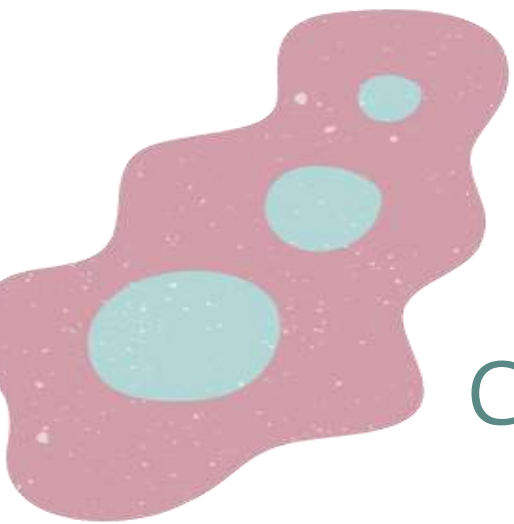
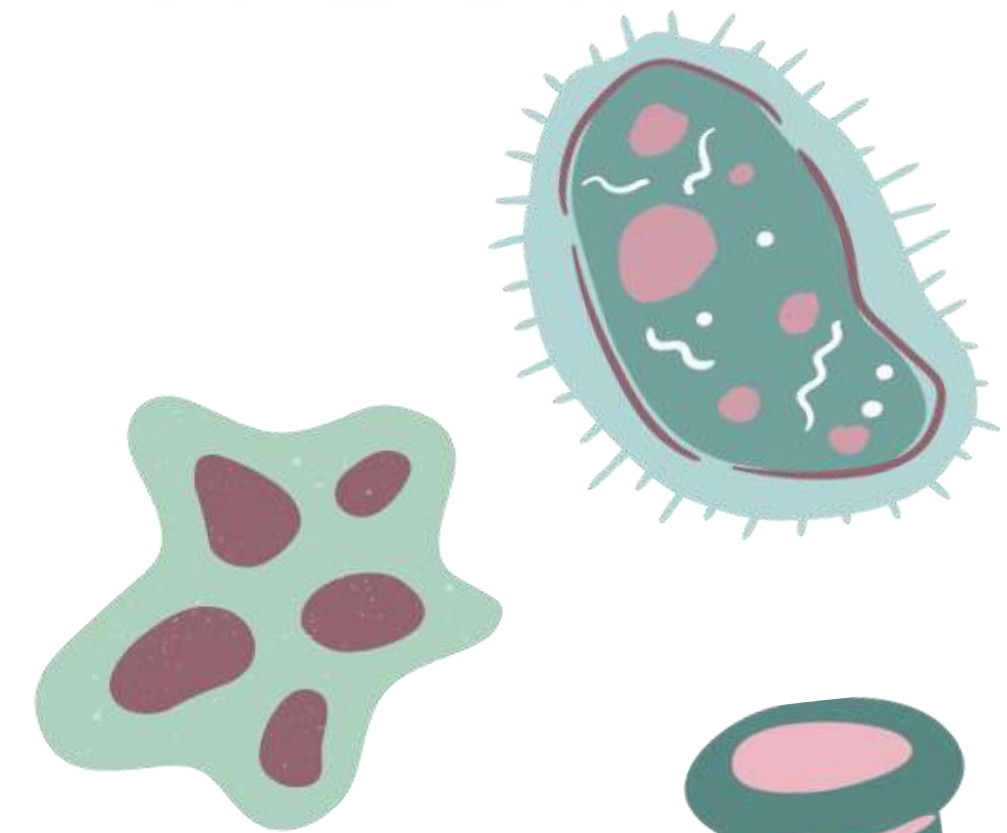




📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

LA VITA SEGRETA DEI GIARDINI DI POMONA



PROF.SSA ANGELA DE GENNARO
PROF.SSA MARIA FRANCA RUBINO
CLASSE 5^A BIOTECNOLOGIE AMBIENTALI A.S. 2023/2024



📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

LO SVILUPPO DELLE COMUNITÀ BATTERICHE ALL'INTERNO DELLE COLONNE DI VINOGRADSKIJ

A distanza di circa due anni, con il presente secondo Report, si intende trasmettere la documentazione relativa agli stadi di avanzamento della procedura sperimentale in corso che, come è noto, richiede tempi dilatati, al fine di verificare i risultati di tale metodologia di coltura microbica.

L'OBIETTIVO prefissato consisteva nel dimostrare la presenza e il comportamento di diverse specie batteriche nel suolo de "*I Giardini di Pomona*". Pertanto inizialmente era necessario creare un ecosistema, tema oggetto del primo Report, e in seguito identificare la comunità microbica e chiarire la sequenza e i ruoli dei microrganismi.

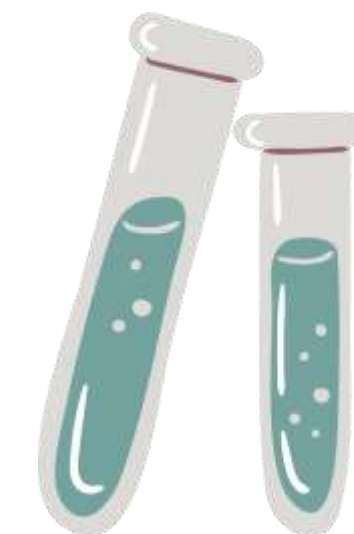
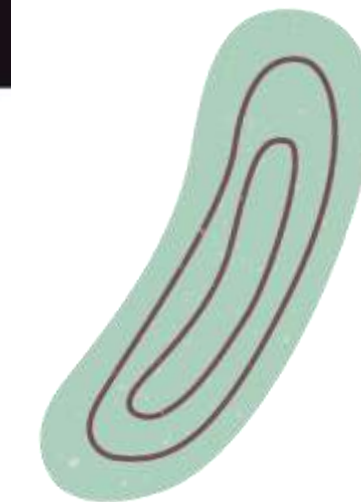
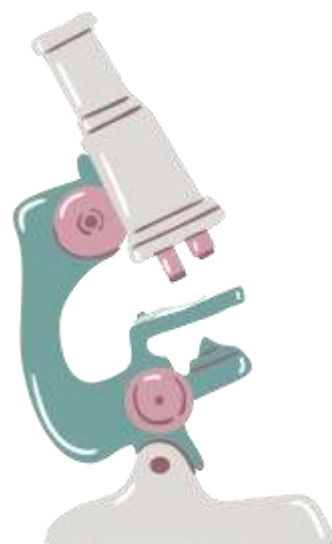
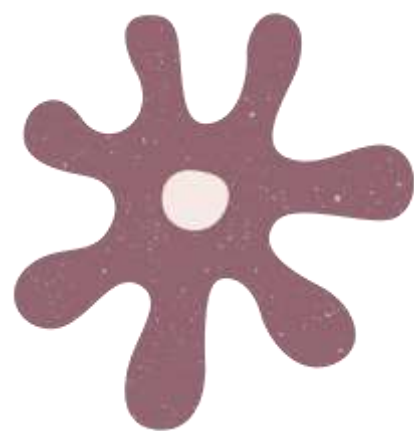


OSSERVAZIONI SPERIMENTALI

L'esperimento è stato condotto in duplicato, allestendo due colonne identiche e collocate nel medesimo ambiente confinato, al riparo da vibrazioni e manomissioni causate dalla intrusione di individui non autorizzati all'accesso.

L'esposizione indiretta delle colonne alla luce del sole per circa due anni ha prodotto al loro interno un gradiente di aerobiosi/anaerobiosi e un gradiente di concentrazione di zolfo. Questi due gradienti causano la crescita di una notevole diversità di microrganismi come: *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Chlorobium*, *Chromatium*, *Rhodomicrobium*, *Beggiatoa*, molte altre specie batteriche, cianobatteri e alghe. Nelle colonne si sono formati numerosi gradienti di concentrazione, in conseguenza e a seconda delle sostanze nutritive aggiunte, che favoriscono la crescita di una ricca varietà di microrganismi.

Le fasi principali nelle colonne sono due: la fase aerobica costituita da acqua e terreno e la fase anaerobica costituita dal fondo sottostante la cenere lavica del Vesuvio. A causa della bassa solubilità dell'ossigeno in acqua quest'ultima è diventata rapidamente anossica all'interfase fra acqua e terreno.

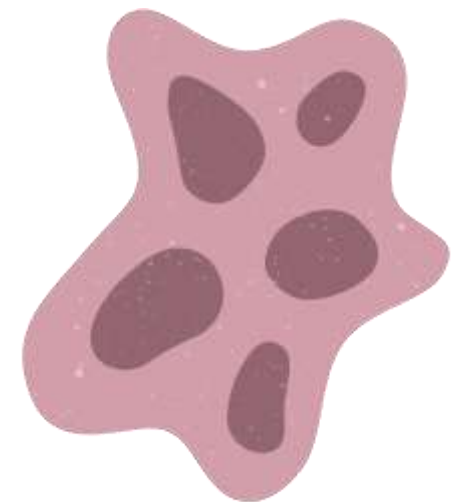
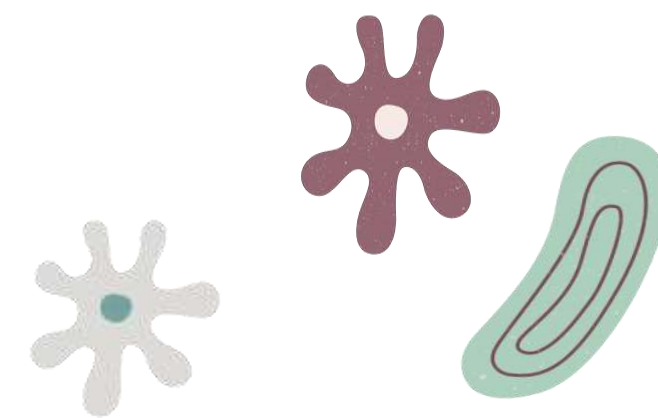
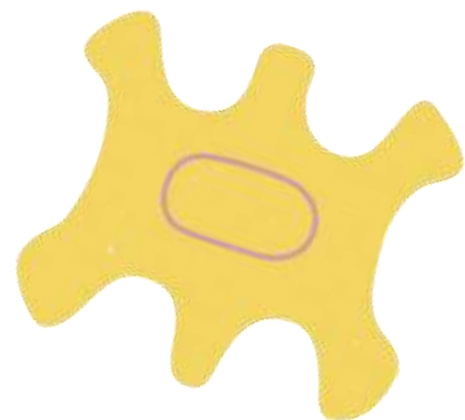
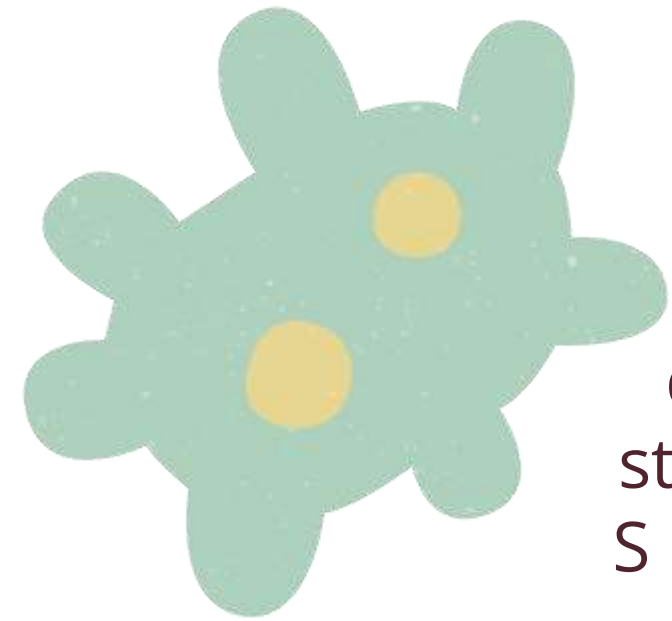




RISULTATI

Le due colonne hanno presentato uno sviluppo delle comunità microbiche differente l'una dall'altra: una mostrava una progressiva differenziazione degli strati, mentre l'altra, pur avendo sviluppato presto nello strato addizionato di C e S le tipiche manifestazioni della presenza dei solfuri metallici con una puntiforme colorazione nerastra, stentava ad evidenziare la stratificazione nella parte superiore della colonna.

Questa difformità di stato di avanzamento nella formazione delle comunità microbiche fra le due colonne induce a formulare l'ipotesi che non si sia formato il gradiente relativo alla concentrazione di ossigeno molecolare nella parte superiore di una delle due colonne. Inaspettatamente però, nel corso del periodo estivo 2023, la situazione appare tornata alla normalità anche nella seconda colonna che mostra finalmente una definita stratificazione nel corpo della stessa dal basso verso l'alto.

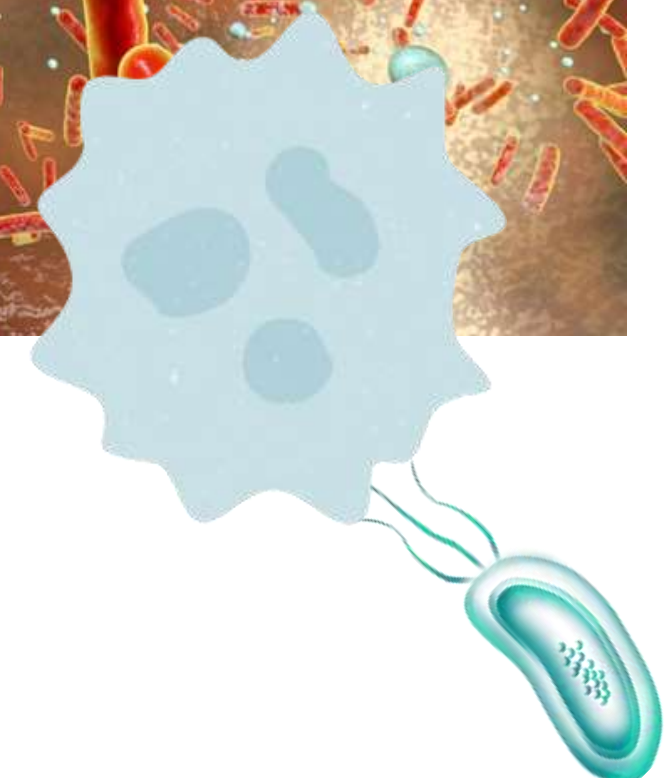
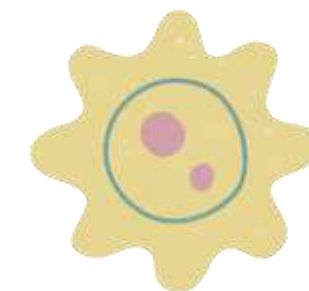
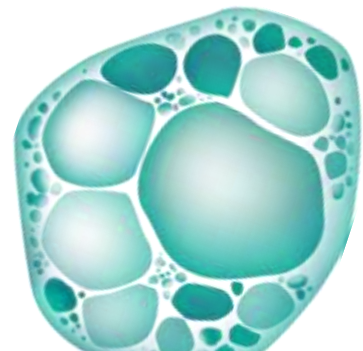
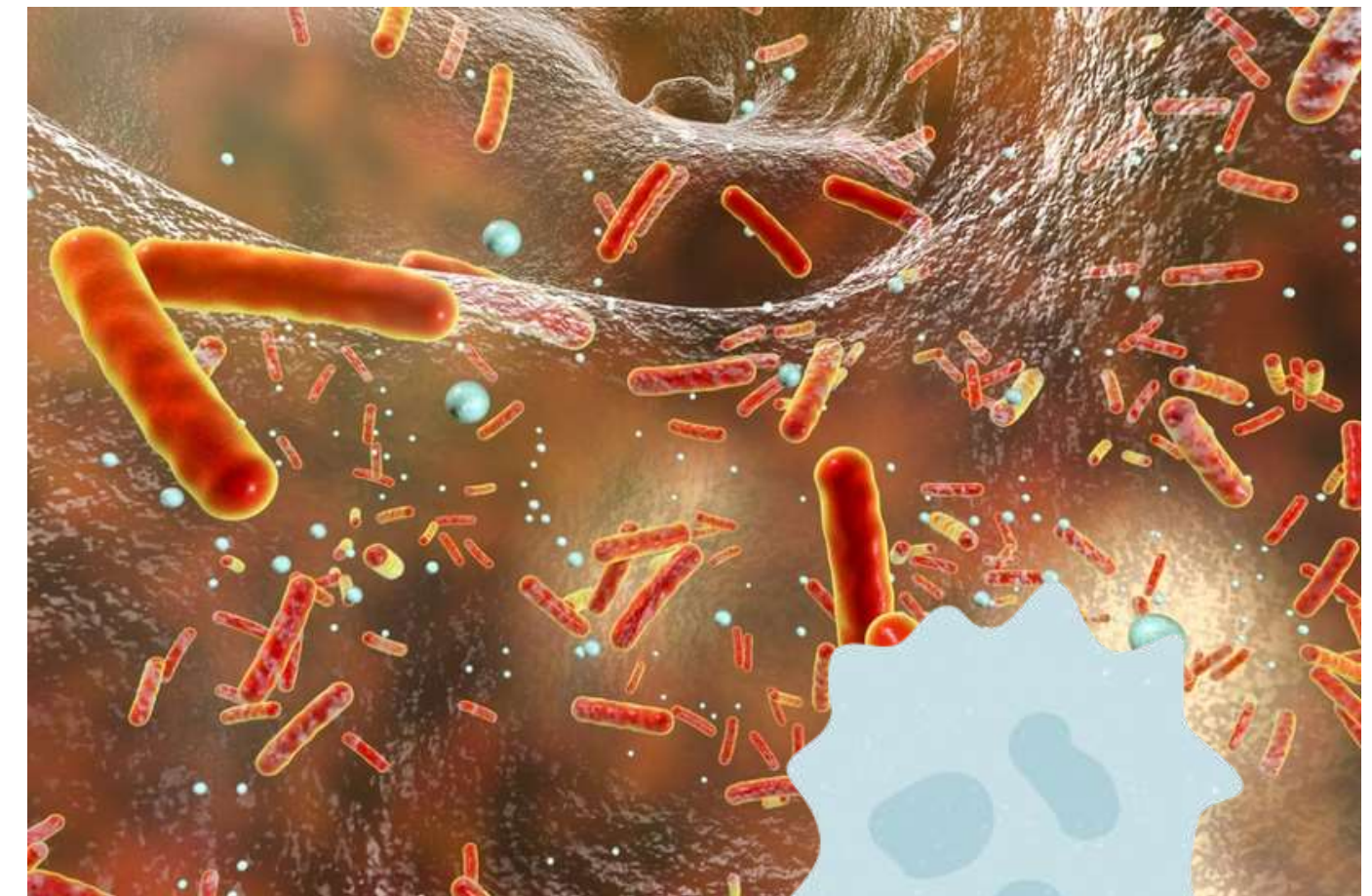




