

# COM CONTROLLEN LA SEVA DIETA ELS BACTERIS?

CURS D'ACTUALITZACIÓ DE CONCEPTES DE MICROBIOLOGIA  
INSTITUT DE CIÈNCIES DE L'EDUCACIÓ  
UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

21 DE DESEMBRE DE 2022

Jordi Barbé Garcia  
Dpt Genètica i Microbiologia  
Facultat de Biociències (UAB)

**AQUESTA XERRADA NO PRETÉN SER UNA CLASSE DE BATXILLERAT SINÓ  
UNA REVISIÓ I ACTUALITZACIÓ DEL SABERS RECOLLITS SOTA LA DENOMINACIÓ GENÈRICA  
“COMPARACIÓ D’ALGUNES DE LES FORMES DE METABOLISME BACTERIÀ”  
QUE FORMA PART DEL BLOC SOBRE “ELS MICROORGANISMES I LES FORMES ACEL·LULARS” DE  
LA MATÈRIA DE BIOLOGIA DEL SEGON CURS DE BATXILLERAT D’ACORD AMB LA NOVA  
DESCRIPCIÓ DEL CURRÍCULUM PER AQUEST NIVELL DE L’ENSENYAMENT  
(DIARI OFICIAL DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA DEL 22 DE SETEMBRE DE 2022)**

**EN AQUEST CONTEXT, ELS CONCEPTES QUE ES TRACTARAN NOMÉS SÓN ELS MÉS RELLEVANTS  
DEL TEMA QUE HAN SOFERT NOVES FORMULACIONS EN, APROXIMADAMENT, ELS DARRERS 30 ANYS**

# DE QUÈ PARLAREM?

+ REPÀS DELS TRETS MES DESTACATS DEL METABOLISME BACTERIÀ

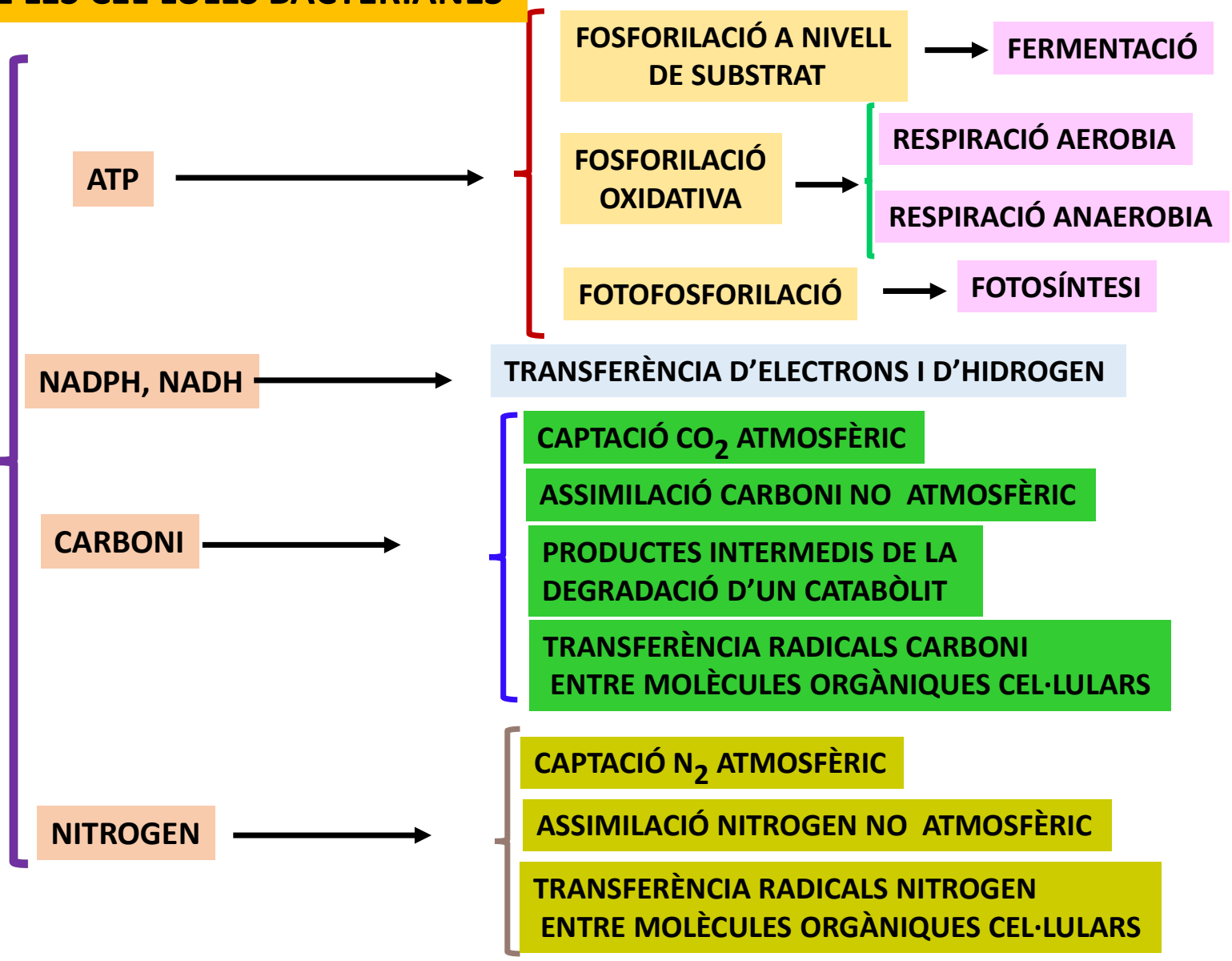
+ ÚS PREFERENCIAL DE LES FONTS D'ENERGIA

+ ELECCIÓ DE COMPOSTOS RECEPTORS D'ELECTRONS

+ PAPER DEL BACTERIS EN EL CICLE DEL NITRÒGEN

# NECESSITATS METABÒLIQUES DE LES CÈL·LULES BACTERIANES

CREIXEMENT CÈL·LULES BACTERIANES REQUEREIX LA SÍNTESI DE DIFERENTS MOLÈCULES QUE FORMEN PART DE LES ESTRUCTURES CEL·LULARS (ENVOLTES, PROTEÏNES, ÀCIDS NUCLEICS, etc) i ENERGIA PER PRODUÏR-LES



