

ZANICHELLI

Fabio Fanti

Biologia, microbiologia e tecnologie di controllo ambientale

La microbiologia e l'ambiente

I cicli biogeochimici

Gli esseri viventi nell'ambiente: gli ecosistemi

L'**ecologia** studia i rapporti fra gli esseri viventi e l'ambiente che li ospita.

Un **ecosistema** è costituito da una **componente biotica** (forme di vita) e una **componente abiotica** (l'ambiente fisico).

La **biosfera** è l'insieme di tutti gli ecosistemi in cui si svolge la vita sulla terra.



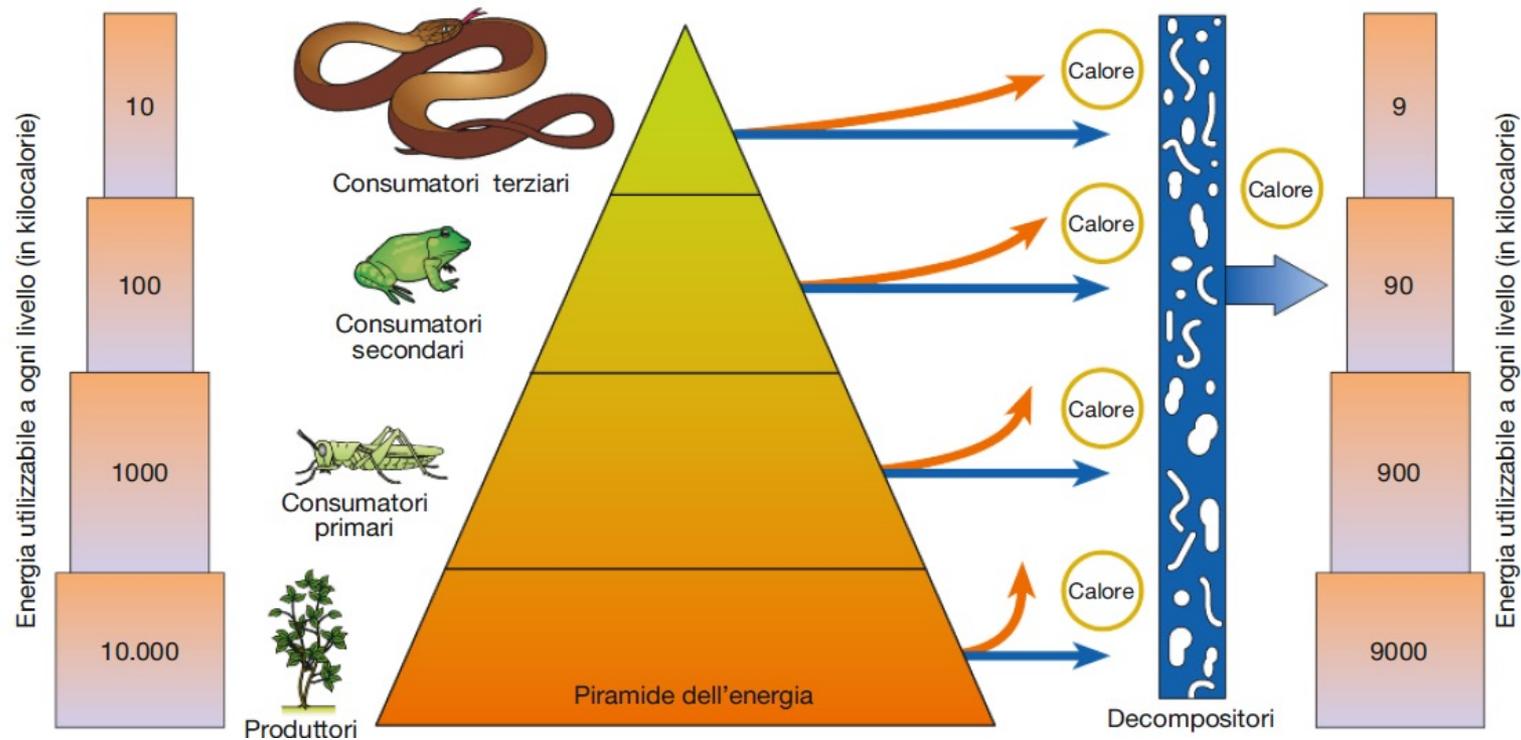
Produttori e consumatori negli scambi di energia /1

La vita è un **flusso di energia** che circola all'interno degli ecosistemi della biosfera.

