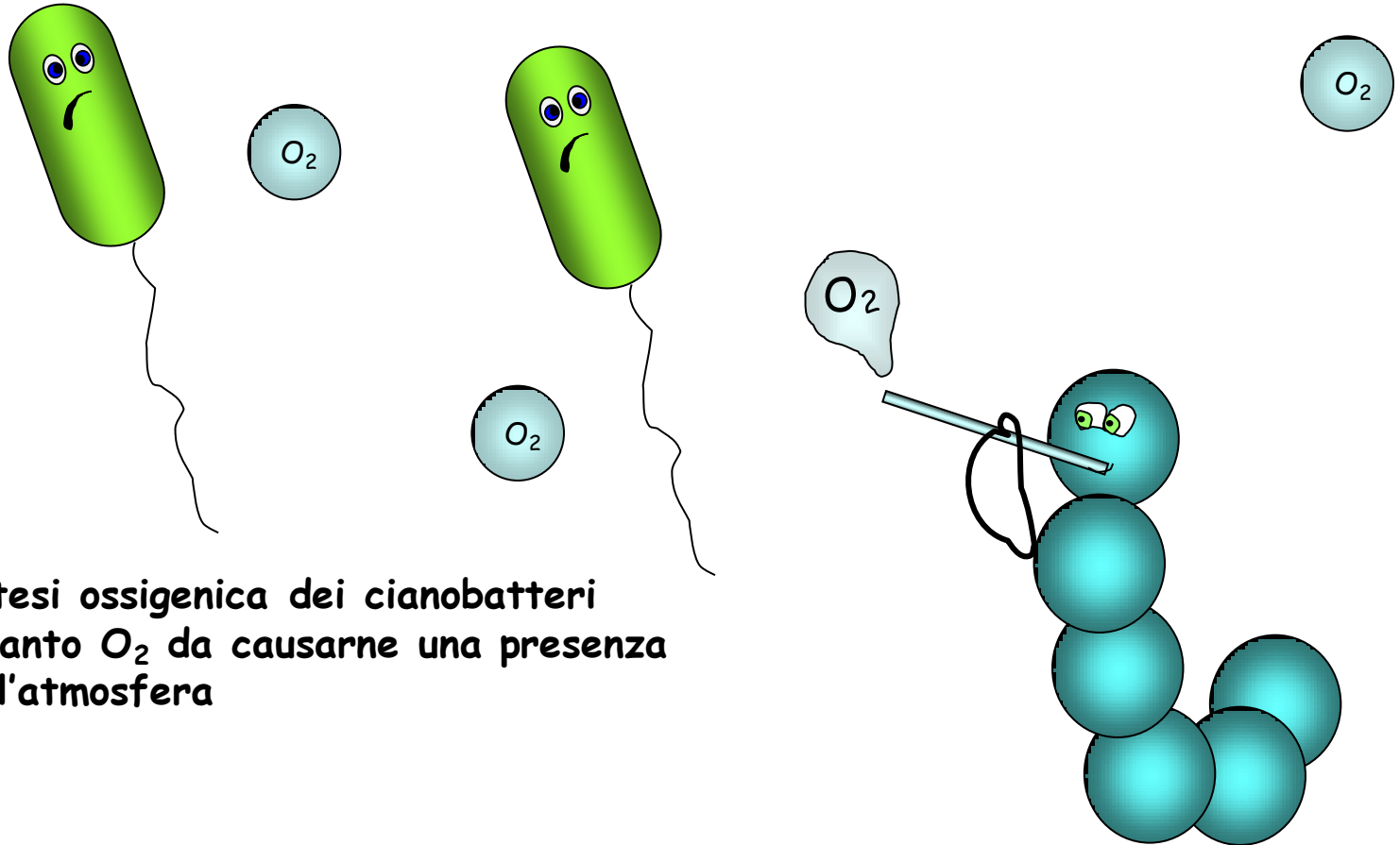


MODIFICAZIONE DELLA FOTOFOSFORILAZIONE CICLICA (verdi sulfurei)



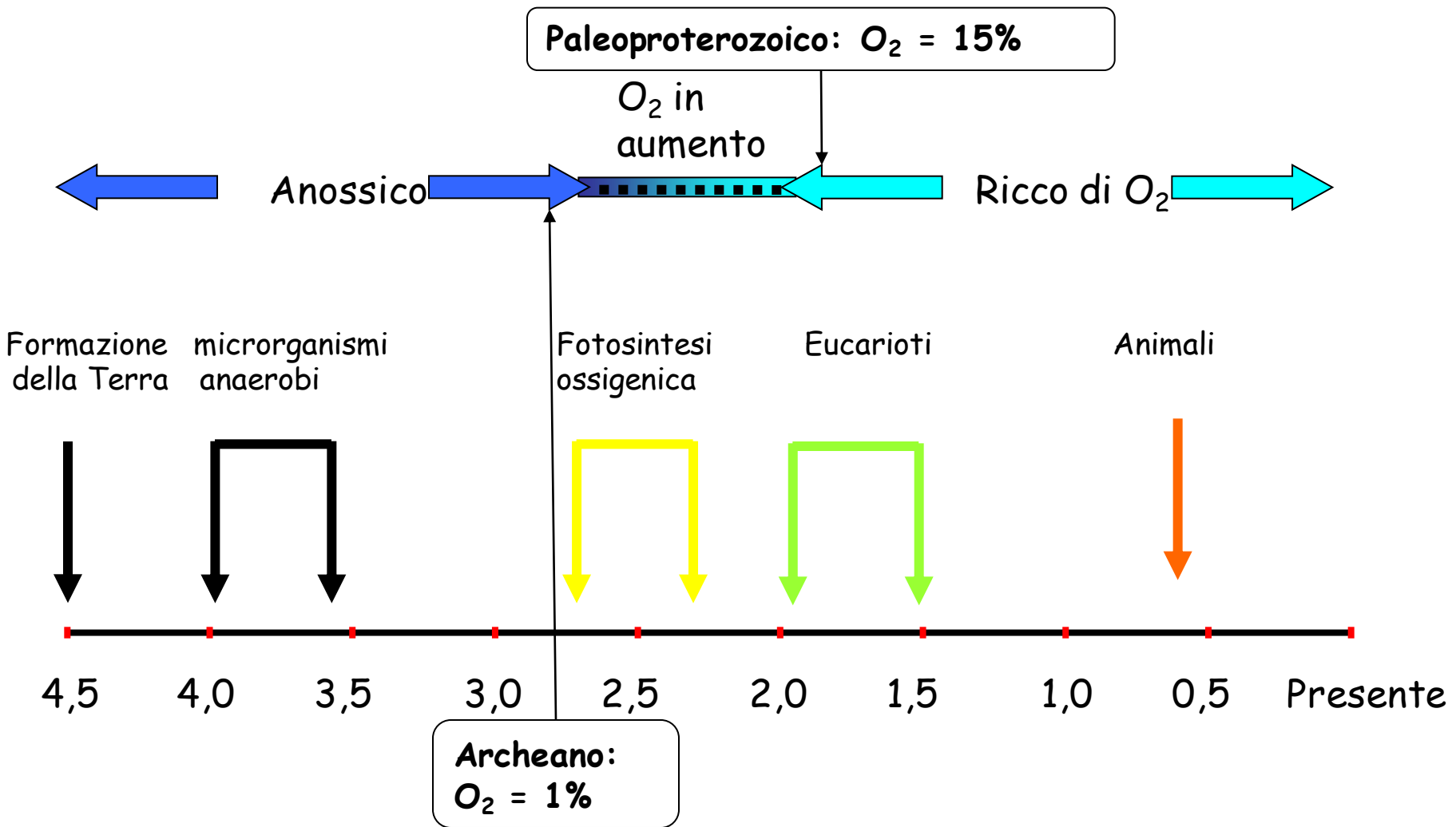
La presenza/assenza di OSSIGENO nella produzione di energia è il risultato di una lunga storia

L'ossigeno è divenuto parte integrante dell'atmosfera nel paleo-medio proterozoico



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



la respirazione aerobia si sviluppò in risposta all'aumentata tensione di O_2 nell'atmosfera rappresentando un vantaggio come meccanismo di detossificazione e di produzione di energia

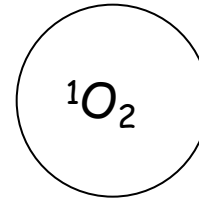
I microrganismi "aerobi" che hanno bisogno di ossigeno



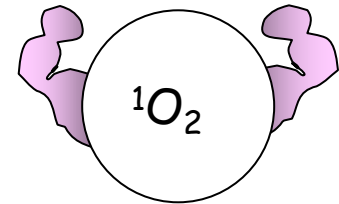
Hanno dovuto anche evolvere strategie di difesa nei confronti delle sue forme tossiche

$^3\text{O}_2$ (ossigeno tripletto) è il normale stato di base dell'ossigeno

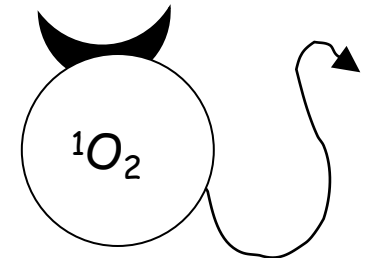
Durante molte reazioni foto o bio-chimiche, può prodursi ossigeno singoletto ($^1\text{O}_2$)



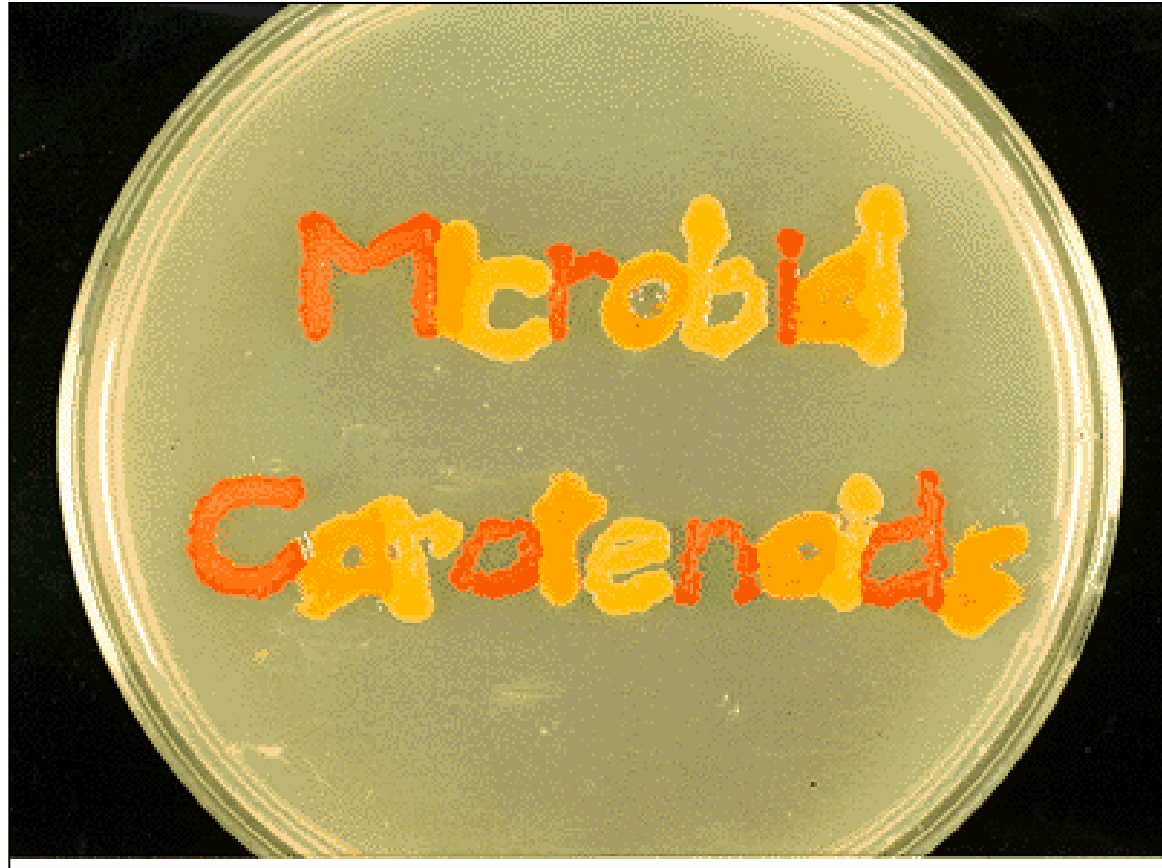
La forma singoletto ha una maggiore energia e una grande reattività



Molto tossica
(provoca reazioni incontrollate)



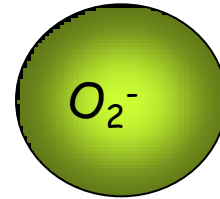
L'ossigeno singoletto è prodotto spesso in ambienti fortemente illuminati



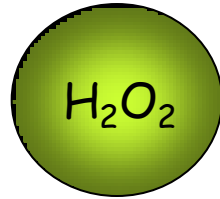
I microrganismi che vivono in ambienti dove sono esposti alla presenza di ossigeno singoletto producono spesso pigmenti carotenoidi