## GRUPS BACTERIANS DES D'UN PUNT DE VISTA NUTRICIONAL

### FONT D'ENERGIA

- Compost químic
- Llum

Quimiotròfia

Fototròfia

### DONADOR D'ELECTRONS

- Orgànic
- Inorgànic

Organotròfia

Litotròfia

### FONT DE CARBONI

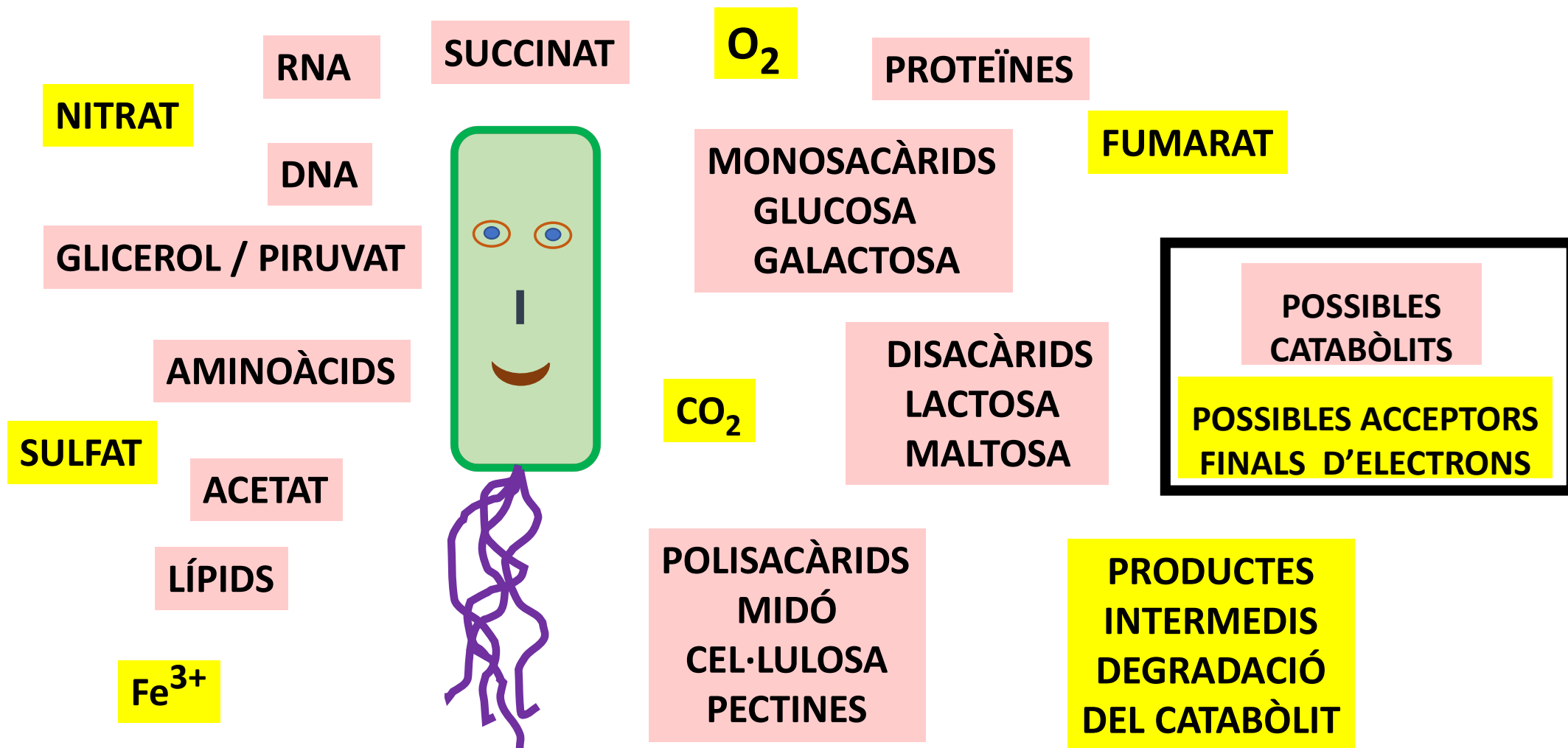
- Orgànica
- Inorgànica

Heterotròfia

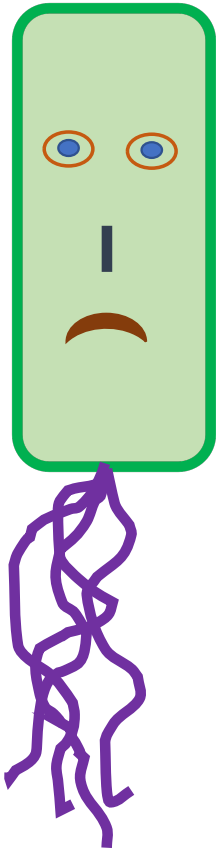
Autotròfia

Tipus	Font d'energia	Procés d'obtenció d'energia	Donador d' electrons	Font de carboni	Exemple
Fotolitoautotròfia	Llum	Fotofosforil·lació	Compost inorgànic	CO <sub>2</sub>	Algues Cianobacteris Bacteris verds Bacteris vermells del sofre
Fotoorganoheterotròfia	Llum	Fotofosforil·lació	Compost orgànic	Compost orgànic	Bacteris vermells no del sofre
Quimiolitoautotròfia	Química	Respiració (Fosforil·lació oxidativa)	Compost inorgànic	CO <sub>2</sub>	Bacteris de l'hidrogen <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>
Quimioorganoheterotròfia	Química	Respiració (Fosforil·lació oxidativa)  Fermentació (Fosforil·lació a nivell de substrat)	Compost orgànic	Compost orgànic	Molts bacteris com <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> .....

# ELS BACTERIS QUIMIORGANOTRÒFICS I EL SEU ENTORN



# PREGUNTES EXISTENCIALS DELS BACTERIS



**QUÈ MENJO?**

**COM M'HO MENJO?**

**QUÈ RESPIRO?**



## **QUÈ MENJO?**

**HAIG DE TRIAR UN CATABÒLIT PREFERIT PER ORDENAR LA SÍNTESI DELS MEUS ENZIMS CATABÒLICS**

## **COM M'HO MENJO?**

**HAIG DE TENIR UN SISTEMA DE REGULACIÓ DE L'EXPRESSIÓ GÈNICA QUE EM FACILITI SINTETITZAR QUAN CALGUI UNS ENZIMS QUE DEGRADIN UN CATABÒLIT QUE ESTIGUI EN L'ENTORN**

## **QUÈ RESPIRO?**

**HAIG DE TENIR UN MECANISME QUE EM PERMETI UTILITZAR COM ACCEPTOR FINAL D'ELECTRONS UN COMPOST PRESENT EN EL MEDI I AMB EL QUE PUGUI OBTENIR LA MÀXIMA ENERGIA AMB LA MÍNIMA DESPESA**

**PER ENTENDRE COM RESPONEN EN GENERAL ELS BACTERIS AQUESTES PREGUNTES ESTUDIAREM  
D'ENTRADA EL CAS PARTICULAR D'*Eschericia coli***