- La fonte di energia è il **Sole**
- Gli **organismi autotrofi (produttori)** trasformano l'energia luminosa in energia chimica, producendo composti organici
- Gli **organismi eterotrofi (consumatori)** si cibano dei composti organici
- I **decompositori** degradano le sostanze complesse in elementi semplici

Produttori e consumatori negli scambi di energia /2

La piramide dell'energia:



Associazioni e rapporti tra i microrganismi /1

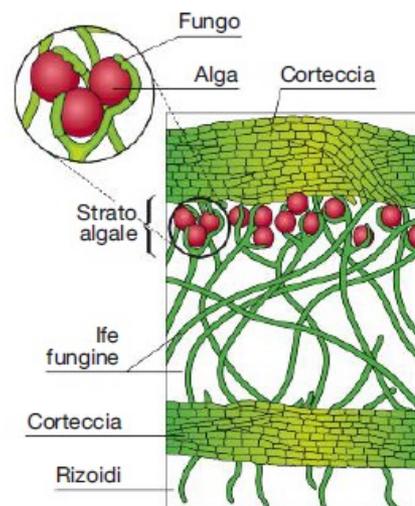
Le **interazioni** tra popolazioni di microrganismi possono essere positive o negative.

- **Positive:**
 - Commensalismo
 - Simbiosi
- **Negative:**
 - Antagonismo
 - Competizione
 - Predazione
 - Parassitismo

Associazioni e rapporti tra i microrganismi /2

Le interazioni positive:

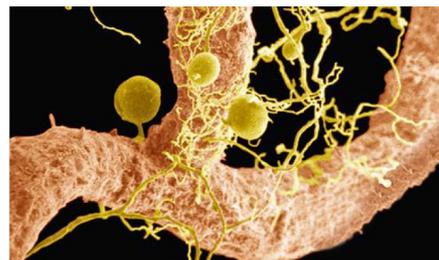
- **Commensalismo:** un membro trae beneficio, l'altro risulta indifferente.
- **Simbiosi:** entrambi i membri traggono vantaggio. Ne sono esempio i **licheni**, organismi formati dall'associazione di alghe e funghi.



Associazioni e rapporti tra i microrganismi /3

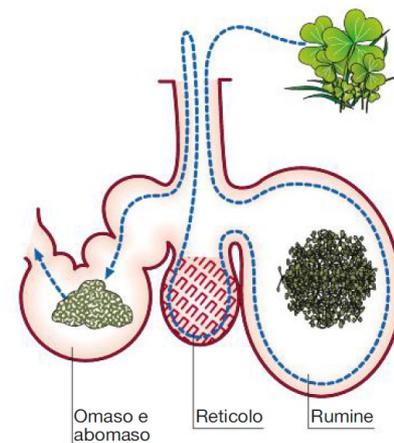
Esempi di simbiosi fra microrganismi e piante:

- Batteri azotofissatori del genere *Rhizobium* e radici delle piante leguminose
- Funghi e radici delle piante = micorrizie



Esempi di simbiosi fra microrganismi e animali:

- Batteri anaerobi nel rumine degli erbivori



Associazioni e rapporti tra i microrganismi /4

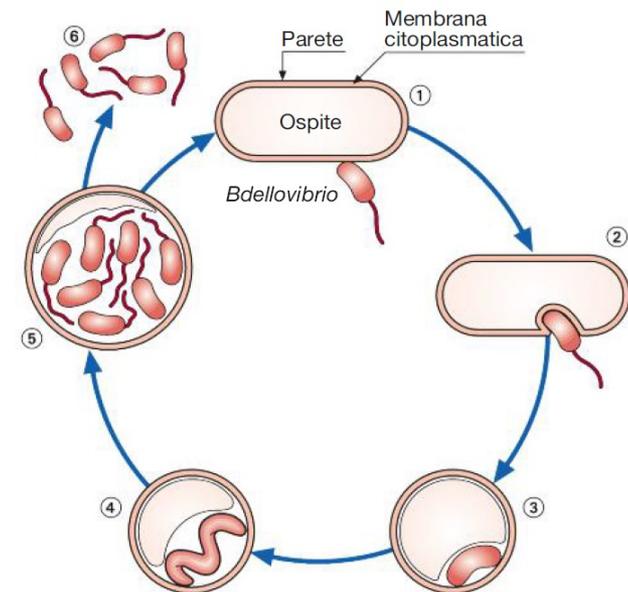
Le interazioni negative:

- **Antagonismo:** alcuni microrganismi elaborano sostanze tossiche che ostacolano o impediscono lo sviluppo di altre specie.
- **Competizione:** due popolazioni microbiche che convivono nello stesso ambiente e hanno esigenze nutritive simili, possono competere per il loro utilizzo fino a determinare la scomparsa di uno dei due contendenti.

Associazioni e rapporti tra i microrganismi /5

Le interazioni negative:

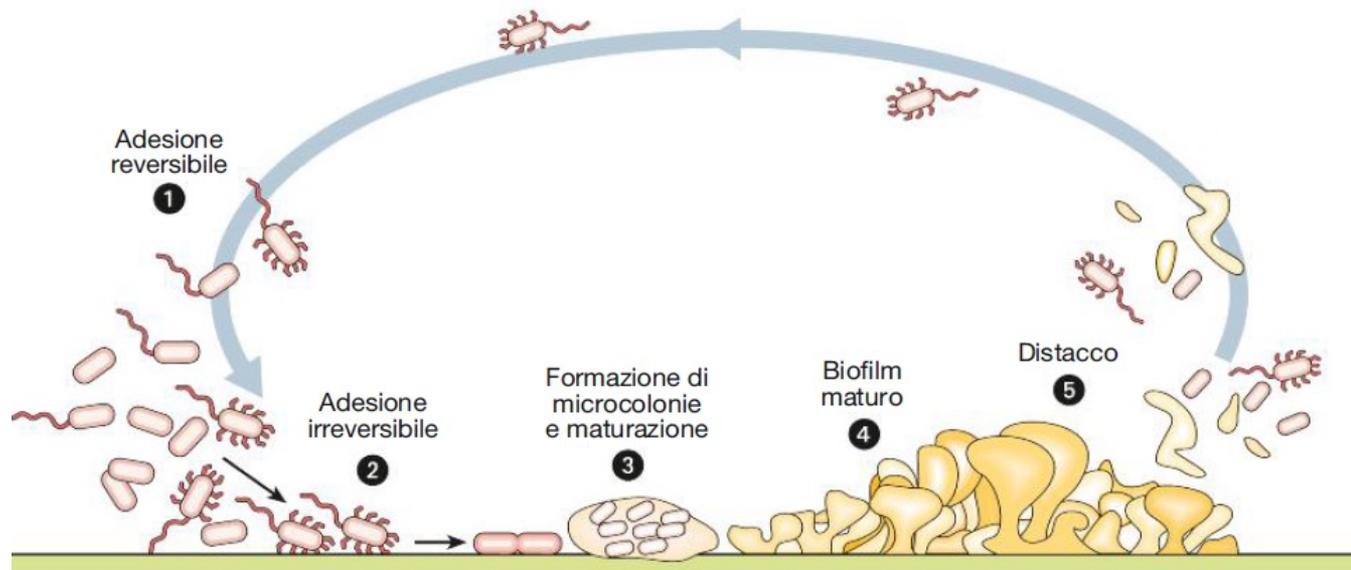
- **Parassitismo:** i parassiti vivono e si nutrono a spese di un ospite che subisce un danno più o meno grave.



- **Predazione:** il predatore fagocita letteralmente un altro microrganismo.

La formazione di biofilm e tappeti microbici

La colonizzazione microbica delle superfici si realizza con la formazione di **biofilm**: patine batteriche adese a una superficie solida, tenute tenacemente insieme da una matrice gelatinosa, porosa e adesiva che i microrganismi stessi secernono, composta da polisaccaridi, proteine e acidi nucleici.



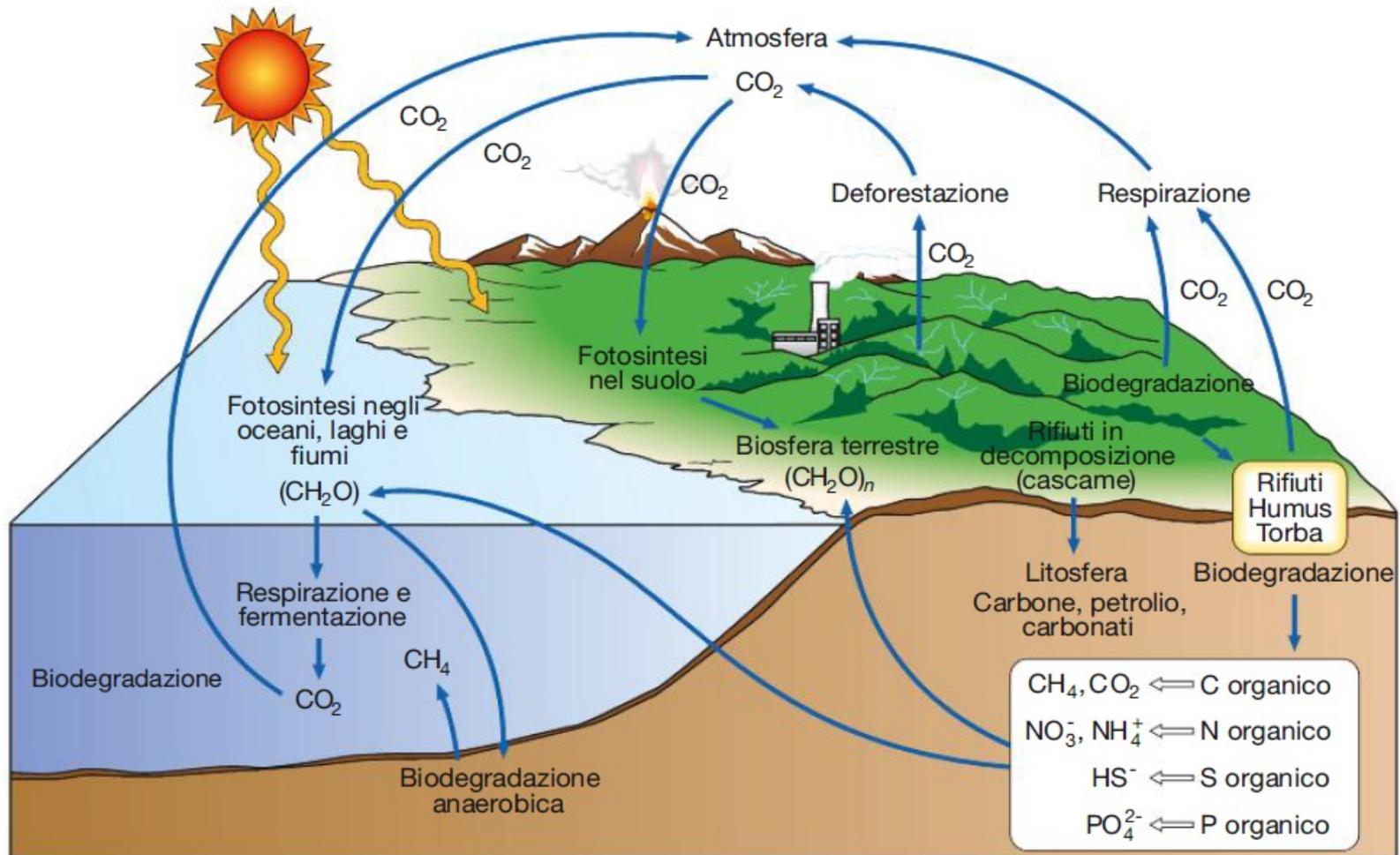
La trasformazione della materia e i cicli biogeochimici