I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) tel 080 3381352 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

SUCCESSIONE MICROBICA

Le colonne di Vinogradskij costituiscono un ecosistema in miniatura e chiuso usato per arricchire le comunità microbiche dei sedimenti. La maggior parte dei microrganismi sulla Terra sono considerati incoltivabili. Questa impossibilità è dovuta a molti fattori, tra cui la condizione stringente che molti microrganismi dipendono da altri per determinati prodotti metabolici. Le condizioni in una colonna di Vinogradskij imitano molto fedelmente l'habitat naturale in cui si trovano i microrganismi, comprese le loro interazioni con altri microrganismi, e consentono di farli crescere in laboratorio. Questa tecnica colturale pertanto consente di studiare un numero più ampio di specie microbiche e capire il loro ruolo e la loro importanza per i cicli biogeochimici del pianeta Terra.



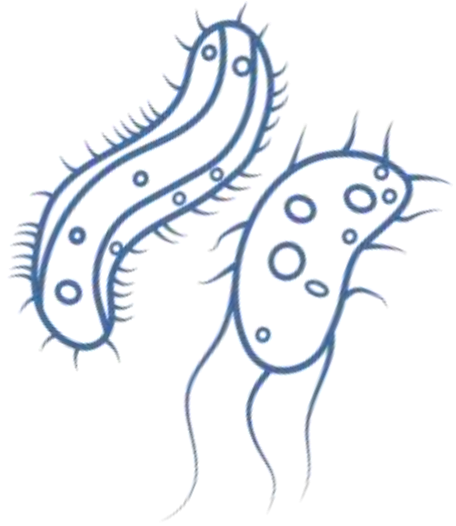


Tutti i comparti ambientali terrestri, atmosfera compresa, sono pieni di microrganismi che prosperano in tutti i tipi di habitat, essi dipendono l'uno dall'altro. Nel corso della sua crescita un microrganismo consuma particolari substrati. Quando queste importanti risorse si esauriscono, altri microrganismi con diverse esigenze metaboliche potranno prosperare al posto dei predecessori. Ad esempio, nelle colonne di Vinogradskij i microrganismi consumano prima il materiale organico aggiunto, mentre esauriscono l'ossigeno negli strati inferiori della colonna. Una volta esaurito l'ossigeno, gli organismi anaerobici possono quindi prendere il sopravvento e consumare diversi materiali organici. Tale sviluppo consecutivo di diverse comunità microbiche nel tempo è chiamato successione. La successione microbica è importante in una colonna di Vinogradskij dove l'attività microbica cambia la chimica del sedimento che quindi influenza l'attività di altri microrganismi e così via. Molti microrganismi nei suoli e nei sedimenti vivono anche lungo gradienti che sono zone di transizione tra due diversi tipi di habitat in base alle concentrazioni di certi substrati.

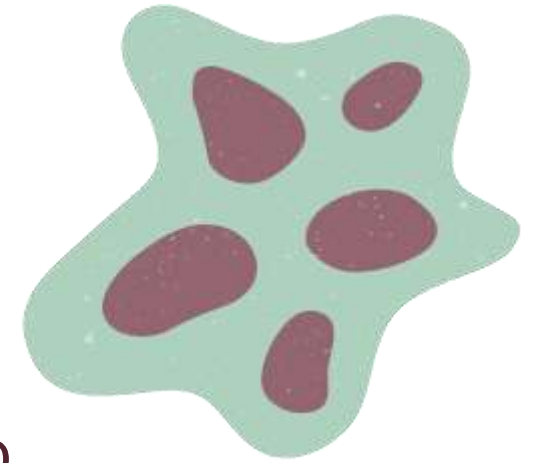




DISTRIBUZIONE E POSIZIONAMENTO



La distribuzione dei microrganismi all'interno della colonna è caratterizzata dalla principale presenza di organismi fotosintetici negli strati superiori, in particolare cianobatteri. Essi sono responsabili della produzione di ossigeno e costituiscono lo strato verde e rosso-marrone all'interno della colonna. L'ossigeno prodotto è poco solubile in acqua e a seconda del suo gradiente va a caratterizzare i diversi strati.



In quelli superiori la concentrazione di ossigeno è molto elevata (strato aerobico) mentre in quelli inferiori siamo in presenza di condizioni anossiche (strato anaerobico).



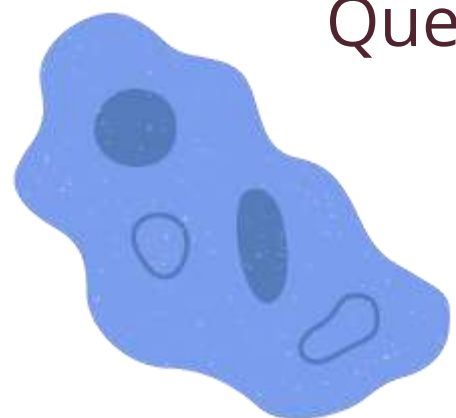
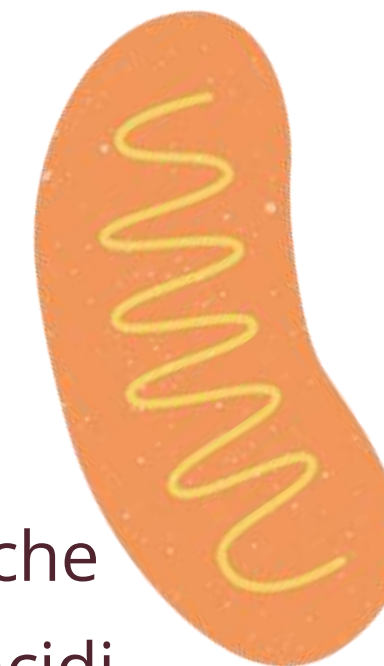
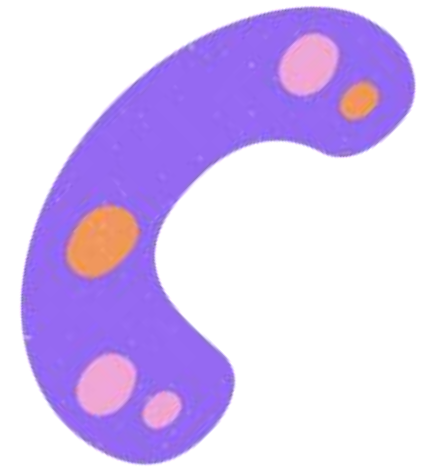


STRATO ANAEROBICO

Nello strato anaerobico possono proliferare molte comunità microbiche tra cui microrganismi che degradano la materia anaerobicamente. Attraverso la fermentazione invece vengono prodotti acidi organici dalla decomposizione della cellulosa. Questi ultimi possono essere utilizzati dai riduttori di solfato per produrre solfuro (questa attività viene riconosciuta facilmente grazie alla presenza di materiale scuro con colorazione tendente al nero) andando così a caratterizzare un basso gradiente di solfuro nello strato superiore della colonna poiché tende a salire e viceversa nello strato inferiore.

Infine in condizioni ottimali di illuminazione possiamo affermare lo sviluppo di microrganismi ossidanti fotosintetici dello zolfo anche detti batteri dello zolfo verde e viola nello strato centrale della colonna.

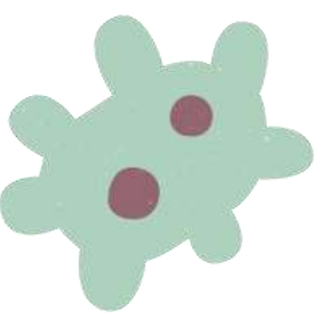
Questi batteri si sviluppano in strati più o meno alti nella colonna in base alla loro tolleranza nei confronti del solfuro.





STRATI DELLA COLONNA

Posizione nella colonna	Gruppo funzionale	Esempi di organismi	Indicatore visivo
In alto	Fotosintetizzatori	<i>Cianobatteri</i>	Strato verde o bruno rossastro. A volte bolle di ossigeno.
	Ossidanti dello zolfo non fotosintetici	<i>Beggiatoa, Thiobacillus</i>	Strato bianco.
	Batteri viola non sulfurei	<i>Rhodomicrobium, Rhodospirillum, Rhodopseudomonas</i>	Strato rosso, viola, arancione o marrone
	Batteri dello zolfo viola	<i>Chromatio</i>	Strato viola o rosso porpora
	Batteri dello zolfo verde	<i>Chlorobio</i>	Strato verde
	Batteri che riducono il solfato	<i>Desulfovibrio, Desulfotomaculum, Desulfobacter, Desulfuromonas</i>	Strato nero
In basso	Metanogeni	<i>Methanococcus Methanosarcina</i>	A volte bolle di metano



L'AZOLLA

MORFOLOGIA

- 1) Corto fusto ramificato;
- 2) Foglie verdi con più lobi;
 - lobo ventrale molto sottile;
 - lobo dorsale fotosintetico verde o rosso. Quello rosso in autunno permette lo sviluppo di antociani;
- 3) Radici fluttuanti (come capelli) capaci di assorbire i nutrienti per lo sviluppo di nuove piante che ne coprono la superficie acquatica. Questa superficie garantisce benefici all'acqua in quanto riduce il carico organico e aumenta l'ossigeno.
- 4) Cavità lobofogliare:
 - Permette un microambiente favorevole alla vita del cianobatterio. Fissa 2500kg di azoto atmosferico per ettaro l'anno rendendolo disponibile per la crescita e lo sviluppo di altri organismi;
 - La cavità si forma durante la crescita grazie al ripiegamento dell'epidermide fogliare;
 - Al centro è ripieno di gas o liquido, e i batteri sono fissati nell'aria periferica (fibrille mucillaginose);
 - Le sue dimensioni sono 0,15 x 0,3 mm, si apre all'esterno attraverso un poro che è circondato da 2 strati di cellule.

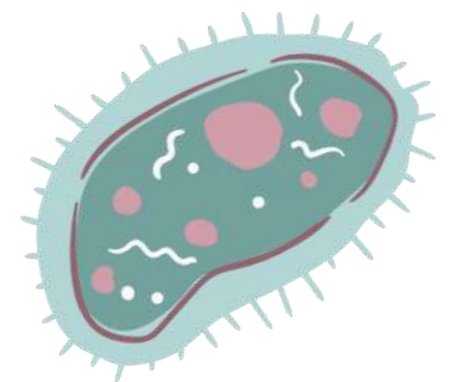


SIMBIOSI



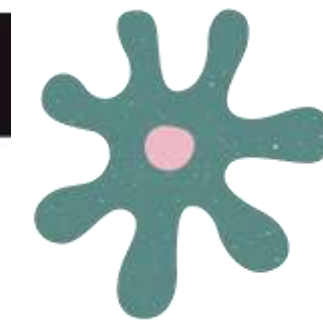
PROVENIENZA

- Appartiene alla famiglia delle Azollacee;
- Originaria del Centro-Sud America;
- Introdotta in seguito in Europa e in Asia.





I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) tel 080 3381352 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)



SUPERORGANISMO AZOLLA

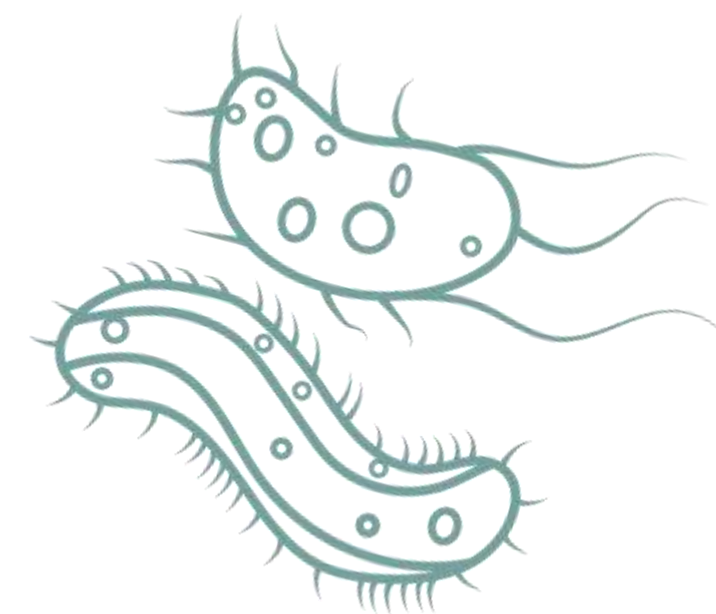
La simbiosi tra l'*Azolla-Anabaena azollae* è definita

superorganismo in quanto combina le 2 attitudini naturali degli organismi diversi tra di loro.



Francisco Carrapiço considerò la simbiosi tra le due come un superorganismo perchè forniva contributi all'ecologia, alle biotecnologie e al settore dei biofertilizzanti.

Infatti essendo capace di fissare grandi quantità di azoto viene utilizzata come fertilizzante per la crescita nelle risaie in Oriente.





MECCANISMO DELLA SIMBIOSI

CICLO VITALE

La simbiosi *Azolla-Anabaena azollae* non si è mai interrotta in 100 milioni di anni. Il ciclo vitale dell'azolla rende possibile per l'*Anabaena azollae* di passare ininterrottamente da una generazione di *Azolla* a una successiva. Ciò ha permesso ai due organismi di evolversi continuamente e insieme durante questo lunghissimo periodo di tempo in cui il clima terrestre è mutato.