ALTRE FORME TOSSICHE

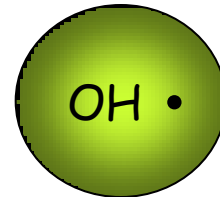
Anione superossido



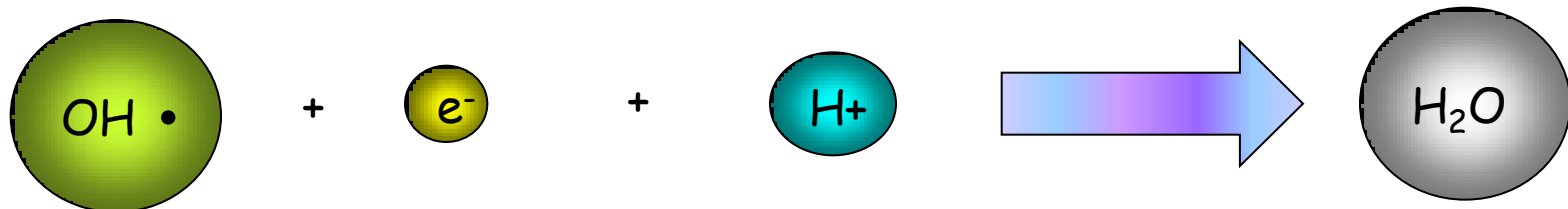
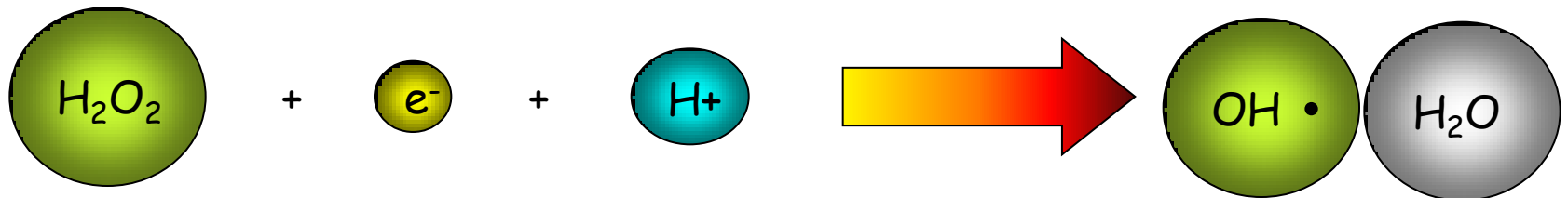
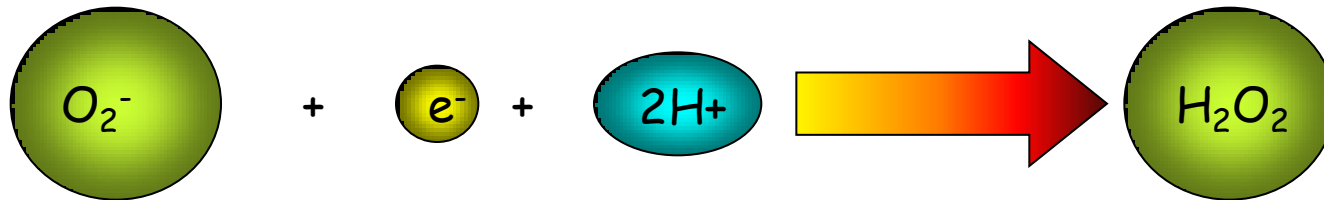
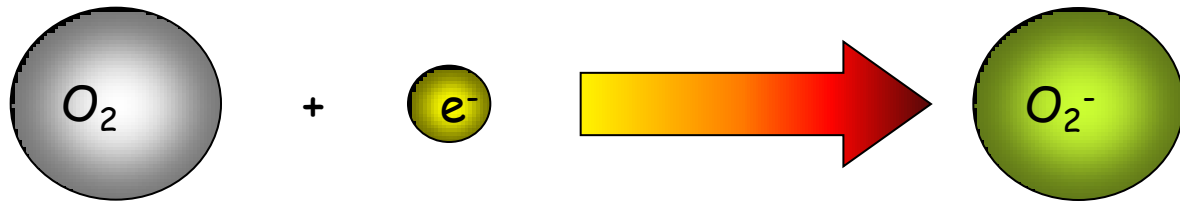
Perossido di idrogeno (H_2O_2)



Radicale idrossile

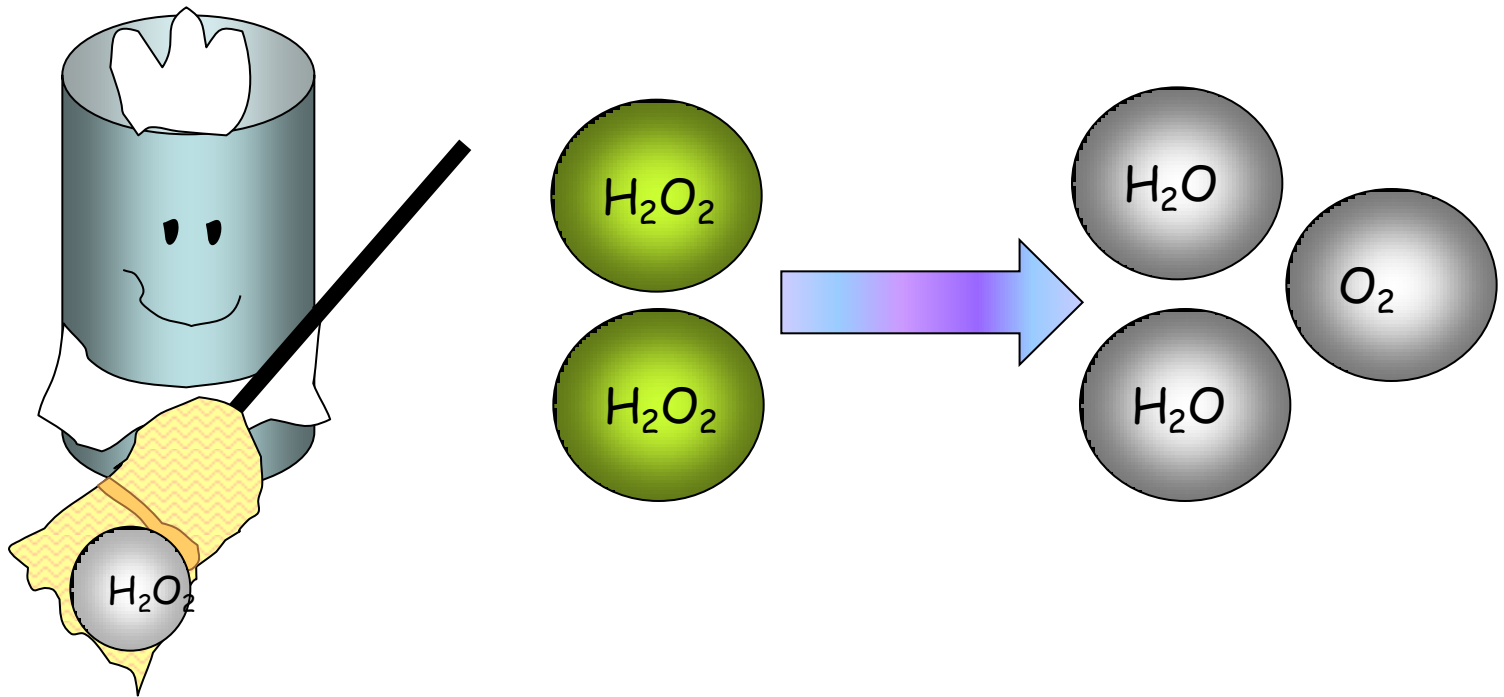


Queste forme tossiche sono prodotte durante la riduzione dell'ossigeno molecolare a H_2O (respirazione)



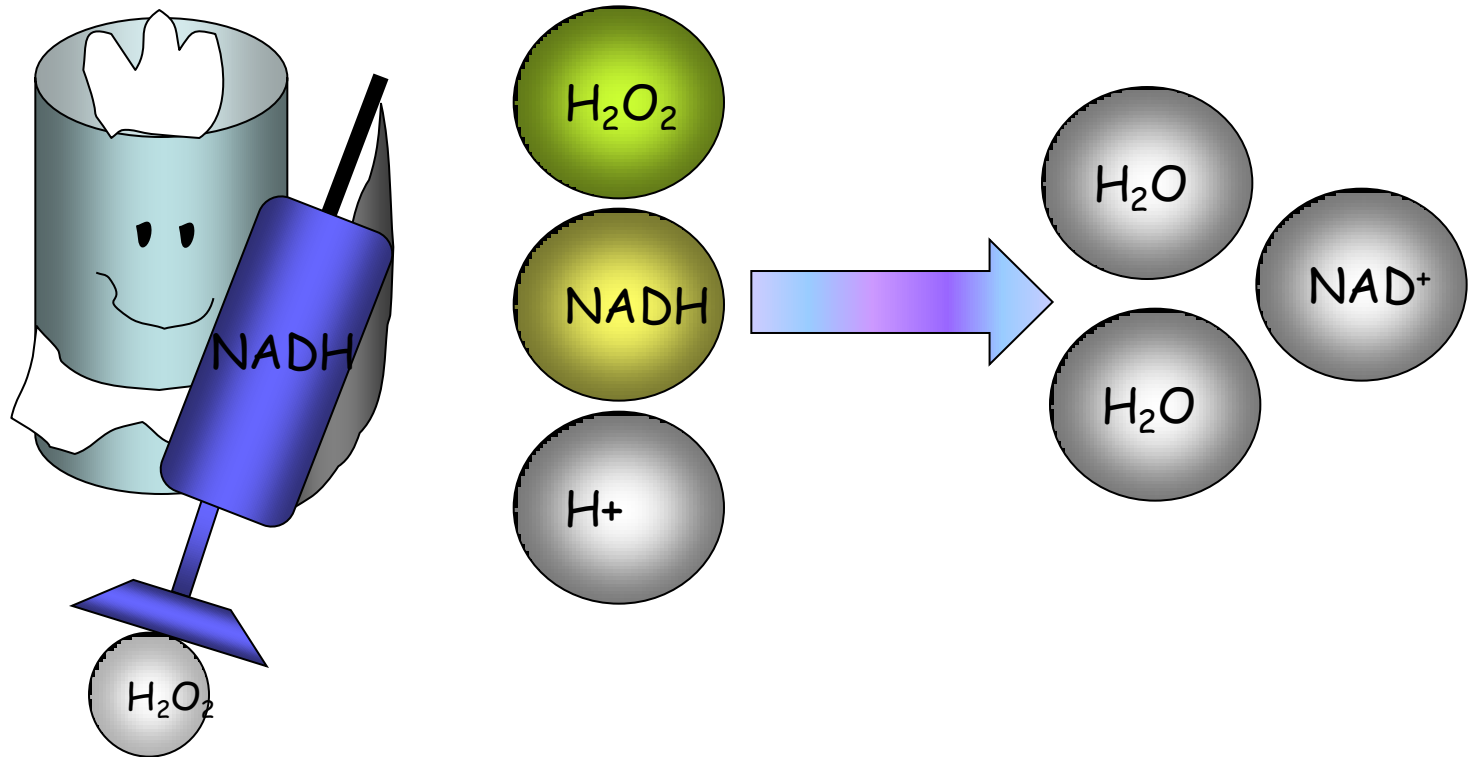
La detossicazione è affidata a enzimi che eliminano
il perossido di idrogeno

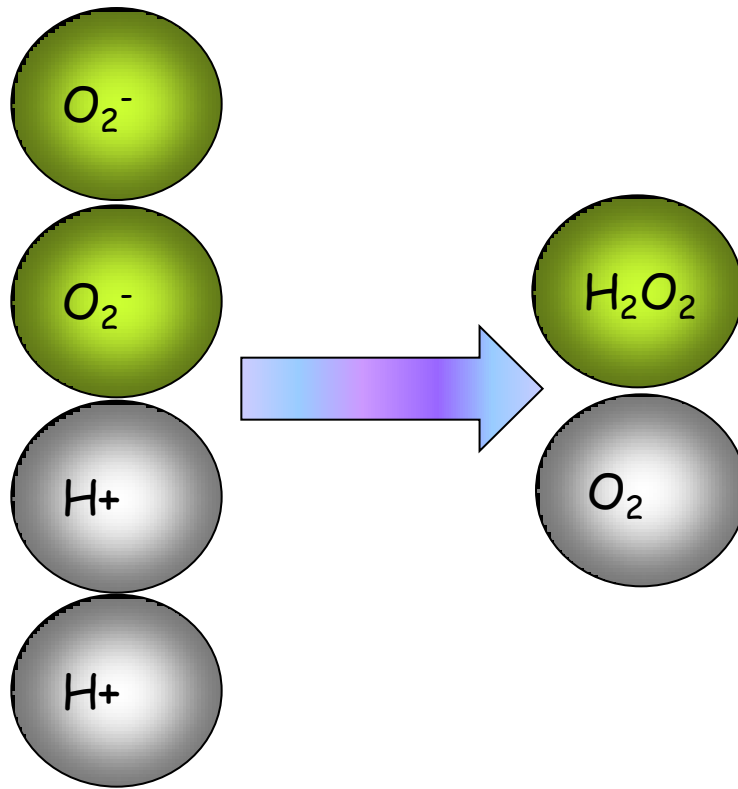
catalasi



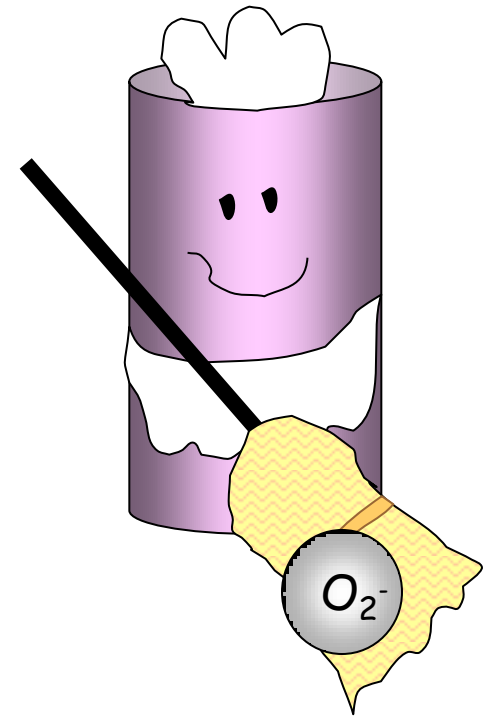
Le perossidasi hanno bisogno di cofattori riducenti

perossidasi





superossidodismutasi



Contro il prodotto più tossico, il radicale ossidrile ($OH\cdot$) non ci sono enzimi ma la rimozione di H_2O_2 ne previene la formazione