Dal momento che la Terra è un **sistema chiuso** che non scambia materia con l'esterno ma solo energia, è indispensabile che gli elementi che la costituiscono possano venire riciclati.

Il riciclo avviene attraverso i **cicli biogeochimici**, che sono costituiti da:

- **Processi biologici** realizzati dai microrganismi
- **Processi geochimici** in cui gli elementi subiscono trasformazioni fisico-chimiche

Il ciclo biogeochimico del carbonio /1



Il ciclo biogeochimico del carbonio /2

Si possono distinguere per il **carbonio** due cicli:

- **Ciclo geologico:** avviene in milioni di anni e si realizza con la mobilizzazione di questo elemento da combustibili fossili, da rocce e da sedimenti oceanici. Coinvolge gli oceani, la crosta terrestre e l'atmosfera.
- **Ciclo biologico:** coinvolge gli esseri viventi e si svolge in aerobiosi e anaerobiosi. I composti del carbonio sono scambiati fra atmosfera, idrosfera e biosfera.

Gran parte del carbonio è accumulato in **cellulosa** e **lignina**, polimeri insolubili che possono essere degradati da alcuni microrganismi.

Il ciclo biogeochimico del carbonio /3

Il ciclo biologico del carbonio:

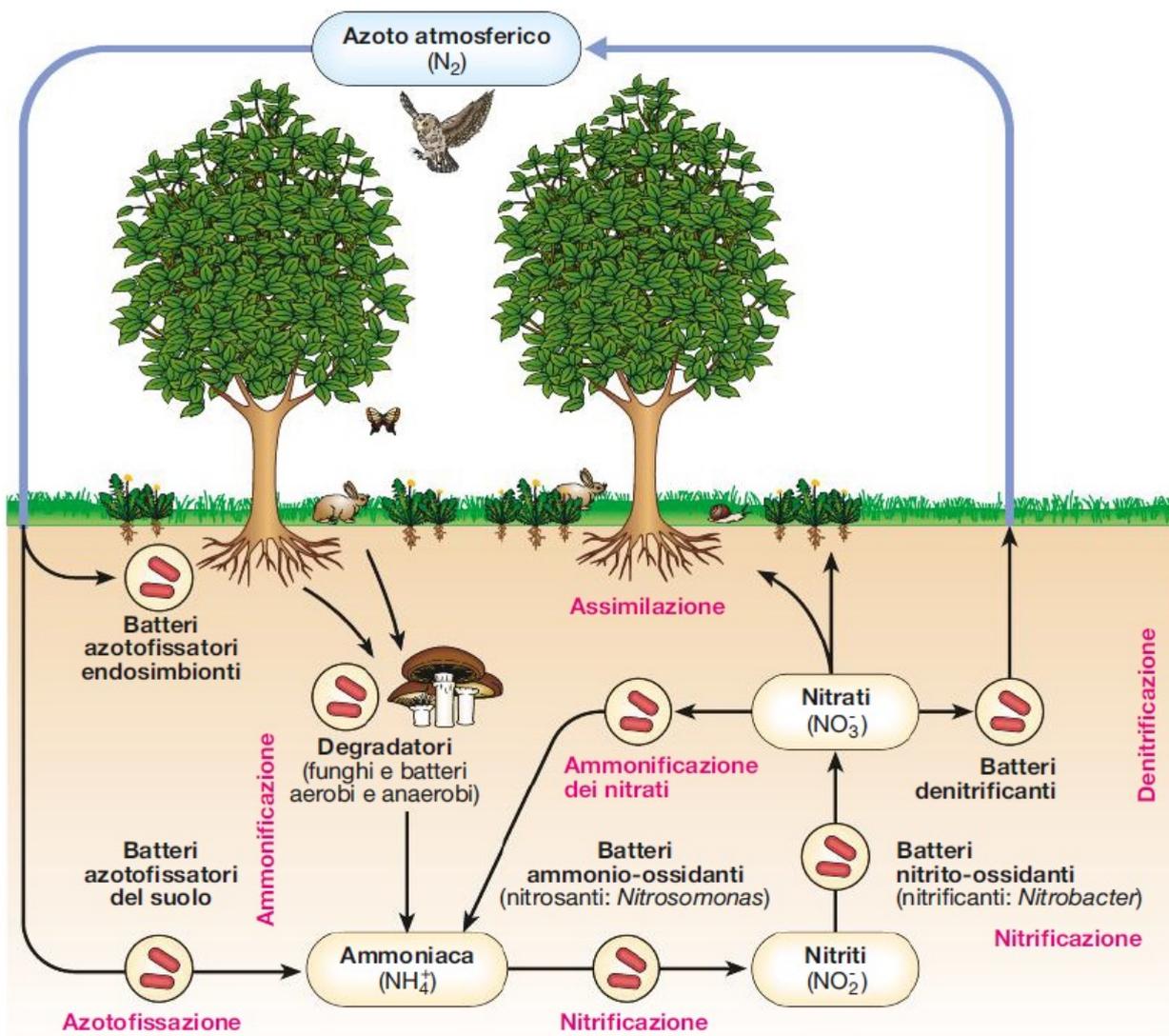
1. Fissazione della CO_2 atmosferica, assorbita dagli organismi autotrofi
2. Gli organismi eterotrofi consumano il C organico, reimmettendolo nell'atmosfera come CO_2
3. Parte del C organico forma i tessuti e i rivestimenti degli organismi viventi
4. La degradazione di organismi morti conduce alla completa mineralizzazione della sostanza organica