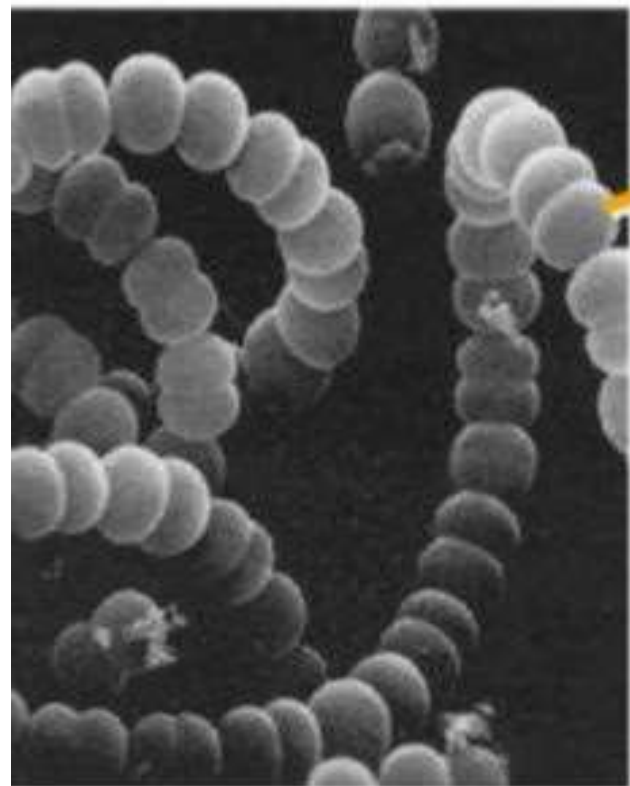


Poche altre piante hanno una relazione simbiotica con i cianobatteri come alcune *Cicadee* e le antofite *Gunnera*, tuttavia la loro simbiosi deve essere rinnovata ad ogni generazione successiva, essa infatti si interrompe alla morte della pianta.

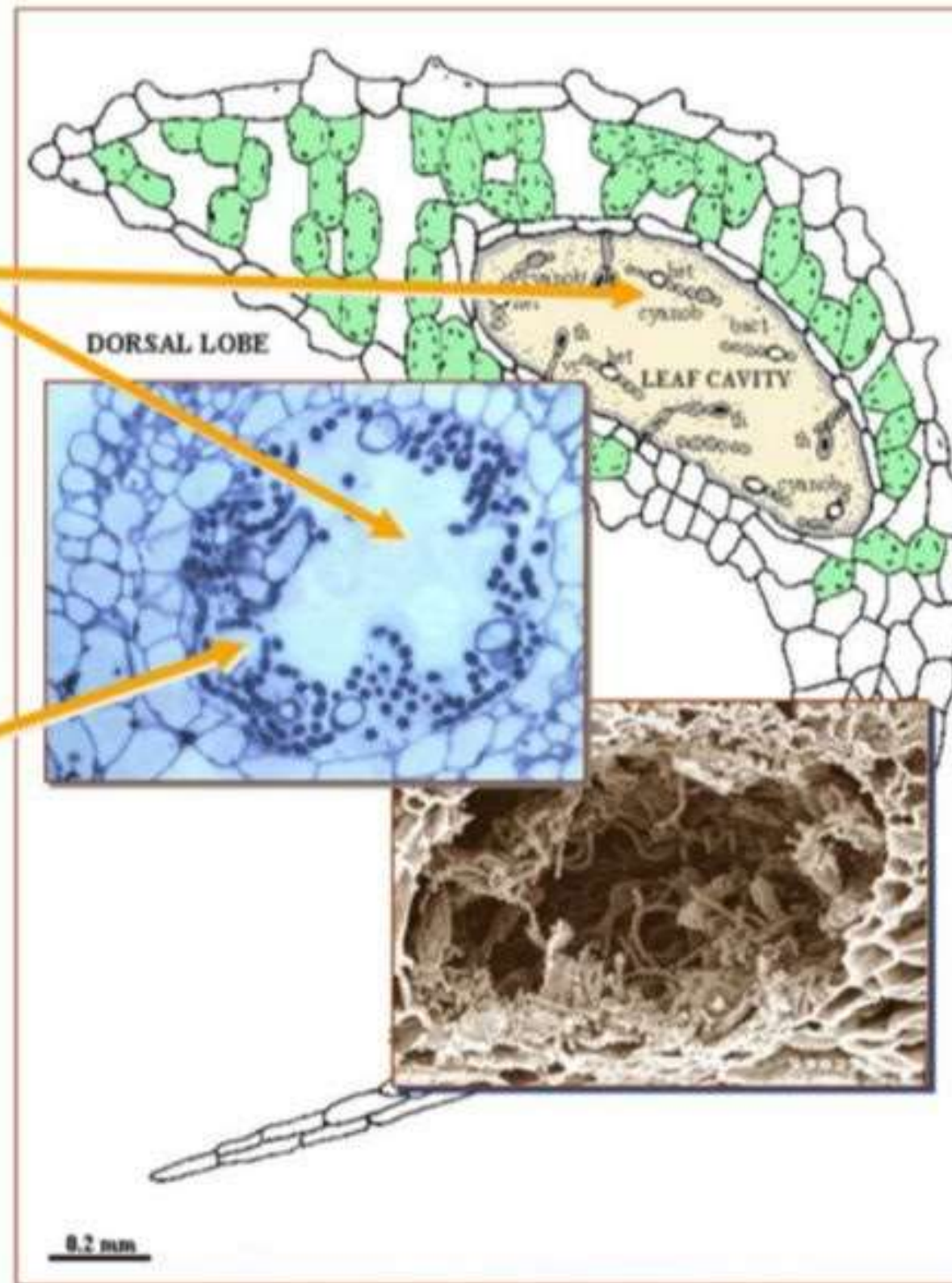




Azolla leaf

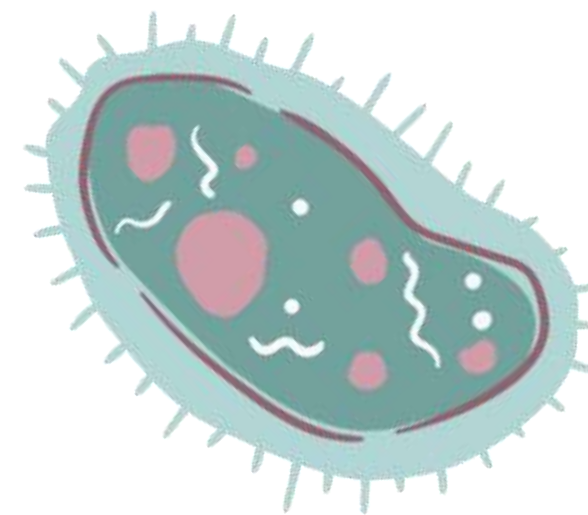
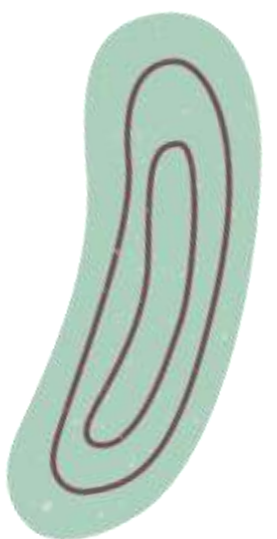
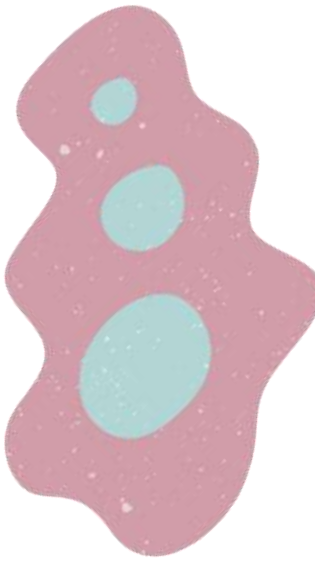


Anabaena



SIMBIOSI

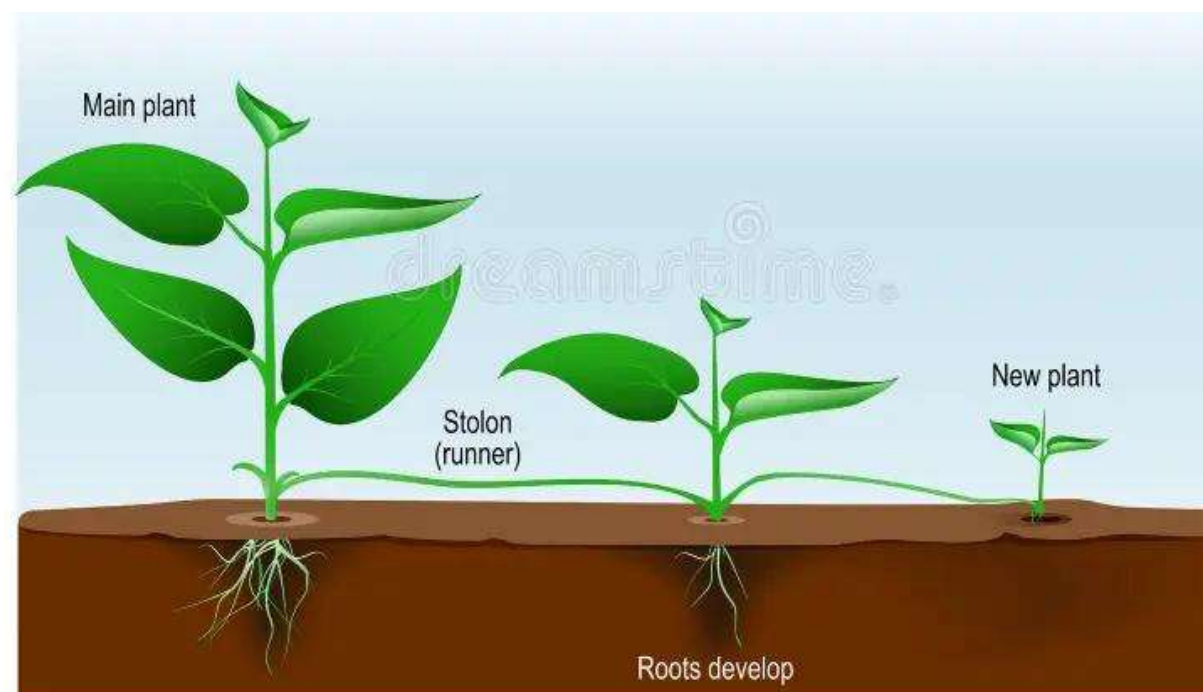
Le cavità della parte dorsale della foglia di *Azolla* forniscono un microambiente ideale all'*Anabaena azollae*, cianobatterio eterocistico azoto fissatore di aspetto filamentoso. Questa è la chiave della capacità dell'*Azolla* di sequestrare enormi quantità di anidride carbonica atmosferica.





GIACINTO D'ACQUA: UN ARMA CONTRO L'INQUINAMENTO

Il giacinto d'acqua, durante l'estate, produce capsule contenenti piccoli semi che germinano in acqua.



Oltre alla riproduzione sessuale, utilizza stoloni, fusti modificati, per moltiplicarsi, creando piante geneticamente identiche alla pianta madre. Questo meccanismo favorisce la sua invasività, tanto da figurare tra le 100 specie aliene più dannose al mondo.

Le radici della pianta svolgono un ruolo importante nella fitodepurazione: estraggono materia organica dall'acqua, consentendo una notevole riduzione degli inquinanti organici, che può variare dal 90% al 99%.





BIOREMEDIATION DELL'INQUINAMENTO DA METALLI

Il giacinto d'acqua ha diverse applicazioni significative, tra cui la bioremediation per la decontaminazione naturale delle acque inquinate da operazioni minerarie, quali le miniere di rame. Sebbene mostri limiti nell'assorbire il rame oltre una certa concentrazione, è efficace nell'assorbire il cromo esavalente e arsenico, soprattutto in simbiosi con rizobatteri.



Questa pianta può essere parte di una strategia naturale per ripristinare aree ex-minerarie e petrolchimiche. La bioremediation con il giacinto d'acqua consente la rimozione rapida di metalli pesanti, anche in presenza di inquinanti emergenti come il bisfenolo A, pesticidi ed insetticidi.

Tuttavia, è importante gestire attentamente la sua invasività, adottando soluzioni come l'uso delle radici polverizzate per evitare problemi ecologici. Il giacinto d'acqua può essere un alleato prezioso nella lotta contro l'inquinamento ambientale, sottolineando l'importanza di considerare soluzioni naturali, anche se classificate come invasive, per preservare l'ambiente.





I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) tel 080 3381352 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

GIACINTO D'ACQUA: MINIERA DI LITIO

Il giacinto d'acqua, oltre ad accumulare litio, può sottrarlo dall'acqua, diventando un'importante risorsa considerando l'aumento della richiesta di litio nelle moderne tecnologie, specialmente nelle batterie.



Questo fa parte di uno sforzo più ampio di ingegneria genetica per adattare organismi naturali alla decontaminazione ambientale, garantendo nel contempo la preservazione della biodiversità.



Date le sfide legate alla scarsità di litio, si sta esplorando la modifica genetica del giacinto d'acqua per potenziare la sua capacità di assorbire il litio.





IL GIACINTO D'ACQUA E LE ZANZARE

Il giacinto d'acqua agisce come una barriera naturale contro pesticidi e insetticidi, come dimostrato durante le campagne di disinfestazione contro le zanzare nelle aree in cui cresce.



Sfruttare questa capacità della pianta può essere una strategia efficace per creare zone protette contro gli effetti nocivi di pesticidi ed insetticidi, contribuendo così alla difesa naturale dell'ambiente.



Dopo il trattamento, le larve morte si accumulano fra le radici del giacinto d'acqua, rivelando un chiaro scambio reciproco tra la pianta e gli organismi acquatici.



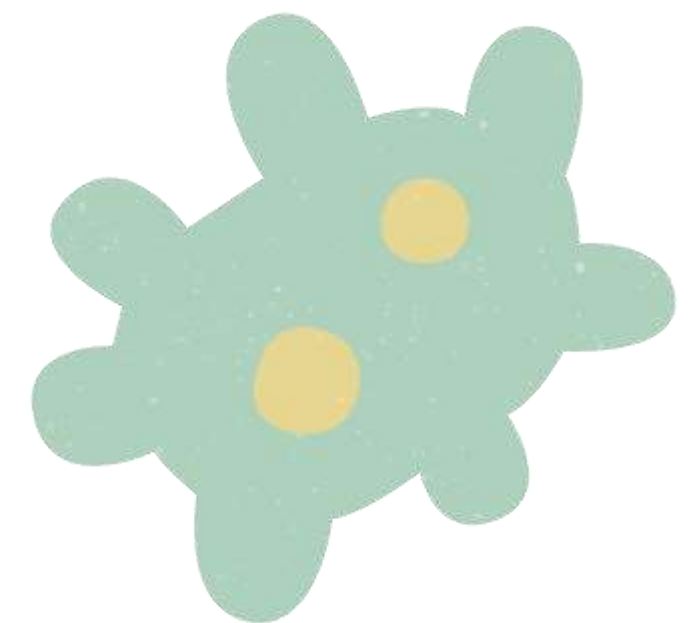
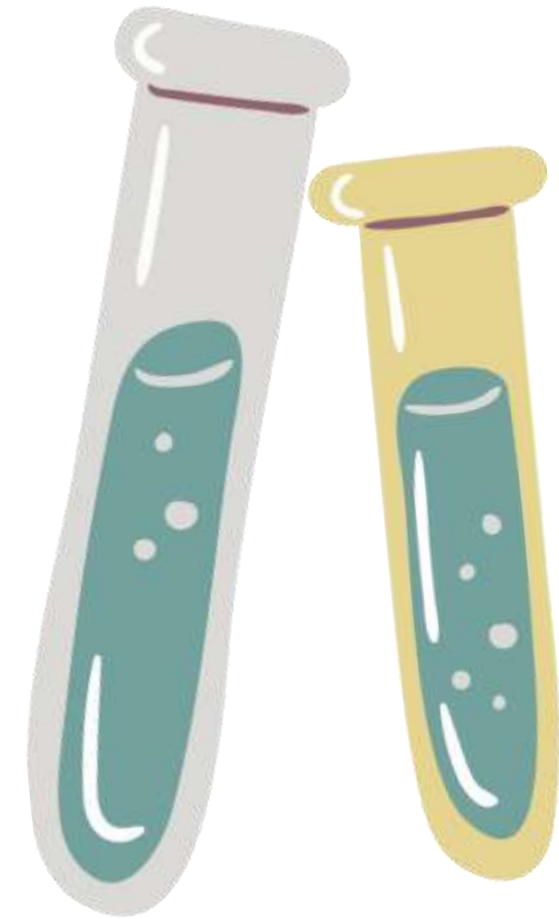
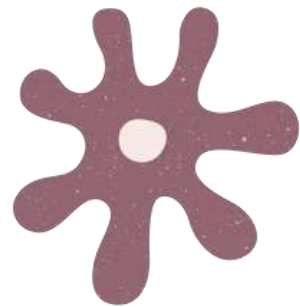


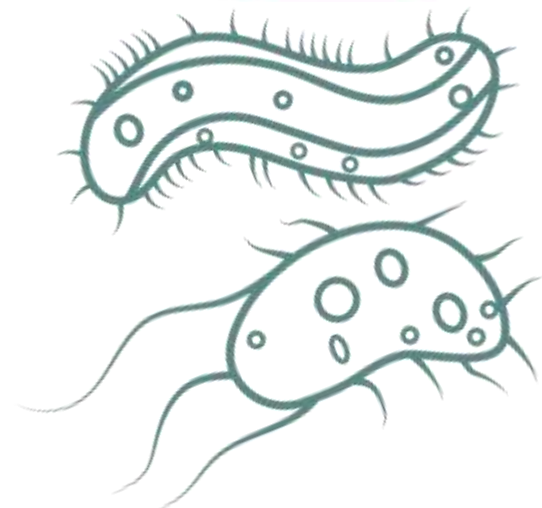
PRODUZIONE BIOLOGICA DI IDROGENO

La produzione biologica di idrogeno emerge come alternativa vantaggiosa rispetto alle tecniche termochimiche ed elettrochimiche attuali.