La produzione di energia serve anche a costruire le componenti della cellula batterica

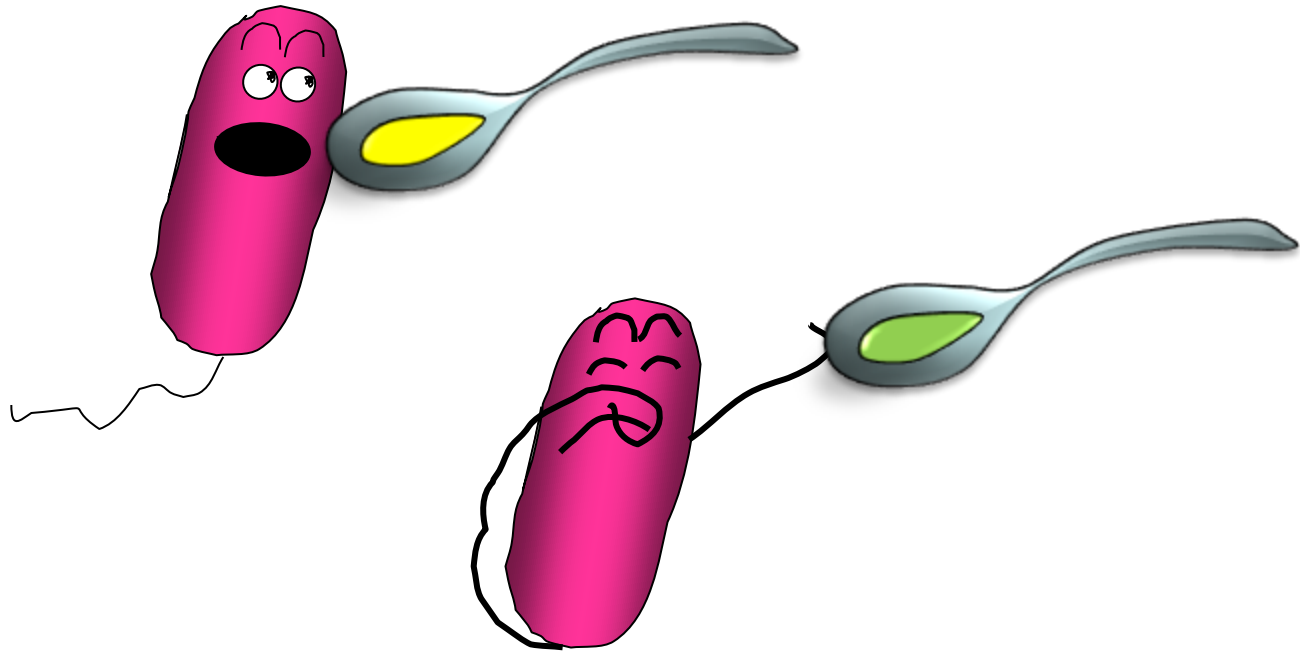
Oltre all'energia sono necessari i "nutrienti"



Le tecniche di coltivazione in
coltura axenica

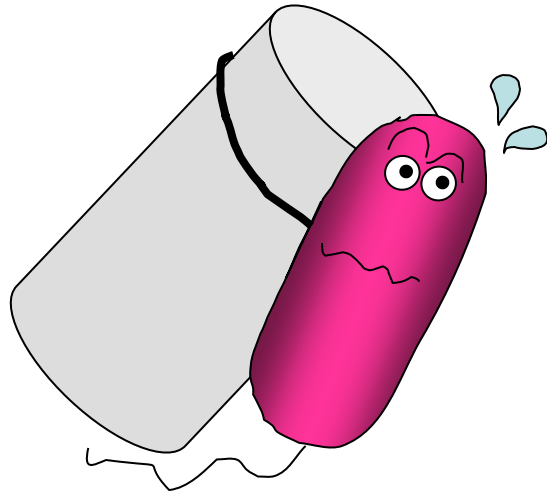
Usando terreni chimicamente definiti

ci hanno permesso di comprendere le esigenze
nutrizionali di diverse specie microbiche

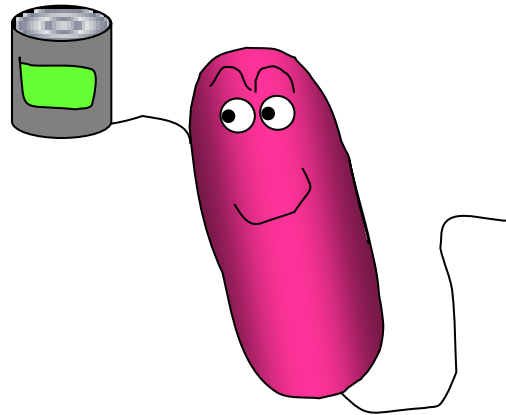


A seconda della quantità richiesta le sostanze si dividono in

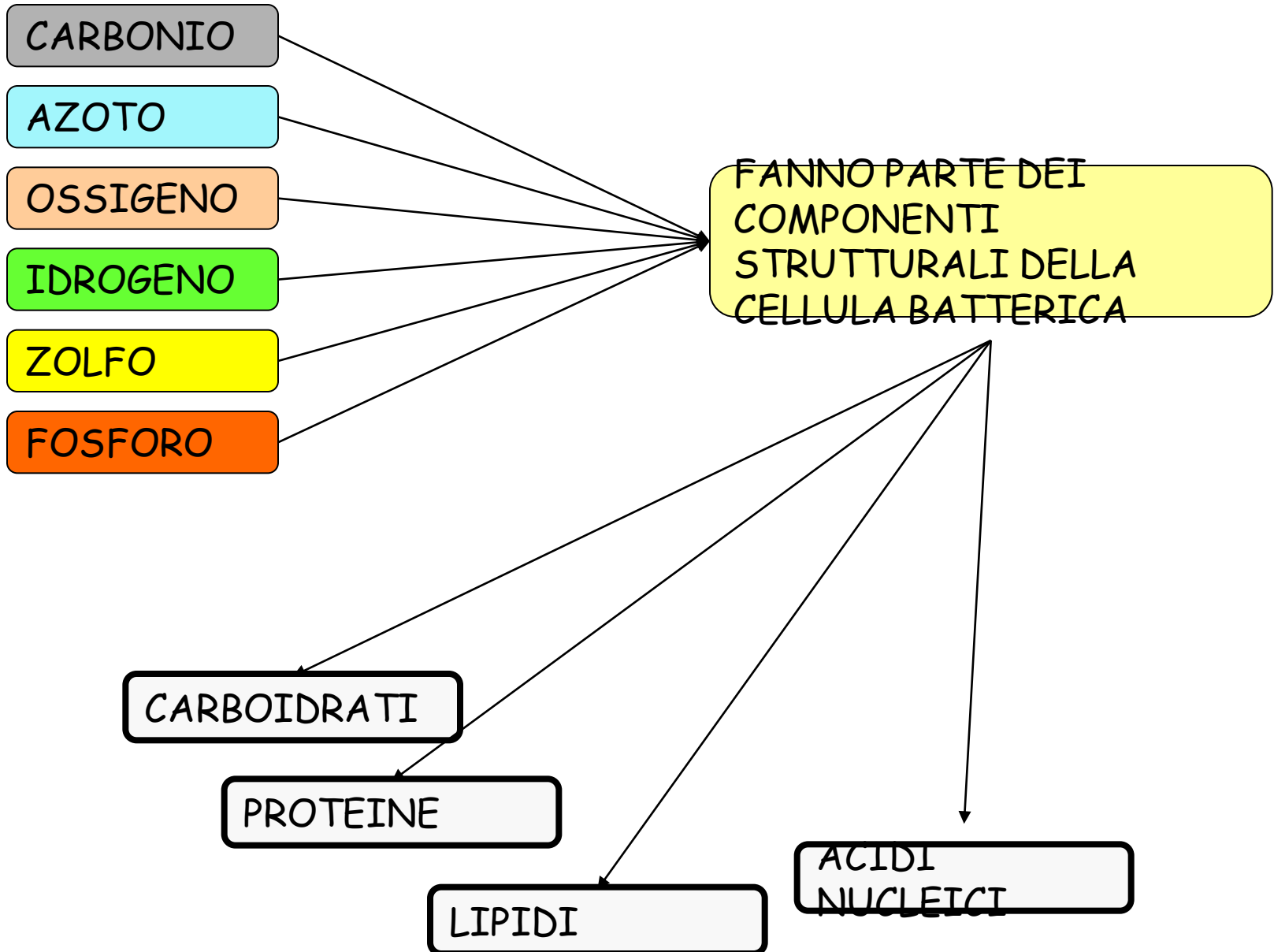
MACRONUTRIENTI



micronutrienti



MACRONUTRIENTI -1



MACRONUTRIENTI -2

POTASSIO

- ❖ NECESSARIO A TUTTI
- ❖ ATTIVA ENZIMI

MAGNESIO

- ❖ NECESSARIO A TUTTI
- ❖ COFATTORE PER ENZIMI
- ❖ STABILIZZA RIBOSOMI,
- ❖ MEMBRANA , ACIDI NUCLEICI

FERRO

- ❖ NECESSARIO A TUTTI
- ❖ COSTITUENTE DI CITOCROMI
- ❖ COSTITUENTE DI ENZIMI

SODIO

- ❖ NECESSARIO- MA NON A TUTTI
(ORGANISMI MARINI)