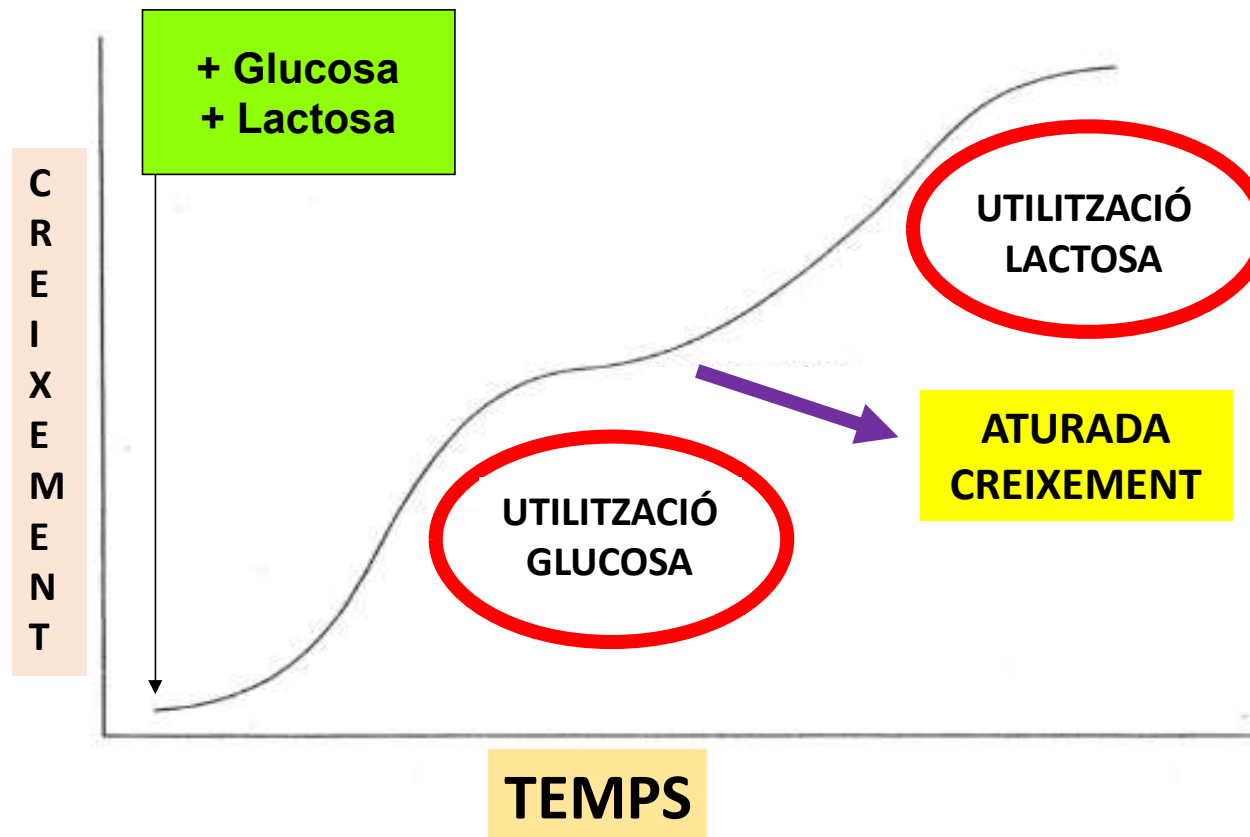
**EN CONCRET ANALITZAREM ELS PROCESSOS DE**

**REPRESSIÓ DE L'EXPRESSIÓ GÈNICA  
PER CATABÒLIT**

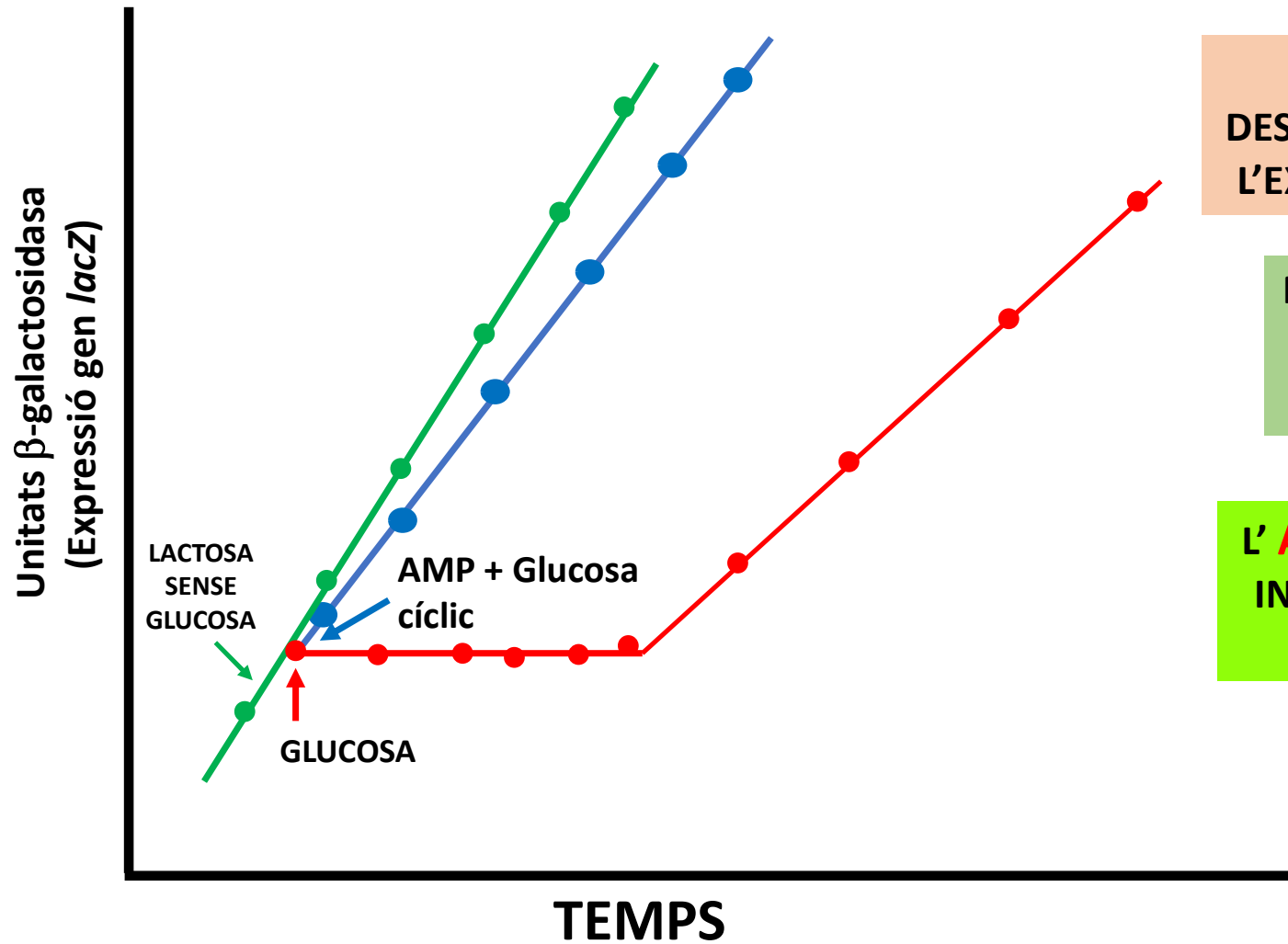
**REGULACIÓ DE L'EXPRESSIÓ GÈNICA  
PER OXIGEN**

# Creixement diàuxic d'un cultiu d'*E. coli*

L'any 1947, Monod i col·laboradors van demostrar l'existència d'una preferència per la glucosa front la lactosa per part de les cèl·lules d'*E. coli*. Aquest comportament va generar el concepte de diàuxia



# L'ANY 1970 PASTAN & PERLMAN DEMOSTREN QUE LA GLUCOSA AFECTA L'EXPRESSION DE L'OPERÓ *lac*



A LA MATEIXA ÈPOCA S'HAVIA DESCRIT QUE L' **AMP cíclic** AFECTAVA L'EXPRESSION GÈNICA EN EUKARIOTES

PASTAN & PERLMAN PROVEN SI L' **AMP cíclic** TAMBÉ AFECTA ELS BACTERIS

L' **AMP cíclic** SUPRIMEIX L'EFFECTE INHIBIDOR DE LA GLUCOSA SOBRE L'EXPRESSION DE L'OPERÓ *lac* !!!

EL CREIXEMENT DIÀUXIC ESTÀ SOTA EL CONTROL DE L' **AMP cíclic**

**TREBALLS POSTERIORS VAN PERMETRE IDENTIFICAR DOS GENS RESPONSABLES D'AQUEST CONTROL PER PART DE LA GLUCOSA A *E. coli***

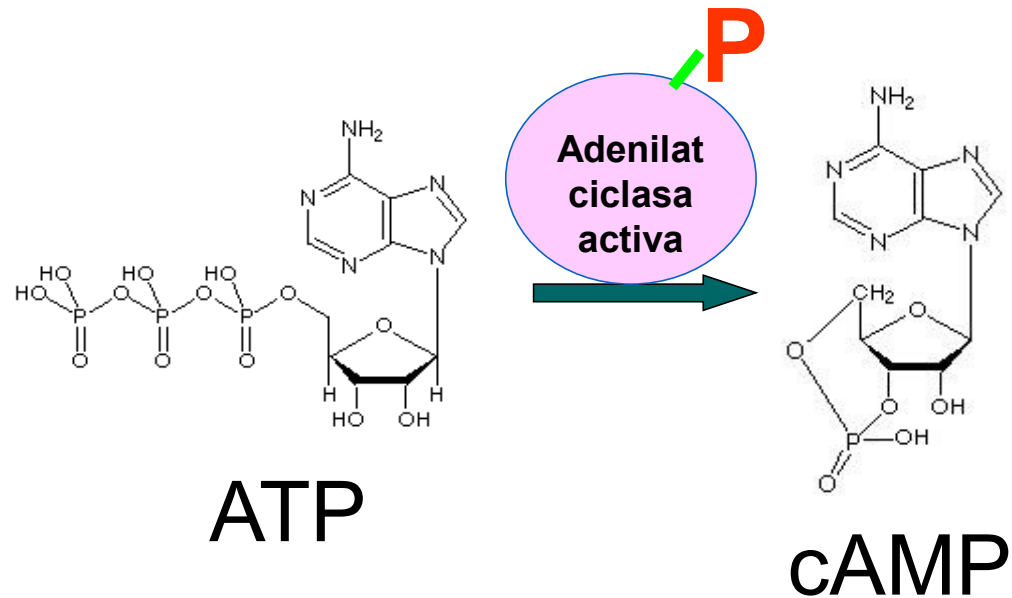
**Gen *cya***

**CODIFICA L'ENZIM ADENIL CICLASA QUE ÉS EL RESPONSABLE DE LA SÍNTESI DE L'AMP cíclic**

**Gen *crp***

**CODIFICA L'ANOMENADA “cAMP receptor protein” A LA QUE S'UNEIX L'AMP cíclic. AQUEST COMPLEX CRP-cAMP ÉS EL QUE PERMET L'EXPRESSIÓ ÓPTIMA DE L'OPERÓ *lac***