Caratteristiche distintive:

- Microrganismi capaci di produrre idrogeno da fonti di energia rinnovabili;
- Processi operanti a basso impatto ambientale, a temperatura e pressione ambiente;
- Utilizzo di rifiuti organici come substrato (scarti vegetali, sottoprodotti industriali alimentari, ecc.).





PROCESSI BIOLOGICI E SISTEMI COMBINATI

PROCESSI BIOLOGICI PER LA PRODUZIONE DI H₂

- Biofotolisi dell'acqua: Microalghe e cianobatteri;
- Fermentazione di composti organici: Batteri chemoeterotrofi (*Clostridium*, *Enterobacteriaceae*, *Thermotoga*);
- Fermentazione di composti organici: Batteri fotosintetici anossigenici (BRNS).

SISTEMI COMBINATI

- Proposta di sistemi biologici misti, combinando fermentazione e fotodegradazione;
- Utilizzo sequenziale di batteri chemoeterotrofi e fotosintetici anossigenici;
- Ipotesi di produzione massima teoricamente ottenibile di 12 moli di idrogeno per mole di glucosio consumata.

RICERCHE IN ITALIA

- Approfondimento delle conoscenze sui sistemi combinati di produzione di idrogeno;
- Obiettivo di individuare le condizioni ottimali per la conversione dei substrati organici, in particolare residui vegetali, in idrogeno;
- Sperimentazione e ottimizzazione in scala di laboratorio.





PROCESSI BIOLOGICI DI PRODUZIONE DI IDROGENO

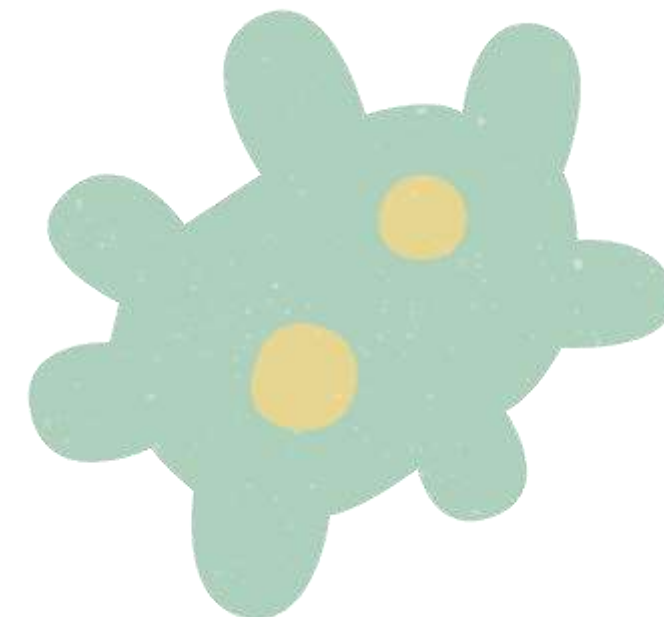
I processi biologici che portano alla produzione di idrogeno sono:

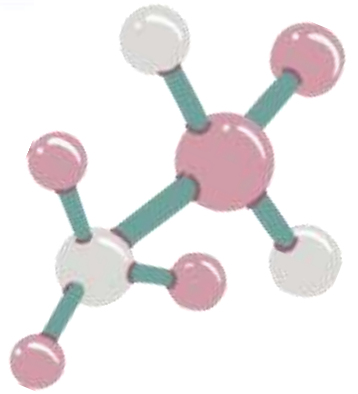
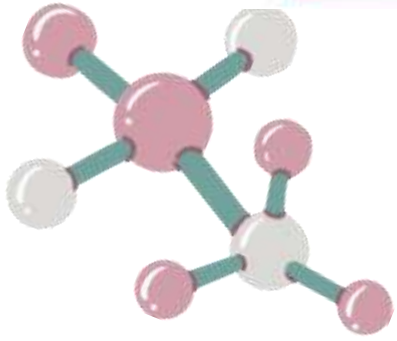
- 1) produzione di idrogeno dalla biofotolisi dell'acqua, condotta da microalghe e da cianobatteri;
- 2) produzione di idrogeno per via fermentativa condotta da microrganismi chemioeterotrofi;
- 3) produzione di idrogeno per via fotofermentativa condotta da batteri fotoeterotrofi;
- 4) sistemi integrati di produzione di idrogeno, che uniscono fermentazione al buio e fotofermentazione.



BIOFOTOLISI DELL'ACQUA

La possibilità di utilizzare microrganismi fotosintetici ossigenici per la produzione di idrogeno e ossigeno, è considerata un'opzione molto interessante per la produzione di idrogeno biologico. Si utilizzano fonti di energia quali la luce solare e l'acqua, per produrre H_2 in un processo pulito "carbon neutral".





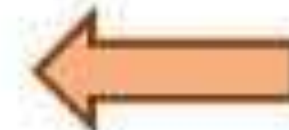
I fotoni che derivano dalla luce del sole determinano la reazione di scissione dell'acqua al fotosistema (PSII)

Il (PSII) di cellule di microalghe o cianobatteri e gli elettroni che derivano da questo processo sono convogliati, attraverso la ferredossina,

alla IDROGENASI

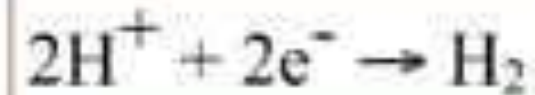


entrambi enzimi in grado di catalizzare la reazione di formazione di idrogeno:



o alla NITROGENASI

(enzima reversibile, che catalizza la reazione in entrambe le direzioni, a seconda delle condizioni ambientali)

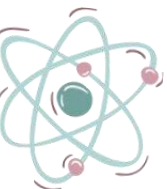
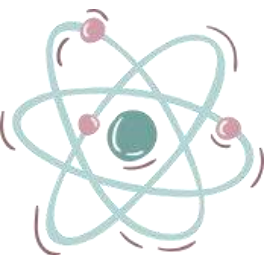


(Enzima unidirezionale, ma che richiede ATP per poter trasferire gli elettroni allo ione H)

EPPURE...

Ci sono tre principali limitazioni che ostacolano lo sfruttamento industriale di questo processo per la produzione di H₂:

- sia l'idrogenasi che la nitrogenasi sono enzimi sensibili all'ossigeno che viene prodotto in grandi quantità durante la fotosintesi;
- nel processo si sviluppano miscele di idrogeno e ossigeno che sono potenzialmente esplosive;
- il processo è caratterizzato da bassi tassi di produzione di H₂ in confronto con altri metodi biologici.

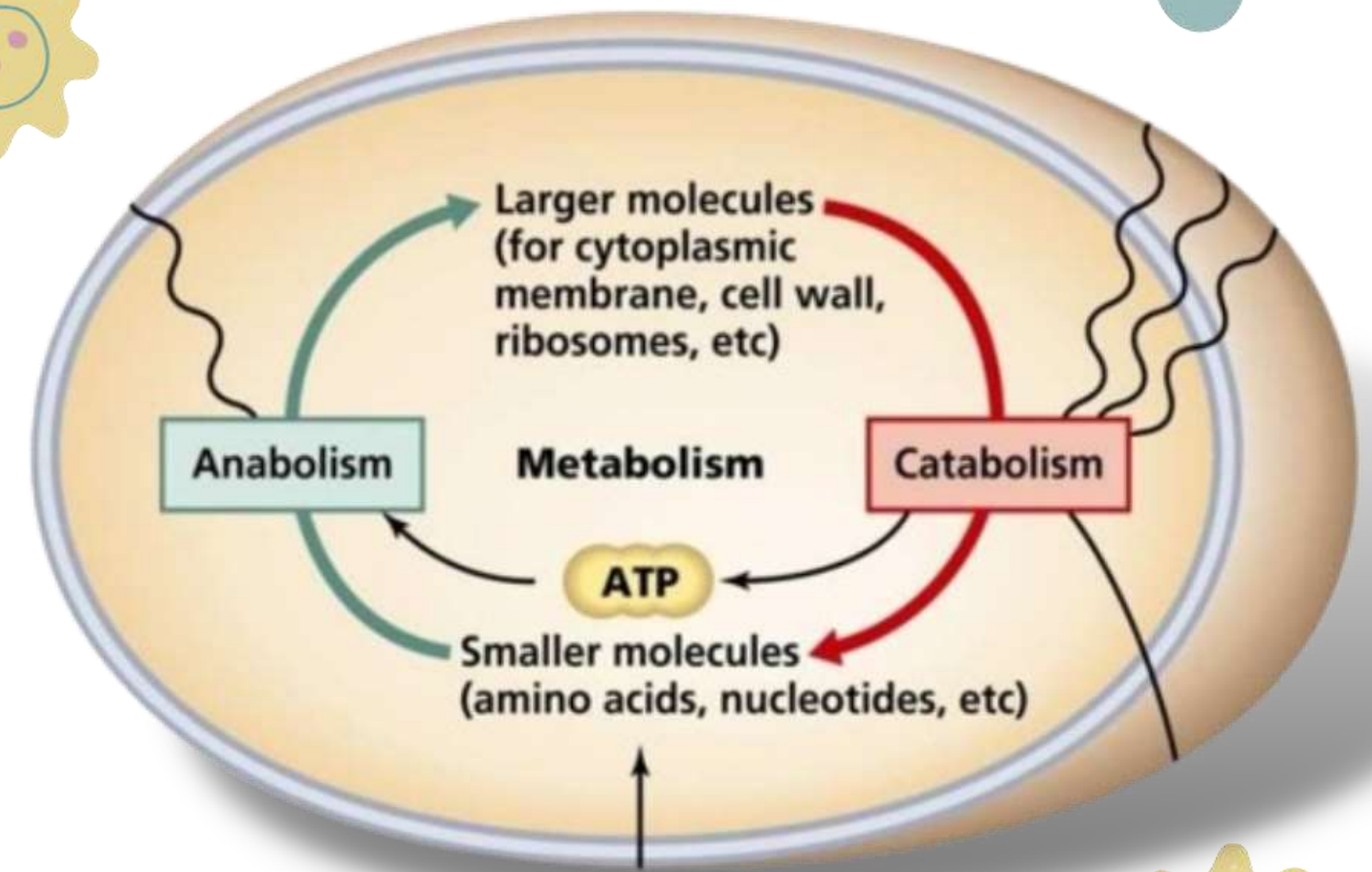




PRODUZIONE DI H₂ TRAMITE FERMENTAZIONE AL BUIO

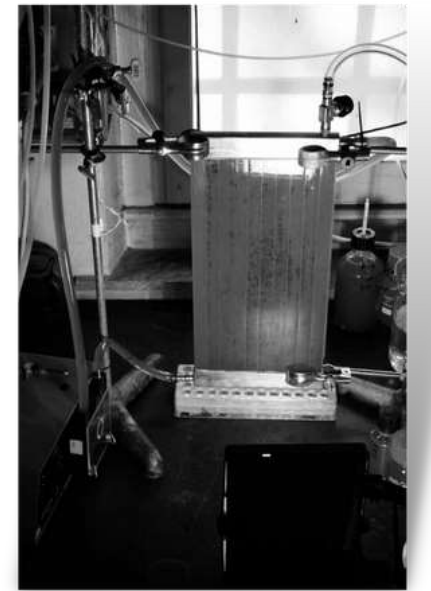
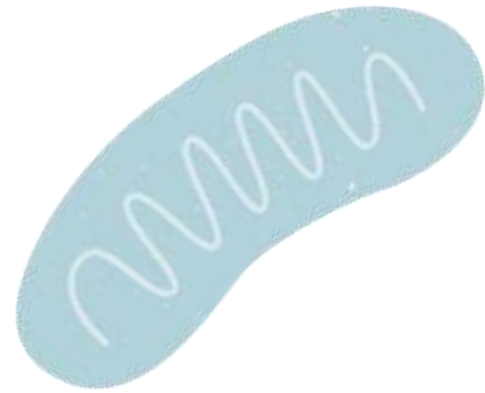
LE VIE METABOLICHE DEI BATTERI CHEMIOETEROTROFI

I batteri chemioeterotrofi producono idrogeno anaerobicamente attraverso la fermentazione al buio, necessaria per eliminare l'eccesso di potere riducente derivante dall'ossidazione della materia organica. Questo processo coinvolge l'idrogenasi, catalizzatore della formazione di idrogeno. Se la fermentazione coinvolge biomasse vegetali, il bioidrogeno è considerato rinnovabile. Tuttavia, i batteri fermentativi possono utilizzare vie metaboliche alternative, producendo acetato, butirrato, etanolo, a scapito della resa in idrogeno.





COME AVVIENE LA PRODUZIONE DI H₂



1. Degradazione dei Carboidrati:

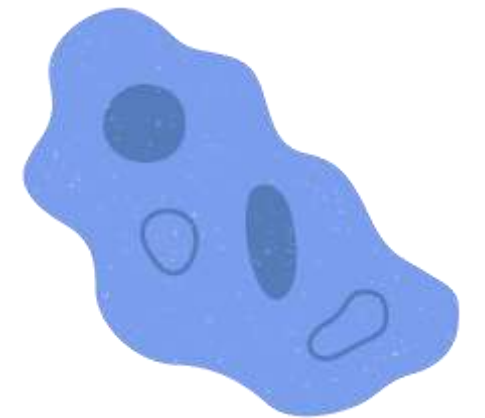
- Via glicolitica o via dei pentosi fosfato convergono sulla produzione di piruvato.

2. Percorsi di Ossidazione del Piruvato:

- Percorso 1 (Clostridi): Degradazione a acetil-CoA, CO₂ e ferredossina ridotta tramite PFOR.
- Percorso 2: Degradazione a acetil-CoA, CO₂, e idrogeno tramite PFL.

3. Produzione di Idrogeno (Percorso 1):

- Ferredossina ridotta dona elettroni a [Fe-Fe] idrogenasi, formando idrogeno.
- Riossidazione del NADH produce ulteriore idrogeno in condizioni specifiche.



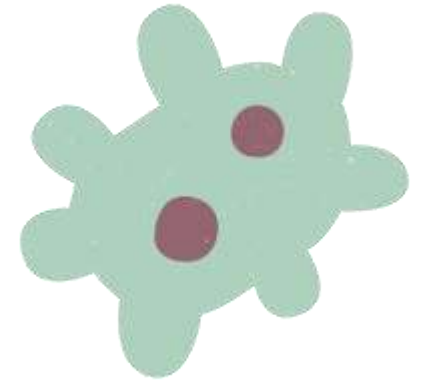
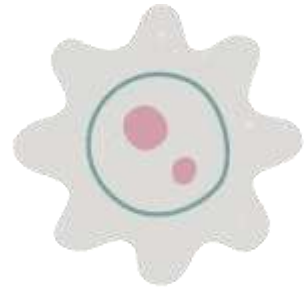
4. Produzione di Butirrato (Percorso 1, condizioni sfavorevoli):

- A pressioni moderate o alte di idrogeno, riossidazione dell'NADH tramite acetil-CoA produce butirrato.