CALCIO

- ❖ NECESSARIO MA NON A TUTTI
- ❖ STABILIZZA LA PARETE
- ❖ COMPONENTE DELLE ENDOSPORE

MICRONUTRIENTI

COBALTO

SINTESI DI VITAMINA B12

ZINCO

IN METALLOENZIMI E ALTRE
PROTEINE

MOLIBDENO

NELLA NITROGENASI E ALTRI
ENZIMI AZOTO-RIDUTTORI

RAME

IN ENZIMI DELLA RESPIRAZIONE

MANGANESE

ATTIVATORE DI ENZIMI

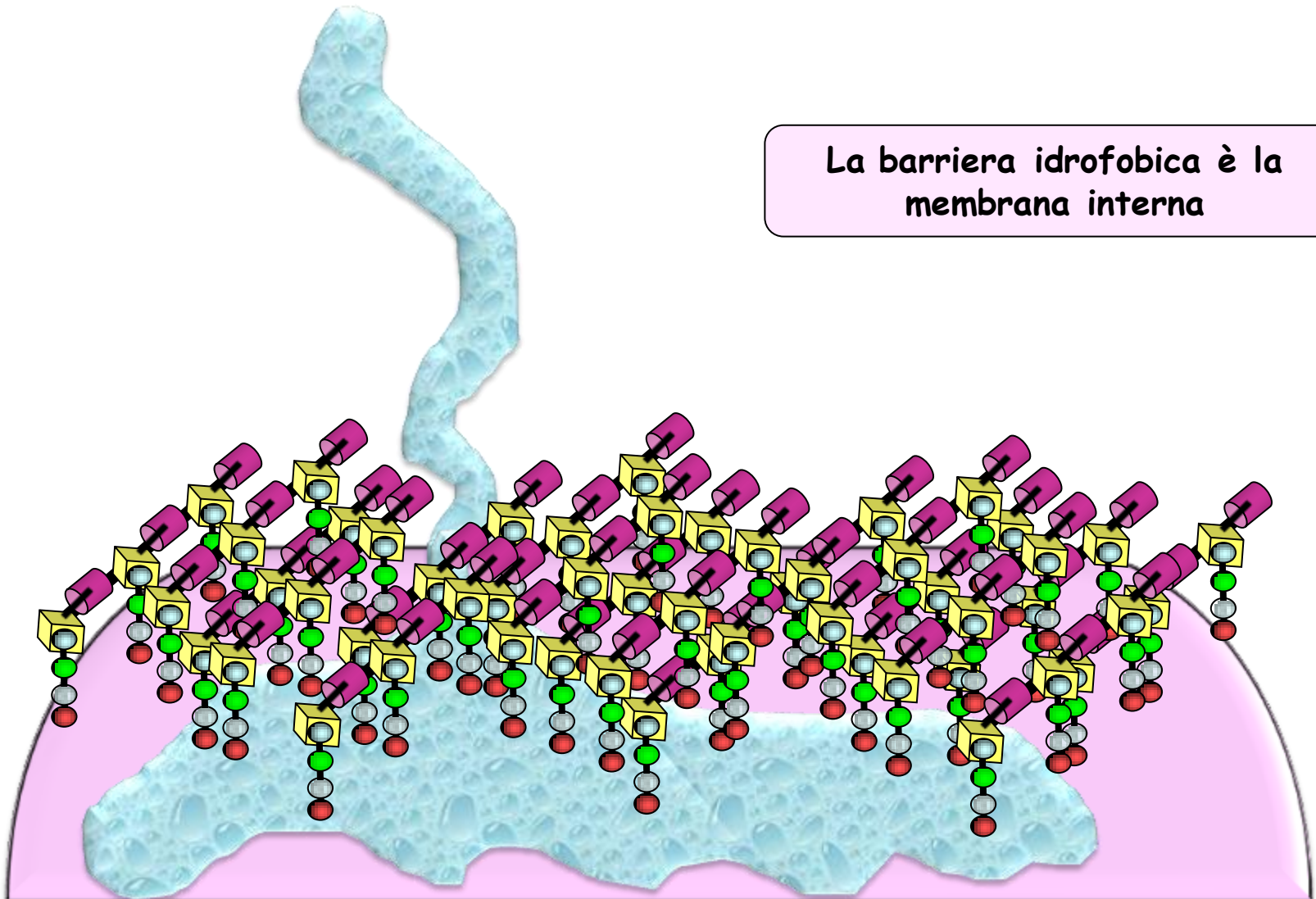
NICKEL

NELLE IDROGENASI

monodermi

Il reticolo di peptidoglicano lascia
passare acqua e soluti

La barriera idrofobica è la
membrana interna



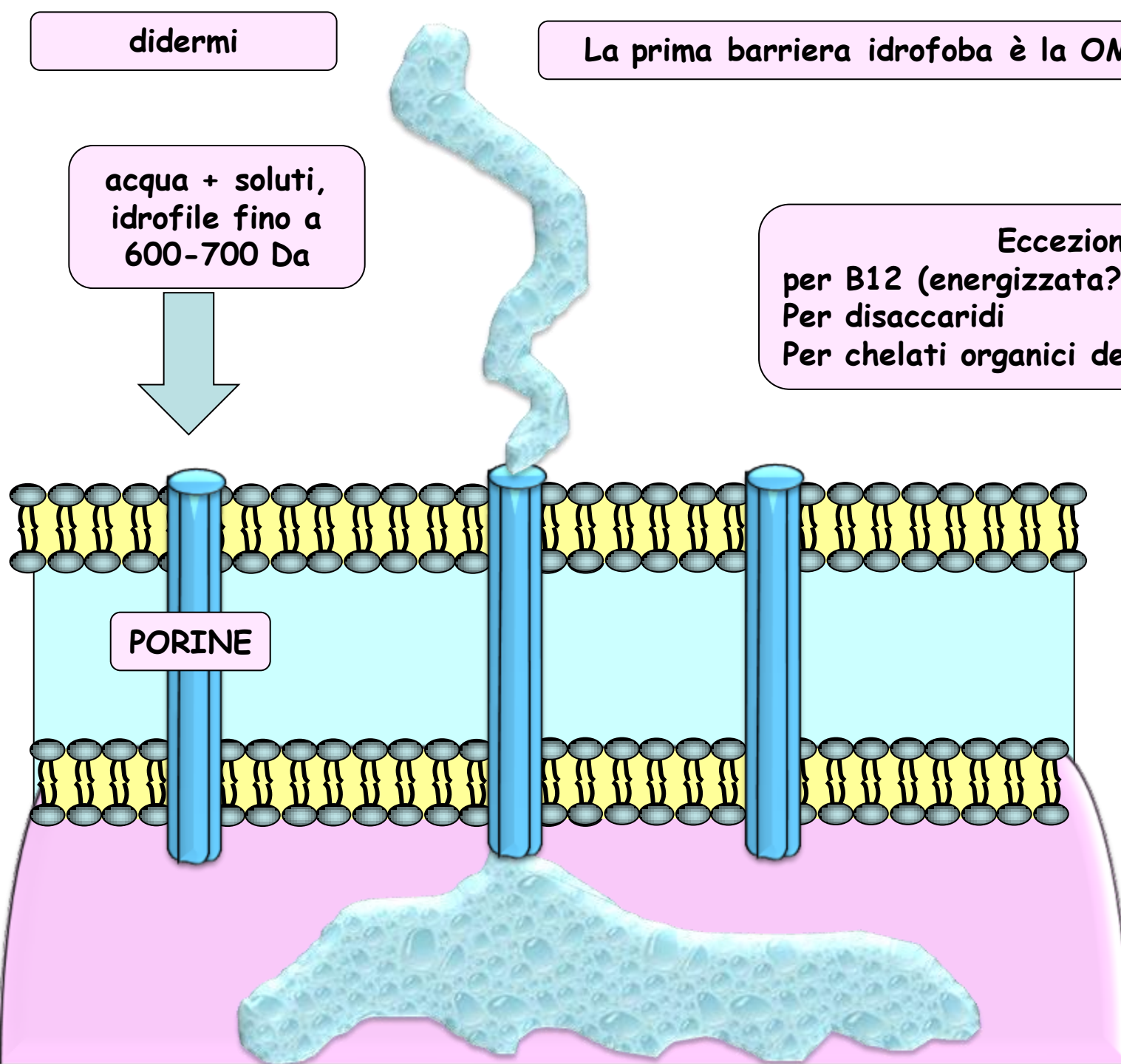
didermi

La prima barriera idrofoba è la OM

acqua + soluti,
idrofile fino a
600-700 Da

Eccezioni:
per B12 (energizzata?)
Per disaccaridi
Per chelati organici del ferro

PORINE



**Le molecole idrofobe e quelle idrofile di grandi dimensioni
devono essere trasportate attraverso IM**

TRASPORTO PASSIVO
Lungo il gradiente

DIFFUSIONE SEMPLICE

DIFFUSIONE FACILITATA

SISTEMA PTS
(traslocazione di gruppo)
Il substrato è modificato:
Non c'è gradiente

TRASPORTO ATTIVO
Contro gradiente
Non modifica il substrato

ASSOCIATO A IONI

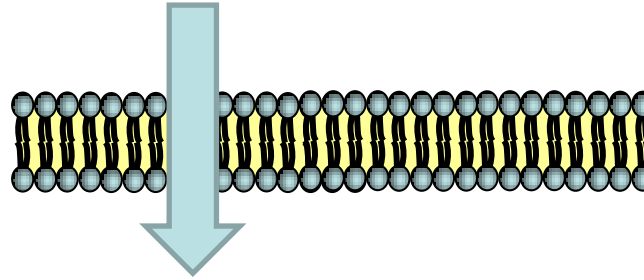
ABC

DIFFUSIONE SEMPLICE

POCHI NUTRIENTI



O_2 CO_2 H_2O



DIFFUSIONE FACILITATA

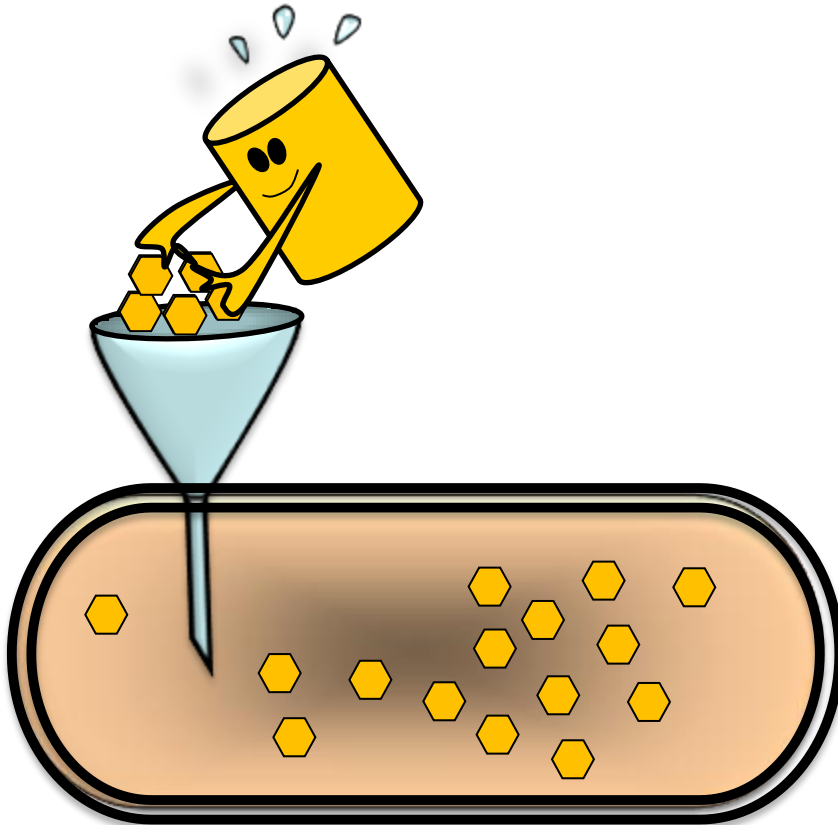
da permeasi situate nella
membrana plasmatica



TRASPORTO ATTIVO

trasportatori "ABC"
(**A**TP-**B**inding **C**assette)