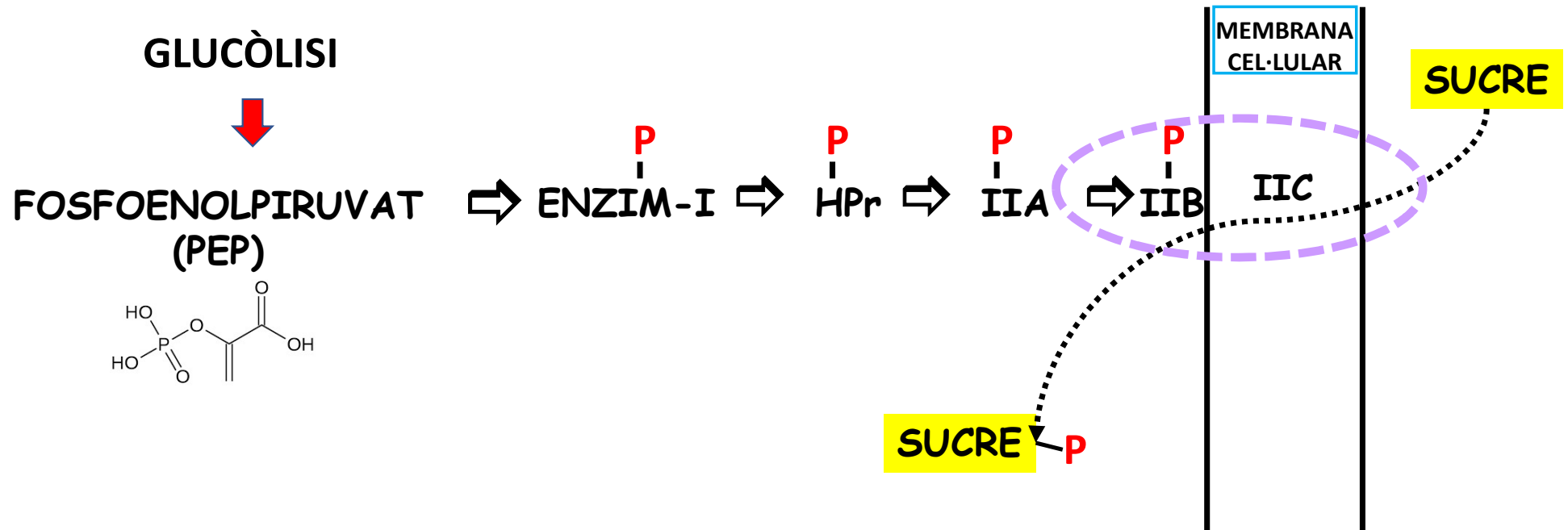
# SÍNTESI DE **cAMP** A *E. coli* PER L'ENZIM ADENILAT CICLASA CODIFICAT PEL GEN ***cya***



# PREGUNTA QUE US ESTEU FENT

COM ESTÀ CONNECTADA L'ACTIVACIÓ DE L'ENZIM  
ADENIL CICLASA AMB LA PRESÈNCIA DE GLUCOSA  
EN EL MEDI?

