



# 02. Cicli degli elementi

Laura Favero, Daniel Franco, Erika Mattiuzzo,  
Francesca Zennaro



planland<sup>®</sup>  
studio tecnico daniel franco

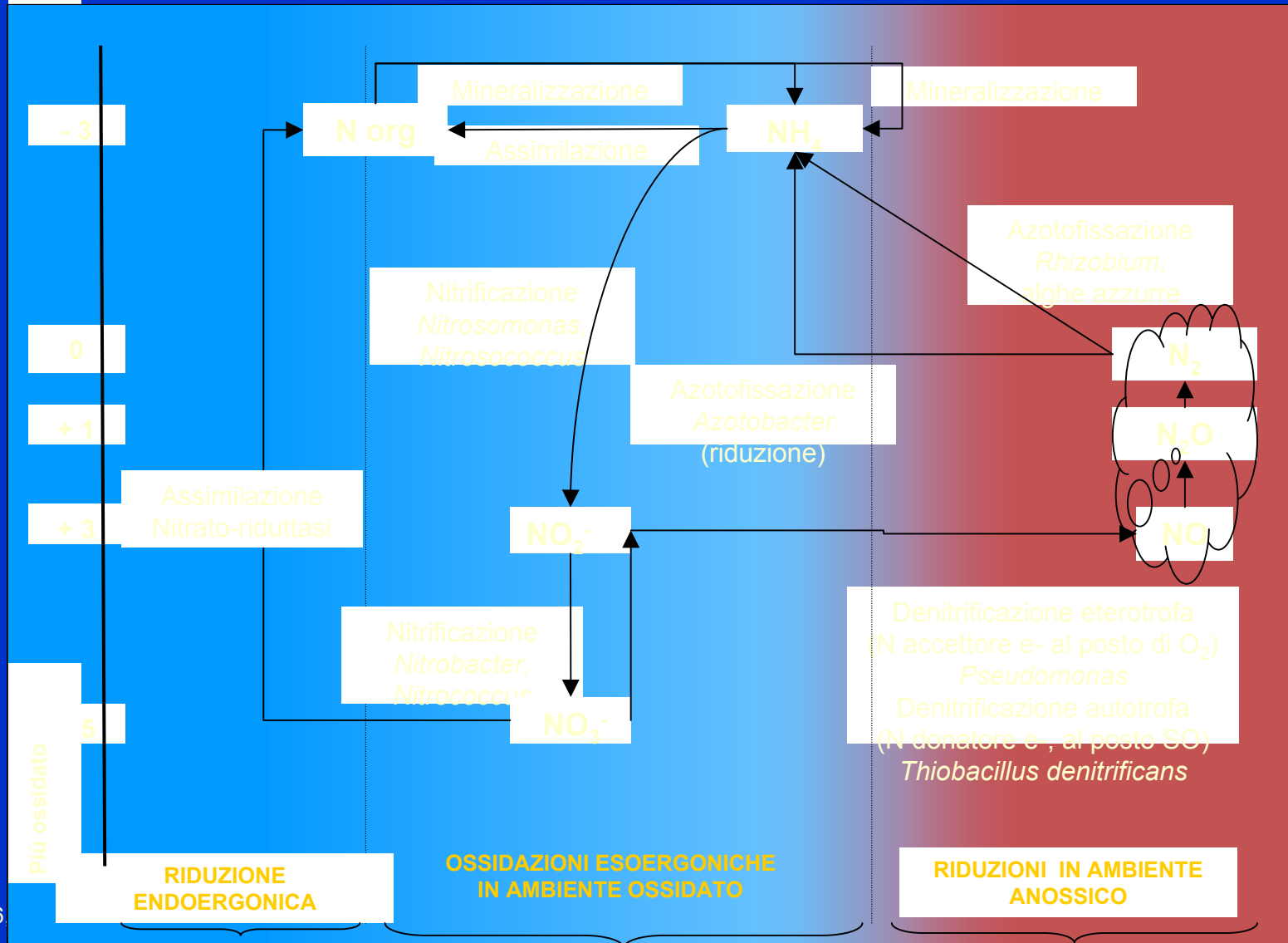


# Azoto

- Si trova in:
  - drenaggio di zone agricole, runoff urbano, reflui urbani.
- Problemi:
  - Potenzialmente tossico, agente eutrofico.
- Rimozione: denitrificazione, uptake vegetali
- Ciclo dell'azoto:
  - Azotofissazione
  - Mineralizzazione
  - Nitrificazione
  - Denitrificazione
  - Assimilazione