ASSOCIATO A IONI

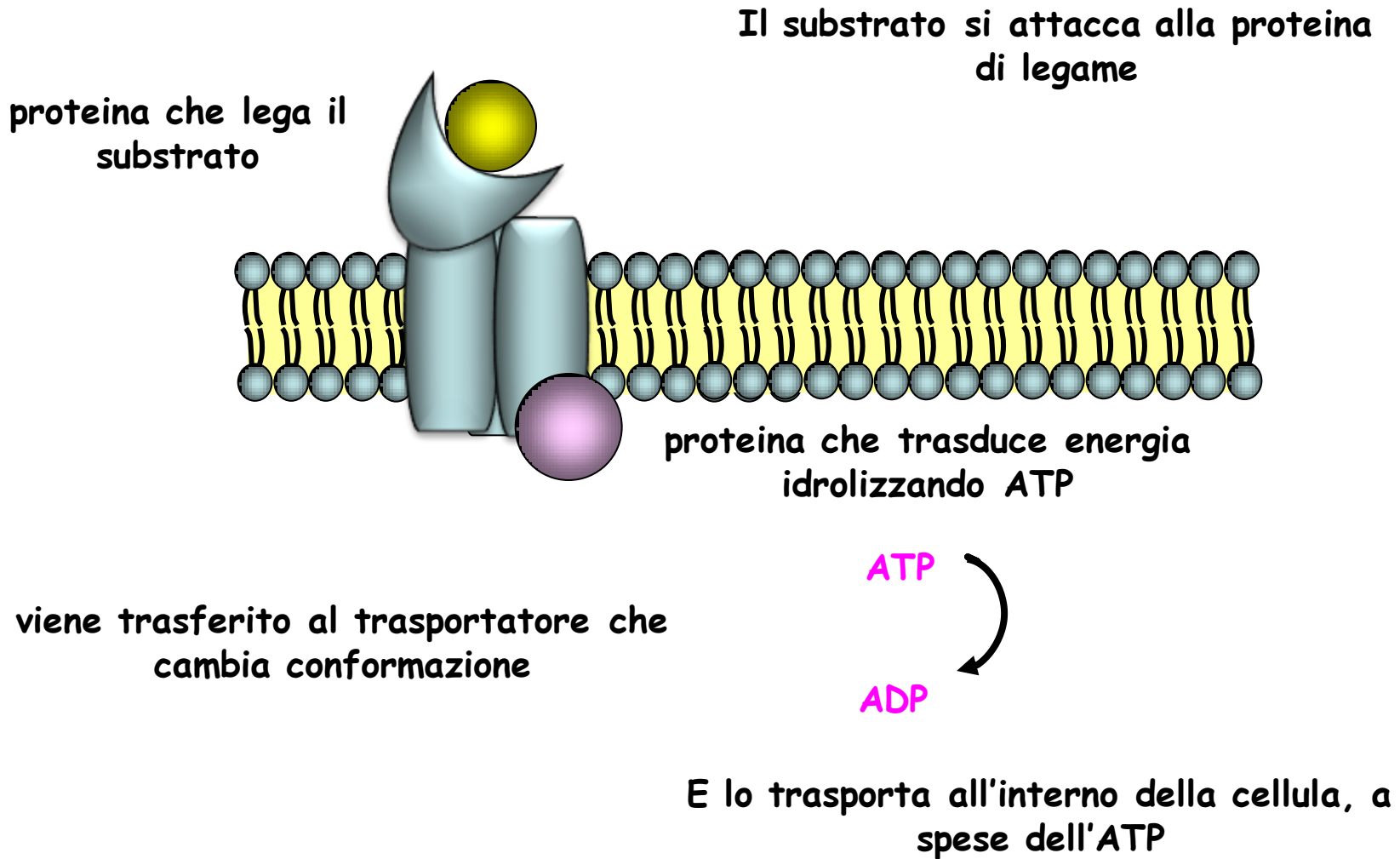


SPENDE ENERGIA

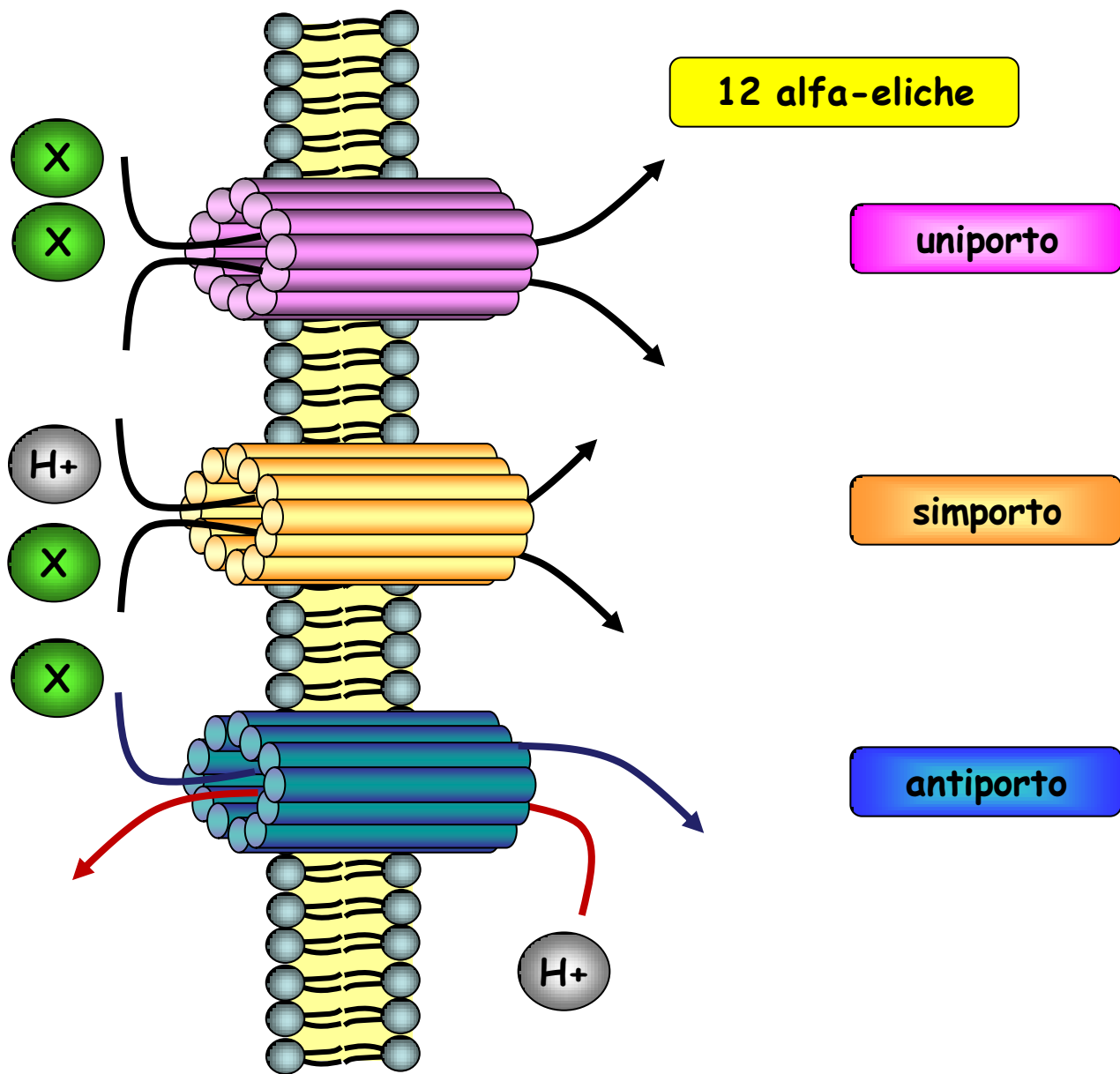
NON MODIFICA IL SOLUTO

DESTINATO AI SOLUTI DA
ACCUMULARE NEL CITOPLASMA

TRASPORTATORI "ABC"

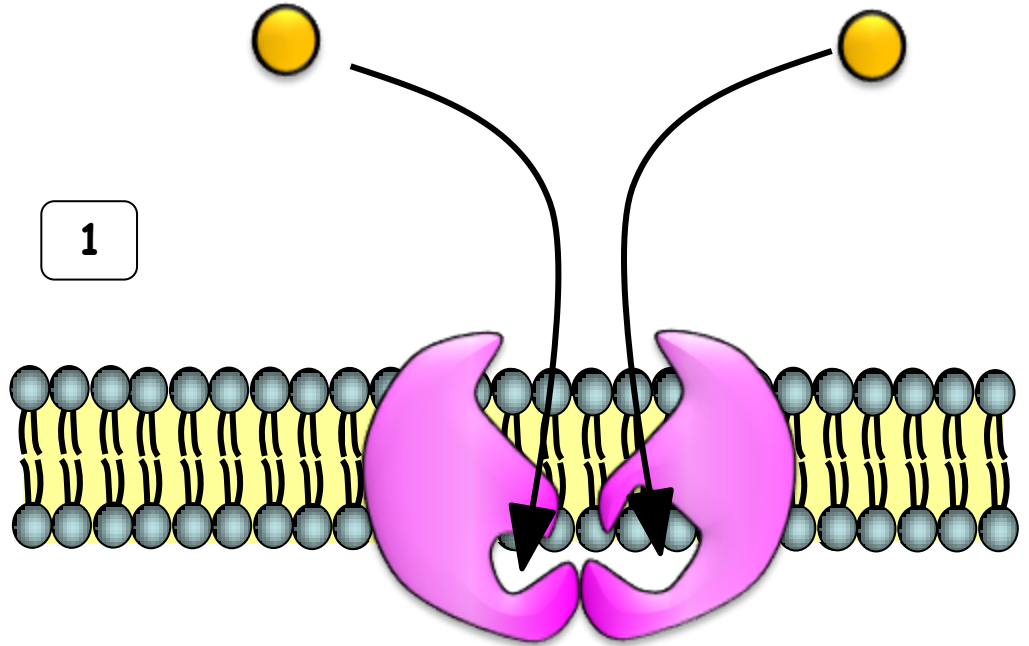


trasportatori ABC: transmembranari
(sfruttano l'energia di membrana)