Continua.....



COME AVVIENE LA PRODUZIONE DI H₂



5. Fermentazione Acido-Mista (Batteri Enterici):

- Scissione del piruvato in acetil-CoA e formiato tramite PFL.
- Conversione di formiato in H₂ e CO₂ a basso pH.

6. Ruolo della Lattato Deidrogenasi (LDH):

- Attiva a bassi valori di pH, catalizza la riduzione del piruvato a lattato.
- Sottrazione di NADH e piruvato disponibili per la formazione di idrogeno.



7. Conversione dell'Acetil-CoA e Formiato:

- Acetil-CoA e Formiato possono essere convertiti in acetato o etanolo a seconda delle condizioni di coltura.

8. • Limite di Thauer:

- Massimo di 4 moli di H₂ per mole di glucosio consumata nelle fermentazioni chemioeterotrofe.
- Limitazione dovuta alla necessità di almeno 1 mole di ATP per mole di glucosio consumata tramite fosforilazione a livello del substrato.

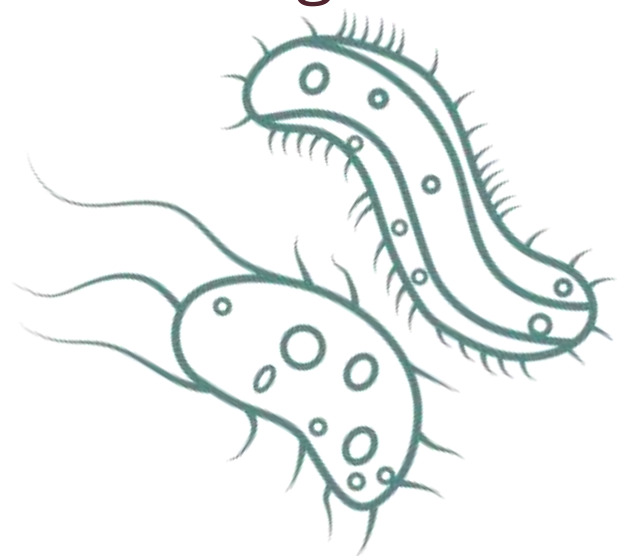




FOTOFERMENTAZIONE NEI BRNS

PROCESSO

Batteri fotosintetici anossigenici riducono ioni H^+ a H_2 , utilizzando potere riducente da composti organici e energia solare.

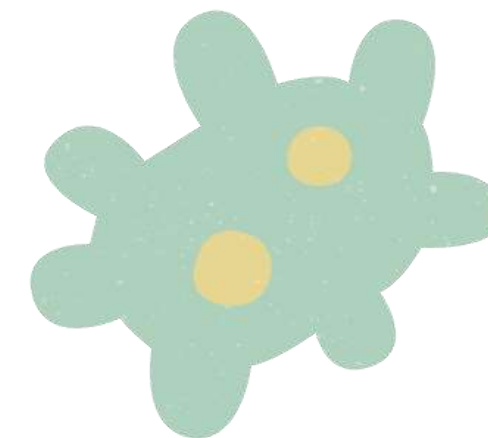


VANTAGGI

- Alte rese di conversione;
- capacità di utilizzare diverse lunghezze d'onda solari;
- assenza di inibizione da O_2 ;
- possibilità di smaltimento di rifiuti organici.

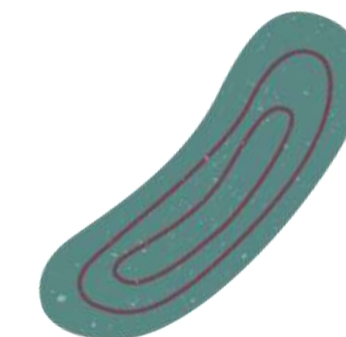
MECCANISMO

I BRNS (batteri rossi non sulfurei) ossidano composti organici a basso PM (acidi organici), il potere riducente va alla ferredossina e poi alla nitrogenasi, catalizzando la formazione di H_2 .



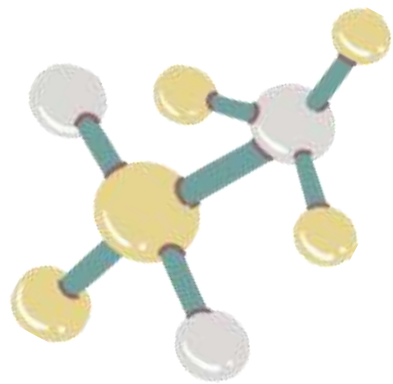
REQUISITI

Richiede grandi quantità di ATP per attivare il flusso inverso di elettroni e per l'attività della nitrogenasi.





SISTEMI INTEGRATI DI PRODUZIONE DI IDROGENO



Attraverso la fermentazione al buio si può ottenere la produzione massima di 4 moli di H_2 per mole di glucosio consumato, con il rilascio contemporaneo nel terreno di coltura di un certo numero di composti organici parzialmente ossidati che possono essere utilizzati come donatori di elettroni. La loro ossidazione per ottenere ulteriore potere riducente è termodinamicamente sfavorita a causa dei valori molto positivi di ΔG di queste reazioni.

Questo processo è quindi impraticabile per i batteri chemioeterotrofi ma diventa possibile attraverso la fotofermentazione dell'acetato o di altri composti analoghi in cui gli acidi precedentemente prodotti sono utilizzati dai BRNS come donatori di elettroni per la fotoevoluzione di idrogeno catalizzata dalla nitrogenasi. Ci sono quindi due fasi: la prima per via fermentativa effettuata da microrganismi chemioeterotrofi e la seconda per via fotofermentativa condotta da batteri fotoeterotrofi. Diversi studi sono stati condotti negli ultimi anni sui sistemi integrati, ottenendo in alcuni casi risultati molto promettenti.

ESEMPI :

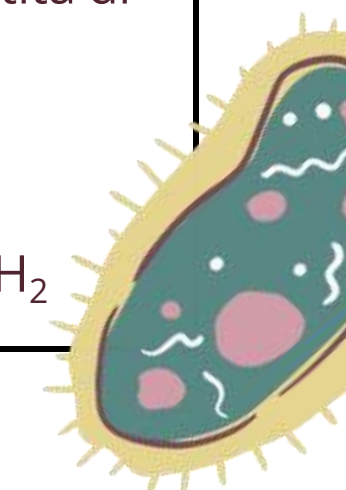
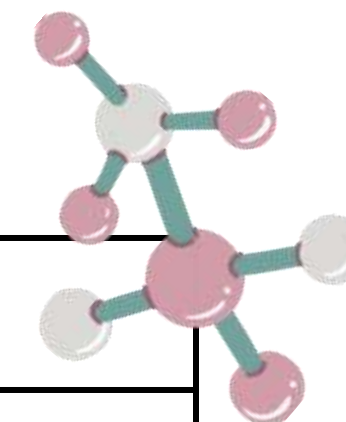
- 1) Substrato di partenza: biomassa algale
Produttività complessiva per mole di glucosio: 8,3 moli di H_2 ;
- 2) Substrato di partenza: residui di fecola di patate dolci;
Produttività complessiva per mole di glucosio: 7,2 moli di H_2 ;
- 3) Substrato di partenza: melassi di barbabietola:
Produttività complessiva per mole di glucosio: 6,85 moli di H_2 .





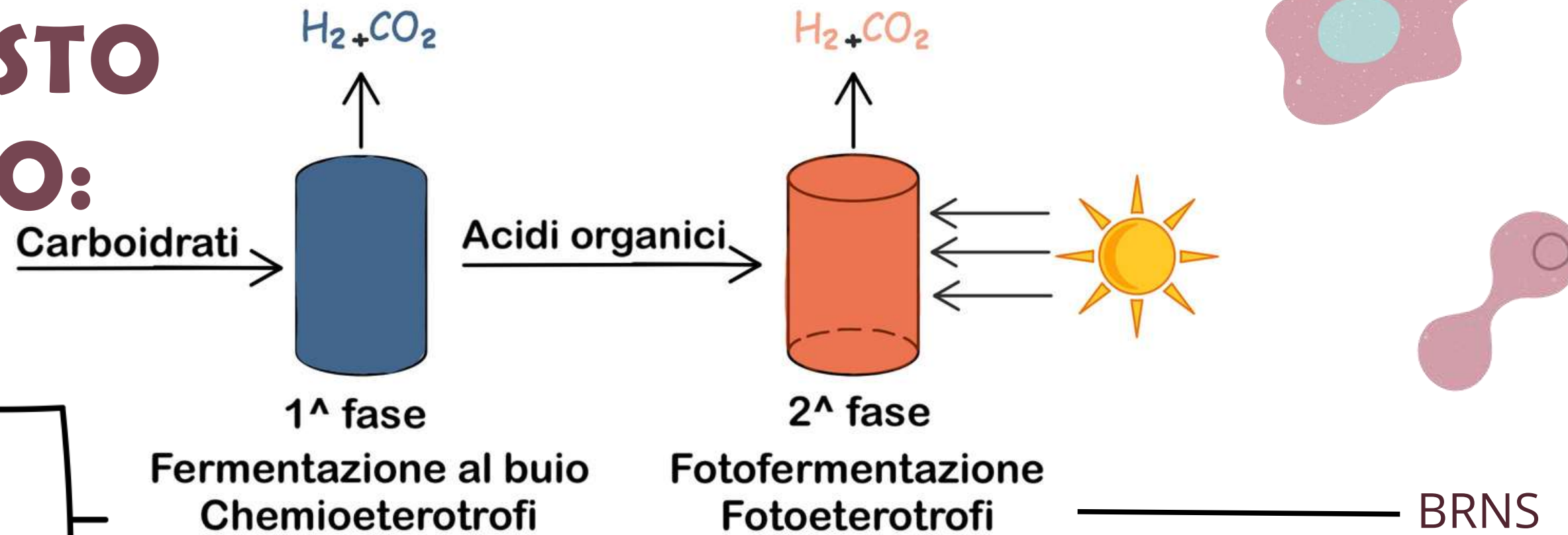
LIMITI DEI SISTEMI BIOLOGICI DI PRODUZIONE DI IDROGENO E PROBLEMI DA RISOLVERE

PROCESSO	MICRORGANISMI	VANTAGGI	SVANTAGGI
BIOFOTOLISI DELL'ACQUA	Microalghe verdi Cianobatteri	-Produzione da H ₂ O e luce solare	-Enzimi coinvolti nella produzione di H ₂ sono sensibili a O ₂ -Bassi tassi di produzione di H ₂
FERMENTAZIONE AL BUIO	Batteri chemoeterotrofi fermentanti	-Processo anaerobico -Può utilizzare substrati rinnovabili e di scarto di altri processi industriali -Non è influenzato dai cicli luce/buio -Alti tassi di produzione	-Ossidazione incompleta dei substrati -È influenzato negativamente dalla pressione parziale di H ₂ -Produce CO ₂ che occorre separare da H ₂
FOTOFERMENTAZIONE	Batteri fotosintetici anossigenici (batteri rossi non sulfurei - BNRS)	-Usa composti presenti in acque reflue industriali o derivanti dalla fermentazione al buio -Usa un'ampia gamma di lunghezze d'onda della luce solare	-La nitrogenasi consuma grandi quantità di ATP -La nitrogenasi è sensibile a NH ₄ ⁺ -Bassa efficienza di conversione dell'energia luminosa in H ₂





IL FUTURO DI QUESTO TIPO DI IMPIANTO: L'USO DI SISTEMI INTEGRATI



Clostridi
Enterobatteri } mesofili

Caldicellulosiruptor
Thermotoga } termofili

PRO
-cinetica più veloce
-miglior controllo della contaminazione

CONTRO
maggiori costi energetici

acque ad alta temperatura derivanti da cicli di raffreddamento di processi industriali

ULTERIORI IMPLICAZIONI

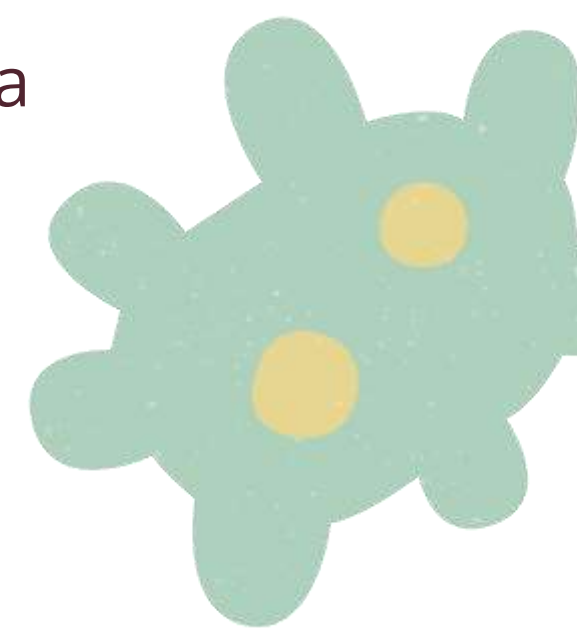
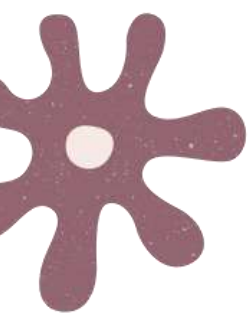
- modalità di coltura;
- separazione dal fermentato della biomassa sviluppatasi nella prima fase del processo;
- Per operare in condizioni axeniche con il solo microrganismo inoculato, l'effluente deve essere sterilizzato e trattato in maniera adeguata, portando così a un aumento dei costi;
- Nella fase di fotofermentazione, bisogna garantire una distribuzione ottimale della luce all'interno del fotobioreattore.

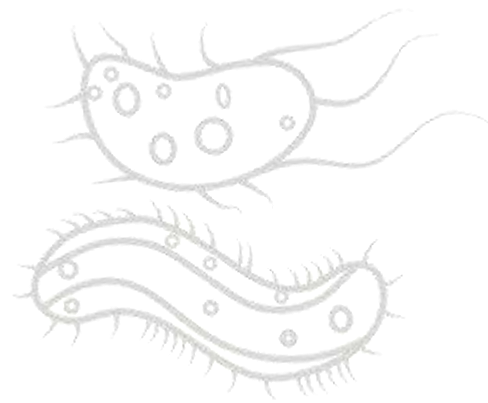


LE FRONTIERE DELLA RICERCA SULLA FOTOFERMENTAZIONE CONDOTTA DAI BRNS

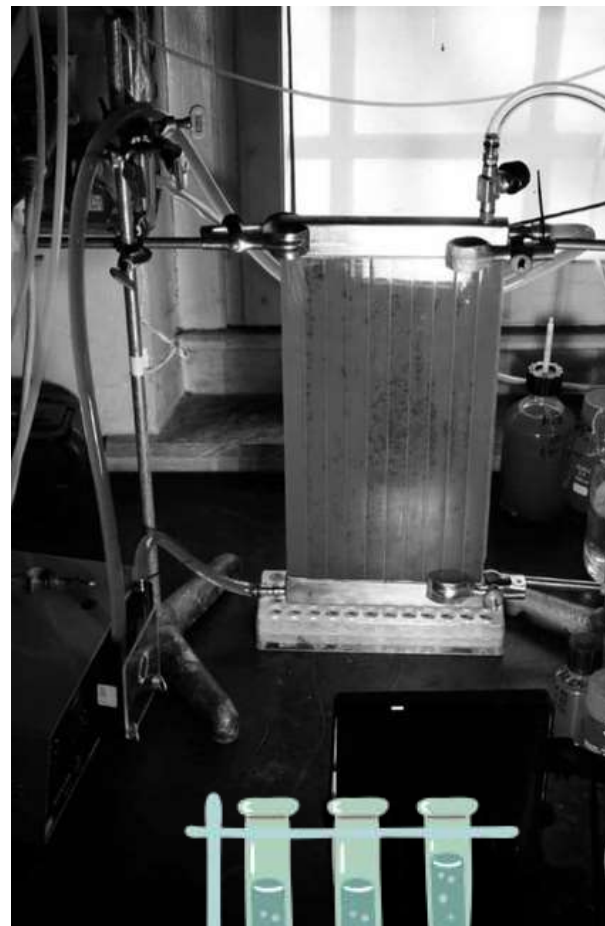
L'approccio della ricerca su questo tipo di processo fotofermentativo si pone in 4 punti essenziali:

- selezionare, tra i BRNS, quelli fotosintetici, quelli capaci di produrre idrogeno;
- creare una collezione di ceppi di tali organismi ai fini di studio;
- ottimizzare le condizioni di coltura dei ceppi scelti;
- sperimentare in laboratorio la combinazione del processo fermentativo di decomposizione dei composti organici, condotto da batteri eterotrofi anaerobi e la fotodecomposizione, da parte dei BRNS, delle molecole organiche a basso peso molecolare formatesi nel corso della fermentazione.