# Ciclo dell'azoto



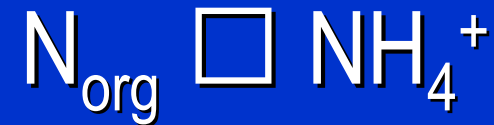


# Azotofissazione $N_2 \square NH_4^+$

- Mediata da:
  - *Azotobacter* libero (aerobio)
  - *Rhizobium* nei noduli delle piante (anaerobio)
  - Alghe azzurre (anaerobio)
- Necessita di sostanza organica per la respirazione batterica.
- Specialmente in zone povere di N assimilabile.
  - È stata riscontrata fissazione di azoto anche da parte di specie come *Alnus* e *Typha*.



# Mineralizzazione



- Demolizione S.O. batterica (o biologica):
  - Reazione esoergonica utilizzata per la crescita;
  - Sia aerobica che anaerobica (più lenta).
- Temperatura e pH: temperature alte e pH fra 6.5 e 8.5.
- Processo rapido: N organico residuo = 1-2 mg/l.
- Ambiente anaerobico:  $NH_4^+$  si accumula.
- Ambiente aerobico: segue nitrificazione, più lenta:
  - $[NH_4^+]$  tossiche, anche se assimilabile;
  - La nitrificazione (ossidazione) sottrae  $O_2$  all'ambiente.
- pH basico e alte t:  $NH_4^+ > 20$  mg/l tende a volatilizzare e uscire dal sistema (vento e acque rimescolate).



# Nitrificazione



- Reazione aerobica mediata da batteri, produce
  - nitriti (*Nitrosomonas*)
  - nitrati (*Nitrobacter*)
- Indispensabile l'apporto di ossigeno
  - > 0.5 - 0.3 mg/l di ossigeno disciolto.
  - per diffusione dalla superficie o dalle radici, che creano microambienti ossigenati.
- Reazione esoergonica (metabolismo batterico)
- La temperatura favorisce il metabolismo:
  - 25-35 °C *optimum*. < 15 °C rallenta notevolmente.
- Il pH dev'essere neutro o alcalino:
  - pH ottimale fra 7.2 e 9.
  - Se < 6 la nitrificazione si blocca.



# Denitrificazione $\text{NO}_2 - \text{NO}_3 \square \text{N}_2$

- Denitrificazione eterotrofa:
  - fonte di s.o per sostenere il metabolismo
- *Pseudomonas*: anaerobi facoltativi
  - in assenza di  $\text{O}_2$  usa  $\text{NO}_3$  come accettore di e-
  - Sono sufficienti microzone anossiche.
- Denitrificazione autotrofa
  - al posto del Corg: Fe e altri elementi donatori di e-



# Assimilazione

- In prevalenza  $\text{NH}_4^+$ , soprattutto in primavera-estate.
  - Maggiore quando l'apporto di N non elevato.
  - Non solo vegetazione ma anche batteri.
- Nitrati meno adatti all'assimilazione vegetale, ma:
  - *nitrato riduttasi*: si attiva in acque povere di ammonio e ricche di nitrati (inattivo quando presente  $\text{NH}_4$ ).
- L'assimilazione dell'azoto nei vegetali lo allontana dal sistema a breve o medio termine (*fissazione xilematica*).





# Fosforo

- Organico, disciolto o minerale solido.
- Negli organismi è presente secondo il rapporto di Redfield:
  - $C : N : P \square 106 : 16 : 1$  rapporto molare
  - $C : N : P \square 41 : 7 : 1$  rapporto di massa
  - Acque da trattare: proporzione  $>$  di P = modificano equilibri cicli chimici.
- Riciclato nell'ecosistema come (orto)fosfato ( $PO_4^{3-}$ ). Non subisce reazioni di ossidoriduzione.
- Accumulo nei sedimenti unico metodo di rimozione a lungo termine
  - sedimentazione materiale organico - solido,
  - Adsorbimento-precipitazione del fosforo disciolto.
- Disponibilità legata a pH - Eh:
  - pH **acido**: legato al terreno (argille), composti poco solubili con Fe e Al.
    - Eh riducente (-150 e -200 mV): solubilizzato ( $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$  si lega ai solfuri).
  - pH **basico**: composti insolubili con Ca e Mg.