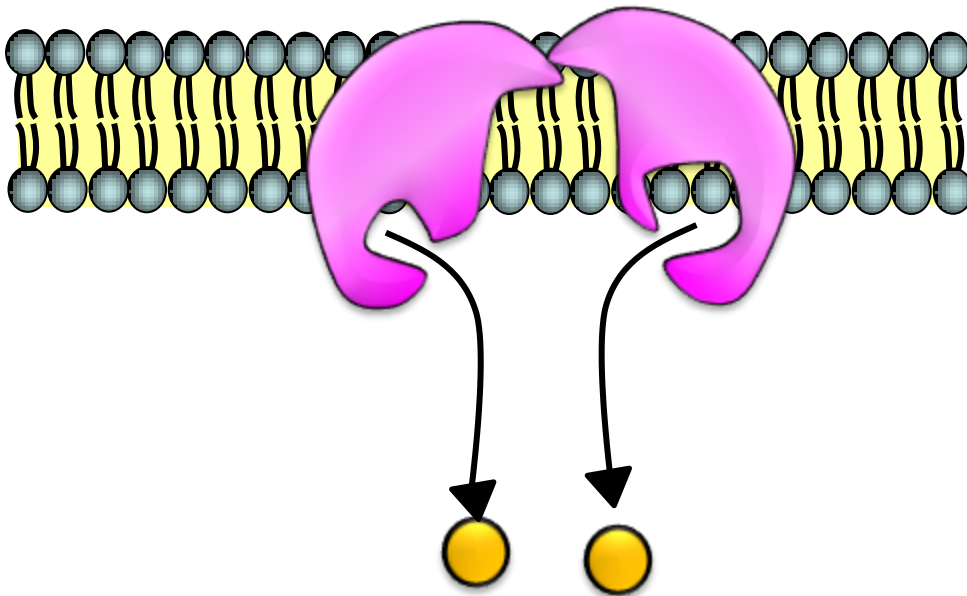


UNIPORTO

1

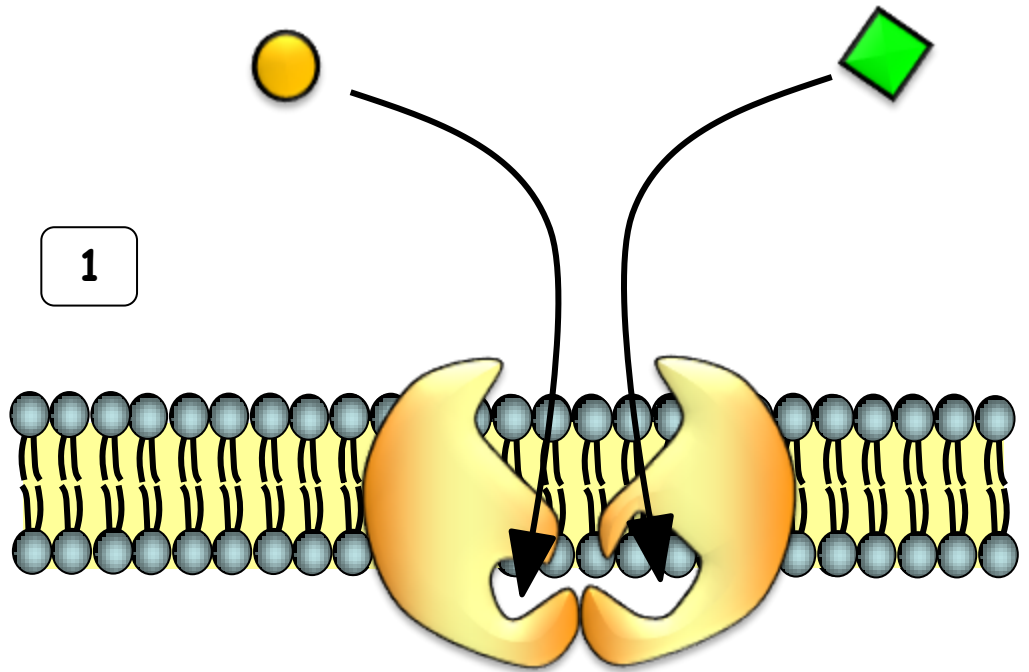


2

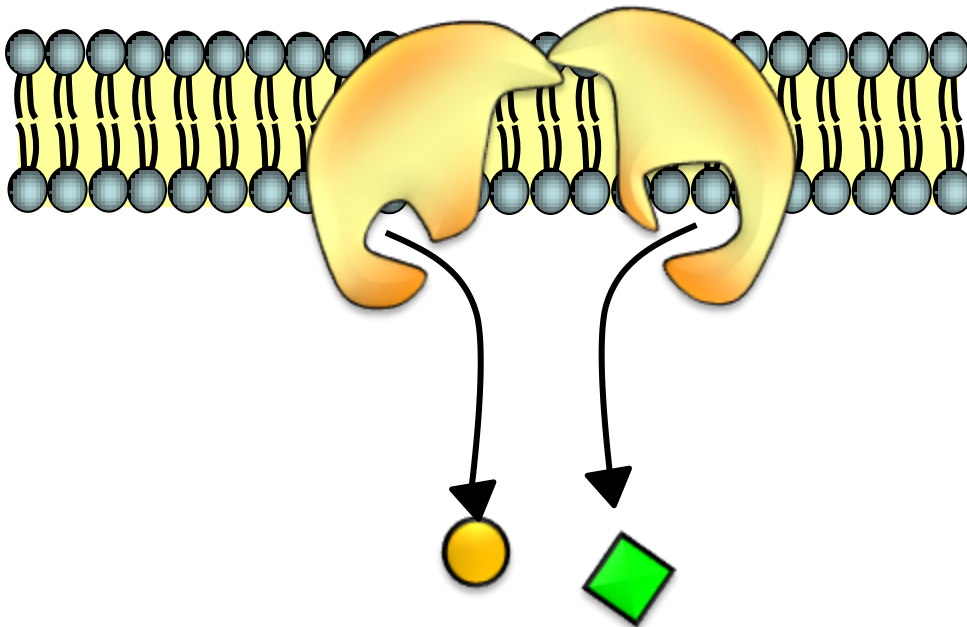


SIMPORTO

1

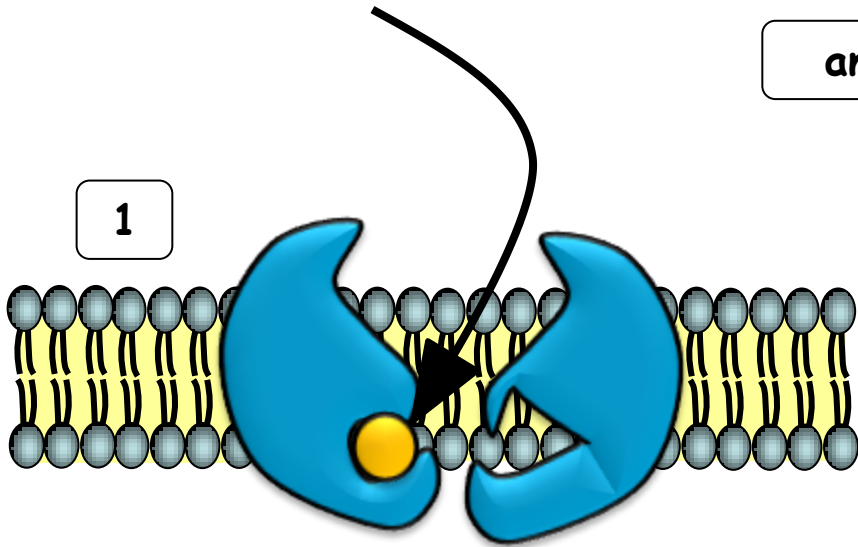


2

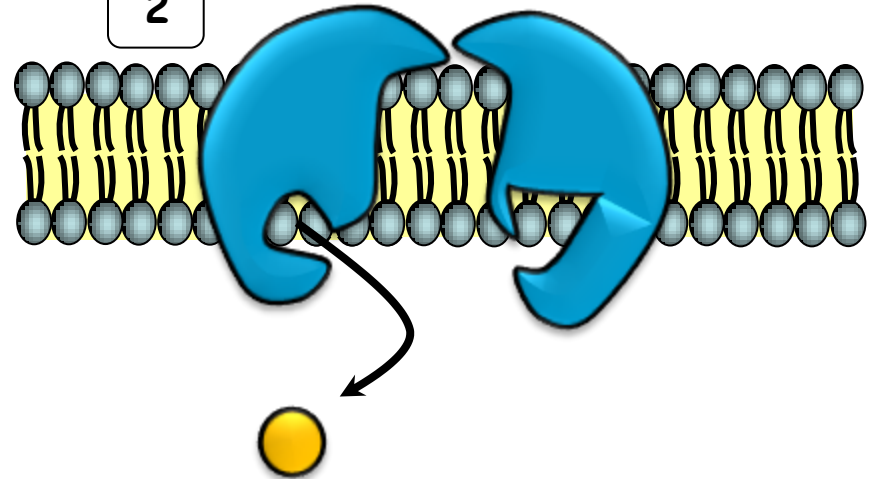


antiporto

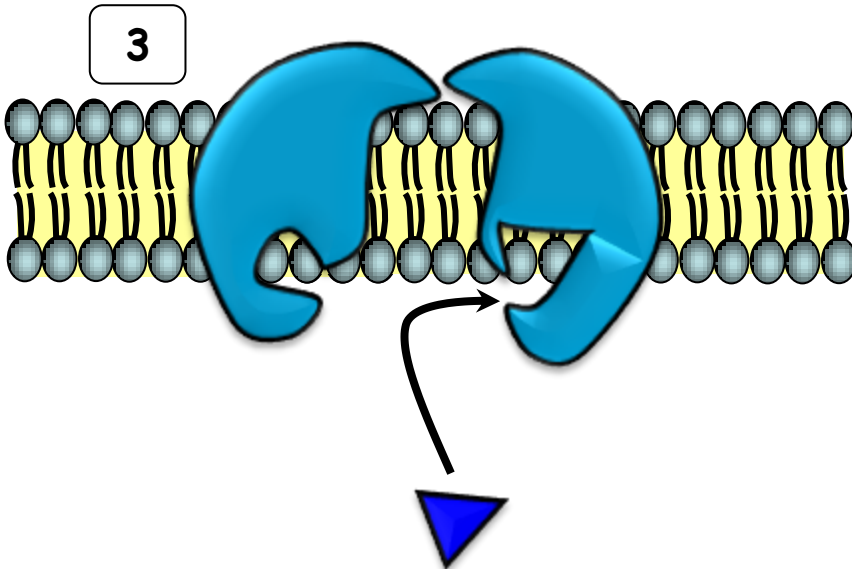
1



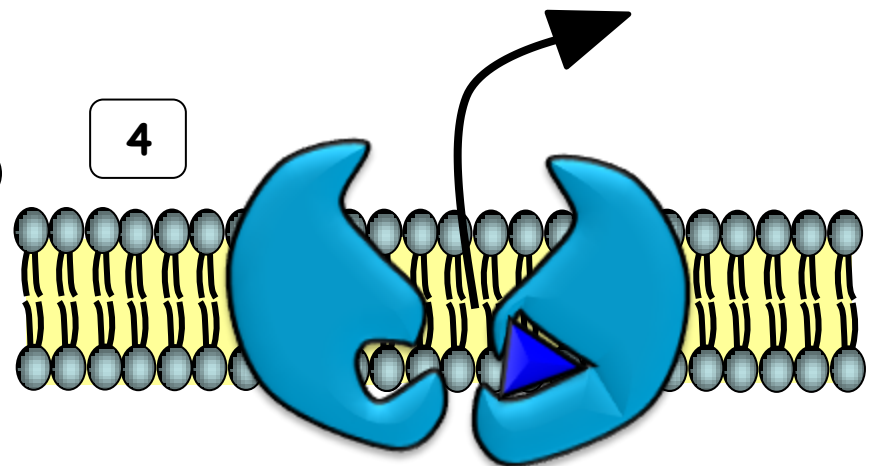
2



3



4

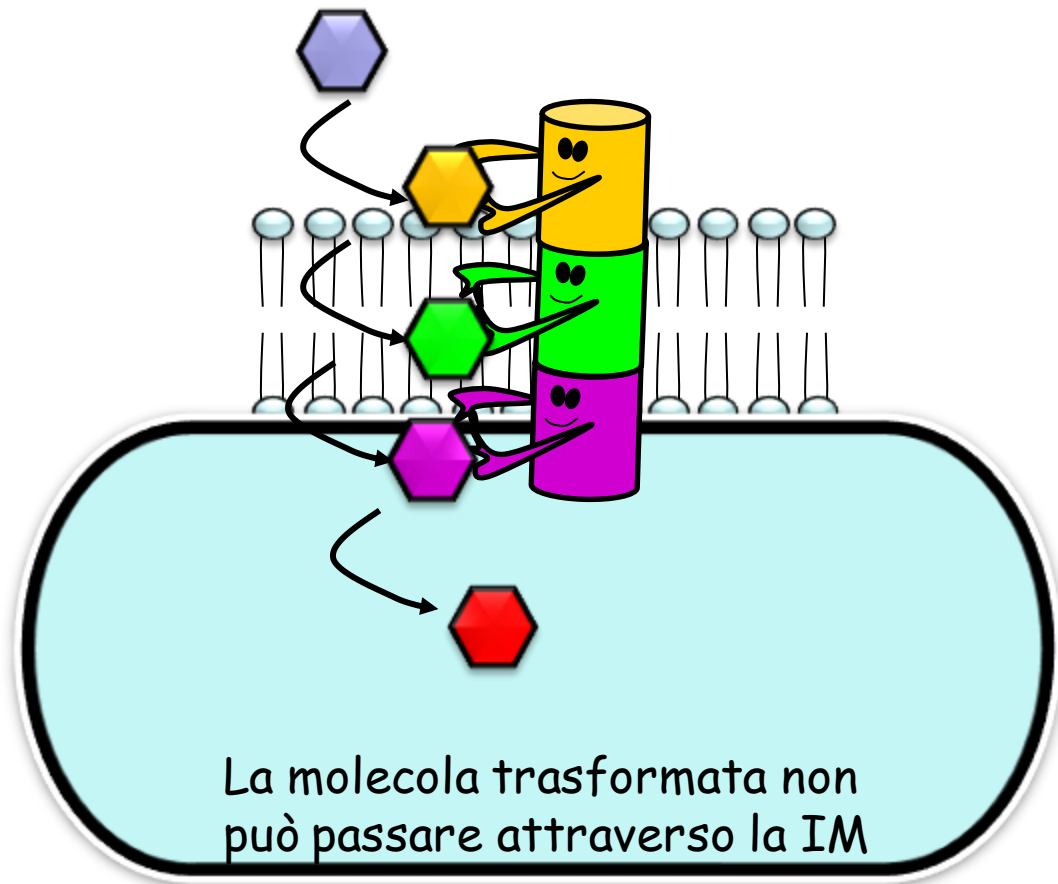


PER TRASLOCAZIONE DI GRUPPO (sistema PTS)

non c'è gradiente: la molecola all'interno della
cellula è diversa da quelle all'esterno

effettuata da proteine
(fosfotransferasi) localizzate
nella membrana

CHE MODIFICANO
(FOSFORILANO)
IL SUBSTRATO DURANTE IL
TRASPORTO



Il ferro è essenziale per quasi tutti i microrganismi



Ma in alcuni ambienti è molto scarso

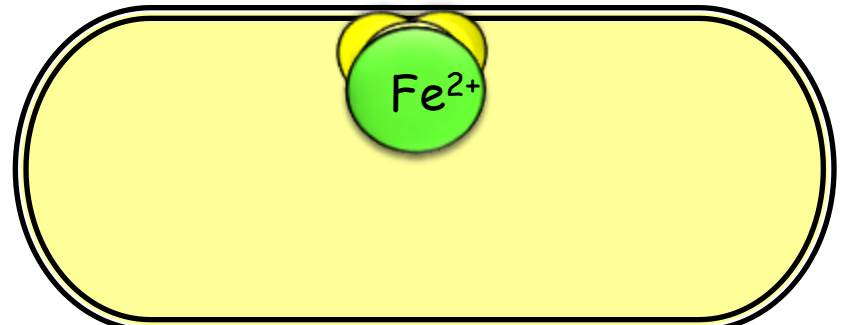
Per esempio in mare è quasi assente: i batteri marini hanno **SIDEROFORI** estremamente efficienti

molecole chelanti, a basso peso molecolare

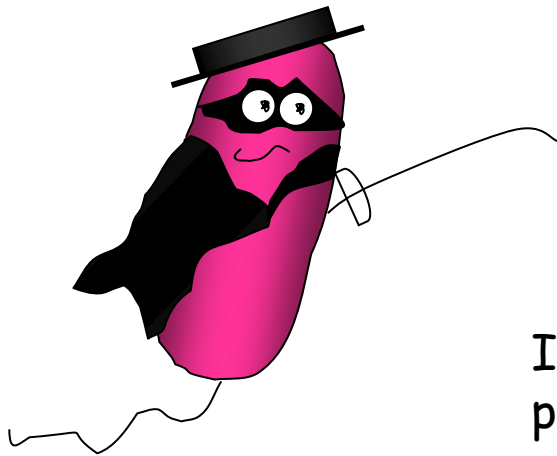
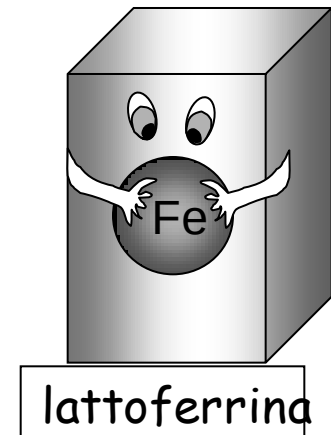
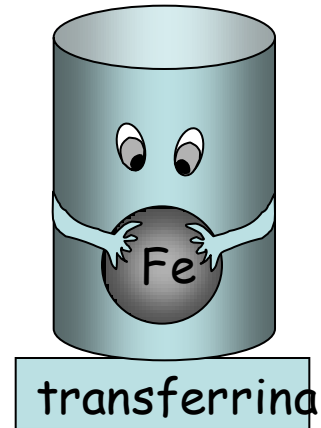
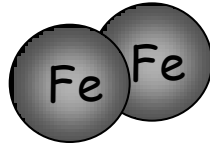
complessano Fe^{3+} e lo cedono a un recettore proteico per l'ingresso nella cellula



dove viene ridotto a Fe^{2+}



in altri ambienti è molto ben protetto



I batteri patogeni devono riuscire a strappare il ferro a proteine eucariotiche, con altissima affinità

SECREZIONE

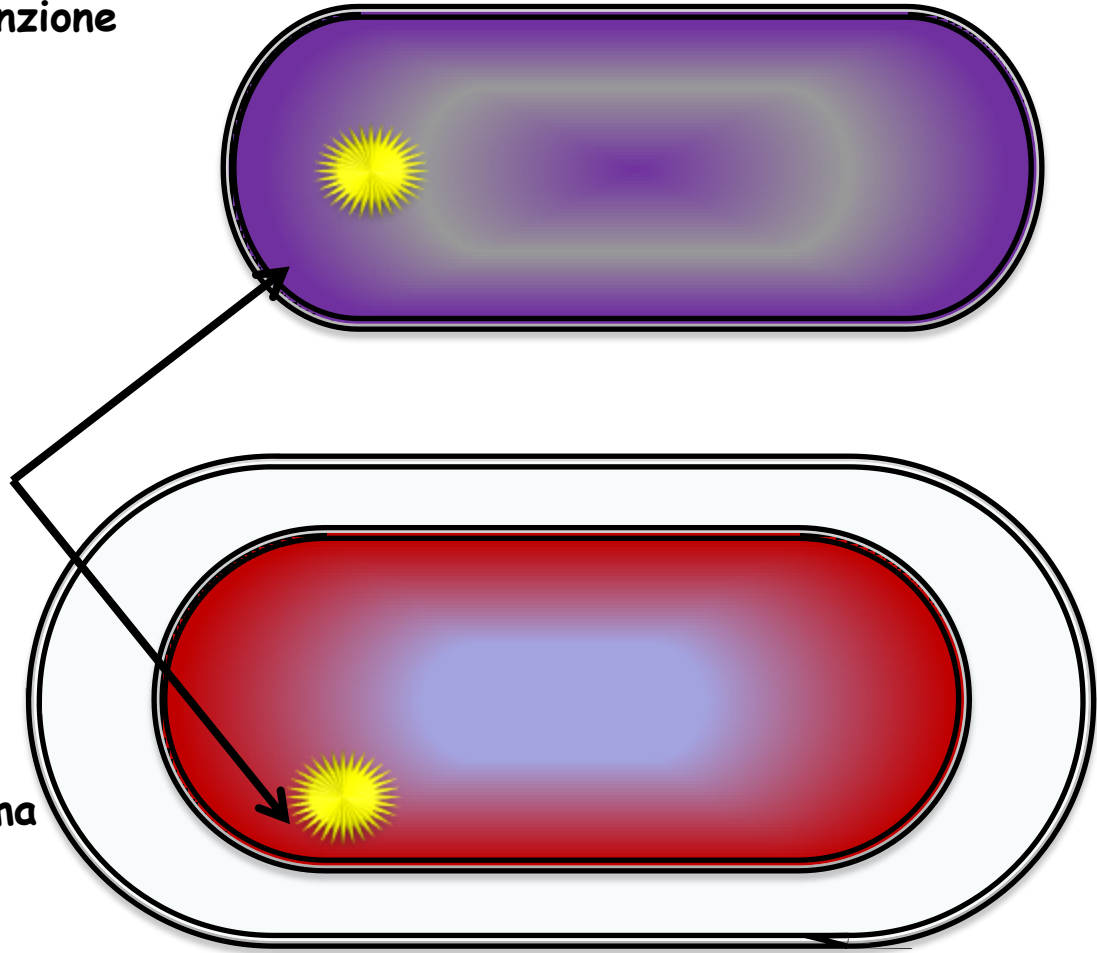
Molte proteine devono poter essere uscire dalla cellula per svolgere la loro funzione