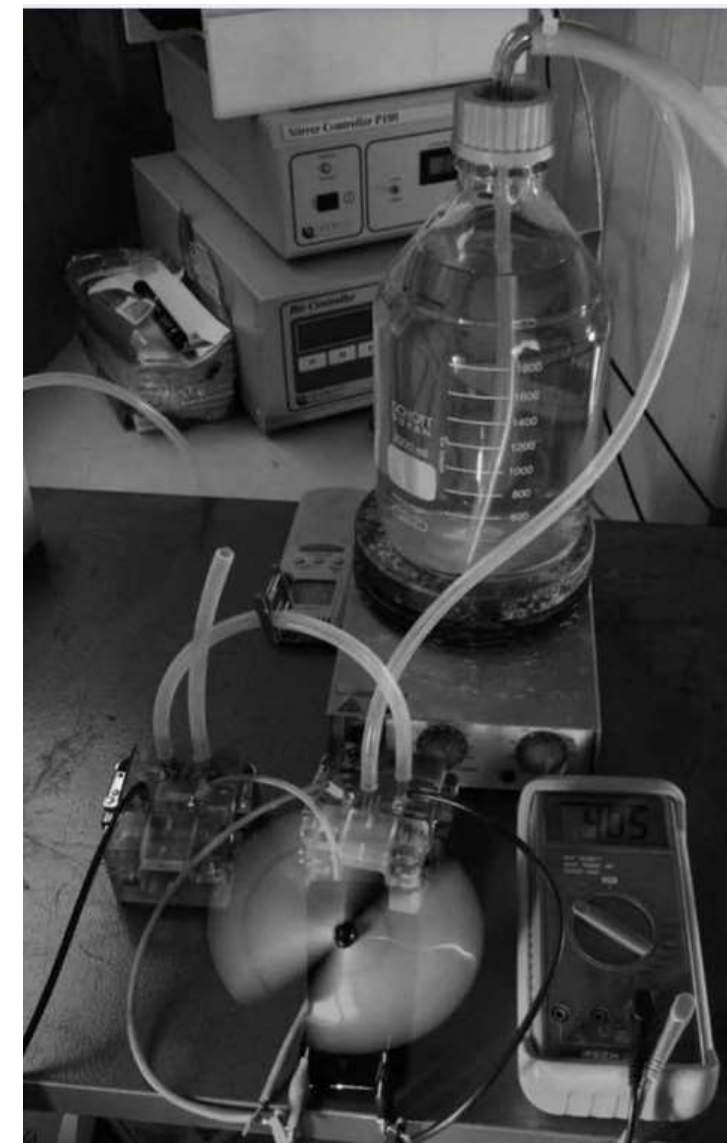
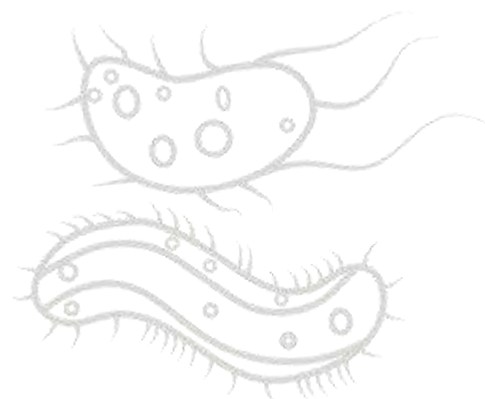
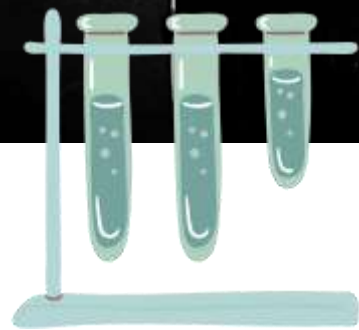




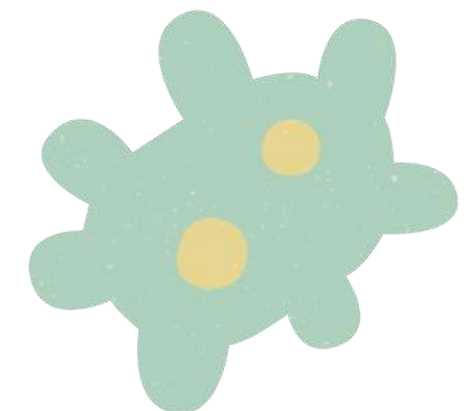
Fotobioreattore in produzione di idrogeno su fermentato vegetale



Fotobioreattore planare in fase di produzione di idrogeno



Cella a combustibile di tipo PEMFC collegata alla coltura batterica in produzione di idrogeno su brodo di fermentazione derivato dalla fermentazione di rifiuti vegetali





COLONNA 1

Nell'interfase solida - acquosa si nota un evidente strato di cianobatteri di color bruno sovrastato da uno strato di cianobatteri verdi.

Nell'interfase acquosa - aeriforme si nota un tappeto galleggiante e trasparente (biofilm).



COLONNA 2

Colonna allestita dicembre 2021 ecco come appare ad agosto 2023. Si nota come la stratificazione sia più modesta rispetto alla COLONNA 1.



COLONNA 2 Interfasi solida - acquosa e acquosa - aeriforme

Nell'interfase solida - acquosa si nota uno spesso strato di cianobatteri di color bruno - aranciato sovrastato da uno strato più sottile di cianobatteri verdi.

Nell'interfase acquosa - aeriforme si nota un tappeto galleggiante e trasparente costituito da un biofilm più spesso e sviluppato rispetto a quello della COLONNA 1.



Cianobatteri nel tappeto galleggiante della COLONNA 1 ingranditi 1000 volte.

Sopra la diatomea dalle dimensioni maggiori che presenta una struttura a forma stellata si nota un esemplare di cianobatterio policistato.

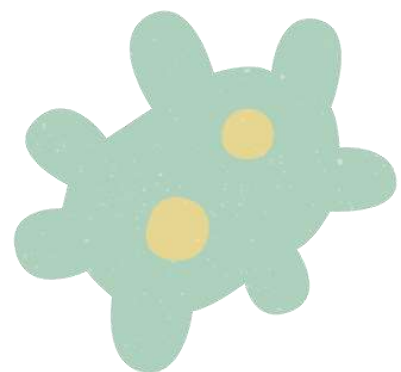
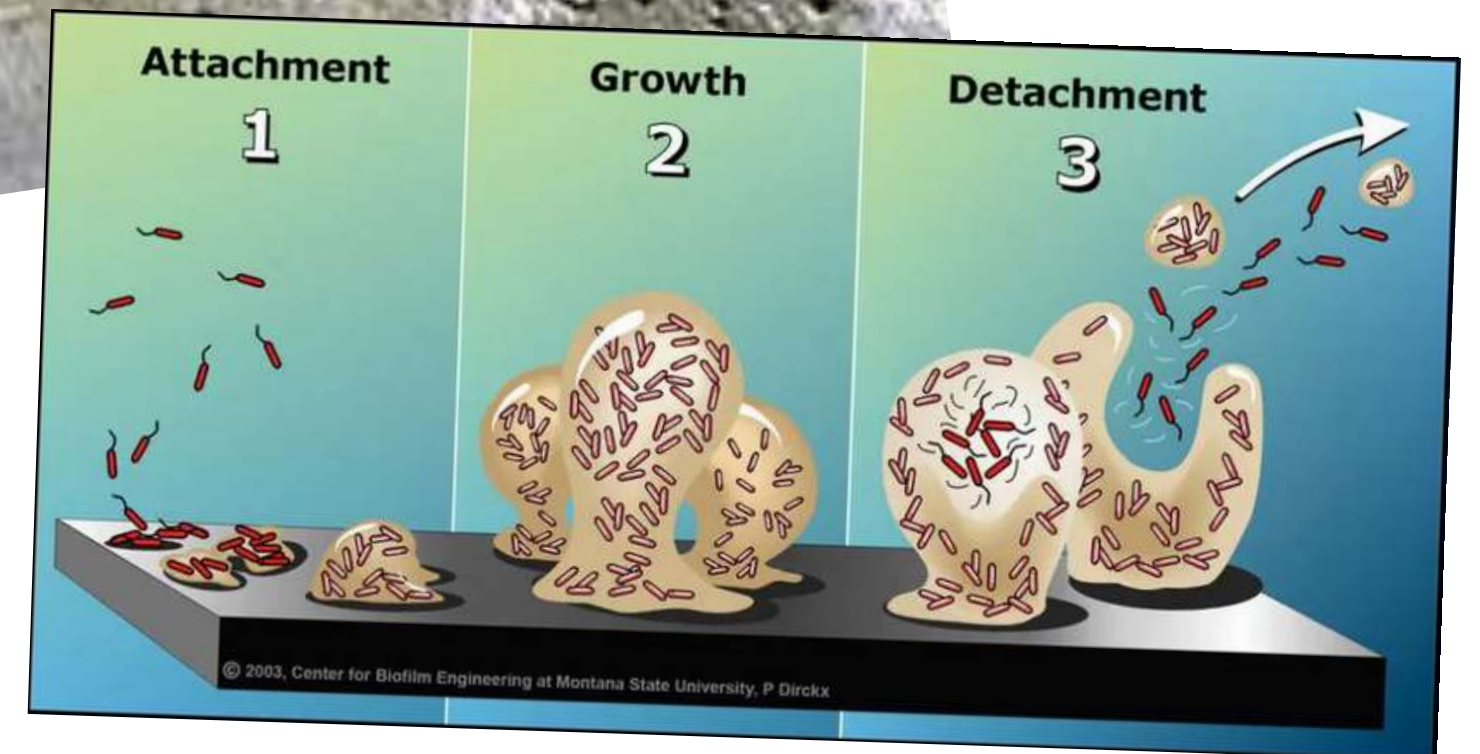
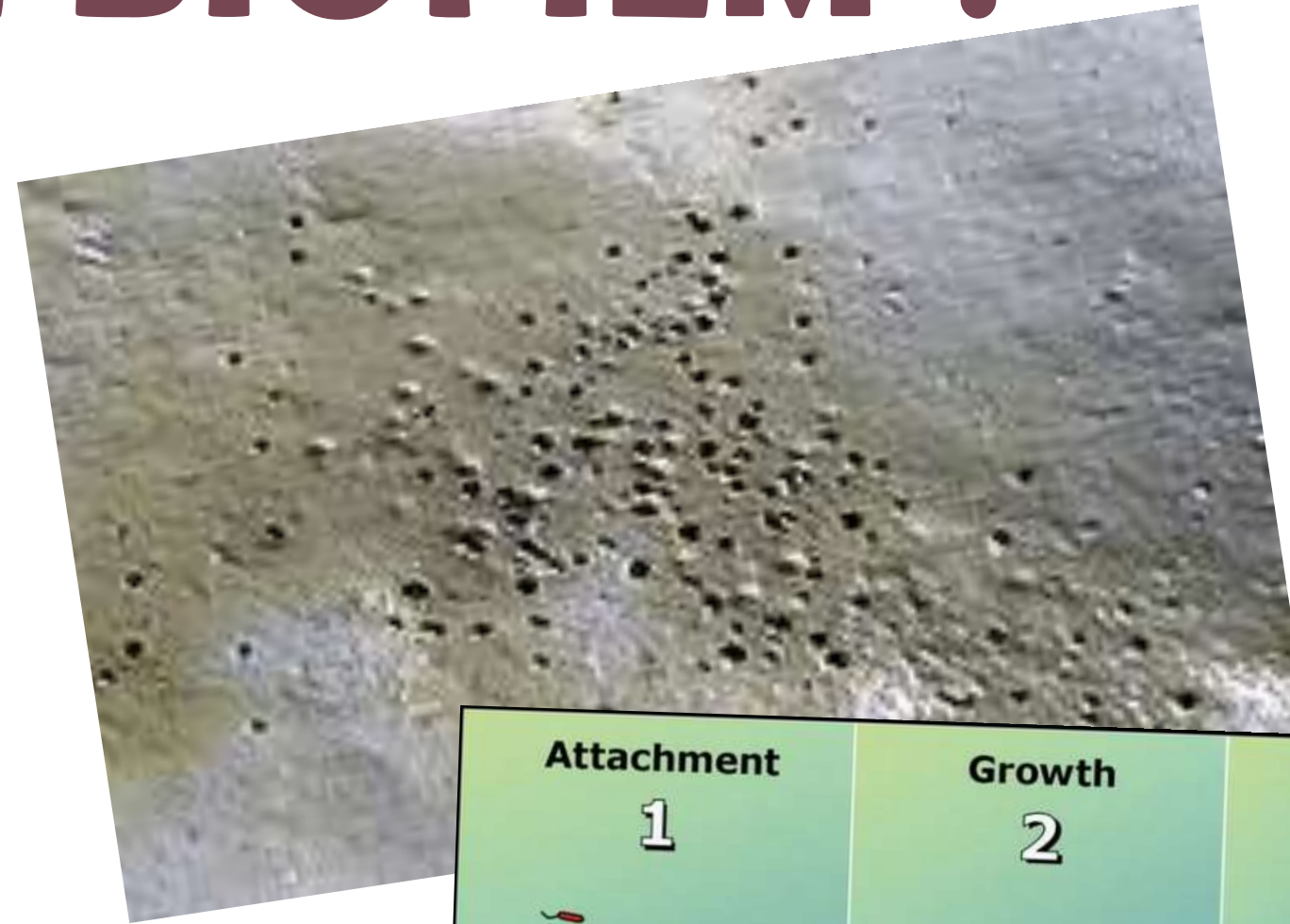


Cianobatteri nel tappeto galleggiante della COLONNA 2 con diatomee ingranditi 1000 volte.



COS'È IL BIOFILM ?

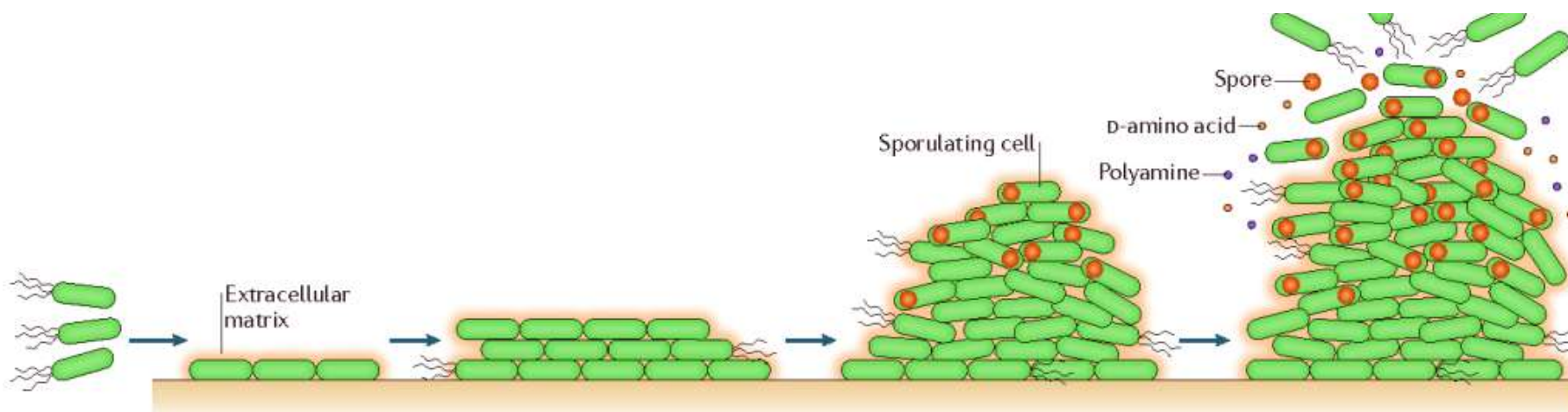
Il biofilm è un insieme di microorganismi ancorati a una superficie tramite forze di Van Der Waals nella sua fase iniziale. Durante la seconda fase, avviene un attacco irreversibile con la formazione di strutture superficiali come pili e fimbrie, regolato dal quorum sensing. La terza fase comprende la maturazione del biofilm con la produzione di materiale polisaccaridico (EPS), mentre alcuni microorganismi possono disperdersi per colonizzare ambienti circostanti.