# PERMEABILITZACIÓ DE SUCRES EN BACTERIS



COMPONENTS GENERALS DEL SISTEMA: PEP, ENZIM I, HPr

COMPONENTS DEL SISTEMA ESPECÍFICS PER  
CADA SUCRE: IIA, IIB, IIC



## COM AFECTA A *E. coli* LA PRESÈNCIA DE GLUCOSA EN LA CONCENTRACIÓ INTRACEL·LULAR DE cAMP?

MITJANÇANT L'ENZIM **IIA<sup>Glc</sup>** QUÈ ÉS UN TRANSPORTADOR DE LA GLUCOSA

A L'INTERIOR DE LES CÈL·LULES BACTERIANES

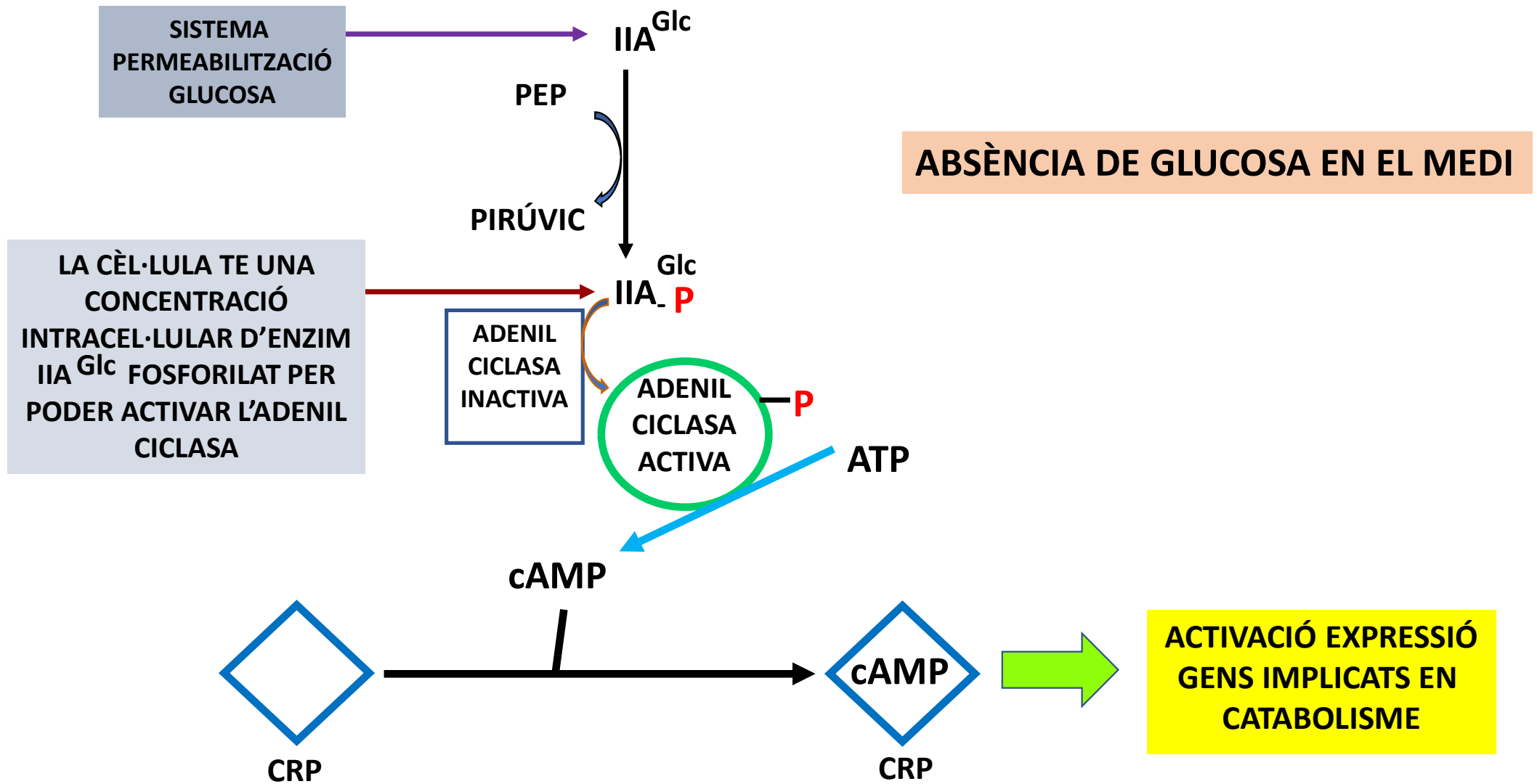
AQUEST ENZIM POT

ACTIVAR L'ENZIM ADENIL CICLASA

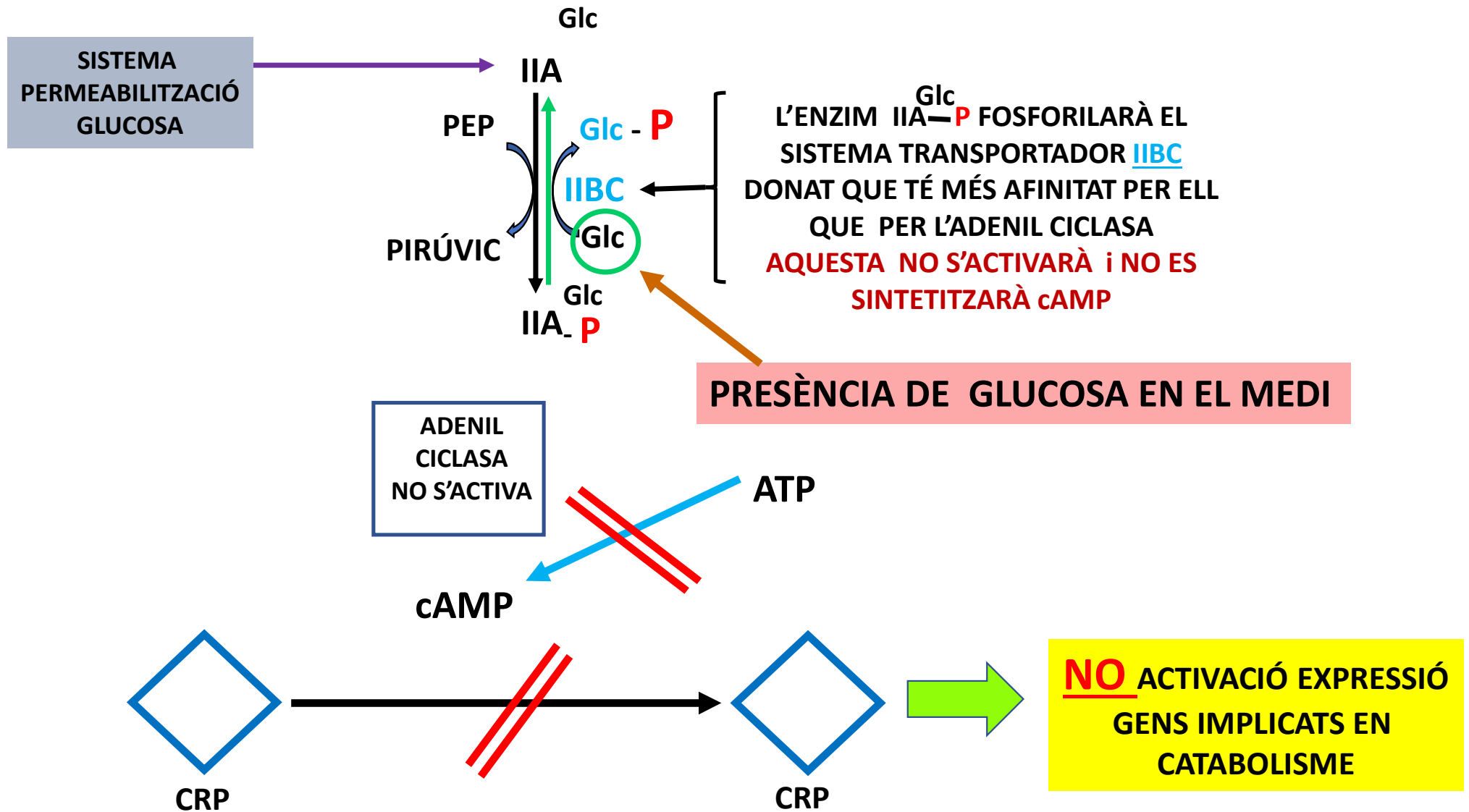
FACILITAR L'ENTRADA DE LA GLUCOSA  
A LA CÈL·LULA

L'ENTRADA DE GLUCOSA A LA  
CÈL·LULA INHIBEIX L'ACTIVACIÓ  
DE L'ENZIM ADENIL CICLASA

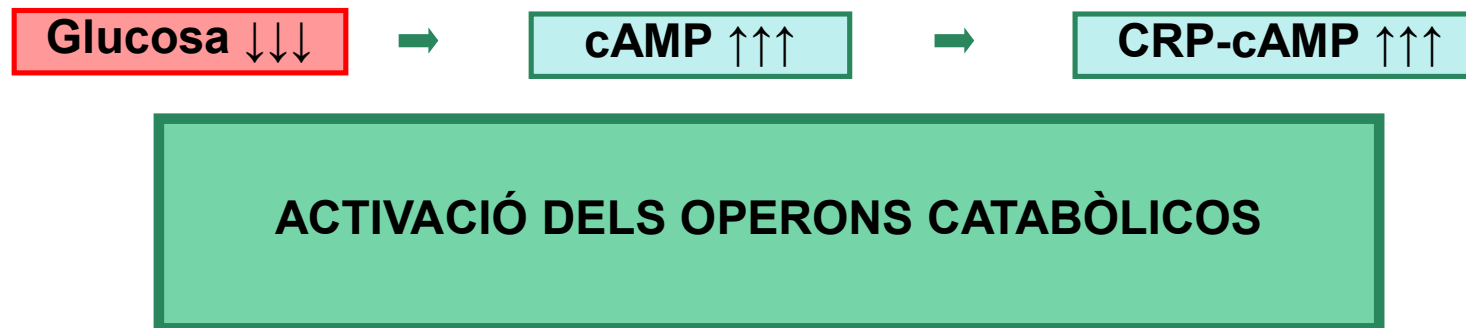
# CONNEXIÓ A *E. coli* ENTRE PRESENCIA DE GLUCOSA I CONCENTRACIÓ INTRACEL·LULAR DE cAMP (1)



# CONNEXIÓ A *E. coli* ENTRE PRESENCIA DE GLUCOSA I CONCENTRACIÓ INTRACEL·LULAR DE cAMP (2)



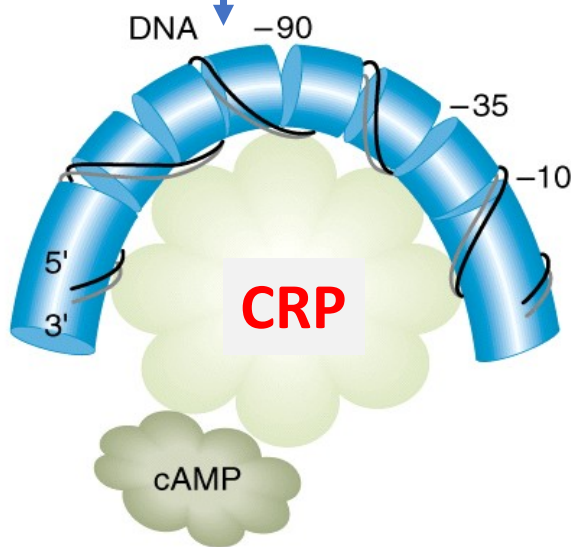
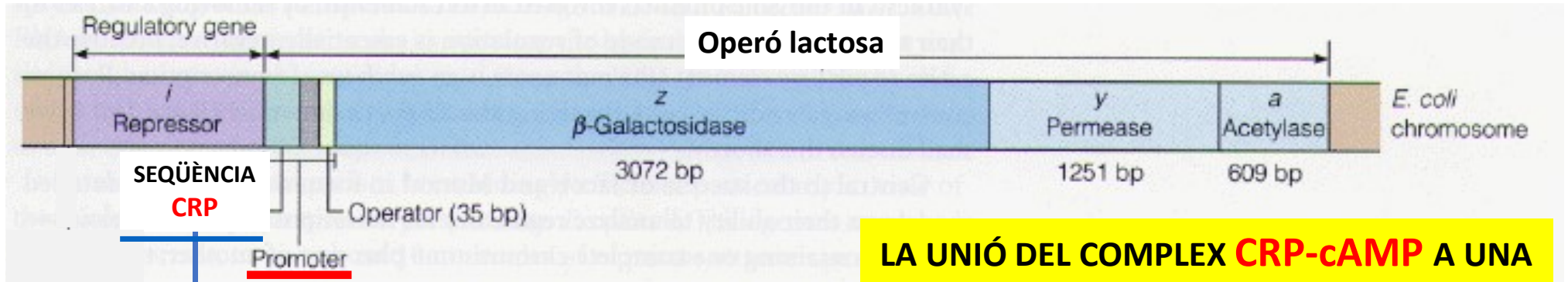
# Resum repressió per catabòlit a *E. coli*



**QUINA PREGUNTA US ESTEU FENT ARA?**

COM ACTÚA EXACTAMENT EL cAMP PER AFECTAR  
L'EXPRESSIÓ DE L'OPERÓ LACTOSA?

# INTERACCIÓ DEL COMPLEX PROTEÏNA CRP-cAMP AMB LA REGIÓ PROMOTORA DE L'OPERÓ *lac*



LA UNIÓ DEL COMPLEX **CRP-cAMP** A UNA **SEQÜÈNCIA ESPECÍFICA** QUE ES TROBA UNA MICA ABANS DEL PROMOTOR FACILITA LA UNIÓ DE LA RNA POLIMERASA I **AUGMENTA** LA TRANSCRIPCIÓ DE L'OPERÓ *lac*

LA MÀXIMA EXPRESSIÓ DE L'OPERÓ *lac* REQUEREIX LA PRESENCIA DE LACTOSA COM INDUCTOR I LA DEL COMPLEX **CRP- cAMP**

# EXEMPLES DE FUNCIONS REGULADES A *E. coli* PEL COMPLEX CRP-cAMP

LA FERMENTACIÓ EN BACTERIS ES POT DONAR EN CONDICIONS AERÒBIQUES!!!