Far passare loro la membrana citoplasmatica è compito dei sistemi di secrezione

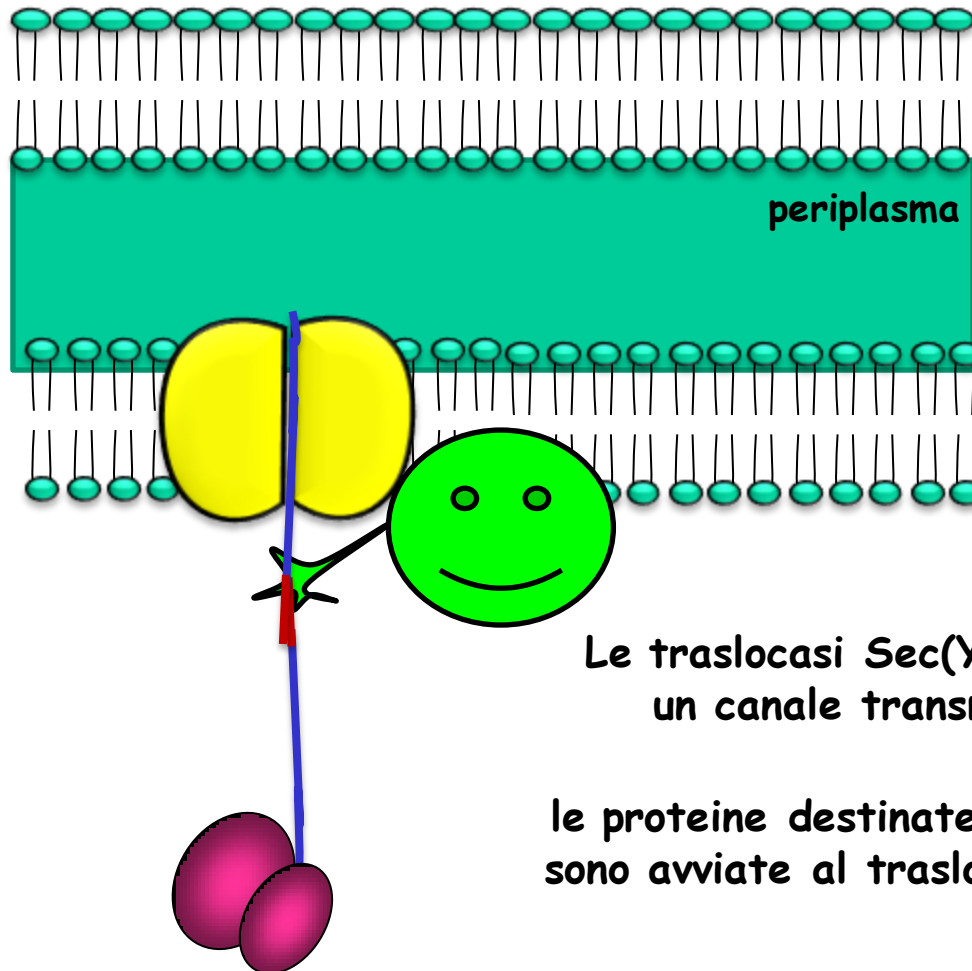
- SEC (sistema generale di traslocazione)
- TAT /twin arginine traslocase

Esterno

Periplasma



SEC: già prima della fine della traduzione, la preproteina è legata da una chaperonina (SecB) e raggiunge l'apparato Sec in conformazione idonea alla traslocazione



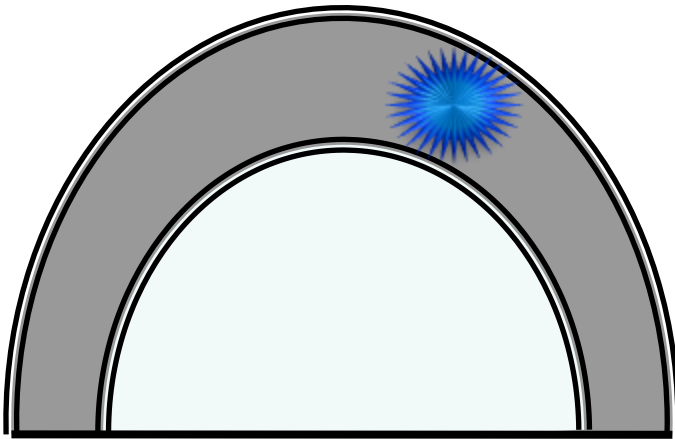
Le traslocasi Sec(YEG) formano
un canale transmembrana

le proteine destinate alla secrezione
sono avviate al traslocone dalle SRPs

Nei batteri didermi sistemi il passaggio attraverso la membrana esterna è mediato da sistemi di secrezione specializzati dipendenti o meno da Sec/Tat

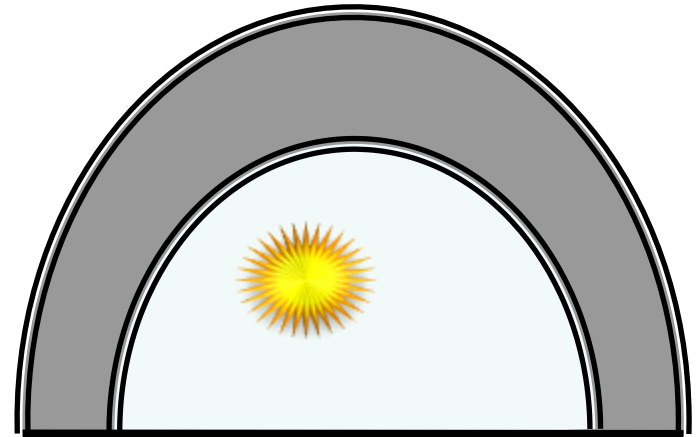
SEC-dipendenti
T2SS, T5SS (T4SS)

Traslocano proteine che
sono state portate al
periplasma da SEC/TAT



SEC-indipendenti
T1SS T3SS (T4SS)

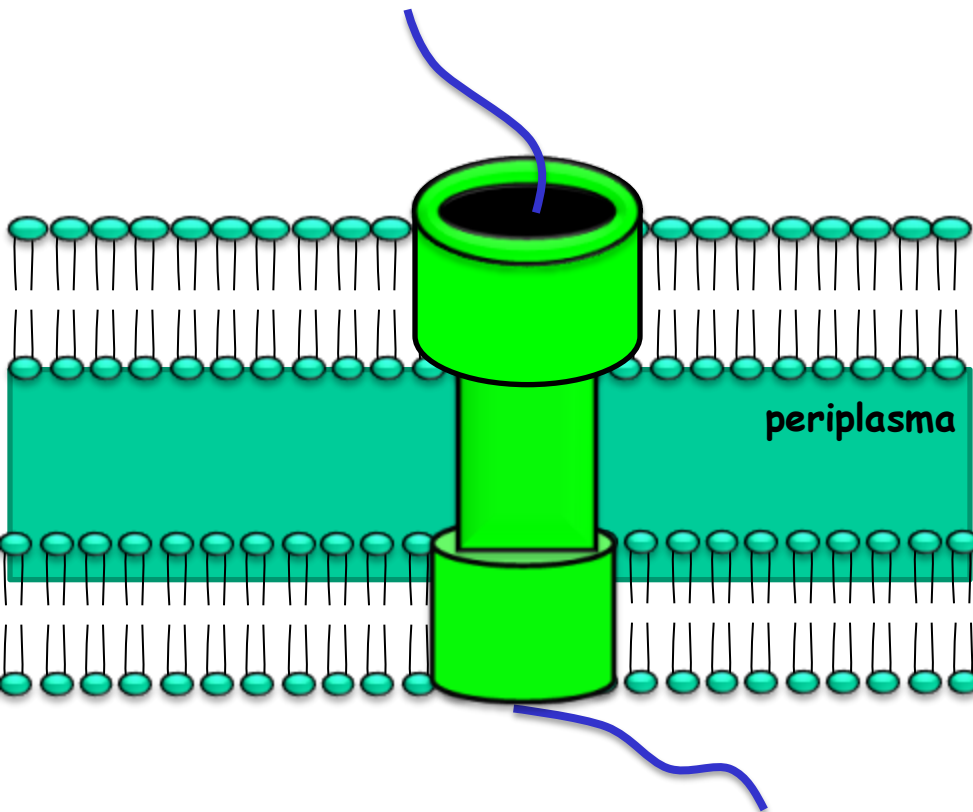
Traslocano proteine
direttamente senza
l'intervento di SEC



T1SS SEC-INDIPENDENTE: le proteine sono trasportate in un singolo passo

forma un canale semplice e continuo che attraversa la IM e la OM

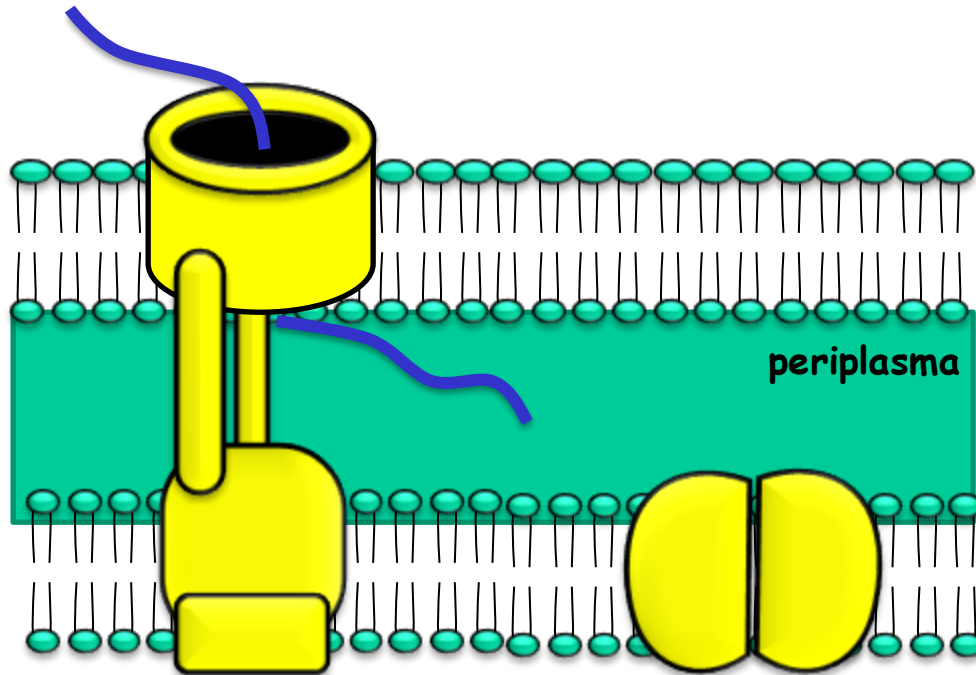
trasporta molecole diverse da ioni
a proteine fino a 900 kDa



un fattore di virulenza esportato
da T1SS è l'emolisina di *E. coli*

T2SS: la proteina viene avviata oltre la membrana esterna da un complesso di 12-14 proteine che formano un poro

La maggior parte delle tossine di tipo A/B è esportata attraverso il sistema di secrezione di tipo II