VANTAGGI E SVANTAGGI DEI BIOFILM

Il biofilm offre vantaggi, come la vicinanza a una fonte nutritiva e il trasferimento genico. La crescita nel biofilm induce cambiamenti nei fenotipi biofilm-specifici, con batteri superficiali più veloci e strati sottostanti con crescita più lenta. Questa diversità è cruciale nella resistenza agli antibiotici. La produzione di proteine nel biofilm facilita l'espulsione di sostanze tossiche.



I fattori che influenzano la formazione includono la superficie, pellicole, condizioni ambientali e proprietà cellulari. Tuttavia, i biofilm possono essere dannosi poiché limitano l'accesso ai nutrienti per alcuni strati di batteri e favoriscono la liberazione di sostanze citoplasmatiche.

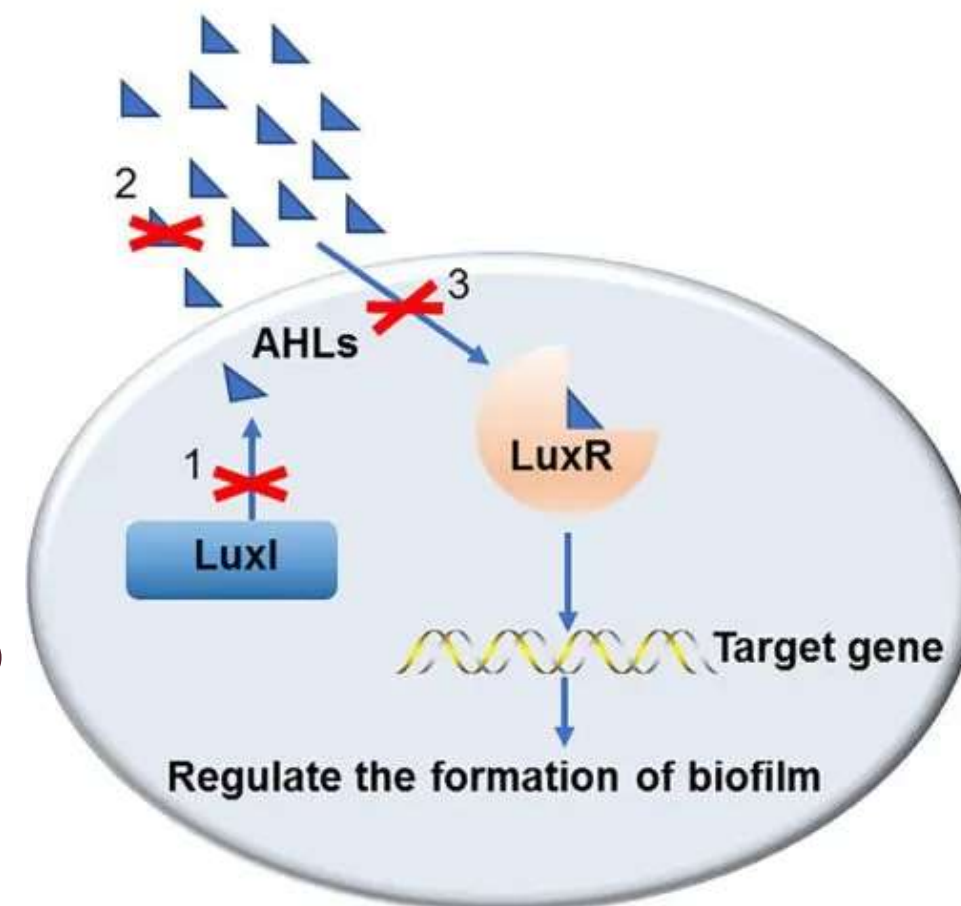


IL QUORUM SENSING

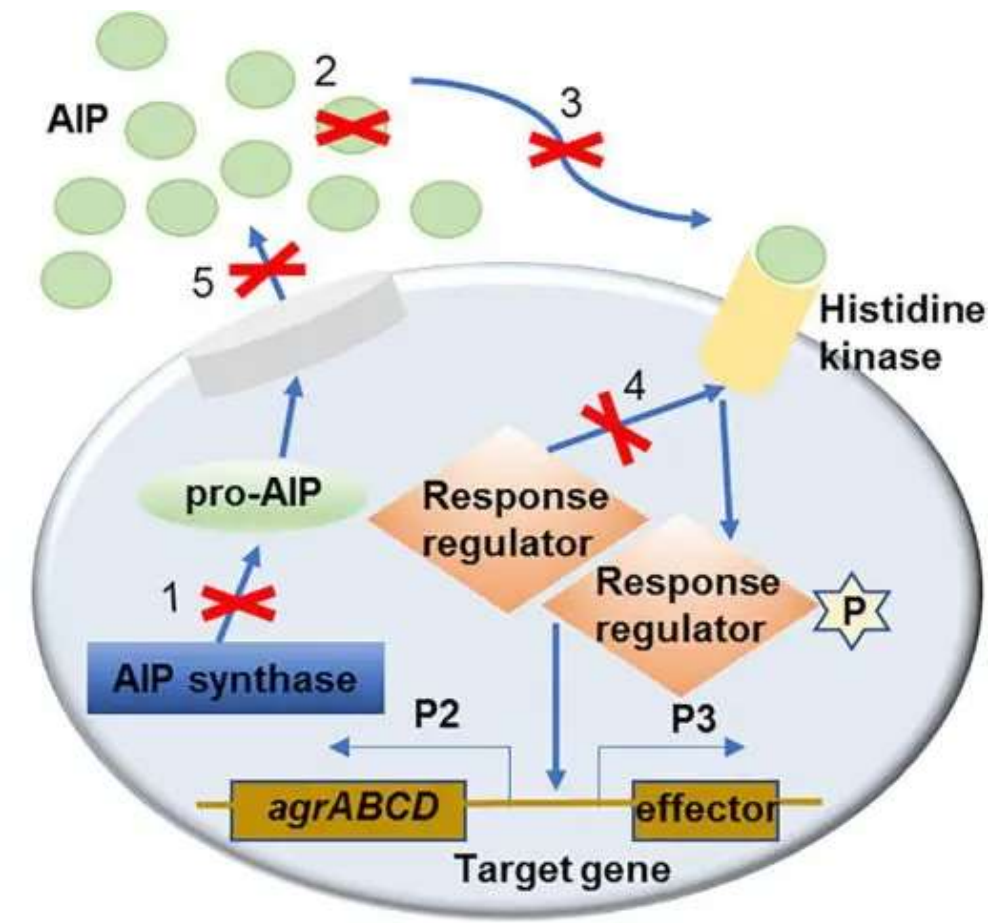


Dopo la formazione della microcolonia, il quorum sensing coordina lo sviluppo del biofilm attraverso la comunicazione chimica tra batteri. Quando la concentrazione di composti chiamati autoinduttori raggiunge un certo livello (quorum sensing), si attiva una risposta a cascata.

Questi composti reclutano altri batteri e modulano l'espressione genica, promuovendo la sintesi di strutture come pili, fimbrie; e processi quali: mitosi, metabolismo, biosintesi di polisaccaridi e la produzione di fattori sigma alternativi.



Gram-negative bacteria



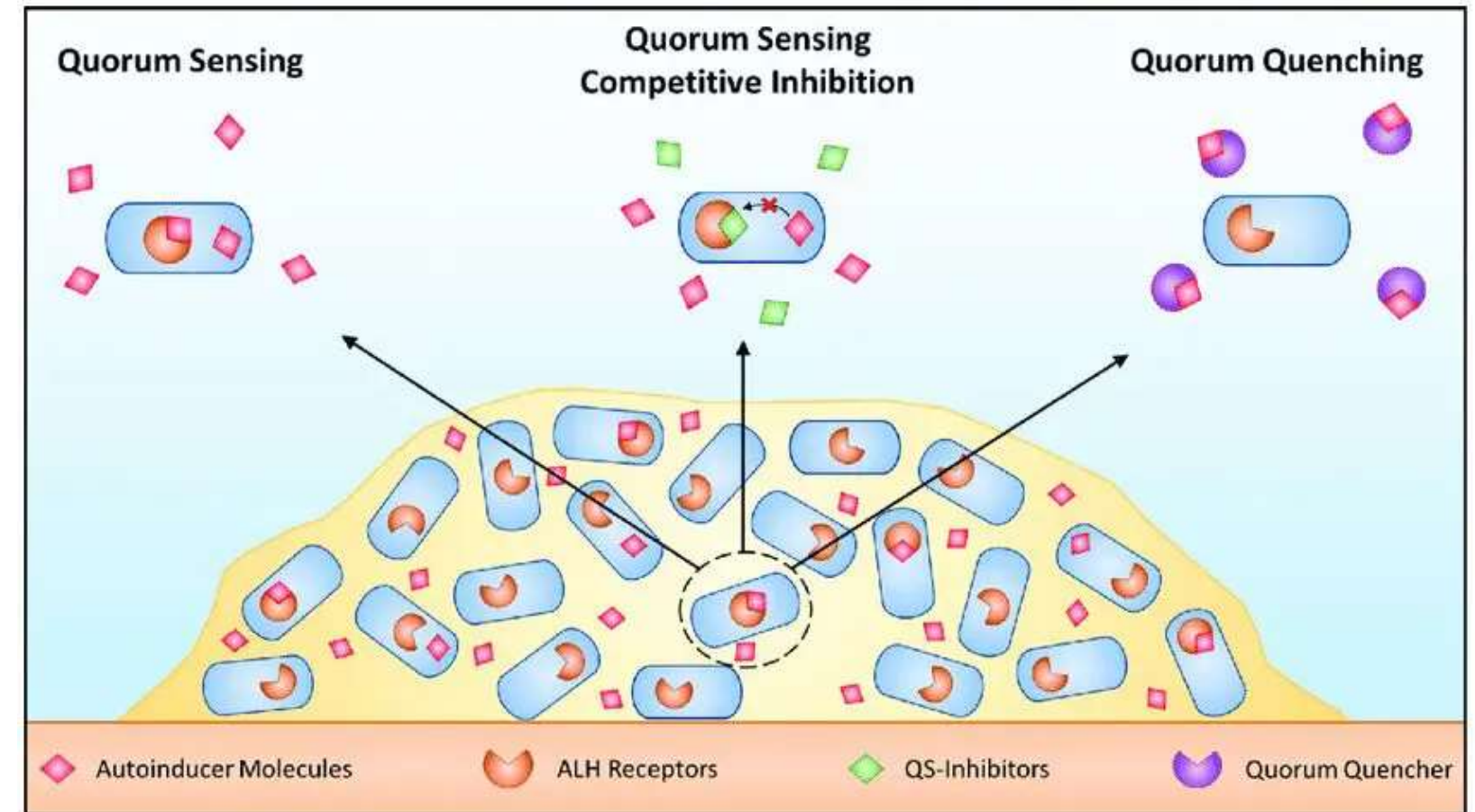
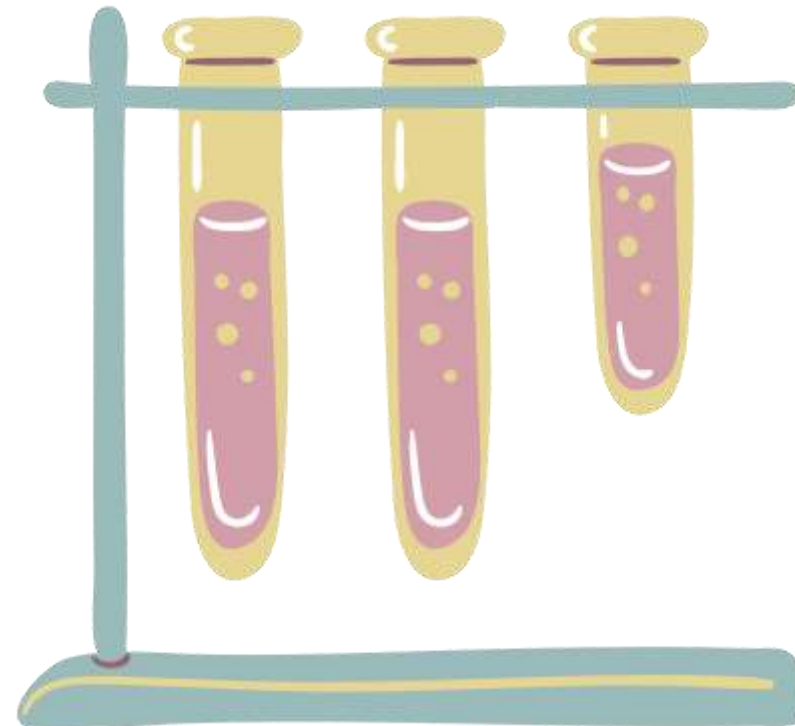
Gram-positive bacteria





IL BIOFOULING

Il biofouling è la formazione indesiderata di biofilm, causando incrostazioni con particelle non biologiche. Può verificarsi in condutture d'acqua e persino sulle valvole cardiache, potenzialmente causando endocarditi batteriche. Nei biofilm delle acque reflue, le incrostazioni possono intasare membrane filtranti, ostacolando il processo di depurazione. Per prevenire il biofouling, si modifica il quorum sensing chimico tra batteri, cercando di bloccare il processo.



Nel trattamento delle acque, l'inibizione del quorum sensing, chiamato quorum quenching, è impiegato per ridurre la formazione di biofilm. Molecole di quorum quenching, come enzimi prodotti da microrganismi specifici, vengono utilizzate per prevenire la crescita del biofilm, mantenendo il sistema efficiente.



📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

BIOFILM NELLE COLONNE DI VINOGRADSKIJ

Al fine di indurre la formazione di biofilm nelle colonne di Vinogradskij, il 03/02/2023 sono stati collocati dei tappi di polietilene con funzione di substrato all'interfase solido - liquido.



Una prima verifica della formazione di biofilm nelle colonne di Vinogradskij è stata effettuata il 10/03/2023. Si è notata un'iniziale formazione di biofilm sui substrati artificiali introdotti 1 mese prima ed inoltre una stratificazione di batteri verdi sotto lo strato superficiale di alghe, cianobatteri e rodobatteri.

Una successiva verifica della formazione di biofilm sui substrati artificiali introdotti 7 mesi prima è stata effettuata il 28/08/2023.

Risulta evidente una crescita di biofilm più copiosa sulla Colonna 2 rispetto a quella più ridotta sulla Colonna 1.



📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

ROTATING CELL BIOFILM REACTOR



Il Rotating Cell Biofilm Reactor (RCBR) è un avanzato sistema di depurazione delle acque che utilizza tappi di plastica riciclati come carriers biologici. Rispetto agli impianti a dischi biologici, i reattori RCBR offrono una superficie biologica dieci volte maggiore. I tappi di plastica vengono rivestiti da un film batterico depurativo quando le acque reflue vengono pompate nei moduli RCBR. Le acque trattate possono essere scaricate in corpi idrici o nel terreno, e, se disinfettate, riutilizzate per scopi come l'irrigazione o il riempimento delle vaschette delle toilette. Questo approccio evidenzia l'aspetto di economia circolare, trasformando rifiuti in risorse ambientali.





📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

ROTATING CELL BIOFILM REACTOR

Il sistema RCBR è un innovativo metodo di trattamento biologico delle acque reflue. Utilizzando una cella in acciaio inox riempita di tappi di plastica, il processo coinvolge la rotazione lenta della cella immersa in acque reflue, promuovendo la formazione di un biofilm batterico. Questo biofilm passa attraverso fasi di batteri eterotrofi per la riduzione di COD e BOD, seguite dalla presenza di batteri autotrofi per la denitrificazione.

L'invenzione è attribuita al chimico italiano Sergio Modenese, con il primo brevetto depositato nel luglio 2013.



La configurazione del sistema consente il controllo del processo, con bassi costi operativi e nessuna necessità di soffianti per l'ossigenazione. RCBR trova applicazione post-trattamenti primari e pre-trattamenti per acque superficiali e sotterranee inquinate

I consumi energetici sono minimi, riducendo significativamente i costi elettrici della depurazione.

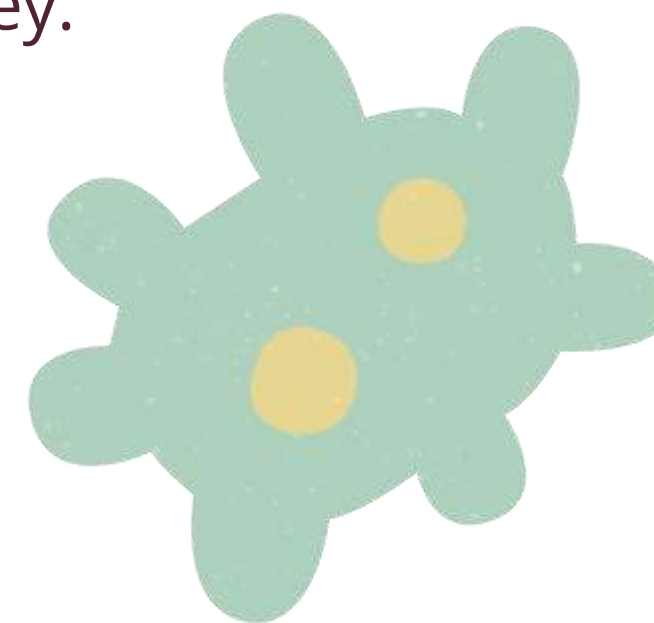
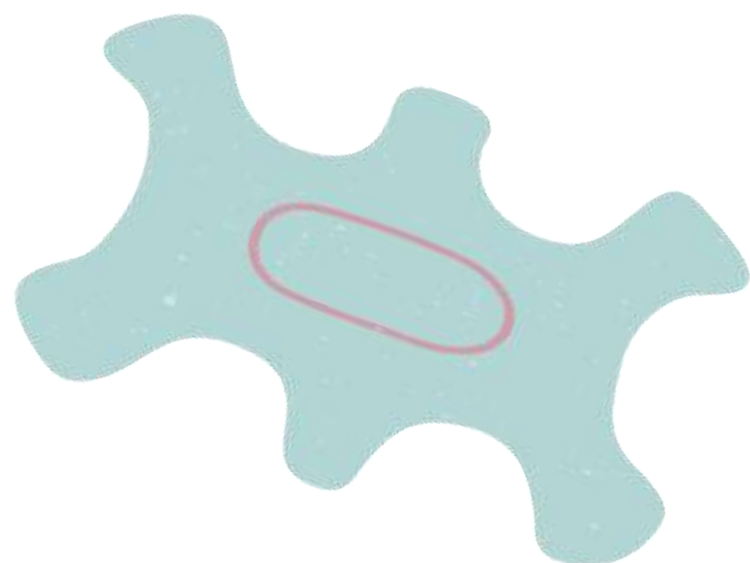
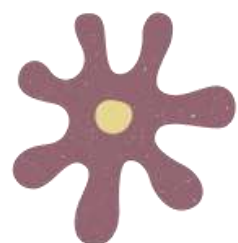
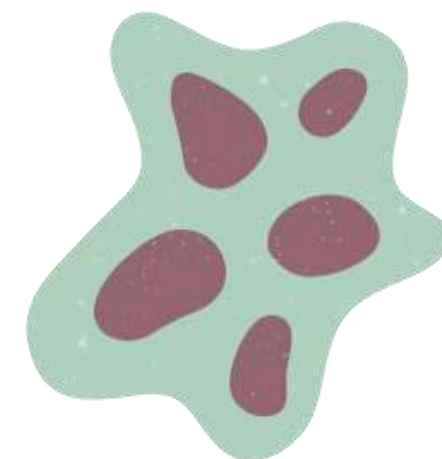


CONCLUSIONI

COME E DOVE È STATA SVILUPPATA LA TECNICA RCBR

I tappi «Li comperiamo dalle onlus che li raccolgono presso scuole ed associazioni, sostenendo in tal modo diversi progetti di solidarietà», spiega Dario Savini, amministratore delegato di Eco-Sistemi.

L'azienda, nata nel 2013, è una delle startup innovative del Trentino grazie all'incubatore green e sostenuta finanziariamente con il Seed Money.





📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

IL PRIMO CLIENTE? UN BIRRIFICIO DI NOVARA



I laboratori dell'Università di Pavia hanno elaborato un'idea geniale, economica ed ecologica: utilizzare tappi di plastica riciclati al posto di costosi dispositivi dove far crescere le colonie batteriche che, mangiando "lo sporco", rendono possibile la depurazione.

Un prototipo funziona già presso il depuratore di Rovereto, in località Navicello. "Eco-Sistemi" è stata impegnata anche in Puglia, in un cantiere internazionale per la realizzazione di un fitodepuratore. Un primo cliente è il birrificio agricolo Hordeum di Novara, dove la startup ha installato un sistema RCBR che rimuove il carbonio e l'azoto contenuti negli scarti di lavorazione della birra trattando 5,5 metri cubi di refluo al giorno, corrispondente ad un carico inquinante di un piccolo paese con 300 abitanti.

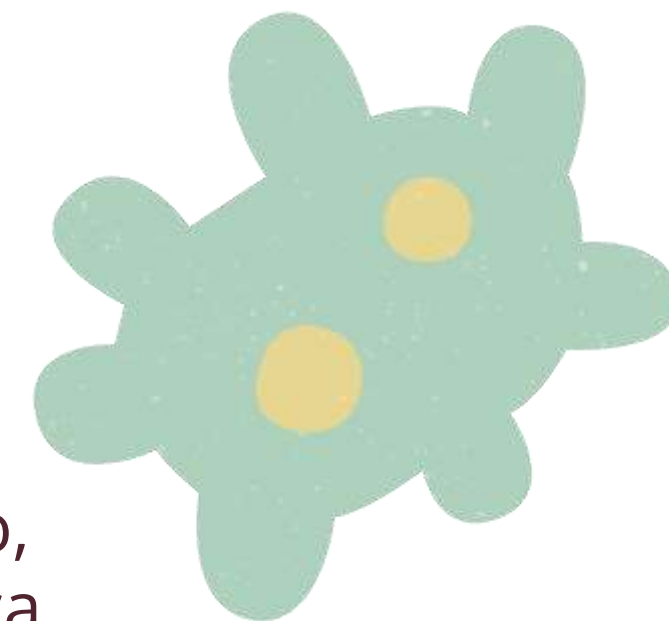
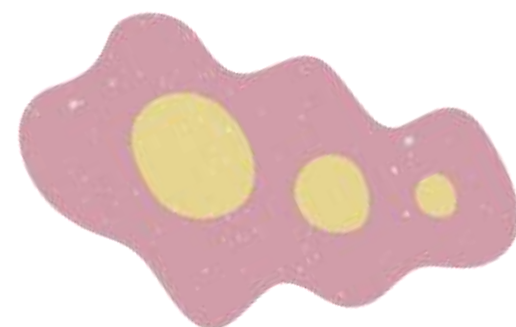
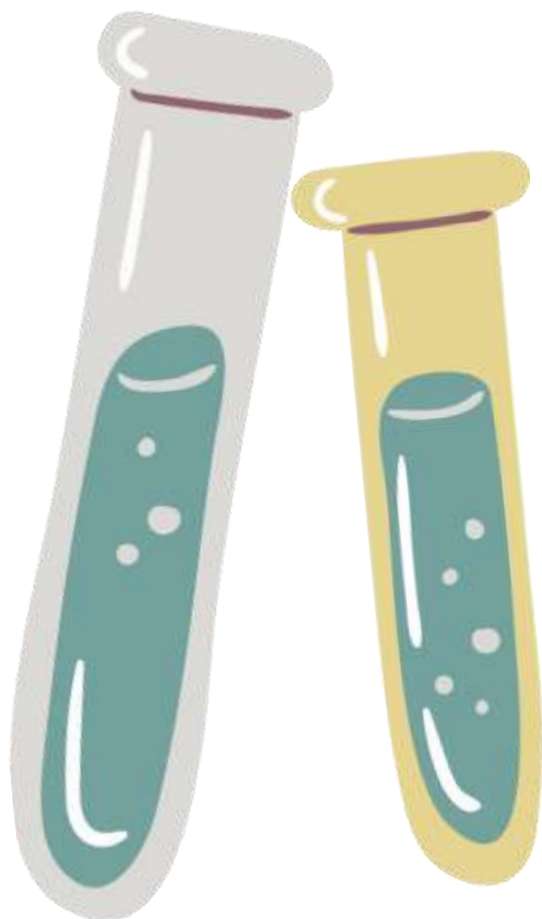
«I tappi di plastica, oltre 430 chilogrammi – spiega Dario Savini - sono contenuti in un cestello in acciaio inox che ruota lentamente all'interno di una vasca dove vengono fatte confluire le acque da depurare. Ruotando nell'acqua i tappi sviluppano una pellicola batterica, comunità di microrganismi che rimuovono il carbonio organico ossidando l'ammoniaca a nitrati».



I VANTAGGI PER LA BOLLETTA E L'AMBIENTE

I dati del monitoraggio dell'impianto di Novara sono ottimi:

- Consumi molto limitati (pari a 1,2-1,5 kWh)
- La formazione del biofilm batterico avviene in solo una settimana di tempo, mentre dopo tre settimane vengono abbattuti i valori della sostanza organica.
- L'impatto paesaggistico è limitato; la macchina misura 3,30 metri di lunghezza per 1,30 di larghezza.



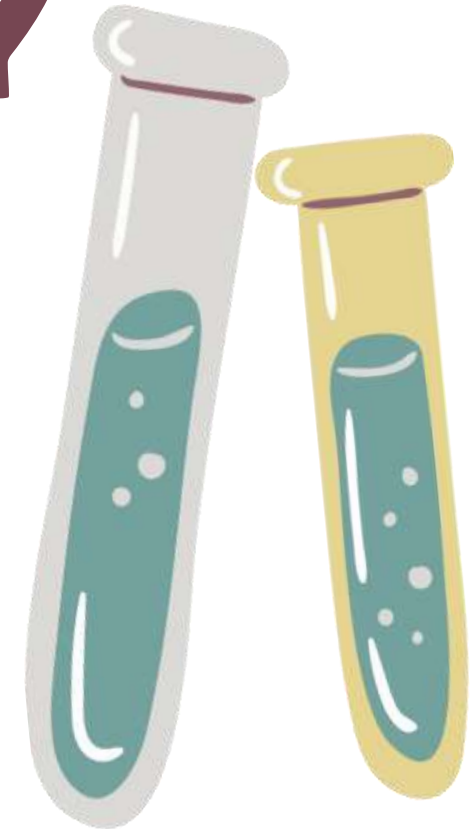
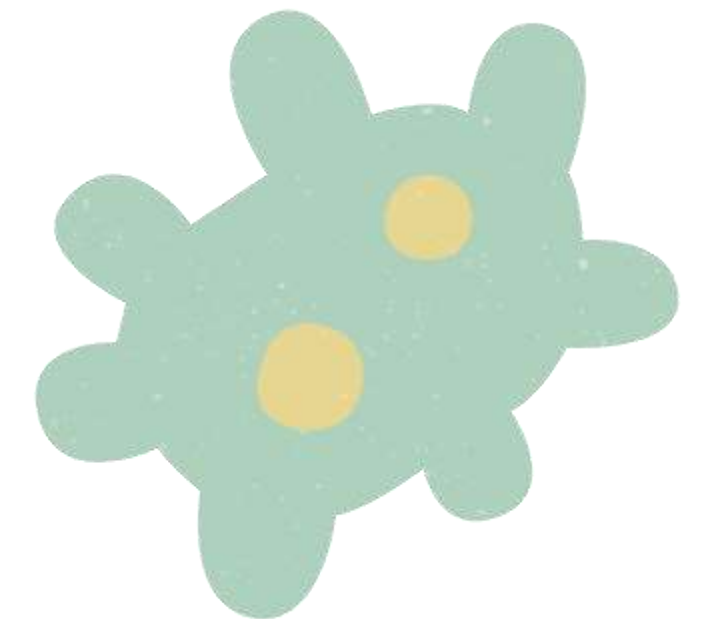
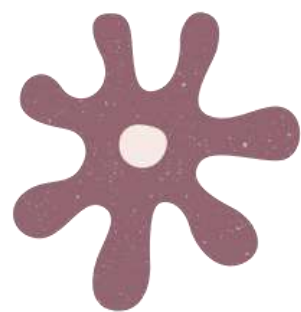


📍 I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) ☎ tel 080 3381352 📍 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)

LA SPINTA DEL SEED MONEY

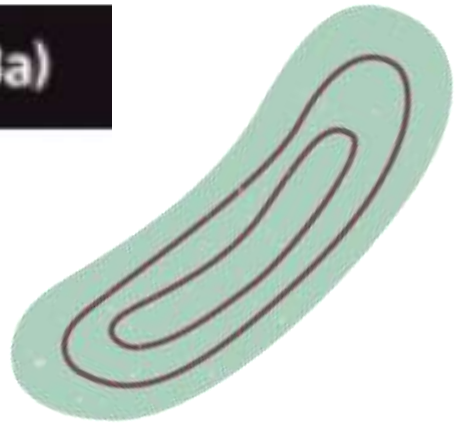
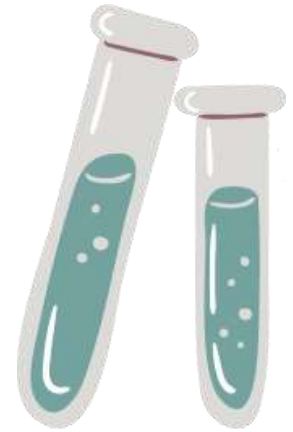
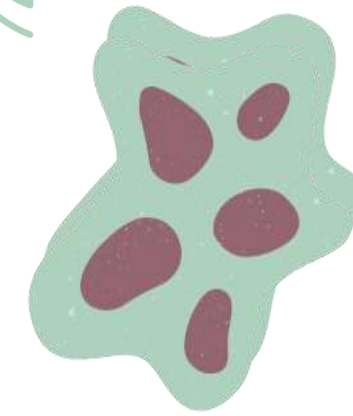
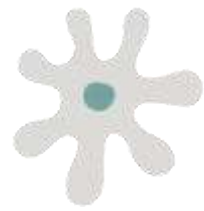
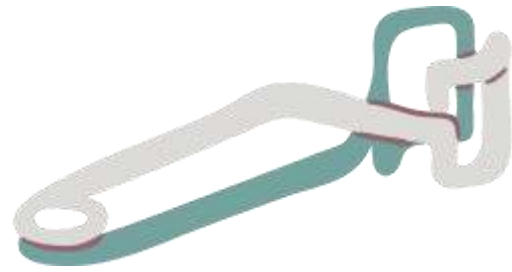
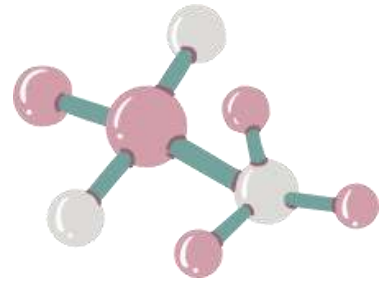
Eco-Sistemi, startup tecnologica sostenuta grazie al fondo Seed Money-Fesr è composta da quattro soci, due biologi, un chimico e un impiantista: Sergio Modenese (presidente), Dario Savini (amministratore delegat), Anna Occhipinti (consigliera) e Aniello Esposito (responsabile di produzione).

Oltre ai quattro soci fondatori dà lavoro ad altri due giovani ingegneri chimici.
«Con il Seed Money, spiega Savini, abbiamo finanziato il prototipo, registrato i brevetti e ci siamo affidati ad un'agenzia di marketing che ci sta aiutando nel definire la strategia di vendita, nella realizzazione del sito web e di altro materiale promozionale».





I.T.T. via Togliatti, 4 - 70056 Molfetta (Ba) tel 080 3381352 L.S.O.S.A. via Ruvo - 70056 Molfetta (Ba)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