FUNCIÓ
Respiració aeròbica i anaeròbica
Degradació de sucres
Degradació aminoàcids
Degradació nucleòtids
Degradació de lípids
Síntesis de flagells

ELS MUTANTS DEFECTIUS EN  
L'ADENIL CICLASA  
o EN LA PROTEÍNA CRP

NOMÉS PODEN CREIXER  
FERMENTANT LA GLUCOSA  
ENCARA QUE HI HAGI OXÍGEN

SON AVIRULENTS AL SER  
IMMÒBILS

S'UTILITZEN COM SOQUES  
VACUNALS

TOTS ELS GENS IMPLICATS EN PROCESSOS CATABÒLICS A *E. coli* i BACTERIS RELACIONATS ESTAN SOTA EL CONTROL DEL COMPLEX CRP-cAMP i PER TANT TENEN EN LA SEVA REGIÓ PROMOTORA UNA SEQÜÈNCIA CRP

**LA REPRESSIÓ PER CATABÒLIT TANT SOLS ES DONA EN ELS BACTERIS COM *E. coli* O MOLT RELACIONATS AMB ELL?**

**NO**



# RESUM DE LES CARACTERÍSTIQUES DE LA REPRESSIÓ PER CATABÒLIT EN DIFERENTS GRUPS DE BACTERIS QUIMIORGANOTRÒFICS

HABITAT PREFERENT	GRUP BACTERIÀ	MOLÈCULA MODULADORA
TRACTE DIGESTIU	ENTEROBACTERIS	GLUCOSA via AMP cíclic
SÒL	BACTERIS GRAM POSITIUS	FRUCTOSA Bi-FOSFAT
SÒL	PSEUDOMONADACEES	SUCCINAT / ACETAT

INDEPENDENTS DE cAMP

QUÈ TENEN EN COMÚ?

SÓN QUIMIORGANOTRÒFICS

**LA REPRESSIÓ PER CATABÒLIT ÉS EXCLUSIVA DELS  
BACTERIS QUIMIORGANOTRÒFICS?**

**NO**

## REPRESSIÓ PER CATABÒLIT EN BACTERIS QUIMIOLITOTRÒFICS

*Acidithiobacillus ferrooxidans* és un bacteri capaç d'oxidar  $\text{Fe}^{2+}$  i S utilitzant l'OXÍGEN com acceptor final d'electrons d'acord amb aquesta seqüència



S'HA COMPROVAT QUE AQUESTA ESPÈCIE BACTERIANA UTILITZA **PREFERENTMENT** L'OXIDACIÓ DEL  $\text{Fe}^{2+}$  ABANS QUE LA DEL S QUAN AMBDÒS COMPOSTOS ES TROBEN AL SEU VOLTANT

**SÍ!! EL S i EL  $\text{Fe}^{2+}$   
SON CATABÒLITS!!!**

AQUESTES DADES DEMOSTREN L'EXISTÈNCIA TAMBÉ DE REPRESSIÓ PER CATABOLIT EN L'OXIDACIÓ METABÒLICA DE COMPOSTOS INORGÀNICS

**ÉS A DIR EN ELS BACTERIS QUIMIOLITOTRÒFICS!!**

## **QUÈ ES POT DIR A NIVELL GENERAL SOBRE LA REPRESSIÓ PER CATABÒLIT EN ELS BACTERIS?**

**EL MECANISME DE REPRESSIÓ PER CATABÒLIT ESTÀ AMPLIAMENT REPRESENTAT EN MOLTS GRUPS FILOGENÈTICS BACTERIANS**

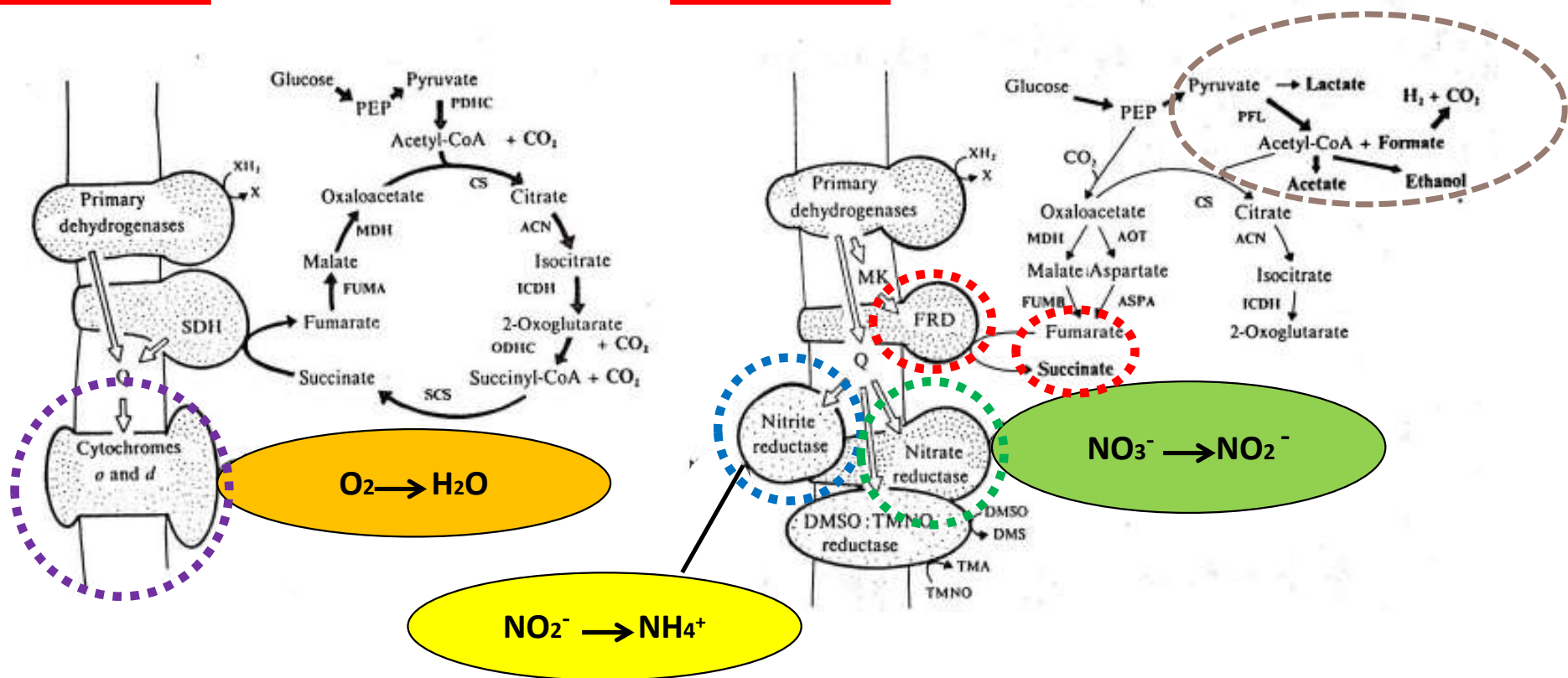
**EL COMPOST I EL PROCÉS CONCRET PER DUR A TERME LA REPRESSIÓ PER CATABÒLIT ÉS DIFERENT SEGONS LES CARACTERÍSTIQUES FISIOLÒGIQUES I ECOLÒGIQUES DE CADA GRUP BACTERIÀ**

**REGULACIÓ DE LA SÍNTESI DELS COMPONENTS  
DE LA RESPIRACIÓ EN LES CÈL·LULES BACTERIANES**

# EXEMPLES DE RECEPTORS FINALS D'ELECTRONS EN PROCESSOS METABÒLICS

(a) *Aerobic*

(b) *Anaerobic*



COM PRIORITZEN LES CÈL·LULES TOTES AQUESTES POSSIBILITATS?

**MITJANÇANT EL**

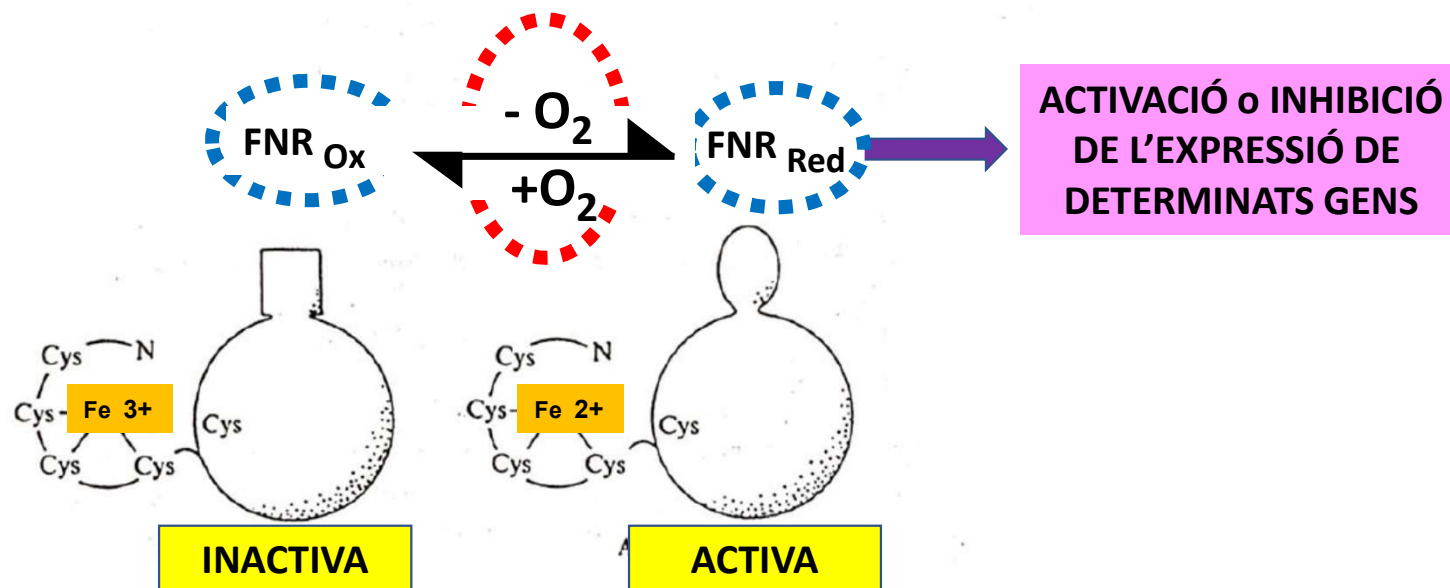
# **SISTEMA FNR**

**FUMARAT NITRAT REDUCTASA**



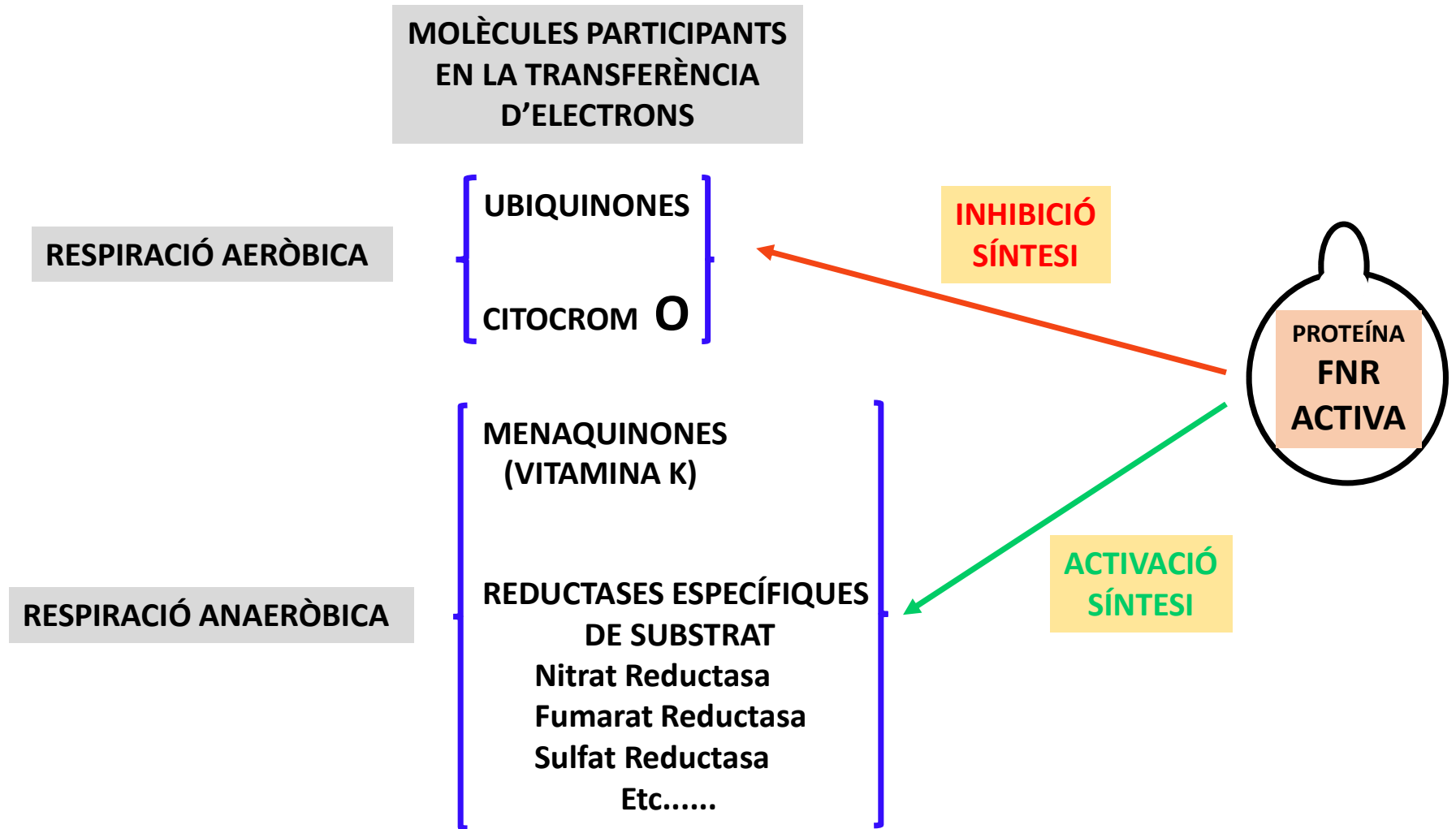
# COM DETECTEN LES CÈL·LULES BACTERIANES L'ABSÈNCIA/PRESÈNCIA D'OXÍGEN?

MITJANÇANT LA PROTEÍNA **FNR** QUE POT TENIR DUES CONFORMACIONS SEGONS HAGI o NO OXIGEN





# EXEMPLES DE GENS CONTROLATS PER LA PROTEÍNA FNR



PER QUINA RAÓ AQUEST REGULADOR ES DIU FNR?

PER QUÈ ELS MUTANTS  $Fnr^-$ , ENTRE D'ALTRES ENZIMS,  
NO FABRIQUEN **NI FUMARAT REDUCTASA NI NITRAT**  
**REDUCTASA** i VAN SER AÏLLATS AMB AQUESTS  
DEFECTES METABÒLICS

## TÉ AJUDANTS LA PROTEÍNA Fnr?

AMB LA PROTEÍNA **Fnr** COEXISTEIX A LES CÈL·LULES BACTERIANES LA PROTEÍNA **ArcA** QUE EN CONDICIONS D'ANAEROBIOSI INHIBEIX LA TRANSCRIPCIÓ DE TOT UN SEGUIT DE GENS QUE CODIFIQUEN ENZIMS IMPLICATS EN EL METABOLISME AEROBI

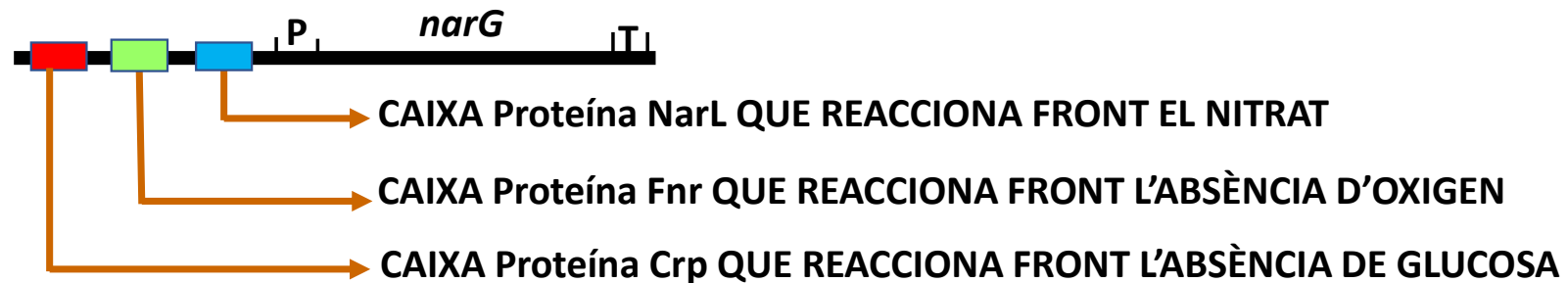
L'ACTUACIÓ CONJUNTA DE **Fnr** i **ArcA** GARANTEIX UNA RESPOSTA METABÒLICA CEL·LULAR ORDENADA FRONT CONDICIONS ANAERÒBIQUES

EN ABSÈNCIA D'OXIGEN, CAL SINTETITZAR TOTS ELS POSSIBLES RECEPTORS FINALS D'ELECTRONS?

**NO!!!**

SI EN EL MEDI NO HI HA NITRAT **NO CAL SINTETITZAR L'ENZIM NITRAT REDUCTASA**  
TAN SOLS CALDRÀ SINTETITZAR-LO SI TENIM NITRAT EN L'ENTORN

UN EXEMPLE ÉS EL PRODUCTE DEL GEN *narG* D'*E. coli* QUE PARTICIPA EN LA RESPIRACIÓ DEL NITRAT  
QUINS REGULADORS TÉ AQUEST GEN?



UN MATEIX GEN POT TENIR DIVERSES SEQÜÈNCIES A LES QUE S'UNEIXEN DIFERENTS  
PROTEÏNES QUE RESPONEN A DISTINTS ESTÍMULS AMBIENTALS

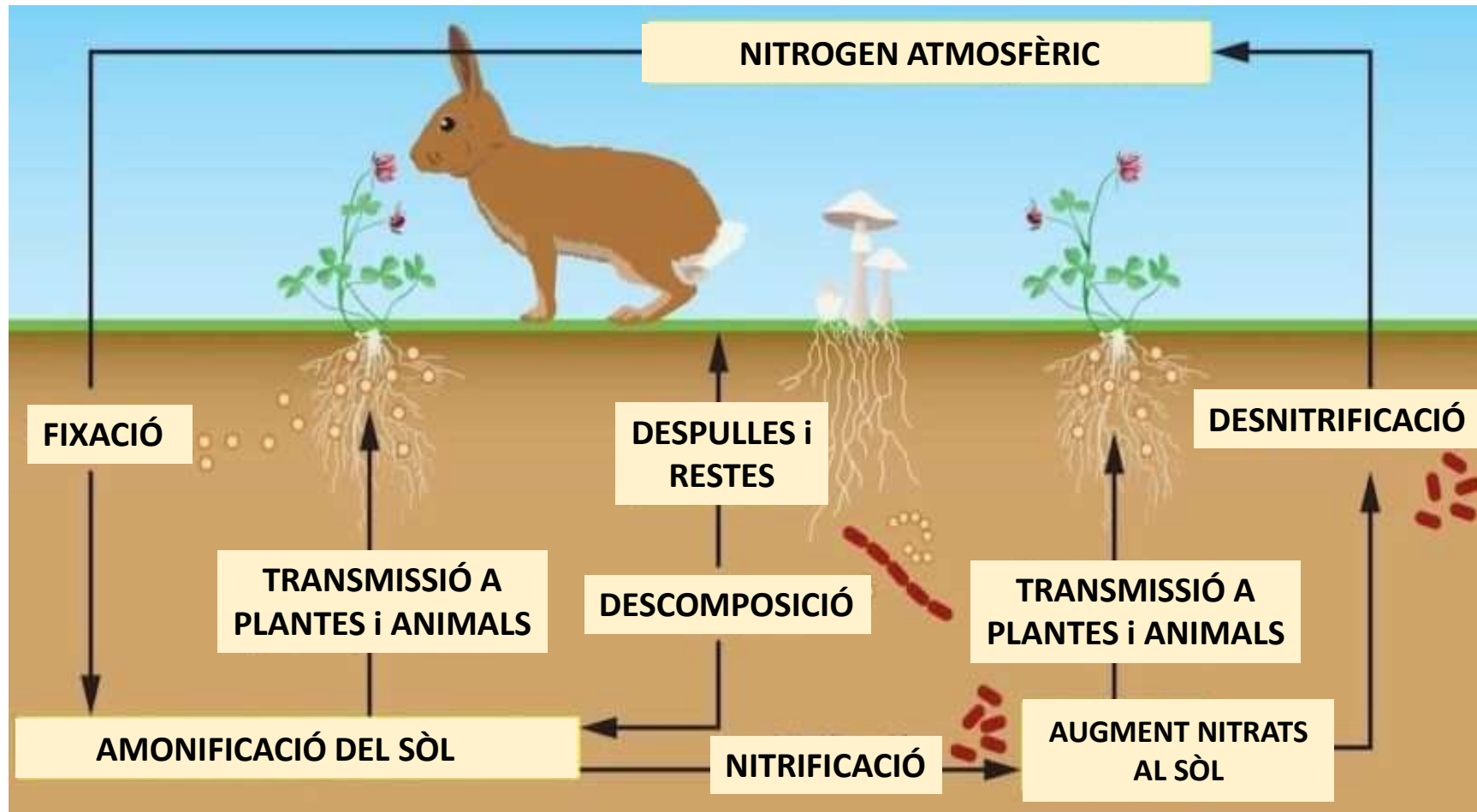
# **ELS BACTERIS I ELS CICLES BIOGEOQUÍMICS**

**DEGUT A LA SEVA GRAN DIVERSITAT METABÒLICA, ELS BACTERIS PARTICIPEN EN UN AMPLI NÚMERO DE CICLES BIOGEOQUÍMICS**

**EN AQUESTS MOMENTS, LA SEVA PARTICIPACIÓ HA ESTAT DEMOSTRADA EN ELS SEGÜENTS**

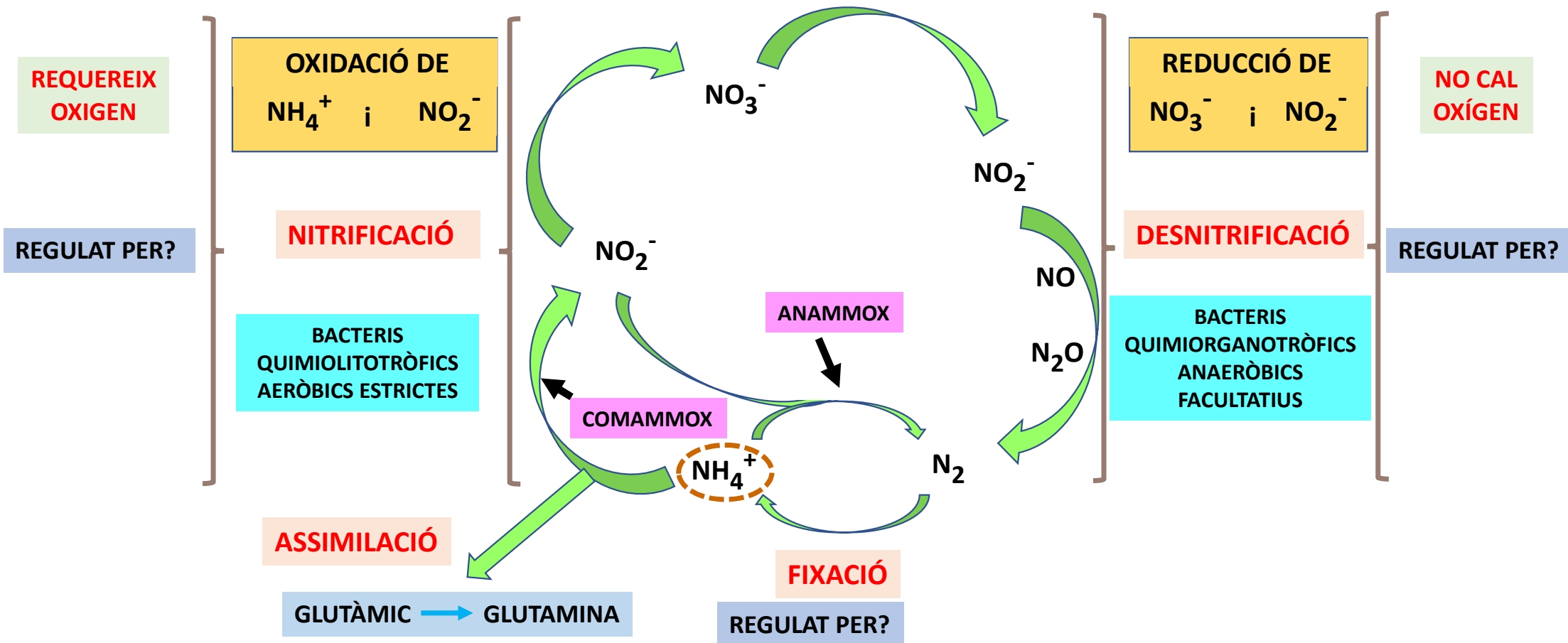
- + CICLE DEL CARBONI**
- + CICLE DEL SOFRE**
- + CICLE DEL NITROGEN**
- + CICLE DEL FERRO**
- + CICLE DEL FOSFOR**
- + CICLE DEL CALCI**
- + CICLE DEL SILICI**

# ESQUEMA GENERAL DEL CICLE DEL NITROGEN



# PAPER DELS BACTERIS EN EL CICLE DEL NITROGEN

COMAMMOX = "COMPLETE AMMONIA OXIDATION" versus ANAMMOX = "ANAEROBIC AMMONIUM OXIDATION"



**FI DEL CURS**