Il ciclo biogeochimico del carbonio /4

I microrganismi coinvolti nel ciclo del carbonio:

- Microrganismi fotoautotrofi
- Batteri chemioautotrofi
- Batteri chemioeterotrofi
- Archeobatteri metanogeni
- Batteri metanotrofi e metilotrofi
- Batteri acetogeni (monoacetogeni)

Il ciclo biogeochimico dell'azoto /1



Il ciclo biogeochimico dell'azoto /2

L'**azoto** è il gas più abbondante nell'atmosfera (78%) dove è presente nella forma elementare N_2 .

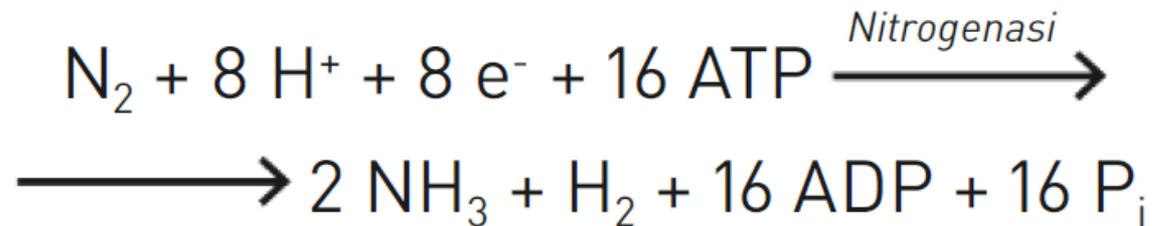
Il processo ciclico dell'utilizzo dell'azoto si svolge in diverse tappe, in molte delle quali sono coinvolti microrganismi:

1. Fissazione dell'azoto atmosferico
2. Ammonificazione
3. Nitrificazione
4. Riduzione assimilativa del nitrato
5. Denitrificazione

Il ciclo biogeochimico dell'azoto /3

1. Fissazione dell'azoto atmosferico = riduzione dell'azoto atmosferico ad ammoniaca.

- **Fissazione non-simbiontica:** avviene ad opera di batteri aerobi e anaerobi liberi nel suolo.
- **Fissazione simbiotica:** avviene ad opera di batteri associati con le radici delle leguminose.

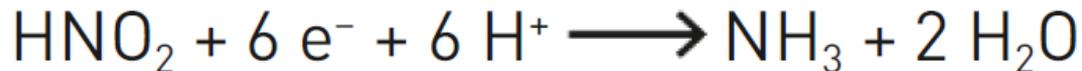
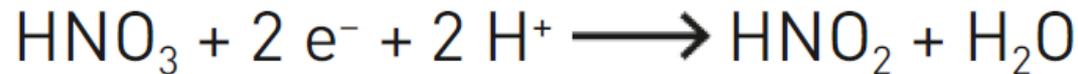


2. Ammonificazione = degradazione di composti organici azotati a opera dei decompositori, con cui l'ammoniaca è restituita all'ambiente.