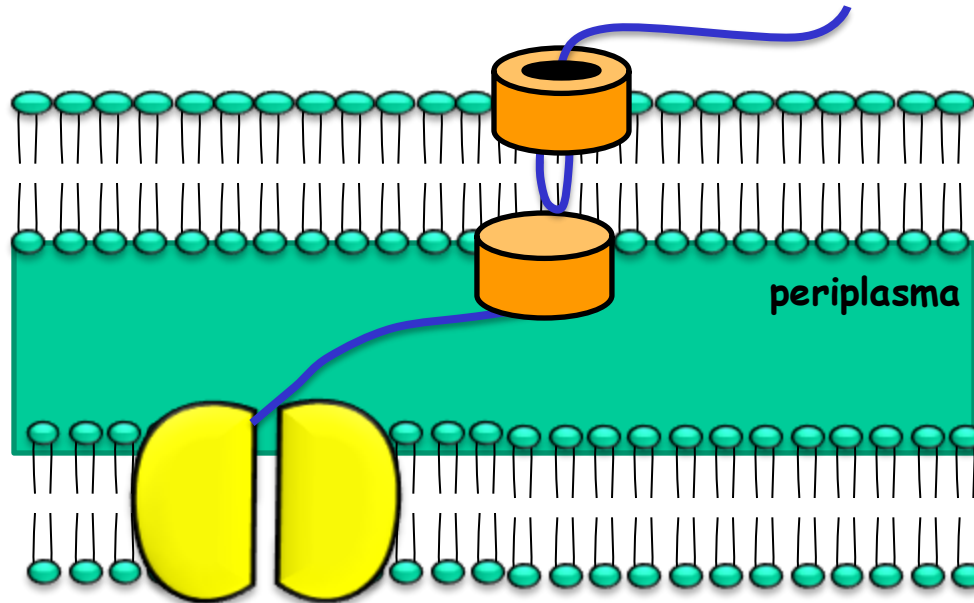
ALTRI SISTEMI DI SECREZIONE SONO TIPICI DEI BATTERI PATOGENI GRAM-NEGATIVI

**T5SS (AUTOTRASPORTATORI) proteine
traslocate da Sec o Tat nel periplasma**

Inseriscono nella OM l'estremità C-terminale

**che permette l'uscita della zona centrale
della proteina (dominio "passeggero")**

**Formando una struttura a "barile"
(beta-barrel)**

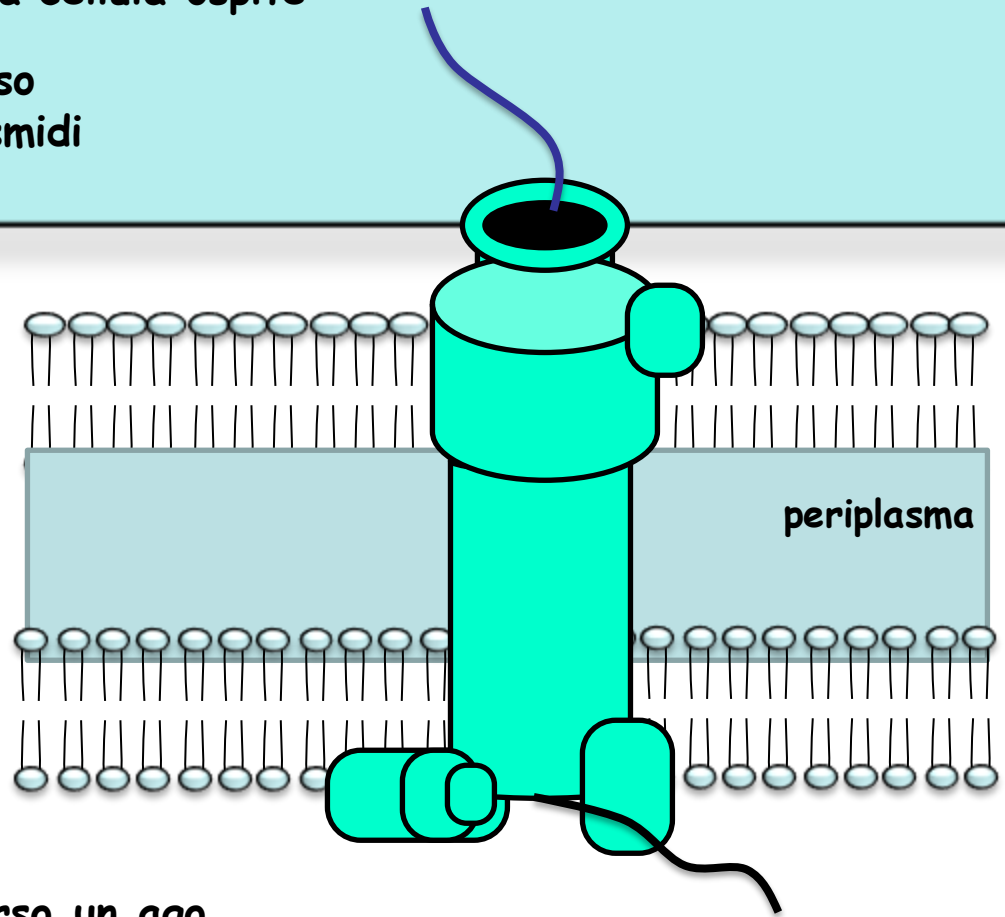


T3SS (SEC-INDIPENDENTE) :
tipico di alcuni patogeni didermi

trasloca le proteine (effettori) non processate,
direttamente nel citoplasma della cellula ospite

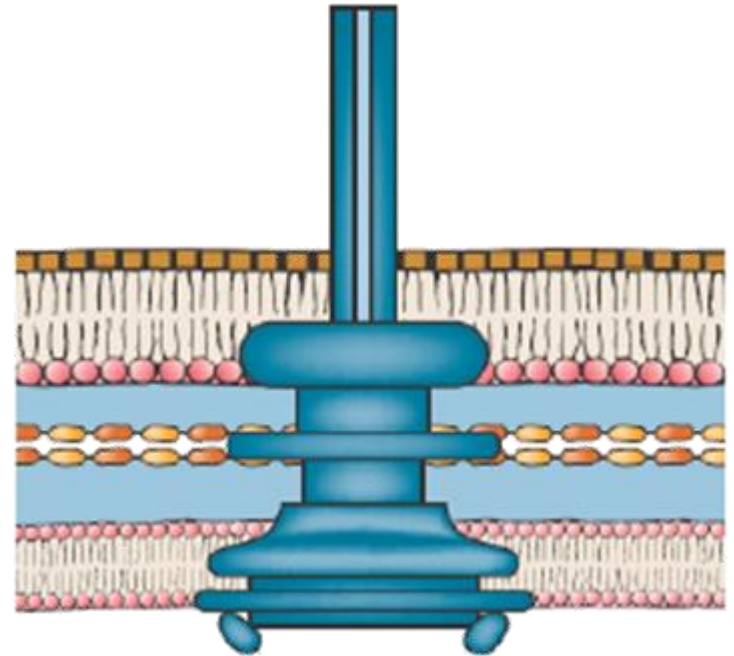
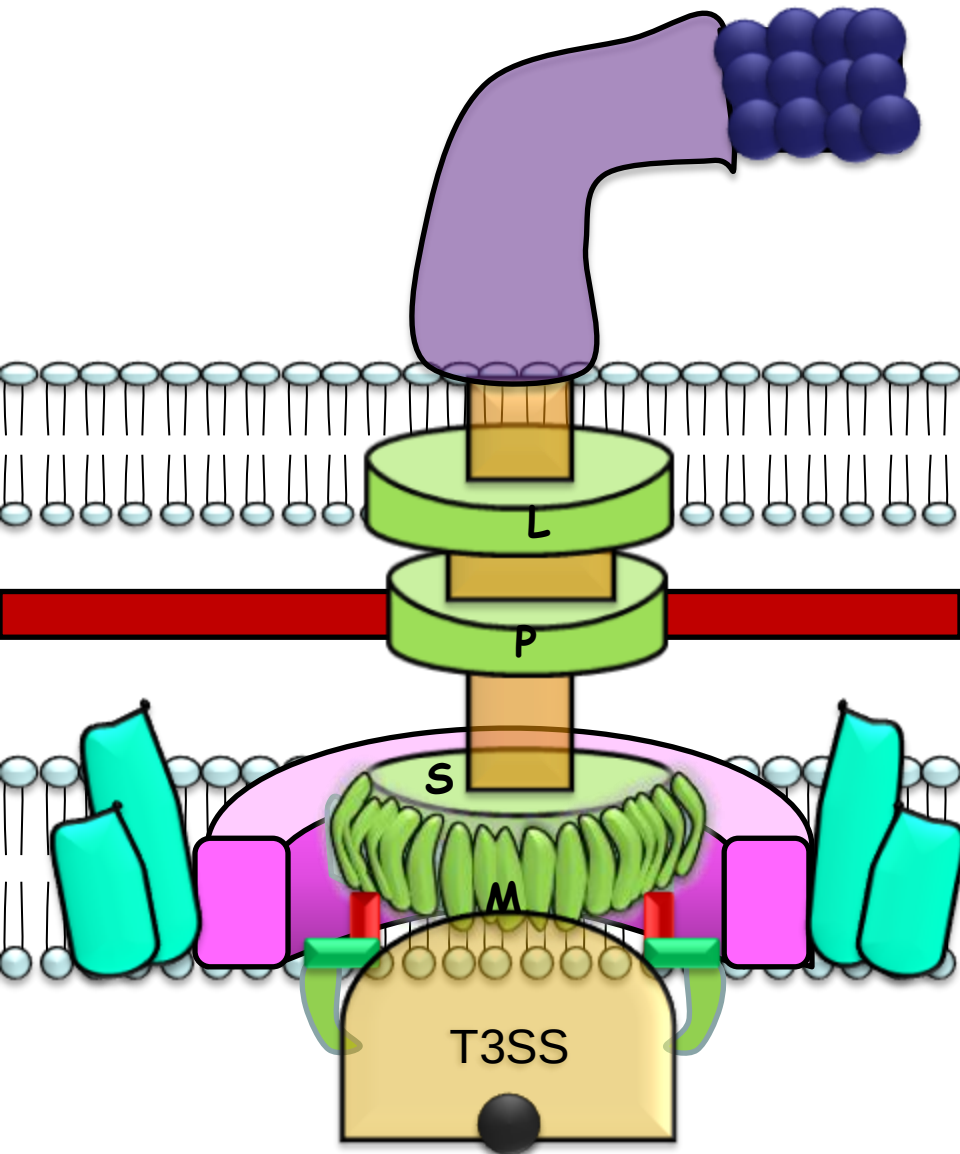
I determinanti si trovano spesso
all'interno di PAI, a volte su plasmidi

i T3SS si attivano al contatto
con la cellula dell'ospite



Gli effettori passano attraverso un ago
macromolecolare formato dalle proteine strutturali

I TTSS si sono evoluti dal sistema di esportazione dei monomeri di flagellina

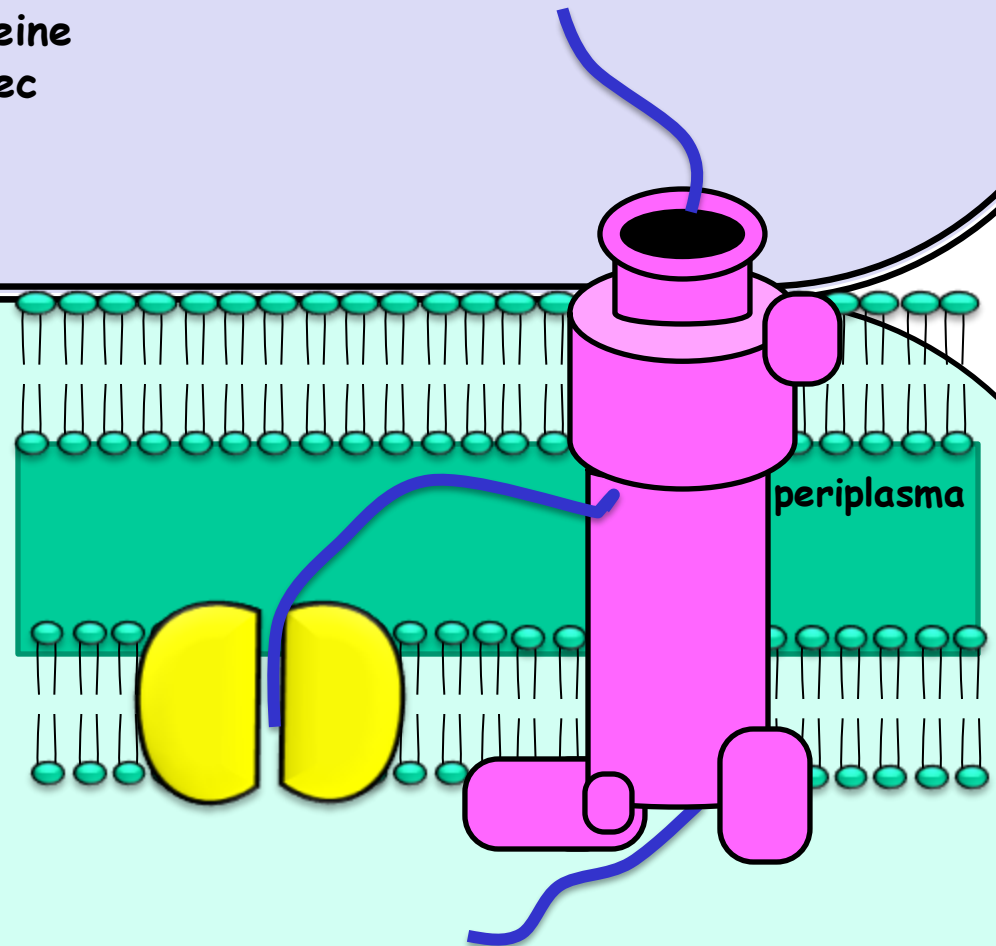


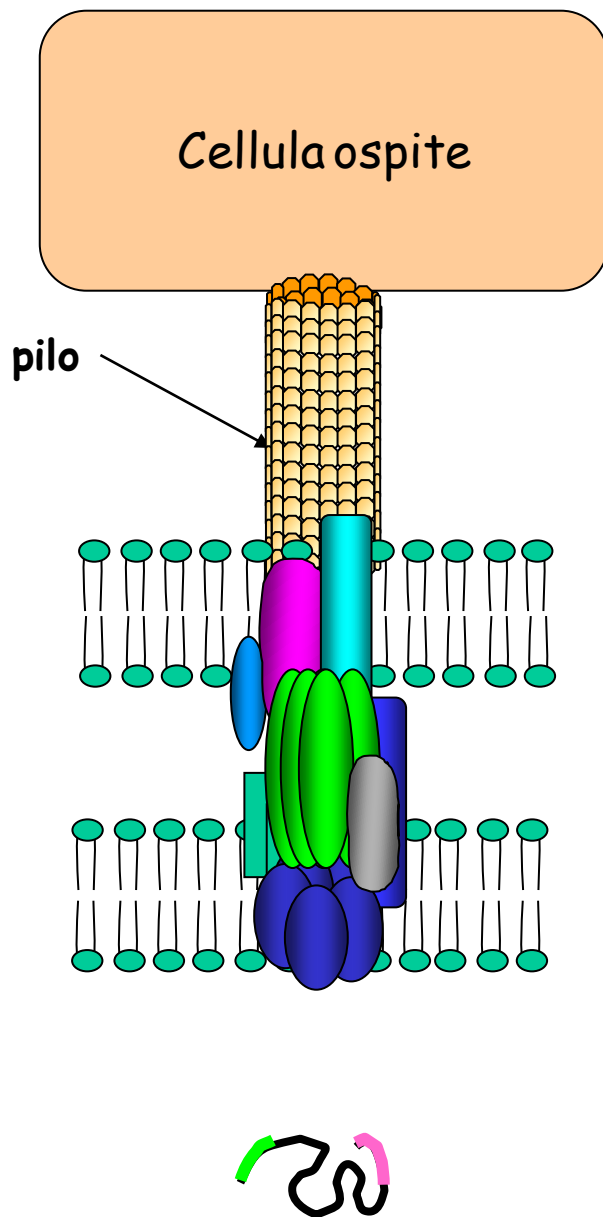
T4SS può traslocare anche DNA

Trasloca proteine direttamente da citoplasma a citoplasma
(come i T3SS)

Ma può traslocare anche proteine
portate nel periplasma da Sec

Attraverso componenti
comuni al T2SS





i sistemi di tipo IV derivano dai sistemi di coniugazione

L'ago molecolare ha la struttura dei pili di tipo IV

Un esempio di tossina secreta attraverso questo sistema è *CagA* di *Helicobacter pylori*