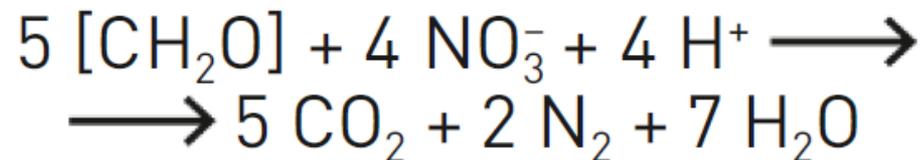
Il ciclo biogeochimico dell'azoto /4

3. Nitrificazione = conversione di ammoniaca in nitrato.

4. Riduzione assimilativa del nitrato = il nitrato nelle cellule delle piante viene ridotto a nitrito e poi ad ammoniaca.

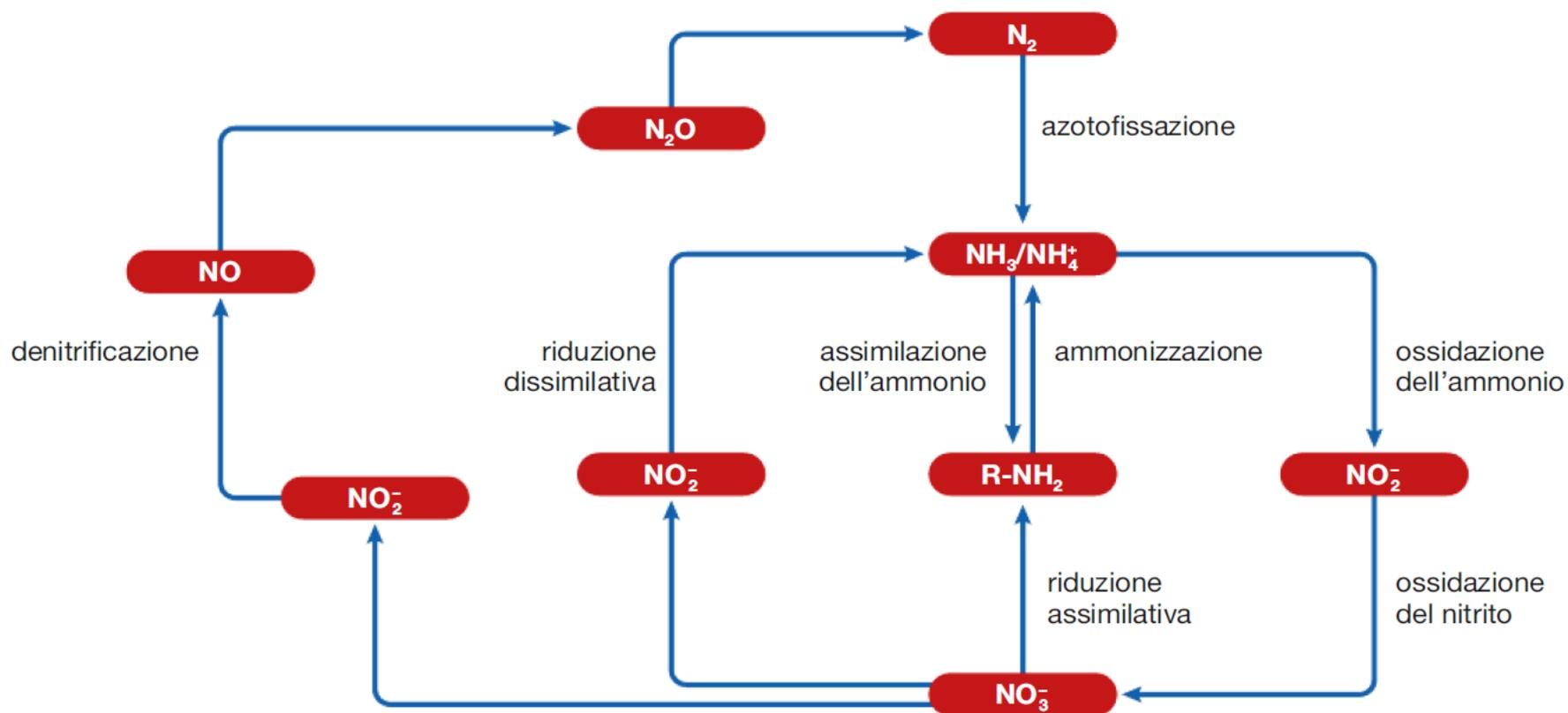


5. Denitrificazione = trasformazione del nitrato ad azoto molecolare.

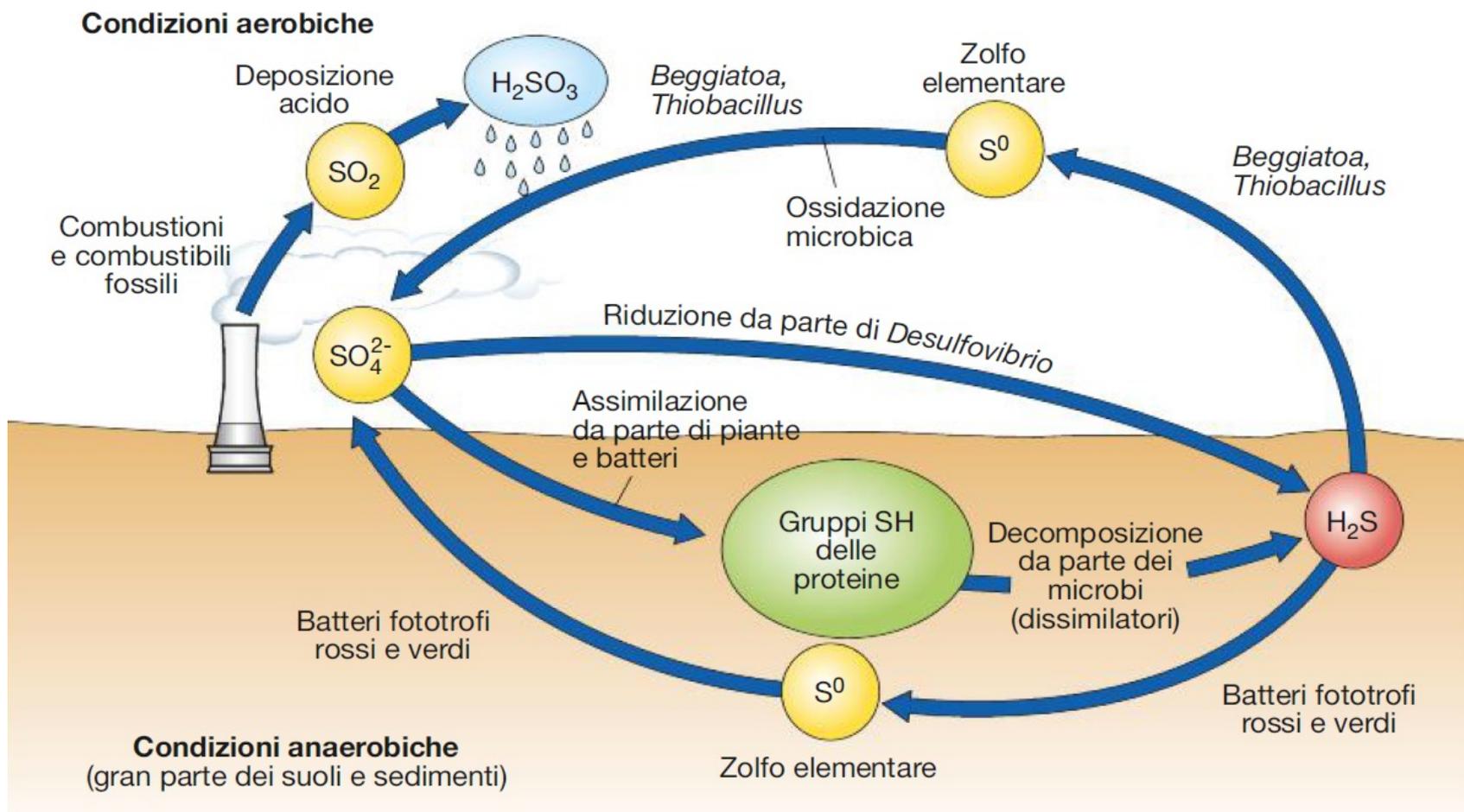


Il ciclo biogeochimico dell'azoto /5

Processi fondamentali attuati dai **microrganismi** nel ciclo dell'azoto:



Il ciclo biogeochimico dello zolfo /1



Il ciclo biogeochimico dello zolfo /2

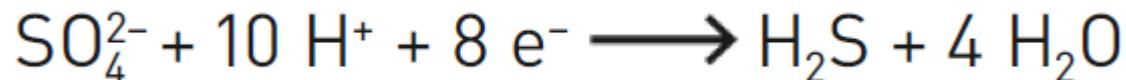
Lo **zolfo** è uno degli elementi a più larga diffusione nella biosfera:

- nella **crosta terrestre** in forma di minerali contenenti solfati e solfuri
- negli **oceani** come solfato, solfuro di idrogeno, zolfo elementare e composti organici solforati
- nell'**atmosfera** come anidride solforica o solforosa e solfuro gassoso
- negli **organismi viventi** come aminoacidi solforati, vitamine, coenzimi e ormoni

Il ciclo biogeochimico dello zolfo /3

Fasi del ciclo dello zolfo:

1. Immissione di zolfo nell'atmosfera
2. Assimilazione del solfato dalle piante
3. Degradazione dei composti organici solforati
4. Riduzione biologica del solfato ad opera di batteri solfato-riduttori:

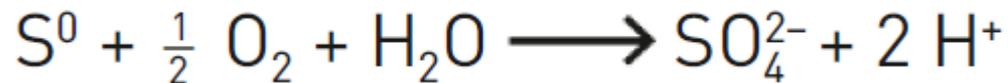


Il ciclo biogeochimico dello zolfo /4

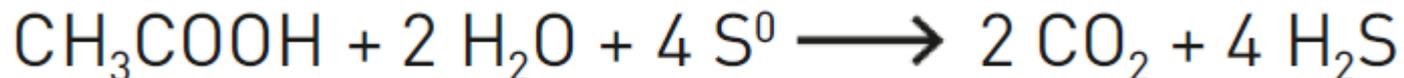
5. Ossidazione del solfuro a zolfo elementare ad opera di solfobatteri:



6. Ossidazione di zolfo elementare a solfato:



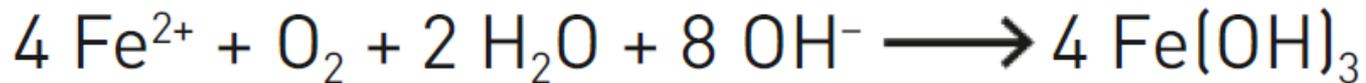
7. Ossidazione di zolfo elementare a H_2S ad opera di microrganismi solfo-riduttori:



Il ciclo biogeochimico del ferro

Il **ferro** si trova in natura come ferro **ferroso** (Fe^{2+}) o **ferrico** (Fe^{3+}) combinato con molti altri elementi formando minerali diversi.

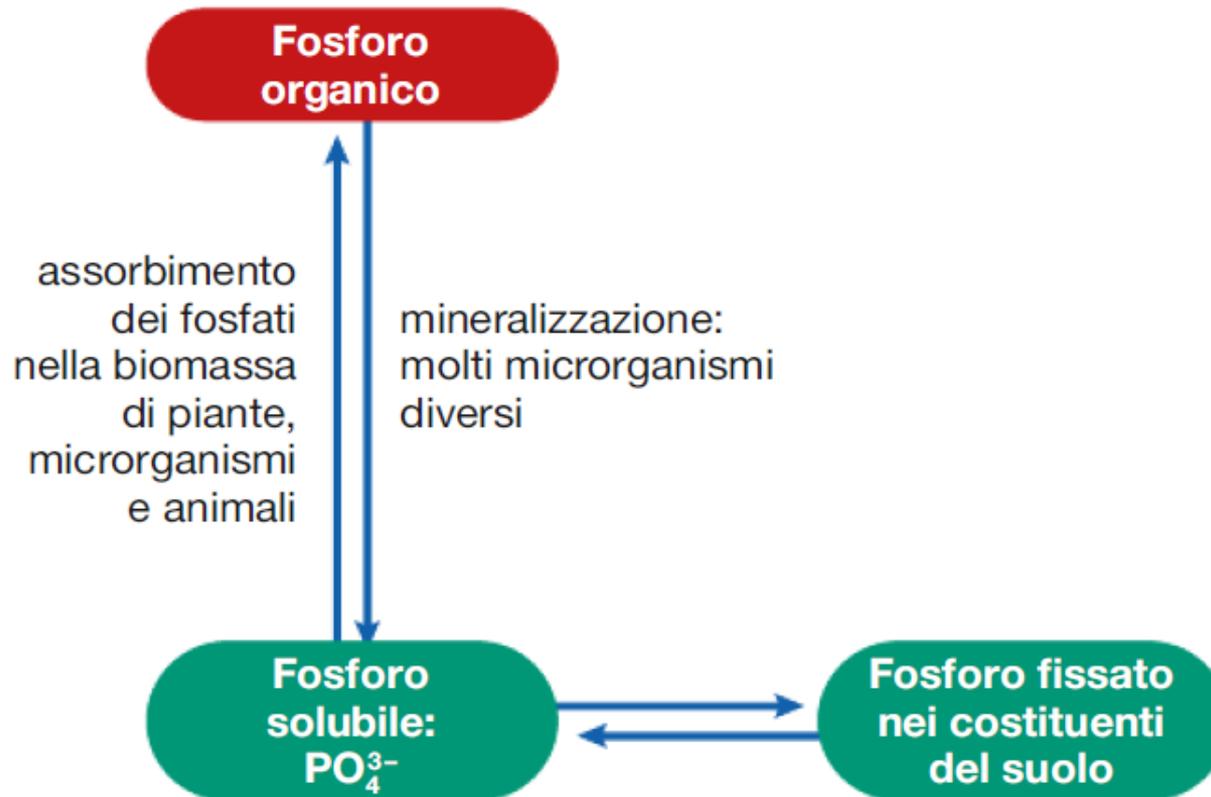
Ossidazione del ferro: Fe^{2+} è ossidato a Fe^{3+} con produzione di ferro idrossido $\text{Fe}(\text{OH})_3$ insolubile che precipita. I batteri che catalizzano in aerobiosi questa trasformazione ricavando energia sono i **ferrobatteri**:



Riduzione del ferro: la riduzione biologica del ferro da Fe^{3+} a Fe^{2+} avviene per respirazione anaerobica.

Il ciclo biogeochimico del fosforo

Il **fosforo** negli organismi viventi è componente delle membrane cellulari, degli acidi nucleici e delle molecole «riserva di energia»; è poco abbondante nella biosfera.



Il ciclo biogeochimico dell'ossigeno

L'atmosfera contiene circa il 21% di **ossigeno**.

È indispensabile per tutti gli organismi aerobi, che lo impiegano per la **respirazione cellulare**. Il consumo di O_2 è compensato dalla **fotosintesi ossigenica**.

Il livello di ossigeno atmosferico è cambiato nel corso del tempo:

