

# CATENE E RETI TROFICHE

Stefano Dumontet

Università Parthenope

[stefano.dumontet@uniparthenope.it](mailto:stefano.dumontet@uniparthenope.it)

# Avvertenza

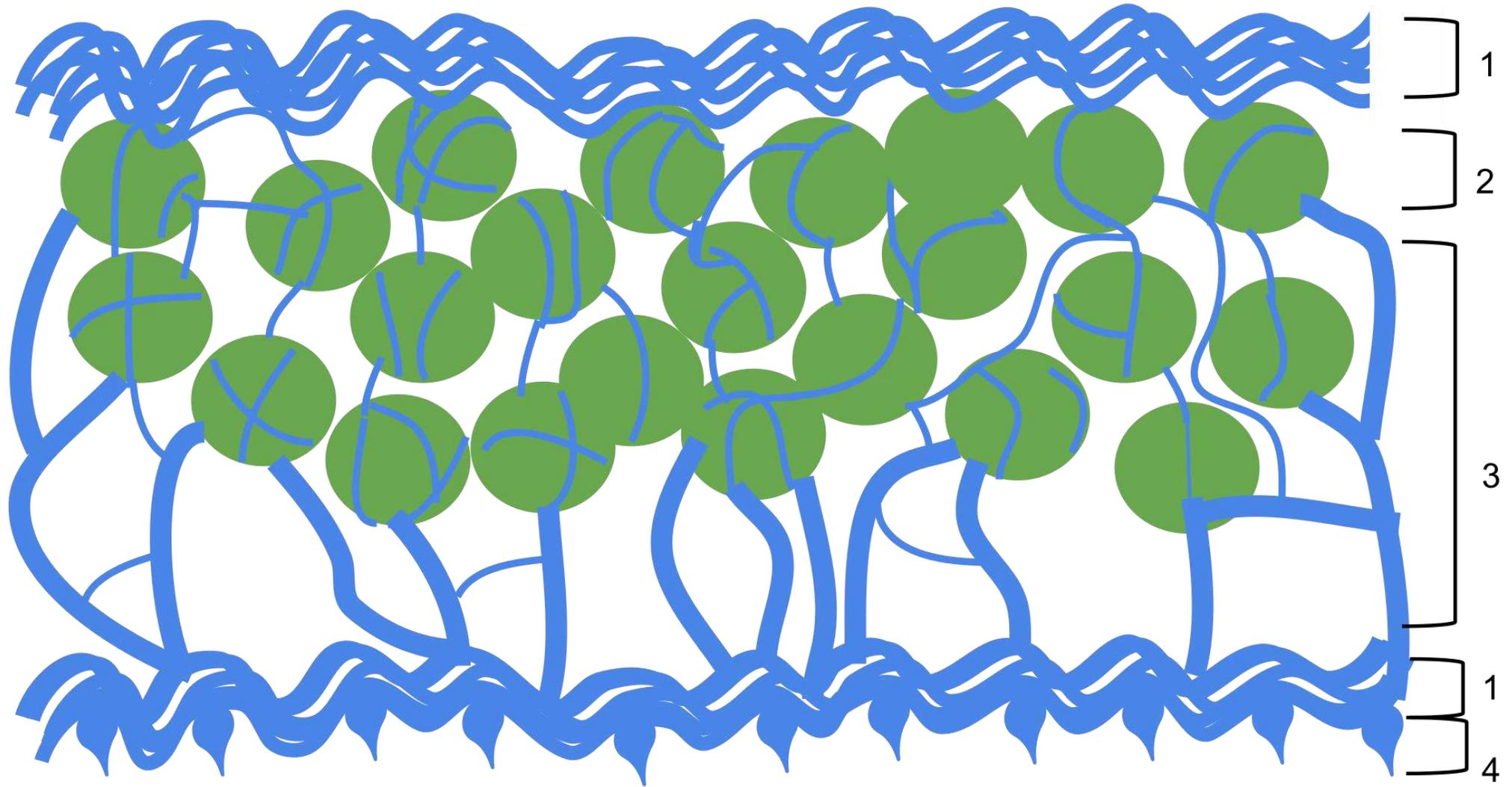
I materiali presenti in queste diapositive sono frutto sia di lavoro personale che di ricerche effettuate sul web, su libri e su articoli scientifici e divulgativi.

Ove possibile, sono state riportate le fonti da cui si è desunto il materiale.

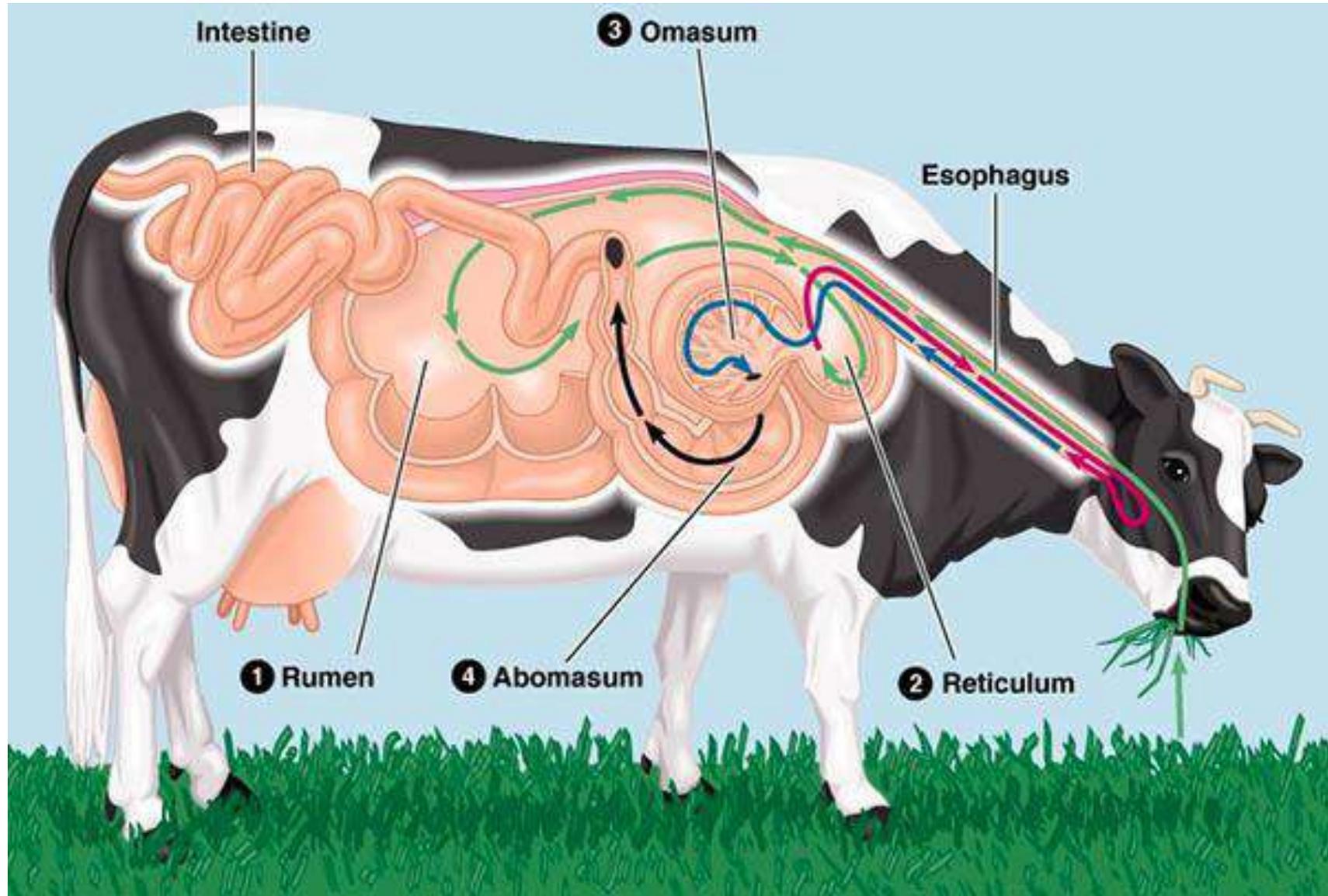
- ▶ Il mantenimento della vita sulla terra è basato su disequilibri ossido-riduttivi locali generati dalla radiazione solare.
- ▶ L'energia chimica delle molecole organiche e di quelle inorganiche ridotte è la base energetica della vita. Tale energia è tanto maggiore quanto più l'ambiente è ossidante.
- ▶ La causa principale dell'arricchimento in ossigeno dell'atmosfera è la fotosintesi, attiva da circa  $3 \times 10^9$  anni.
- ▶ La biosfera attuale presenta uno **squilibrio redox tra atmosfera e idrosfera ossidanti e:**
  - 1) l'ambiente riducente costituito dagli **organismi viventi** e dal compartimento temporaneo della **sostanza organica morta**
  - 2) gli ambienti divenuti riducenti a causa dell'ossidazione della sostanza organica

Che cos'è la natura?





[https://en.wikipedia.org/wiki/Symbiosis\\_in\\_lichens#/media/File:Lichen\\_Cross\\_Section\\_Diagram.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Symbiosis_in_lichens#/media/File:Lichen_Cross_Section_Diagram.svg)



# I microrganismi del ruminante

- **Batteri emicellulosolitici**
  - **Batteri amilolitici**
  - **Batteri che attaccano glucidi semplici**
  - **Batteri utilizzatori di acidi**
  - **Batteri proteolitici**
  - **Batteri che producono ammoniaca**
  - **Batteri metanigeni**
  - **Batteri lipolitici.**
  - **Batteri che producono vitamine**
- In seguito all'azione complessiva dei microrganismi ruminanti possiamo considerare che venga demolito circa
- il 90-100% della cellulosa,
  - il 90-100% degli amidi,
  - il 100% degli zuccheri semplici
  - il 15-20% dei lipidi,
  - il 65-75% delle proteine.

# I microrganismi del ruminante

## PROTOZOI

- **Ruolo non ben definito.**
- Responsabili di una **certa attività cellulolitica** attaccano meccanicamente le fibre
- Sensibili alle variazioni di pH
- Riducono la velocità di degradazione degli zuccheri
- La maggior parte sono Ciliati e si dividono in Olotrici e Entodiniiformi.
- gli Olotrici **assimilano rapidamente glucidi solubili** che vengono trasformati in amido
- Gli entodiniomorfi utilizzano l'amido, **degradano la cellulosa** ed altri polisaccaridi.
- I protozoi hanno esigenze nutritive più complesse rispetto a quelle dei batteri, infatti necessitano di aminoacidi, base azotate, acidi grassi e vitamine.

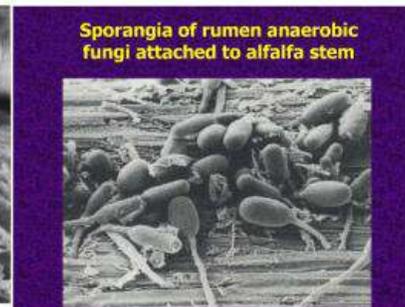
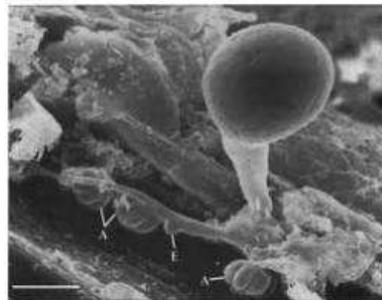
Entodinium (Rumen Protozoa)



# I microrganismi del ruminante

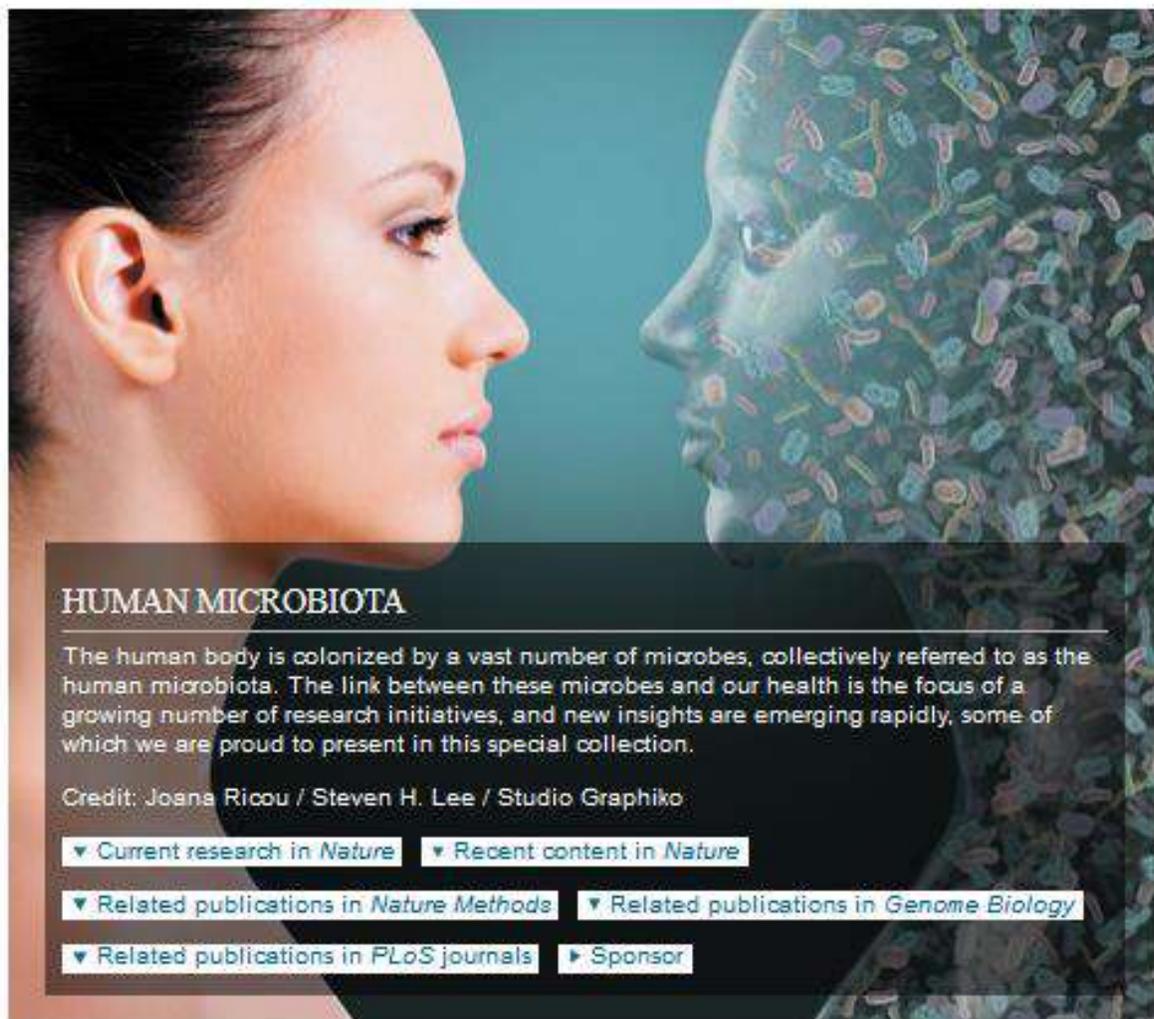
## FUNGHI

- 5-10% della ss della massa microbica
- **Degradazione delle pareti cellulari dei vegetali**
- **Degradano cellulosa**, emicellulose e zuccheri semplici
- **Attaccano anche le pareti lignificate**
- I funghi inoltre appaiono più efficienti rispetto ai batteri ruminanti **nel rompere e degradare le barriere strutturali** nei materiali vegetali e sono in grado di degradare anche i tessuti più recalcitranti e di penetrare la barriera costituita dalla cuticola.



## SPECIAL

[See all specials](#)



### HUMAN MICROBIOTA

The human body is colonized by a vast number of microbes, collectively referred to as the human microbiota. The link between these microbes and our health is the focus of a growing number of research initiatives, and new insights are emerging rapidly, some of which we are proud to present in this special collection.

Credit: Joana Ricou / Steven H. Lee / Studio Graphiko

[▼ Current research in Nature](#)   [▼ Recent content in Nature](#)

[▼ Related publications in Nature Methods](#)   [▼ Related publications in Genome Biology](#)

[▼ Related publications in PLoS journals](#)   [▶ Sponsor](#)

[Journal home](#)

[Subscribe](#)

[Current issue](#)

[E-alert sign up](#)

[For authors](#)

[RSS feed](#)



Sponsor:



[Science jobs](#)

[Science events](#)

[NatureEvents Directory](#)

[International Conference on Physics, Mathematics and Statistics \(ICPMS 2018\)](#)  
12 May 2018 — 14 May 2018

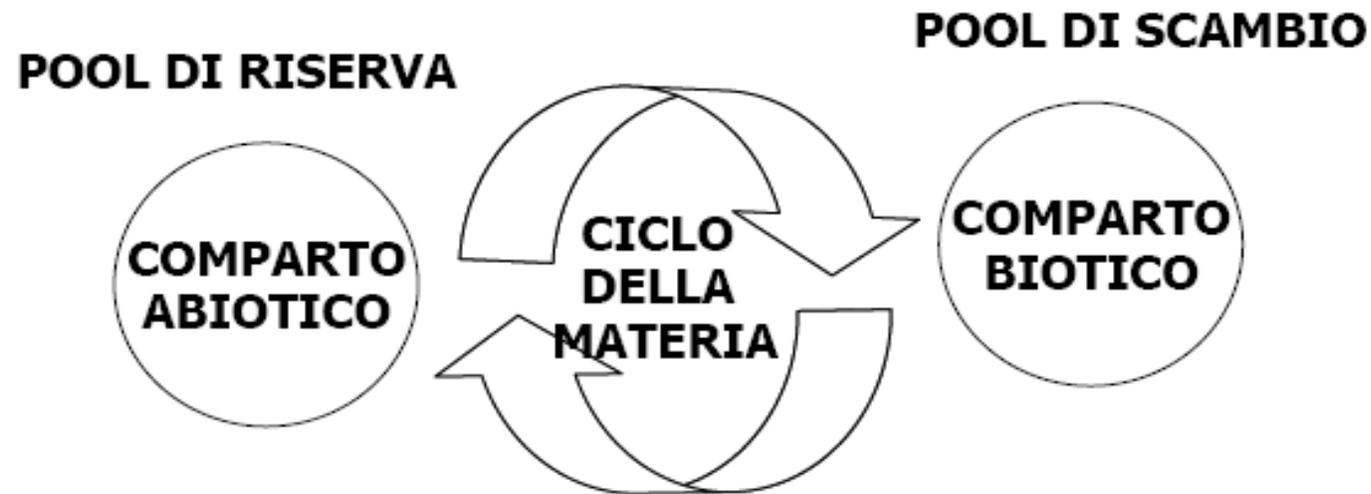
[VIZBI 2018: 9th International meeting on Visualizing Biological Data](#)  
28 March 2018 — 30 March 2018  
Main Street, Cambridge, United States

[Princeton – Nature Conference: Frontiers in Electron Microscopy for the Physical and Life Sciences](#)  
11 July 2018 — 13 July 2018  
Princeton, NJ, United States

# CICLI BIOGEOCHIMICI

# Definizioni

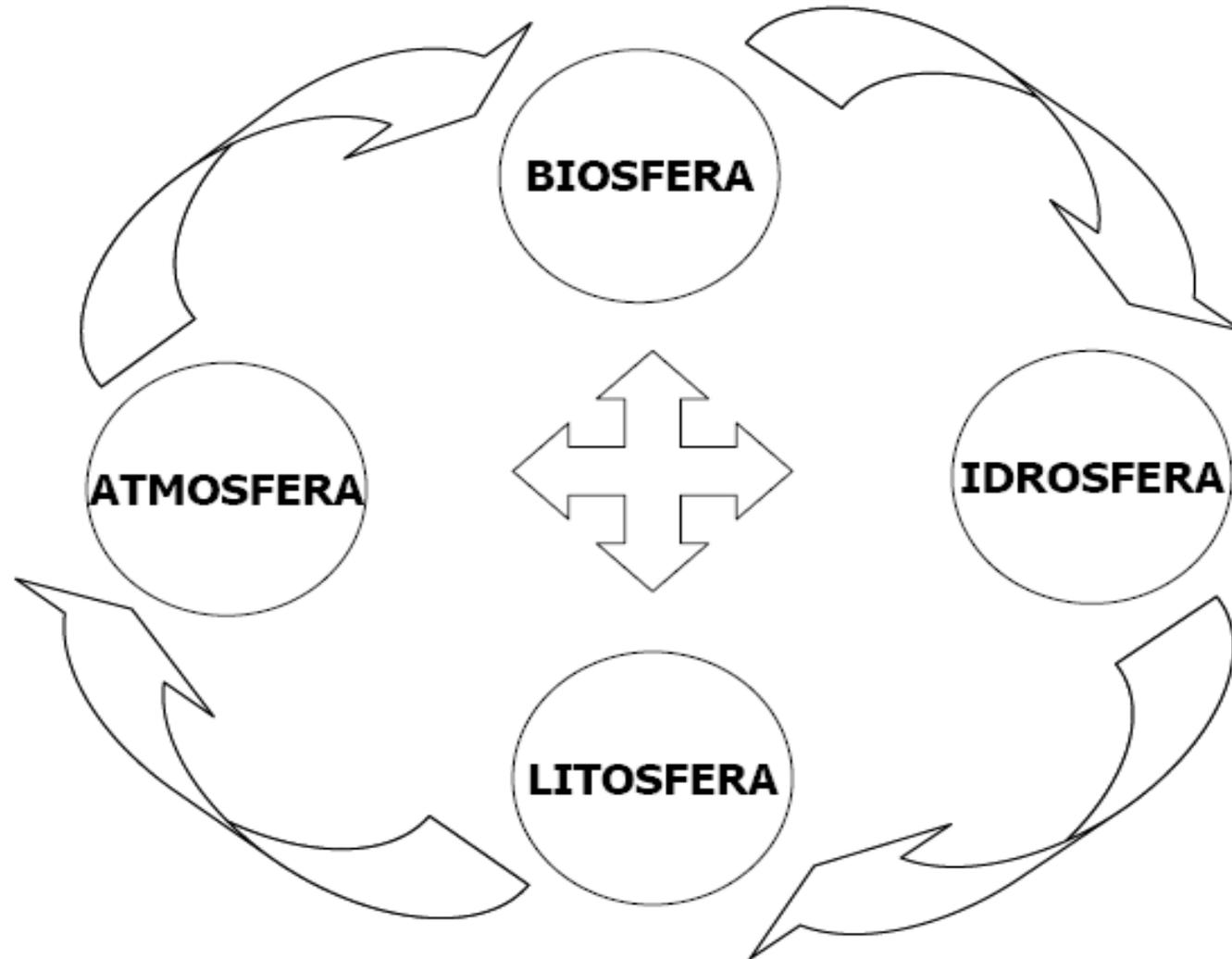
Un CICLO BIOGEOCHIMICO è il trasferimento ciclico di materia (normalmente nutrienti) tra un compartimento (pool) di riserva (abiotico) ad un compartimento (pool) di scambio (biotico)



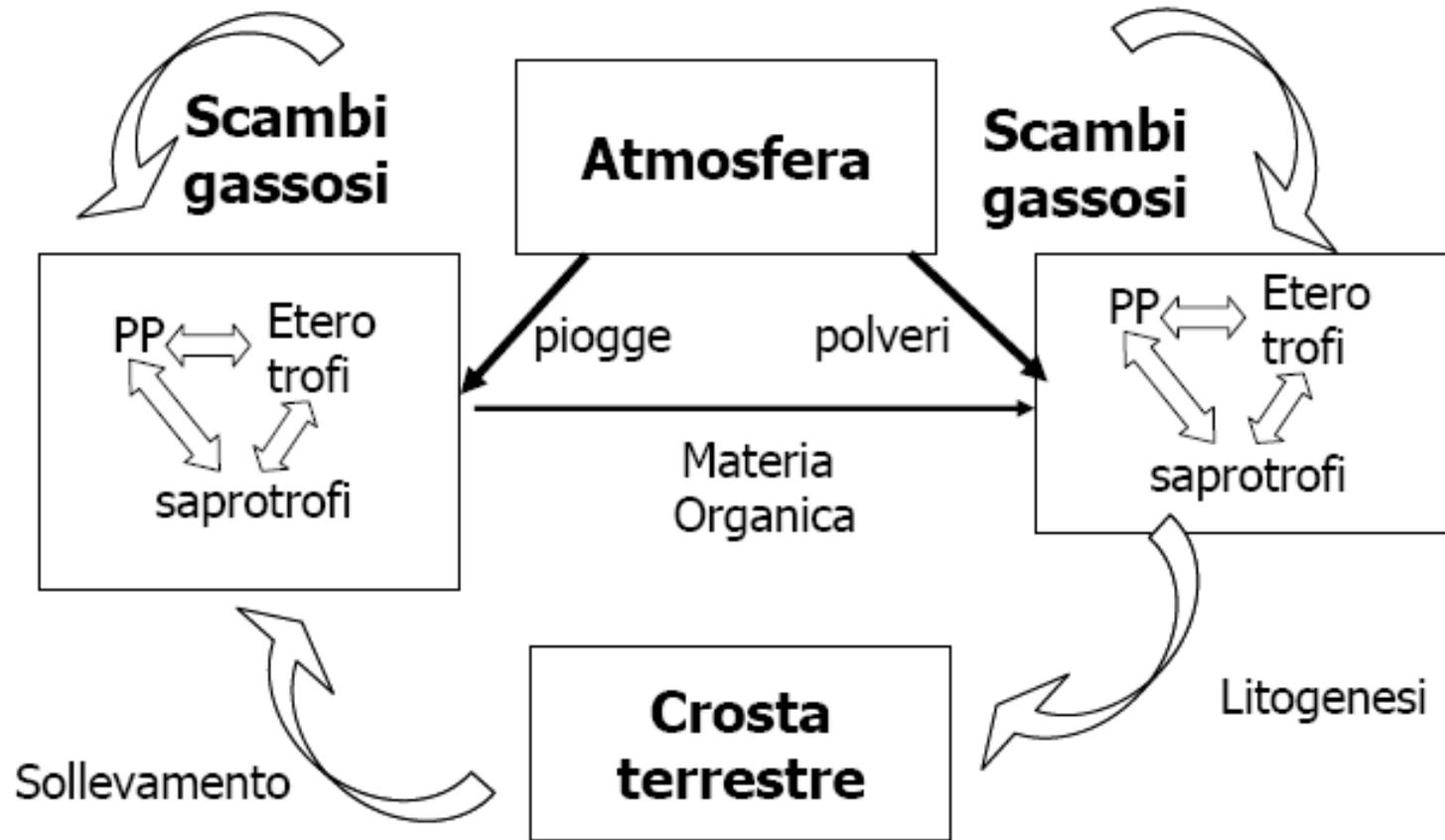
A seconda della localizzazione del comparto di riserva, i CICLI BIOGEOCHIMICI sono di 2 tipi: GASSOSI o SEDIMENTARI

<http://ginux.univpm.it/didattica/dispense/danovaro/fase%202006/02CICLIBIOGEOCHIMICI.pdf>

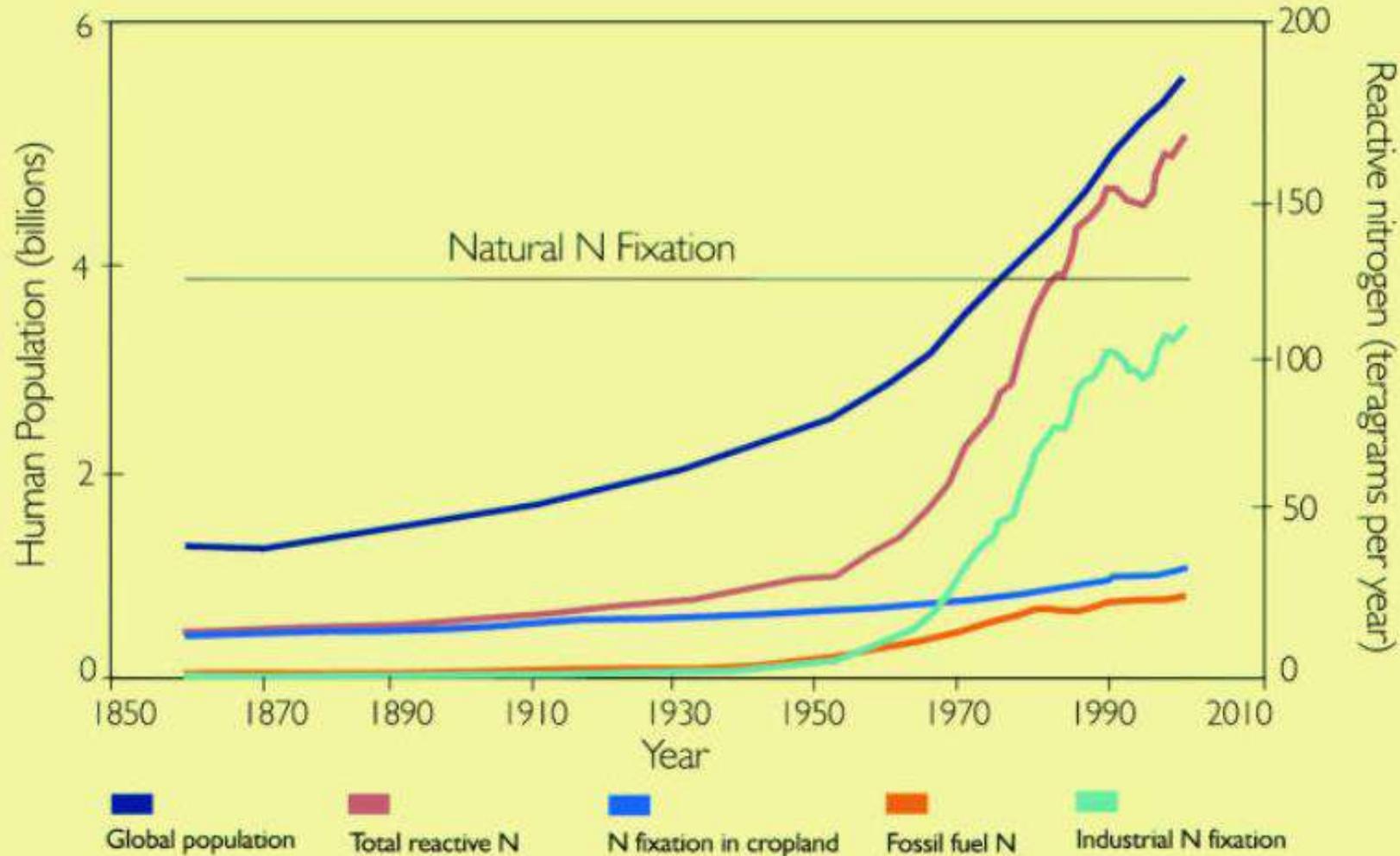
# I possibili comparti di riserva/scambio



# Struttura generica di un ciclo biogeochimico

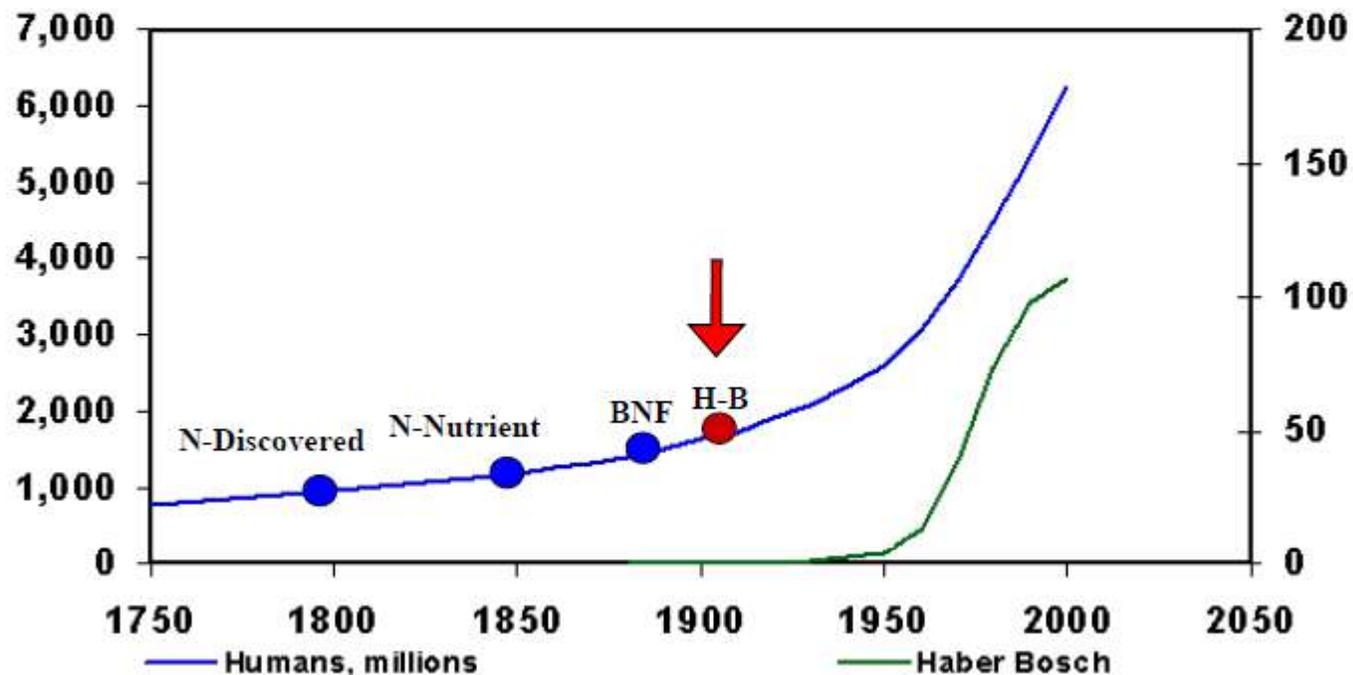
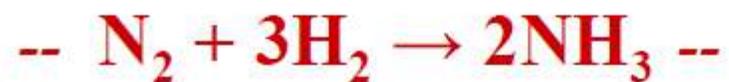


# GLOBAL POPULATION & REACTIVE NITROGEN TRENDS



Source: Lambert KF, Driscoll C. 2003. Nitrogen Pollution: From the Sources to the Sea. Hanover, NH: Hubbard Brook Research Foundation; 4.

# Haber-Bosch Process - 1913



Galloway JN and Cowling EB. 2002; Galloway et al., 2002a

[https://serendip.brynmawr.edu/local/scisoc/environment/seniorsem03/N-senior\\_sem\\_presntn.pdf](https://serendip.brynmawr.edu/local/scisoc/environment/seniorsem03/N-senior_sem_presntn.pdf)

# METABOLISMO

# Metabolismo

---

*Il **metabolismo** e' l'insieme delle trasformazioni chimiche che globalmente si producono all'interno della cellula.*

*Il metabolismo e' un'attivita' mirata alle funzioni principali di:*

- 1. Ottenimento di energia dall'ambiente esterno alla cellula*
- 2. Conversione dei nutrienti in molecole della cellula stessa*
- 3. Sintesi di molecole complesse da precursori monomerici*
- 4. Sintesi/degradazione di biomolecole*

*Il metabolismo richiede l'azione coordinata di **sistemi enzimatici** complessi, organizzati in **percorsi metabolici**.*

# Metabolismo

Il termine "metabolismo" si riferisce a tutte le reazioni biochimiche che avvengono in una cellula o in un organismo e può essere diviso concettualmente in:

**CATABOLISMO** → reazioni di ossidazione e dissimilazione del substrato. Queste reazioni sono indirizzate verso l'ottenimento di energia. Le reazioni cataboliche sono **esoergoniche (si ricava energia)**.

**ANABOLISMO** → assunzione ed utilizzazione di composti organici ed inorganici richiesti per la crescita e per il mantenimento delle strutture e funzioni cellulari (reazioni assimilative). Le reazioni anaboliche sono **endoergoniche (richiedono energia)** e consumano l'energia prodotta dalle reazioni cataboliche.

Substrates

Products

**CATABOLISM**

Energy generation

Reazioni chimiche esoergoniche



ATP  $\rightleftharpoons$  Proton motive force



Reazioni chimiche endoergoniche

**ANABOLISM**

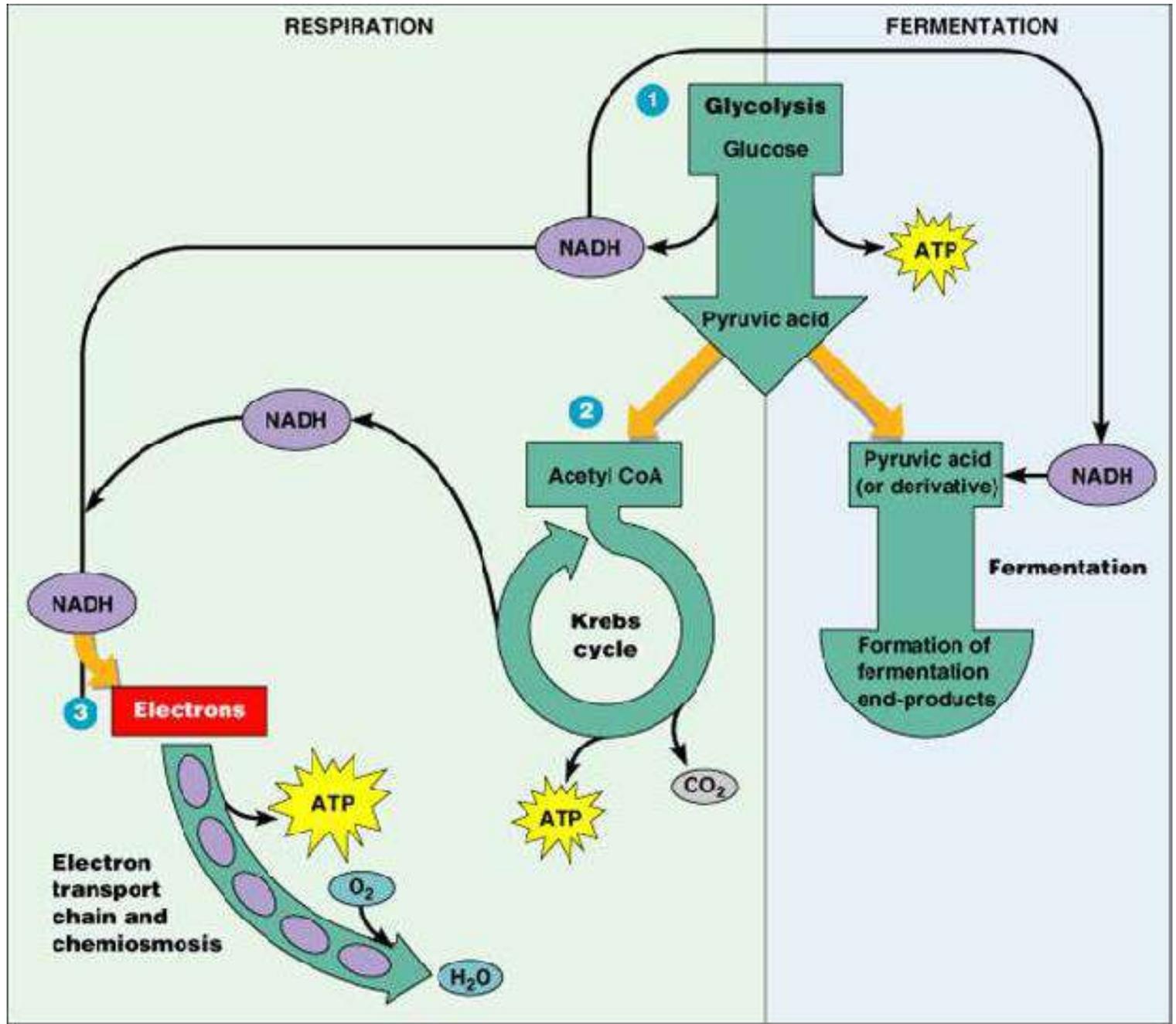
Energy consumption



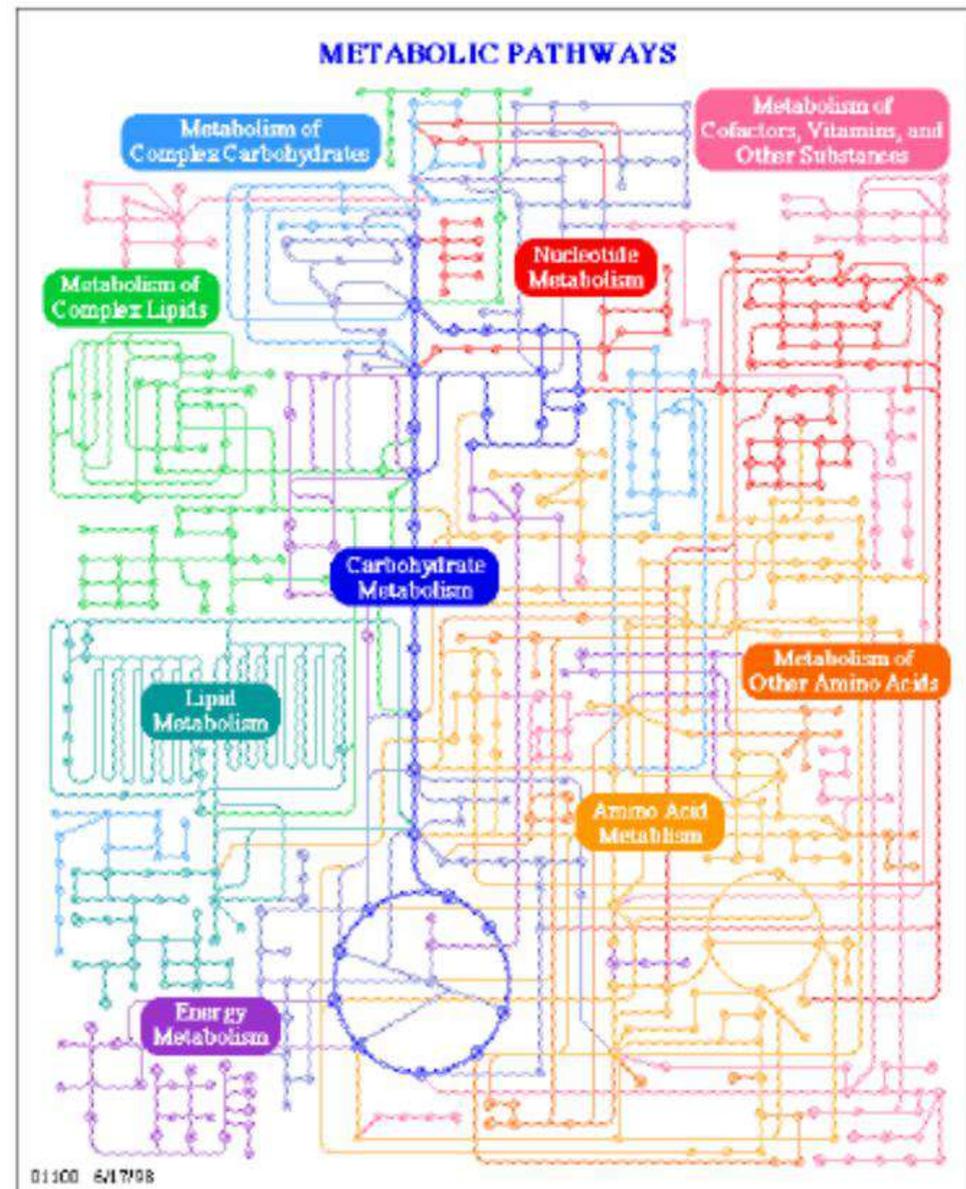
Monomers

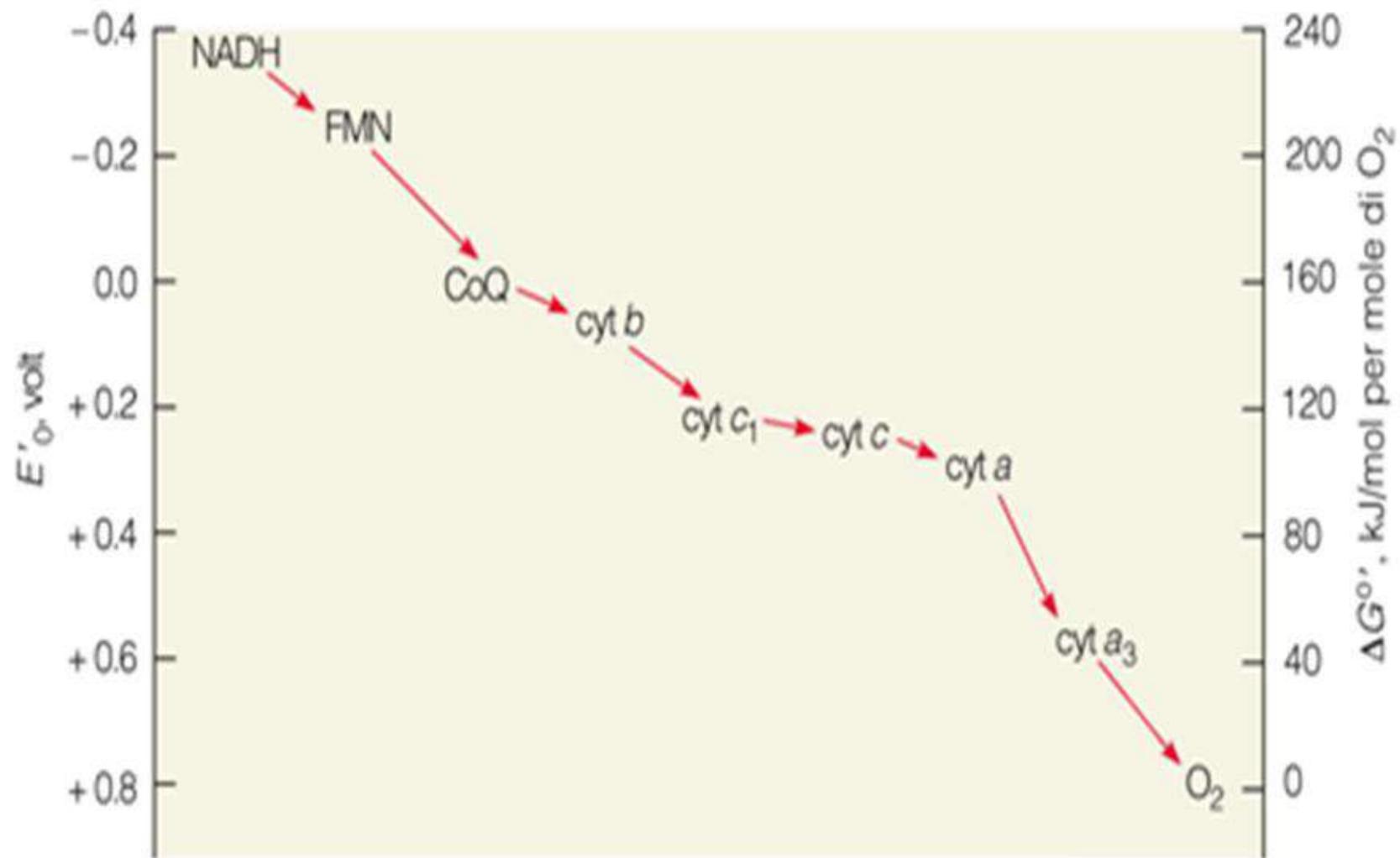
Biosynthesis

Macromolecules and other cellular constituents



# Metabolismo cellulare





# REAZIONI REDOX

L'energia delle reazioni redox non viene rilasciata rapidamente come nella combustione, ma gradualmente.

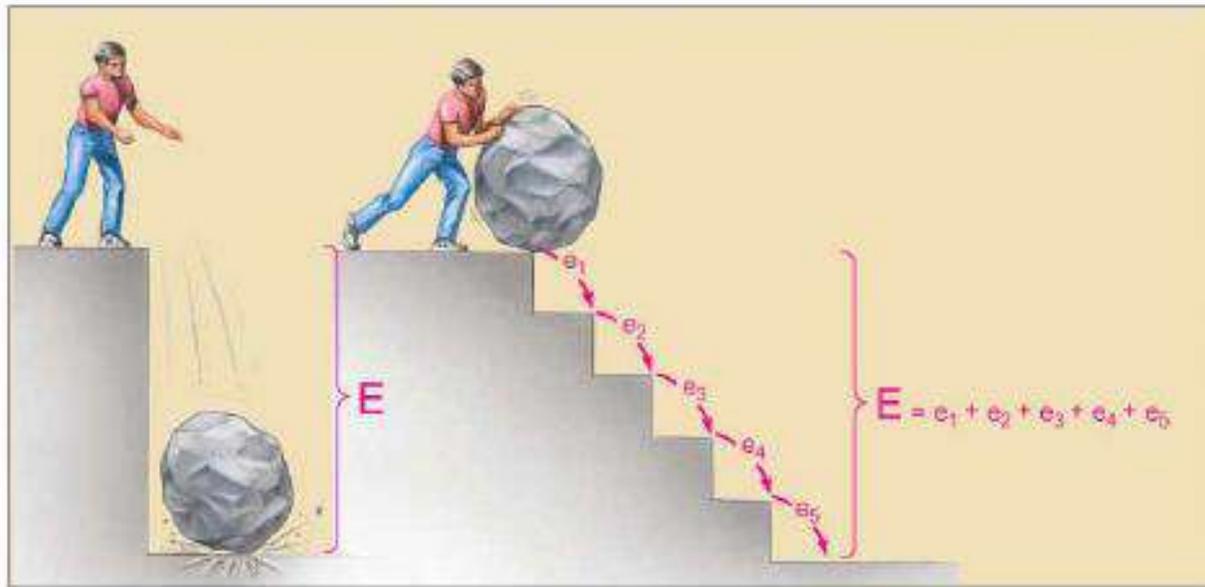


FIGURA 7-1

## Variazioni di energia libera

Il rilascio di energia da una molecola di glucosio è analogo alla liberazione di energia da parte di un oggetto che cade. L'energia totale liberata ( $E$ ) è la stessa, sia che essa venga rilasciata tutta in una volta, attraverso il passaggio su una serie di gradini.

# *Classificazione nutrizionale degli organismi*

# Energia per il metabolismo

Luminosa

Chimica

Donatore potere riducente inorganico

↪ Fotolitotrofi

Donatore di potere riducente organico

↪ Foto-organotrofi

Donatore potere riducente inorganico

↪ Chemiolitotrofi

Donatore di potere riducente organico

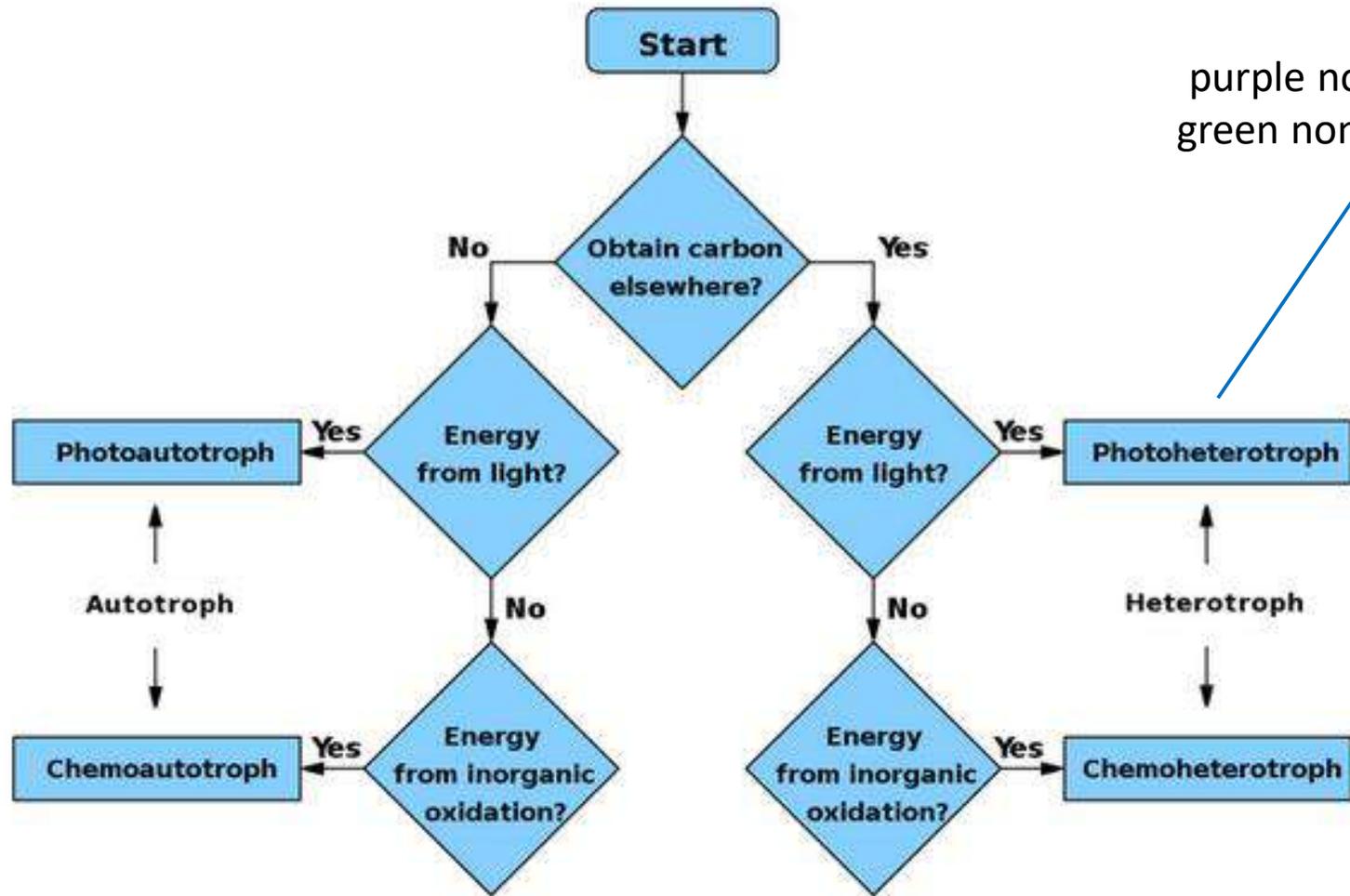
↪ Chemio-organotrofi

Assimilazione del Carbonio

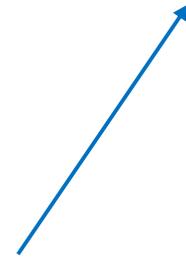
CO<sub>2</sub> o C<sub>1</sub>

+ Autotrofi

- Eterotrofi



purple non-sulfur bacteria  
green non-sulfur bacteria





*The oriental hornet is thought to be a photoheterotroph, able to use light as a supplementary energy source.*

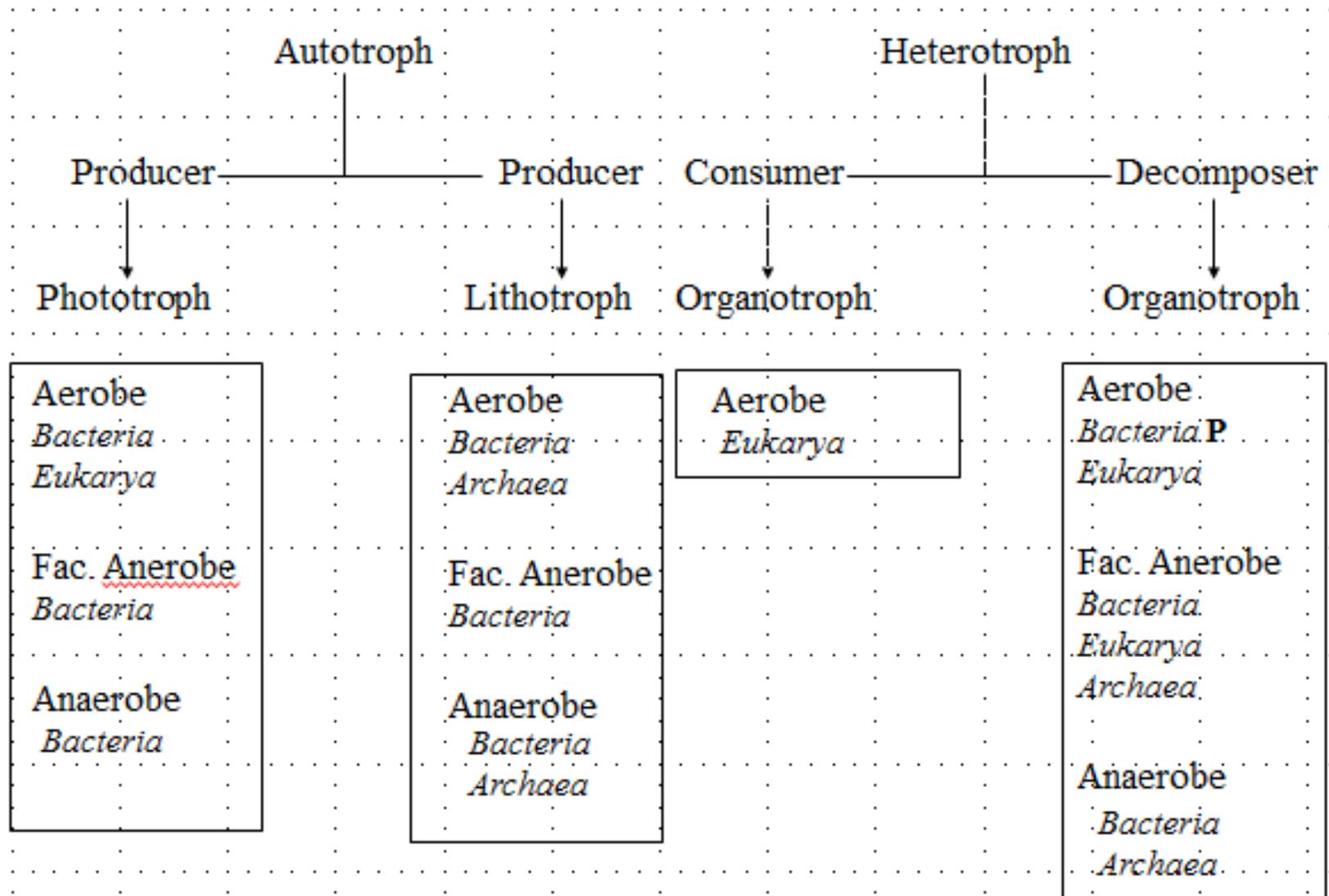
**FOTOAUTOTROFI** (Fotolitotrofi) - Il carbonio cellulare deriva dalla fissazione della  $CO_2$  e l'energia dalla luce. Questi organismi non necessitano di composti organici. La maggior parte dei cianobatteri, i batteri rossi fotosintetici e le piante usano questo meccanismo.

**FOTOETEROTROFI** - Il carbonio cellulare viene ricavato da composti organici, ma l'energia deriva dalla luce. Di questo gruppo fanno parte gli archibatteri alofili e i batteri rossi e verdi non sulfurei.

**CHEMOETEROTROFI** (anche detti eterotrofi chemo-organotrofi; o semplicemente eterotrofi) - I microrganismi che richiedono una fonte di carbonio organica hanno la tendenza a impiegare un donatore di elettroni organico anche nei processi di produzione di energia, se la fonte dell'energia è chimica.

**CHEMOAUTOTROFI** (autotrofi chemiolitotrofi): il carbonio cellulare viene ricavato fissando  $CO_2$ , e l'energia in genere da fonti inorganiche come composti dello zolfo o dell'azoto, ferro, idrogeno etc.. La produzione di ATP avviene per mezzo della respirazione (aerobia o anaerobia) e i donatori di elettroni possono essere:

	<u><i>Donatore di e minerale</i></u> <u><i>LITOTROFI</i></u>	<u><i>Donatore di e organico</i></u> <u><i>ORGANOTROFI</i></u>
Energia luminosa FOTOTROFI	FOTOLITROFI Piante verdi Alghe $CO_2 + 2H_2O \rightarrow$ $\rightarrow (CH_2O) + H_2O + O_2$  Batteri sulfurei porpora Batteri sulfurei verdi $CO_2 + 2H_2A \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2A$	FOTO-ORGANOTROFI  Batteri porpora non sulfurei  $CO_2 + (\text{piruvato}) \rightarrow$ $(CH_2O) + (\text{malato})$
Energia chimica CHEMIOTROFI	CHEMIOLITOTROFI Batteri nitrificanti Batteri solfo-ossidanti. Ferrobatteri  $NH_4^+ + 3/2O_2 \rightarrow$ $\rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+$	CHEMIO-ORGANOTROFI  Animali Vegetali senza clorofilla Microrganismi eterotrofi  $DH_2 + A \rightarrow D + AH_2$
RESPIRAZIONE	ACCETTORE DI $e \rightarrow O_2$	
RESPIRAZIONE ANAEROBIA	ACCETTORE FINALE DI $e$ COMPOSTO MINERALE DIVERSO DALL' $O_2$ (ad esempio $NO_3^-$ ; $SO_4^{2-}$ )	
FERMENTAZIONE	ACCETTORE FINALE DI $e \rightarrow$ COMPOSTO ORGANICO interno alla cellula	



# Fonte di Energia

LUCE



fotosintetici (fotoautotrofi)

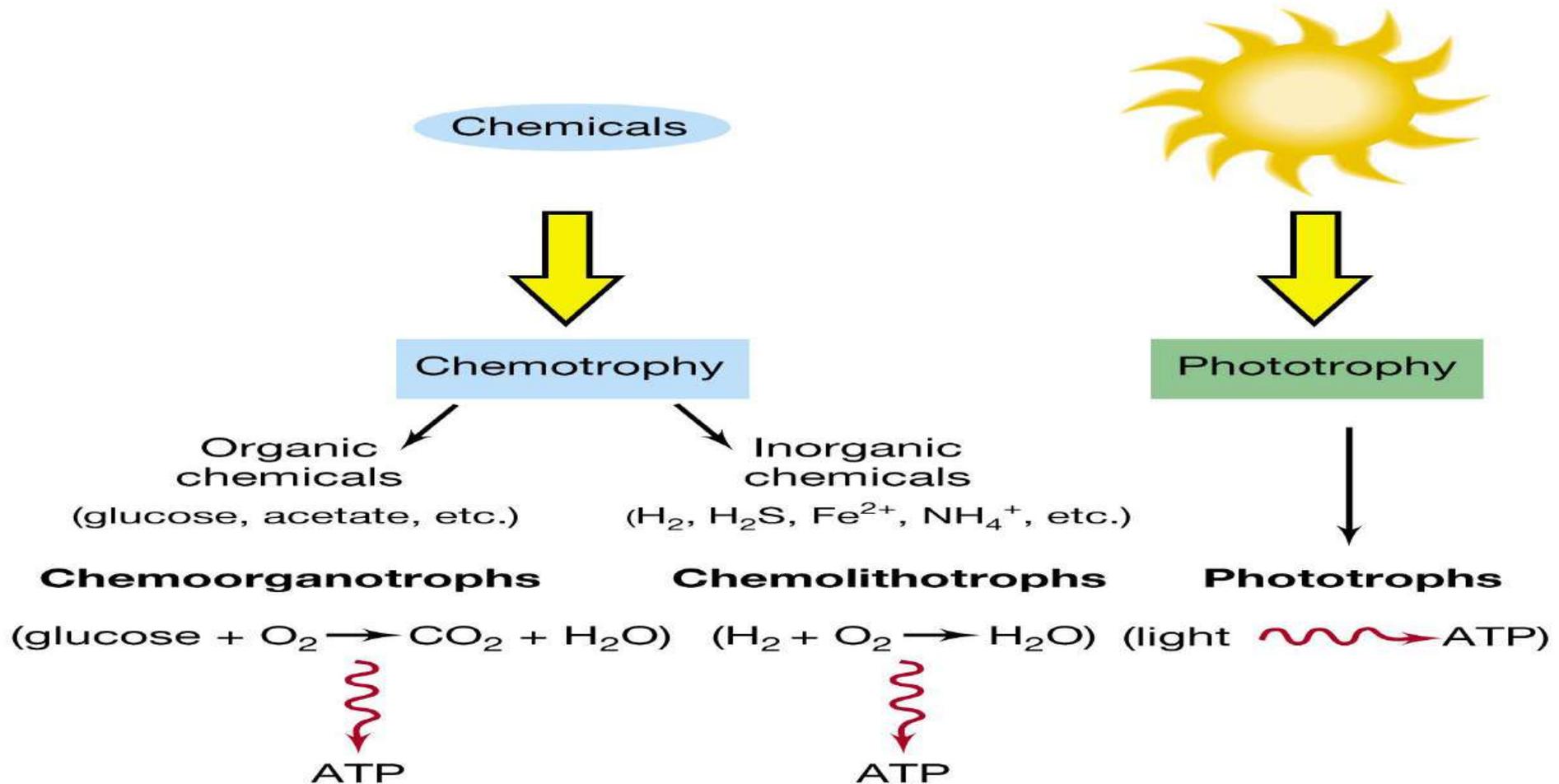
ENERGIA CHIMICA

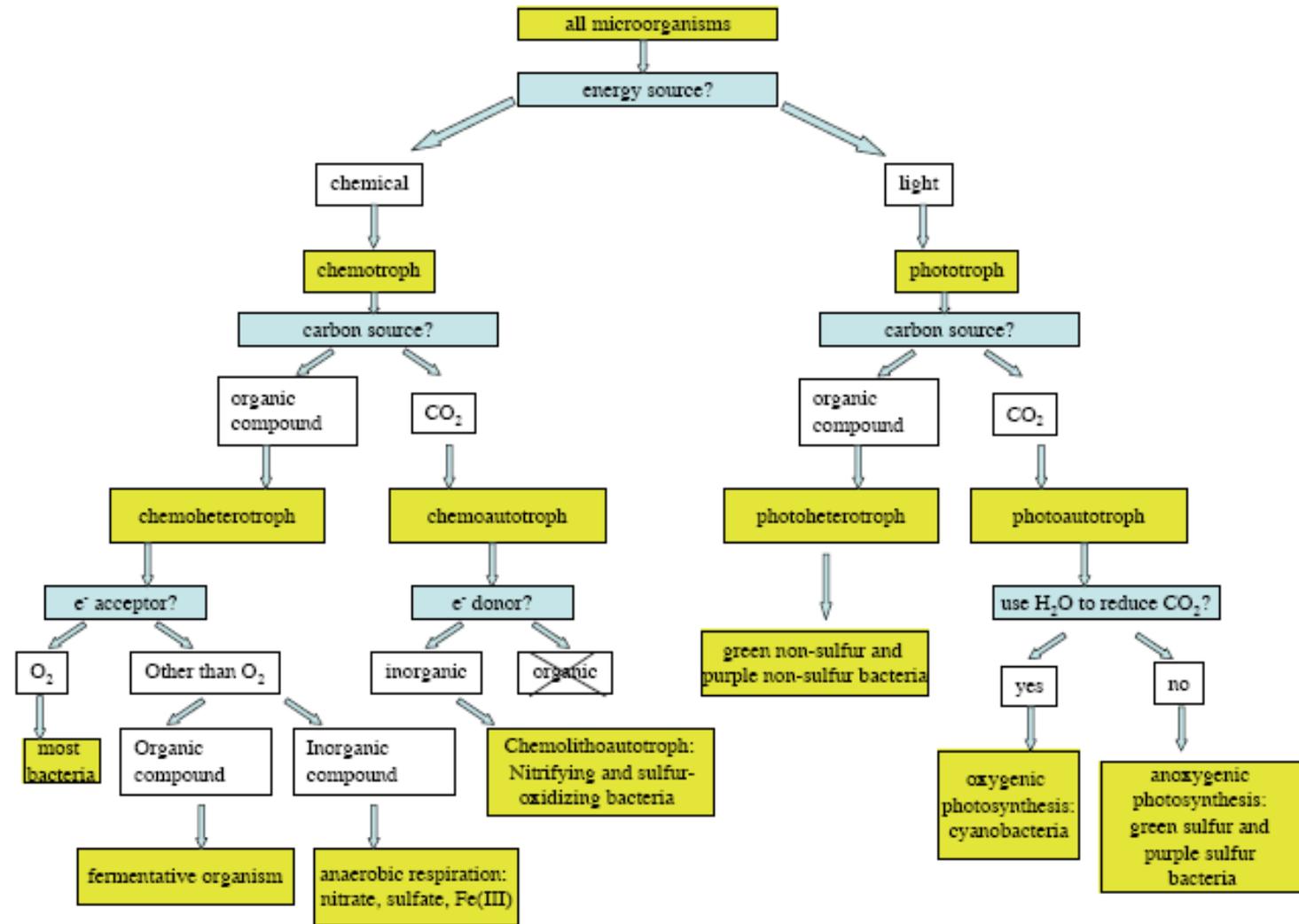


chemioorganotrofi



chemioautotrofi (chemiolitotrofi)





Livelli trofici, catene e reti trofiche

# Livelli trofici

- # I livelli trofici sono raggruppamenti di individui, appartenenti a specie diverse, che si nutrono utilizzando la stessa forma di energia
- # Gli organismi appartengono allo stesso livello trofico quando sono separati dai produttori dallo stesso numero di tappe della catena alimentare
- # Lo stesso individuo può appartenere a diversi livelli trofici, tipicamente gli onnivori che consumano tutti i tipi di alimenti, o i carnivori che attaccano varie prede
- # L'uomo si pone a differenti livelli trofici:
  - Al II quando consuma vegetali
  - Al III quando consuma animali erbivori
  - A livelli superiori al III quando consuma animali carnivori

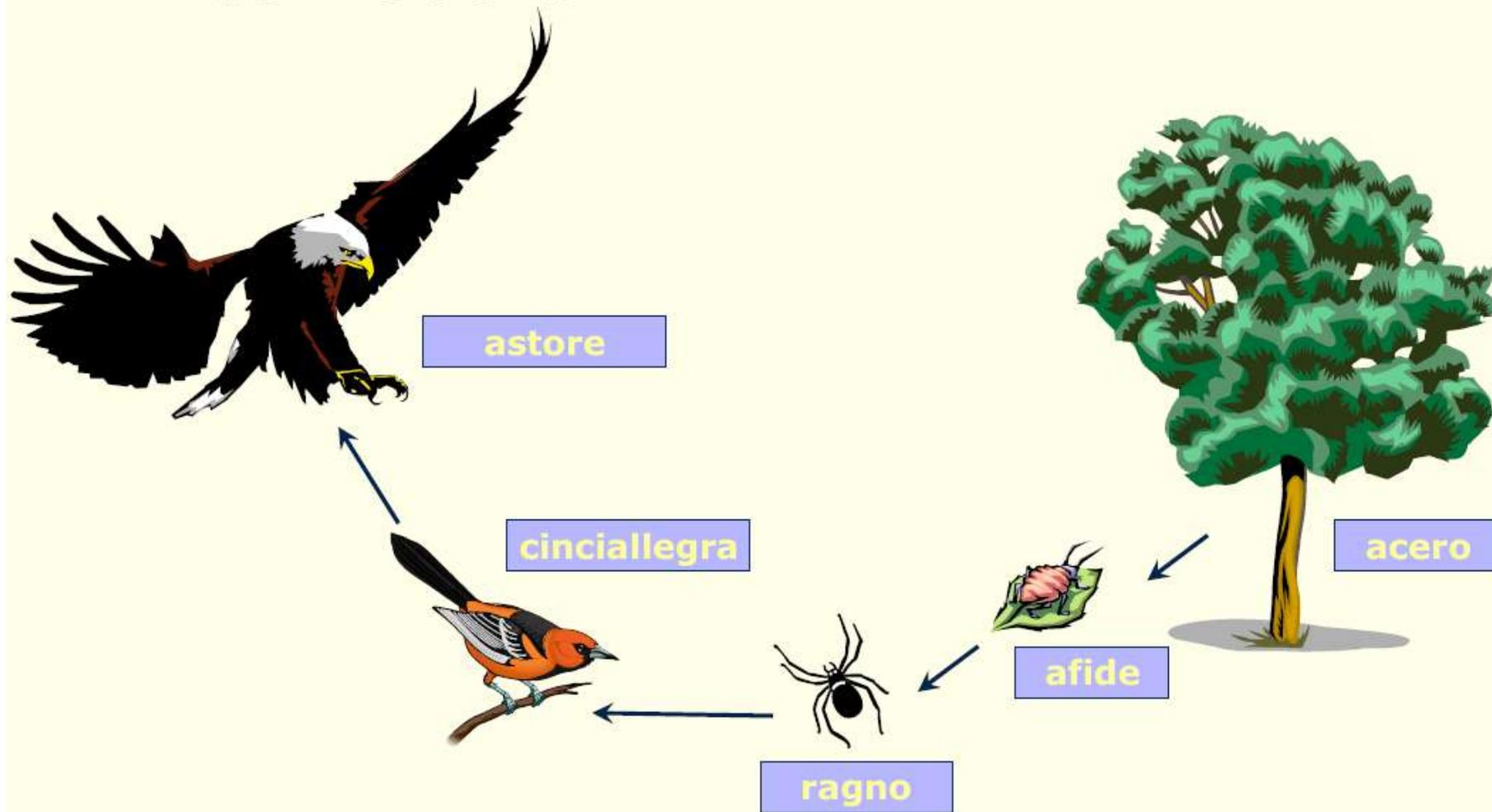
# Livelli trofici

- Al primo livello trofico si trovano tutti i produttori (piante, alghe, batteri fotosintetici)
- Al secondo livello trofico si trovano i consumatori primari (tutti gli erbivori o **pascolatori**)
- Al terzo livello trofico si trovano i **consumatori secondari**, ovvero i carnivori che si nutrono di erbivori
- A livelli trofici superiori  $n+1$  si trovano i carnivori che si nutrono di carnivori al livello  $n$
- Nella pratica non si riscontrano mai più di 5 livelli trofici

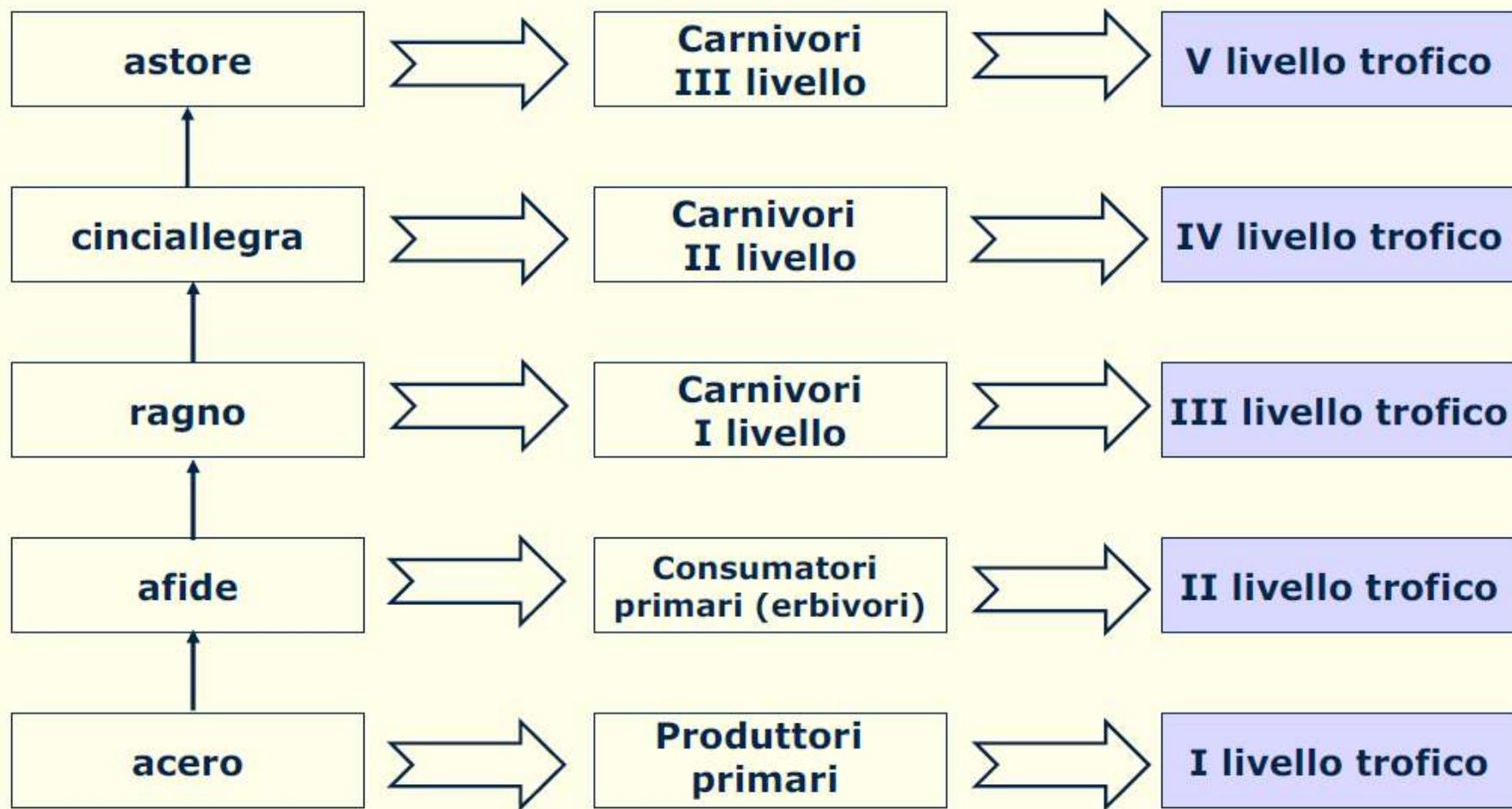
# Catena di predazione

- # Le catene alimentari di predazione (dette anche "catene di pascolo") portano dai produttori agli erbivori che sono a loro volta mangiati da carnivori di piccola taglia e questi ultimi sono mangiati da carnivori più grandi e così via
- # Quando si procede lungo la catena di predazione gli individui divengono sempre più grandi e meno numerosi

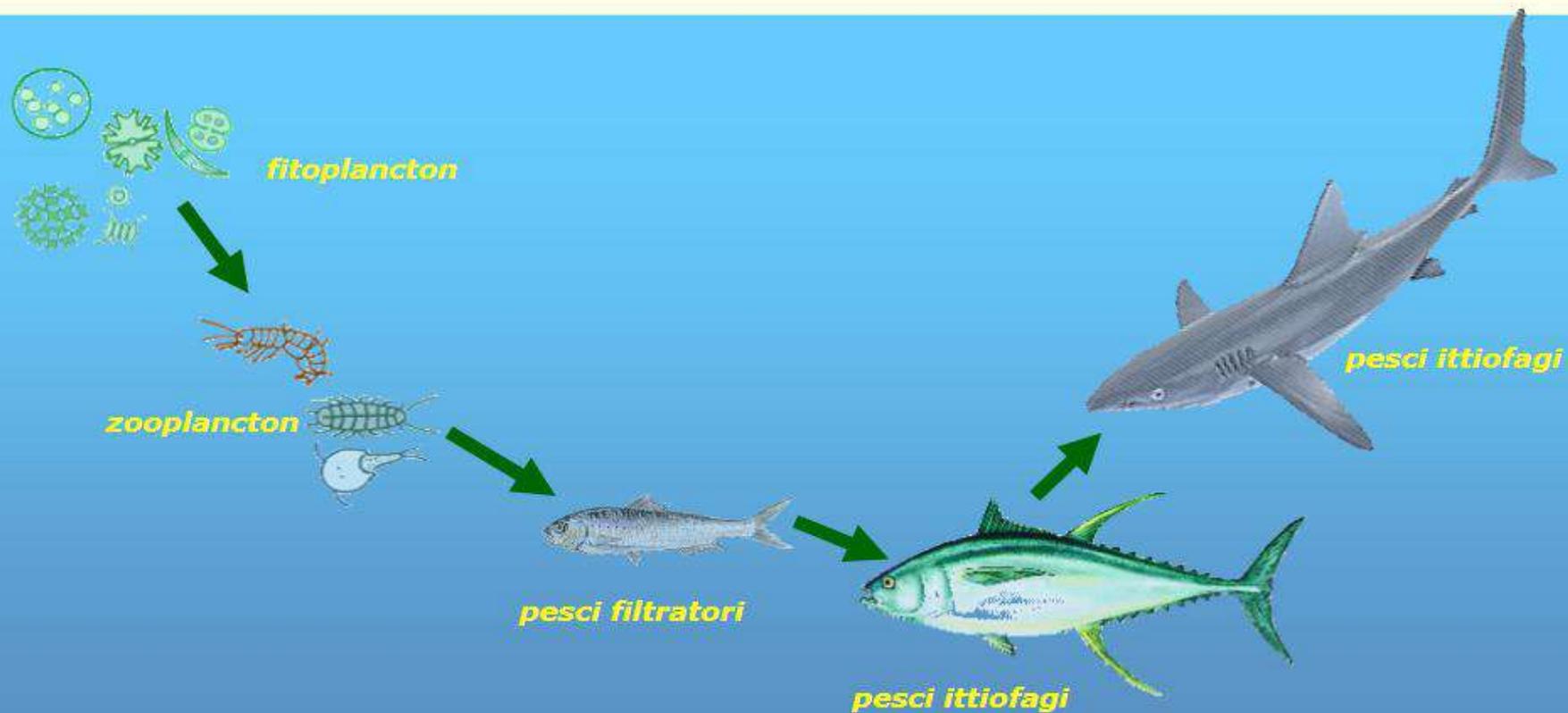
# Esempio di catena alimentare terrestre

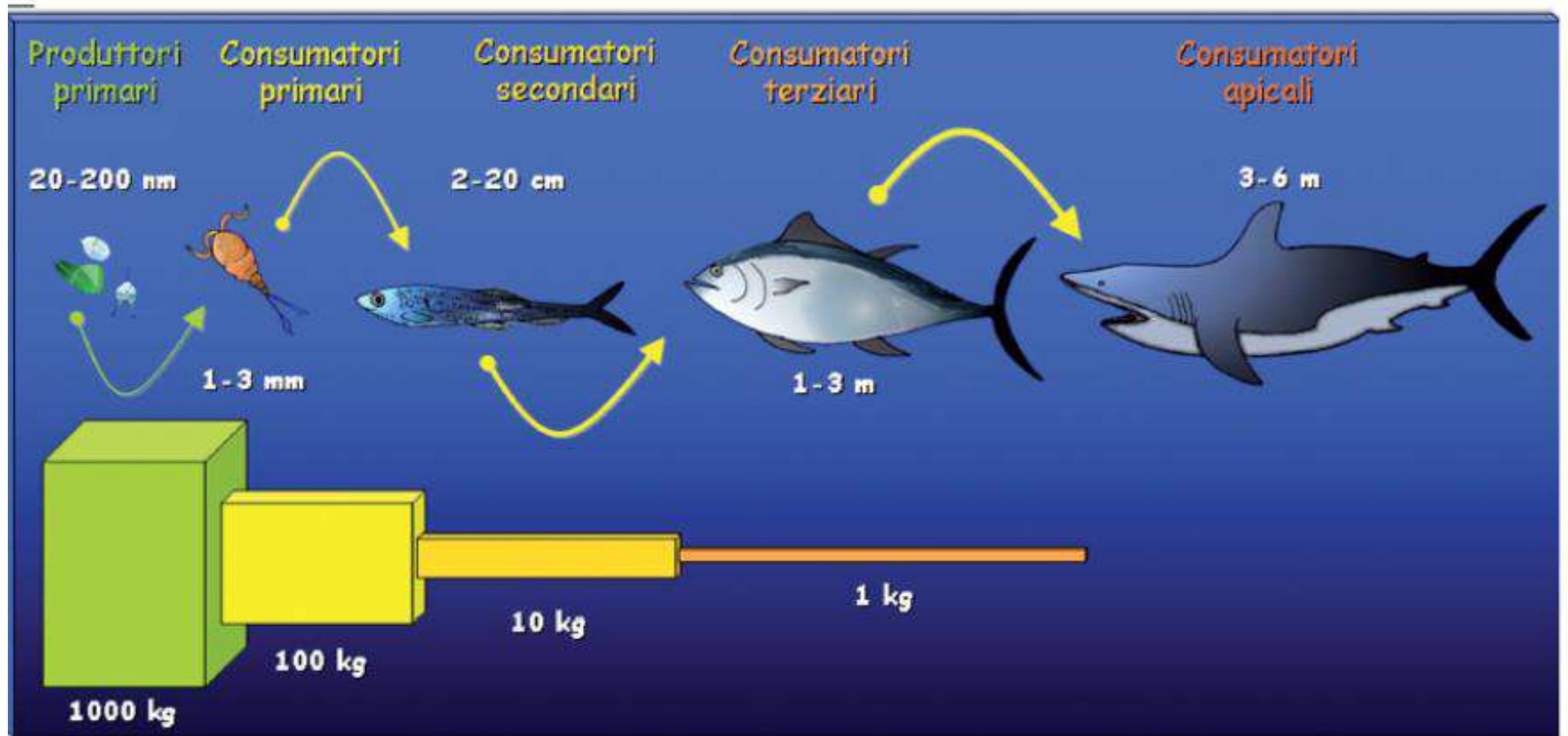


# Catena di predazione



# Catena alimentare acquatica

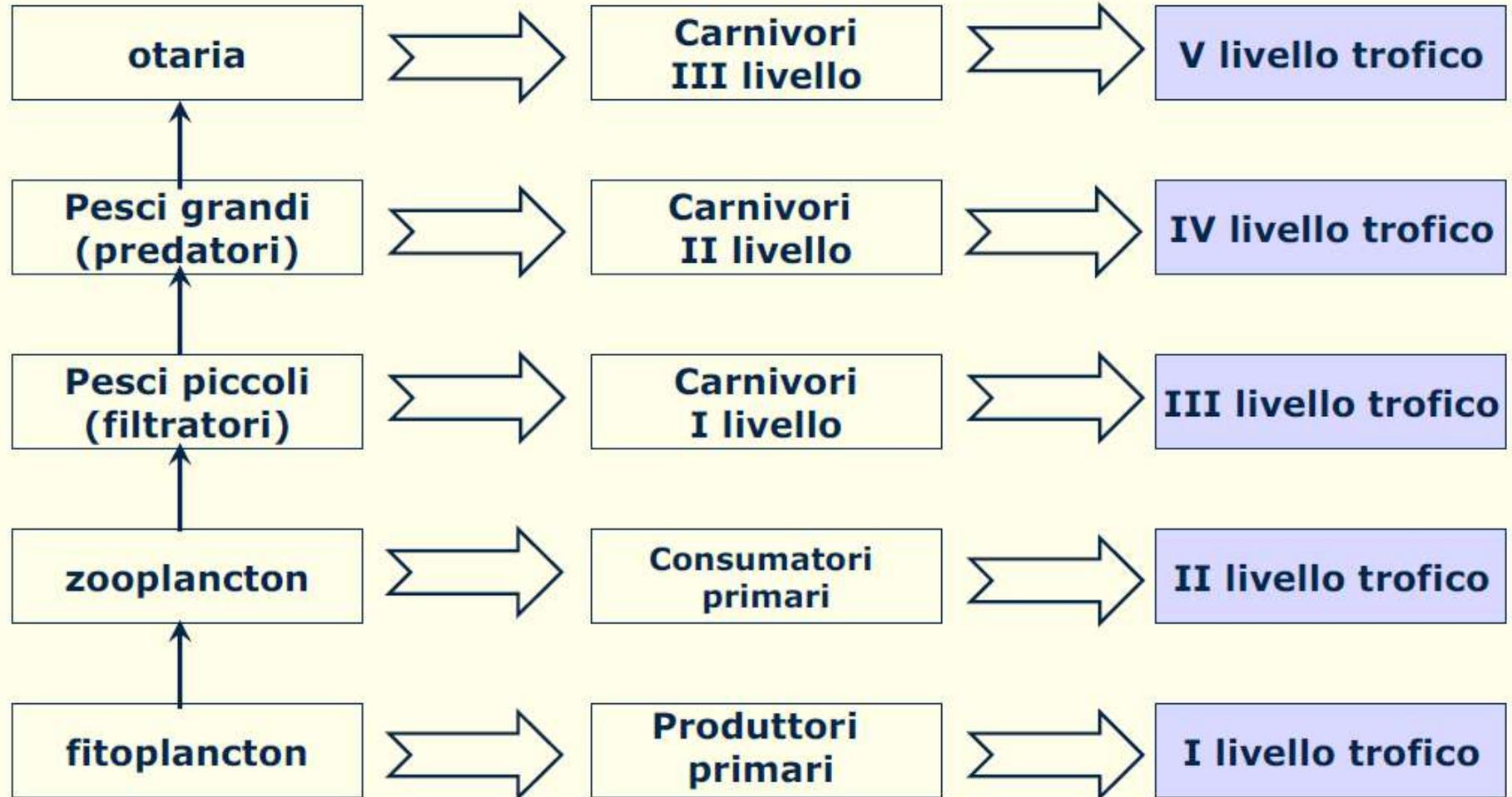




Il trasferimento di energia e materia lungo la catena trofica marina (Illustrazione di Franco Gambale)

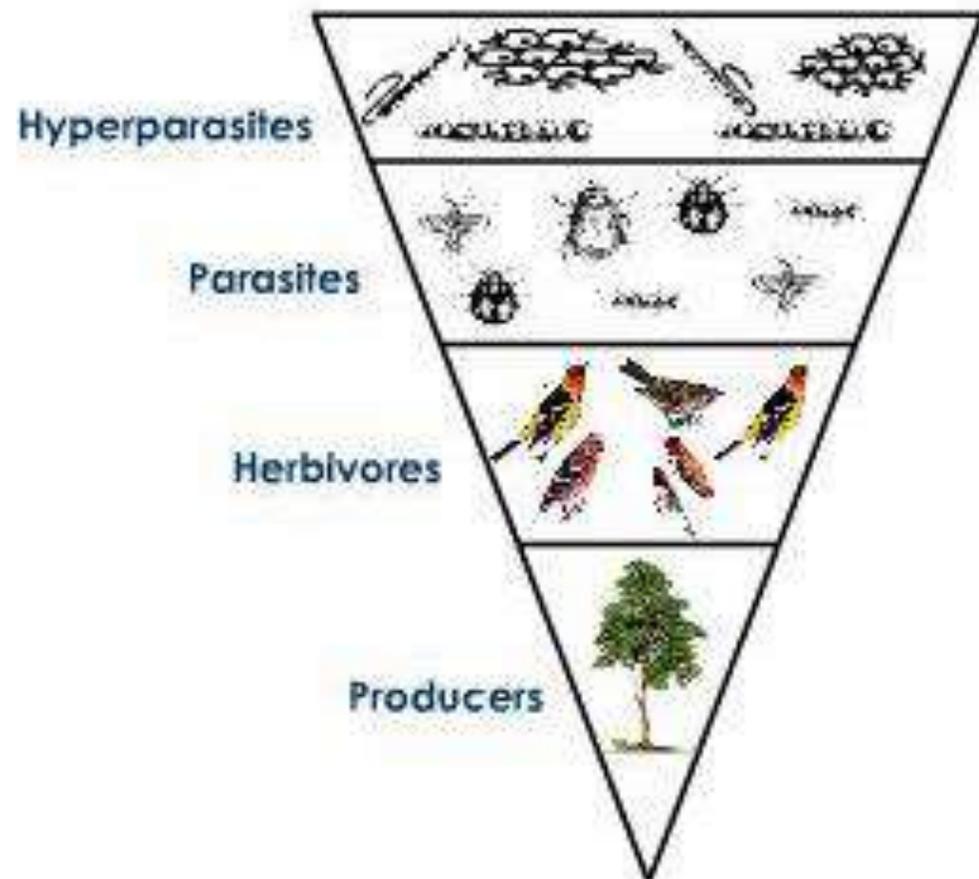
<https://blog.rinnovabili.it/blu-lab/non-sappiamo-piu-che-pesci-pigliare/>

# Catena di predazione in ambiente acquatico



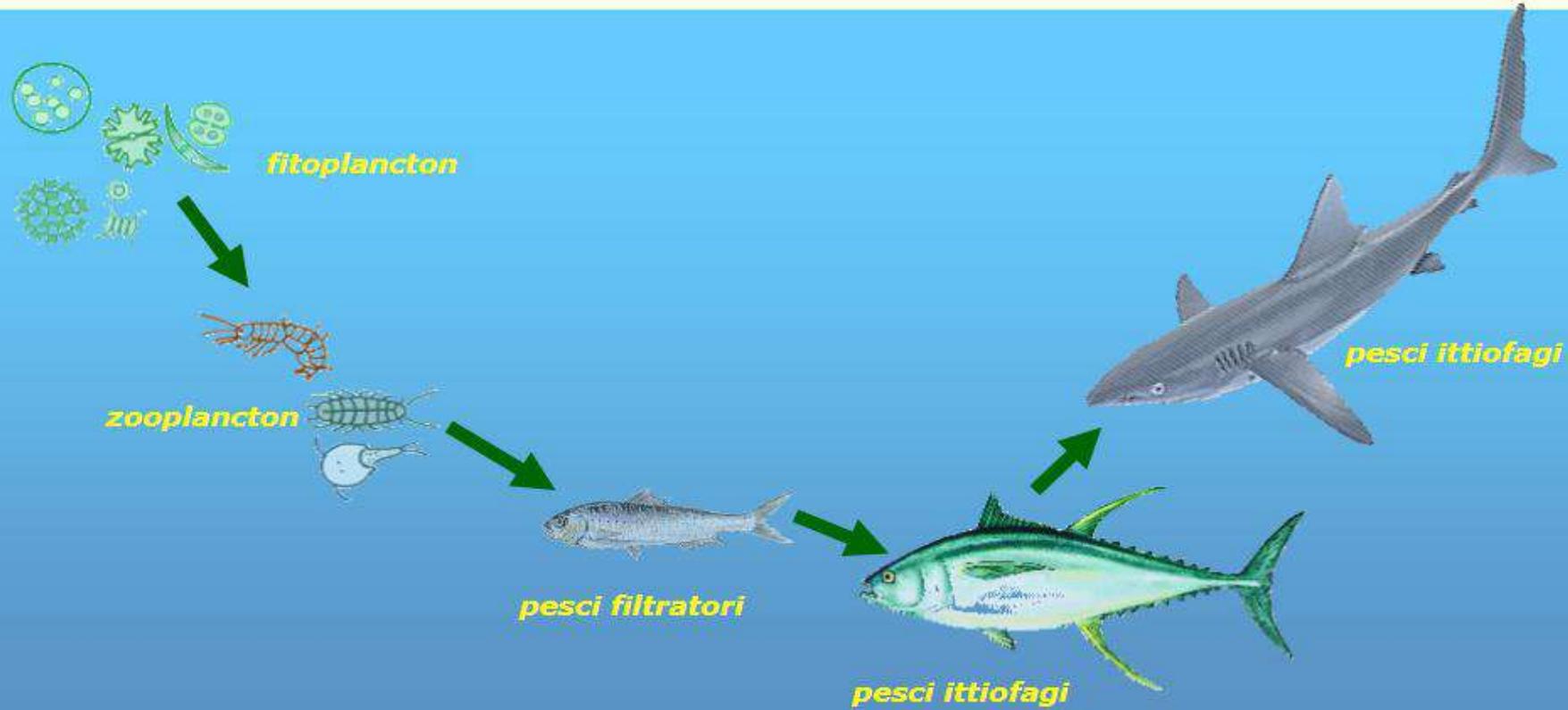
# Catena di parassiti

- # Porta verso organismi di dimensioni sempre più piccole e sempre più numerosi
- # Esempio
  - Erba → erbivoro → pulci (insetti) → batteri
  - Bruco di farfalla → mosca → microimenotteri (insetti)



**Inverted pyramid of number**

# Catena alimentare acquatica



<https://marine.copernicus.eu/july-catalogue-release-improved-monitoring-green-white-ocean/>

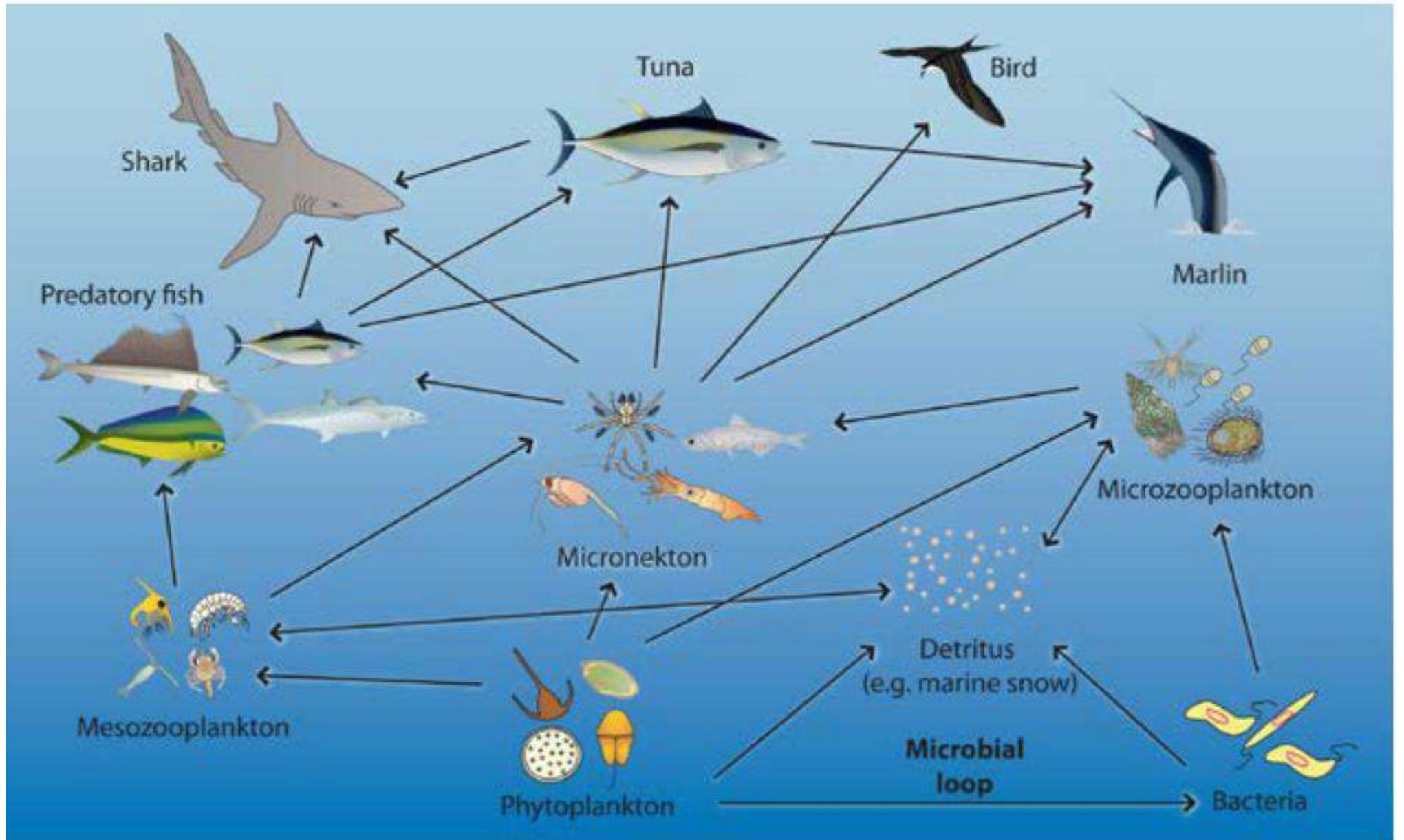
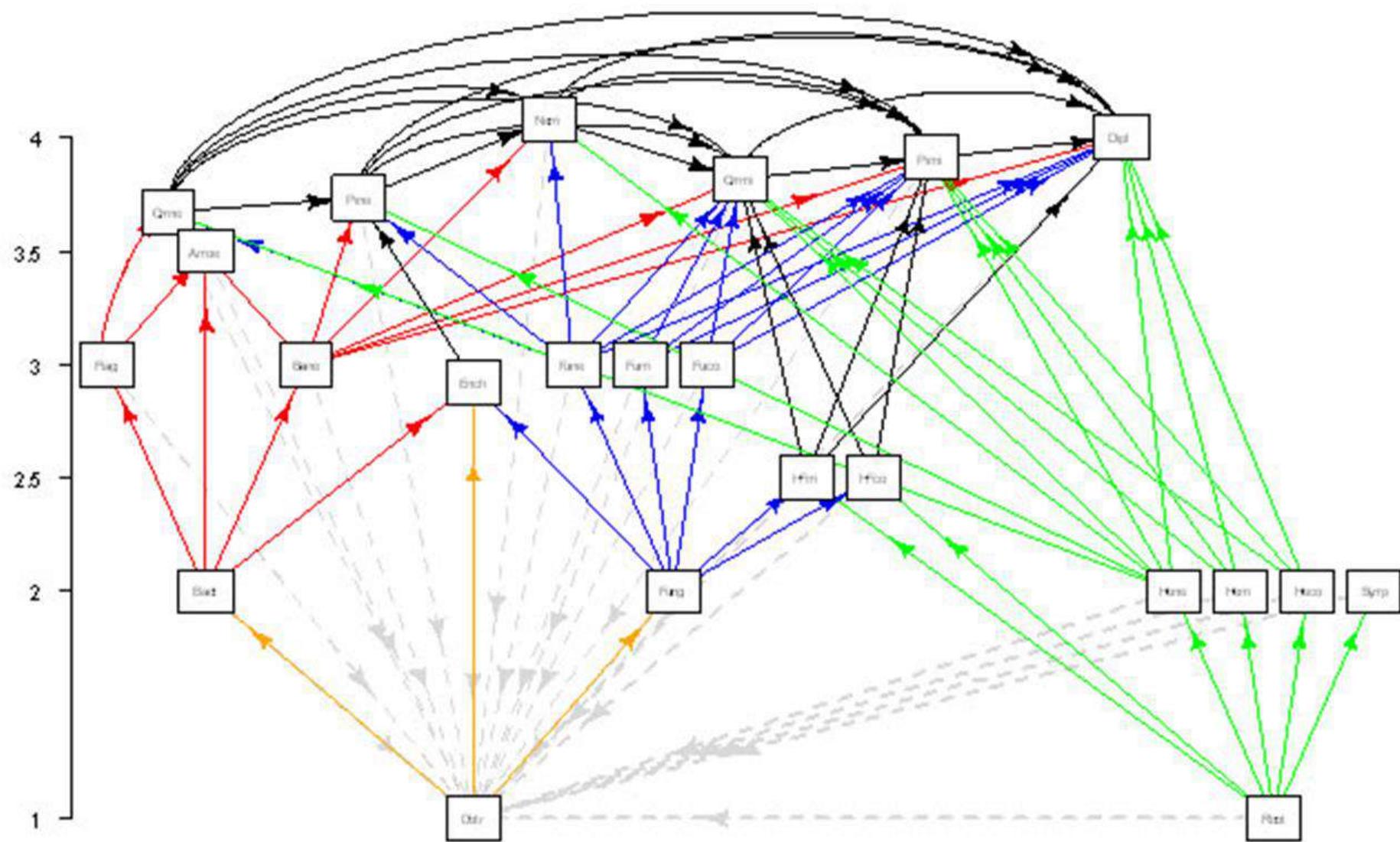
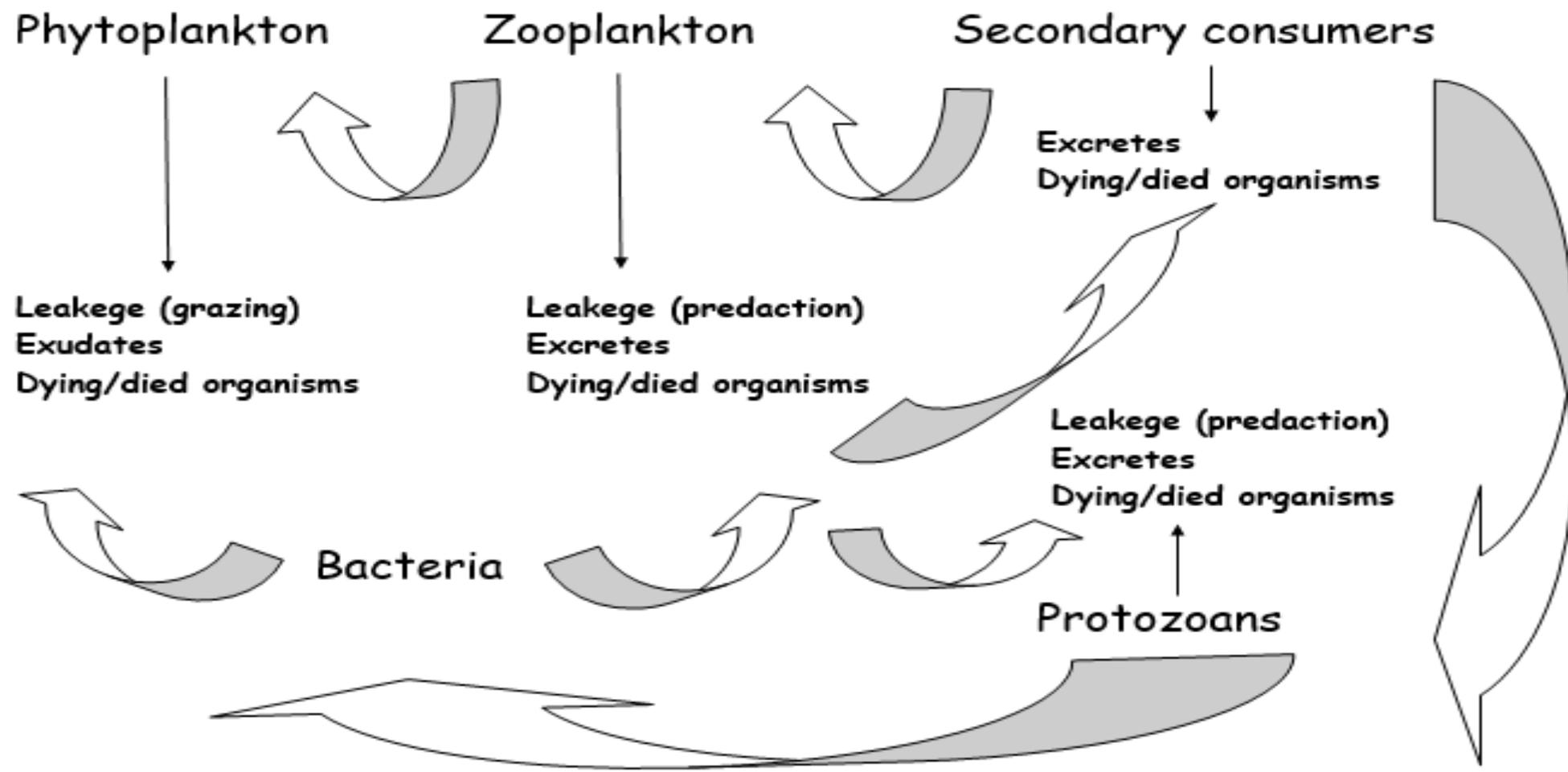


Figure 1: Diagram showing how micronekton fits into the wider marine ecosystem (illustration: Jipé LeBars, SPC).





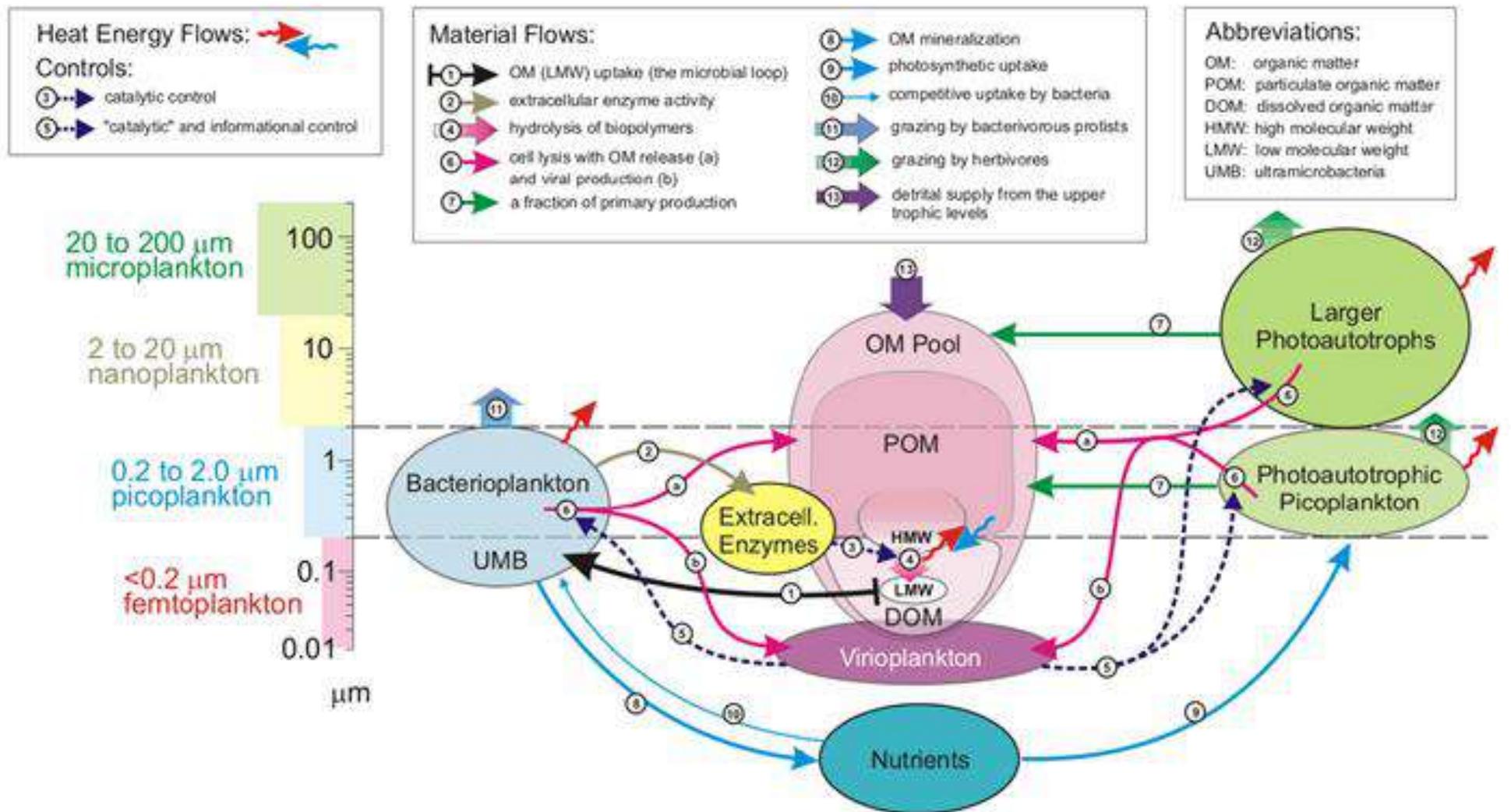
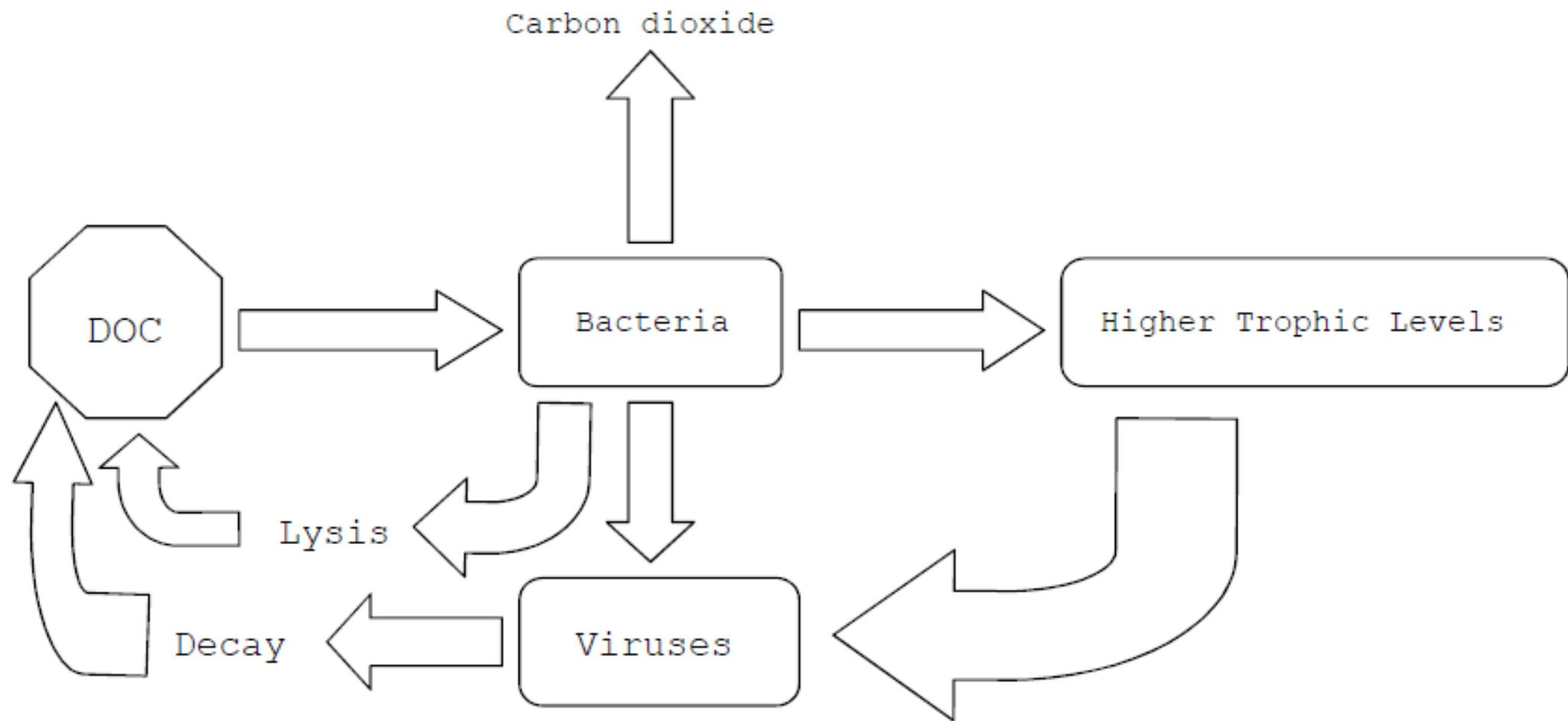
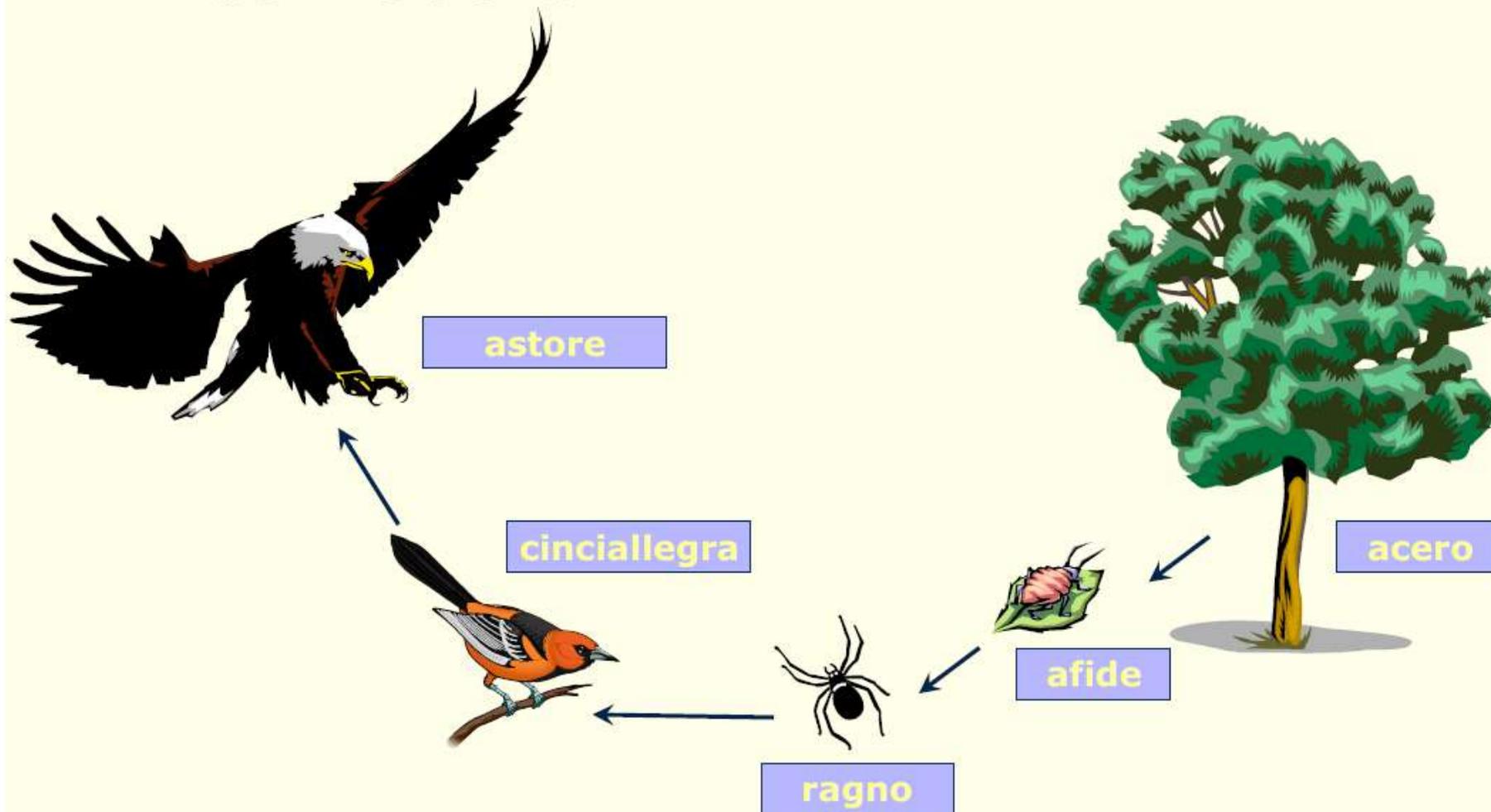
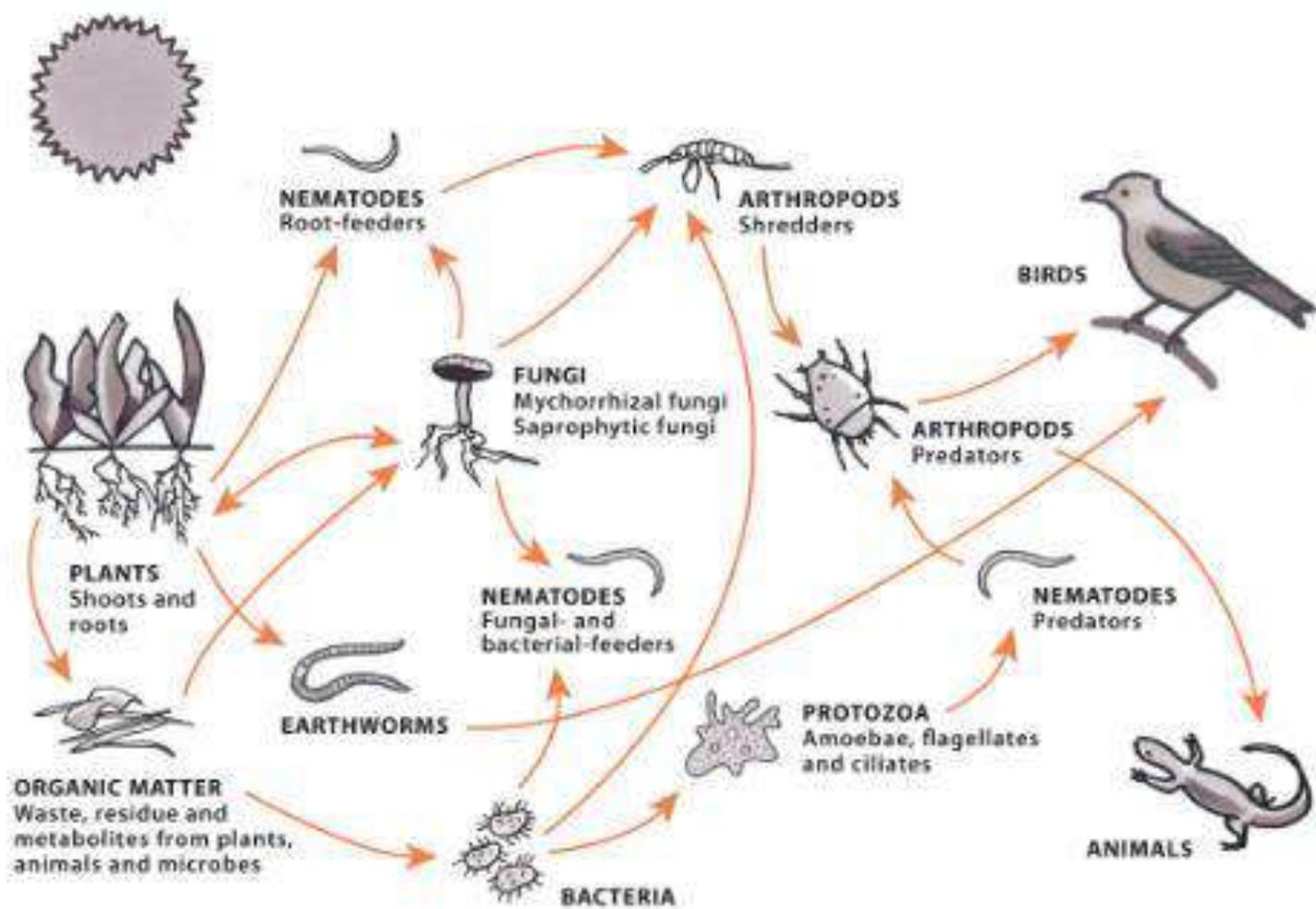


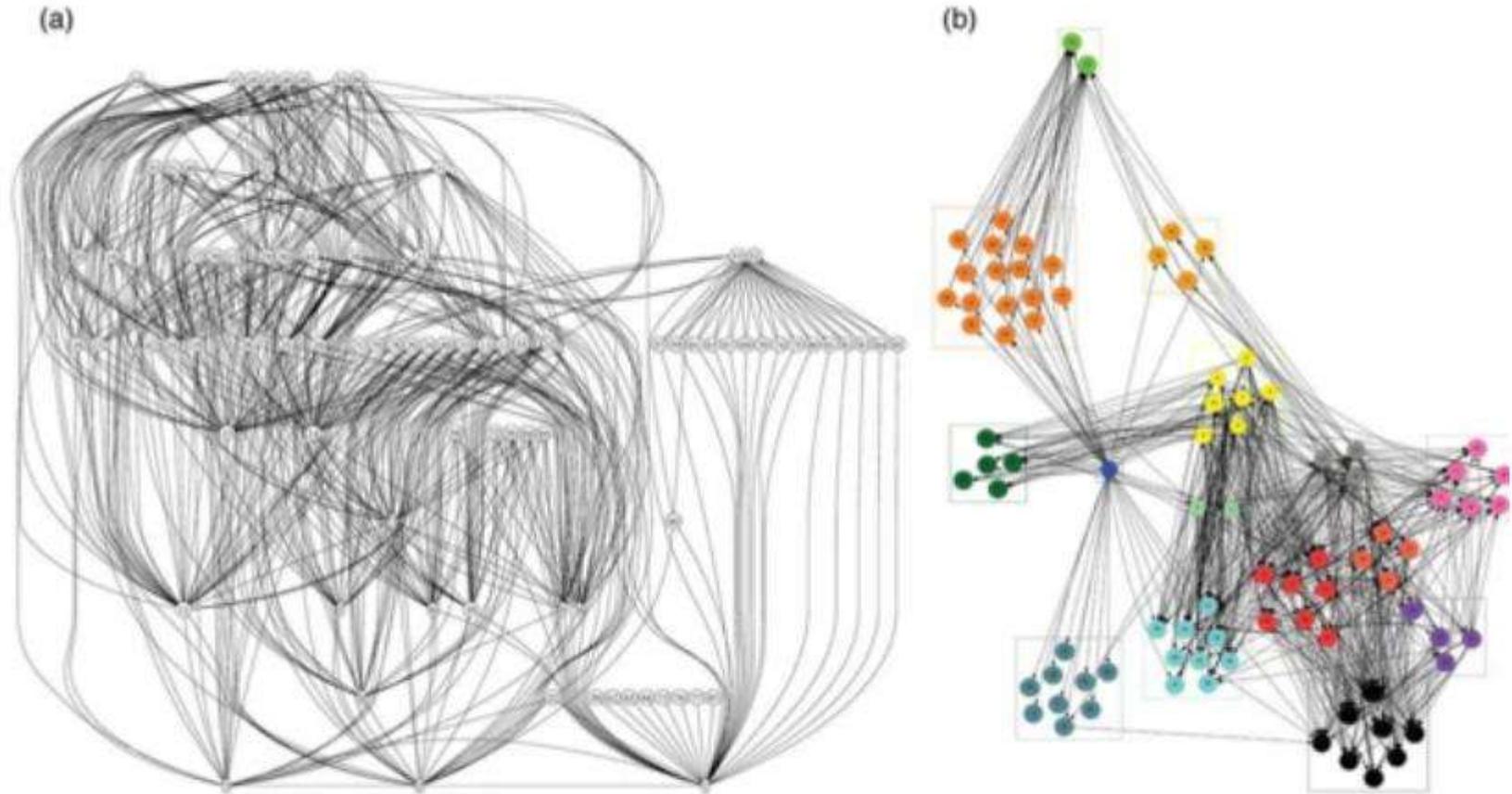
Fig. 1. Compartments of and material/energy flows through aquatic microbial food web. The web links to the upper trophic levels through the trophic flows 11 (grazing of bacteria by protozoa) and 12 (herbivory by protists and larger plankton) and supplied through the flows 7 (DOM release as a part of primary production) and 13 (downward detrital pathway from the upper trophic levels).



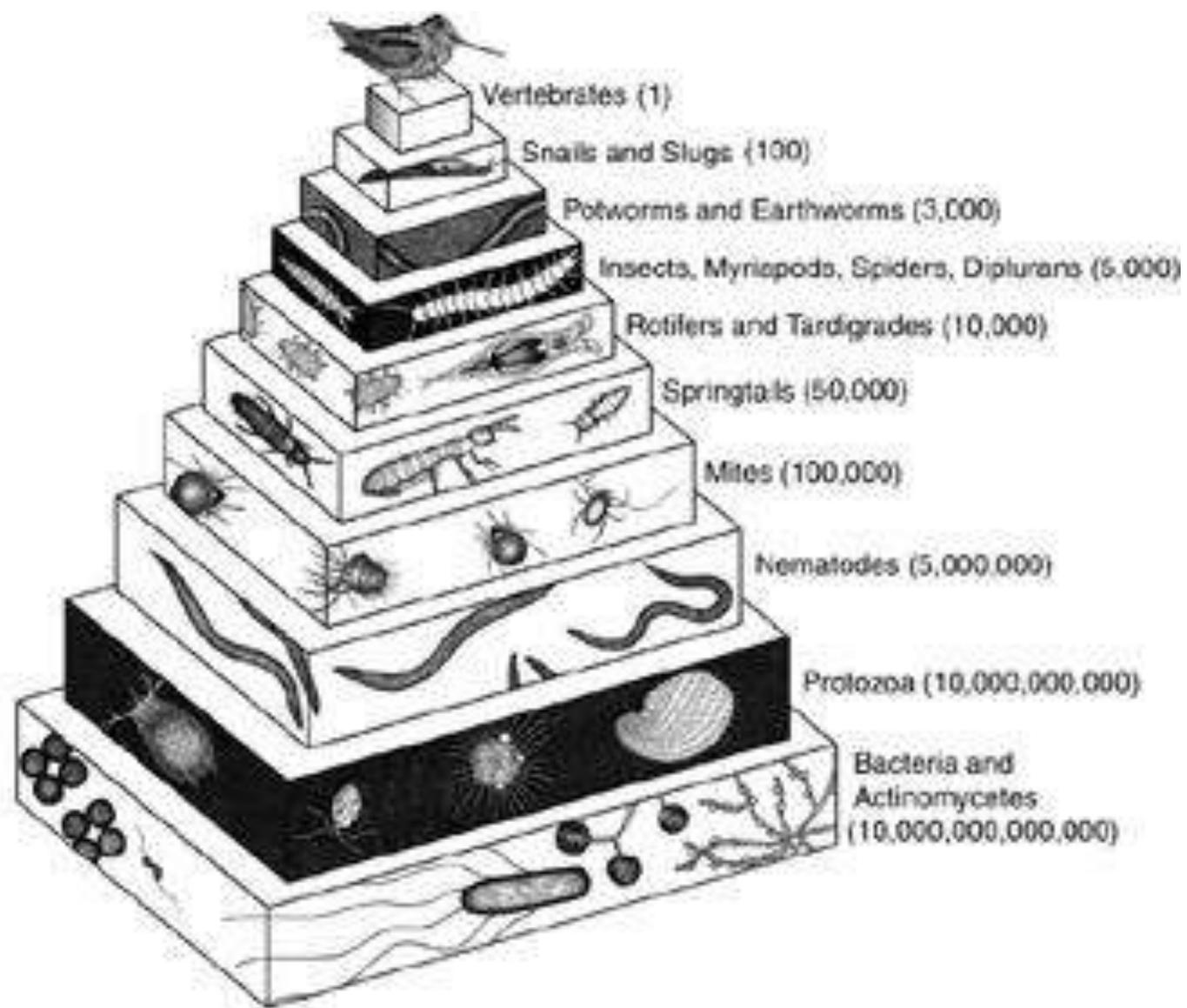
# Esempio di catena alimentare terrestre







**Two analyses of the same topological data from a host food web in the Meadowlands salt marshes of New Jersey by Anderson and Sukhdeo 2011 [[24]]. (a)** A traditional food web diagram showing linkages among participants. This is a parsimonious arrangement of species, so even though it seems as though there are 8 trophic levels, there are really only 4, with the graphing program spacing them out a little for the sake of visualization. **(b)** A network clustering algorithm partitioned the food web into 15 distinct modules of highly interacting species independent of trophic position, and suggested that parasites preferentially colonized highly connected modules of tightly interacting species which experience fewer fluctuations in abundance relative to those in the periphery.



# Catena di detrito

- Le catene di detrito partono dalla sostanza organica morta (detrito)
- i consumatori primari sono denominati **detritivori**
- Le catene a base d'erbivori (catena del pascolo) e di detrito coesistono negli ecosistemi
- La produzione primaria sta quindi alla base di due diverse catene alimentari:
  - **Catena del pascolo**
  - **Catena del detrito**

## ➤ DEFINIZIONI

### ➤ Detrito



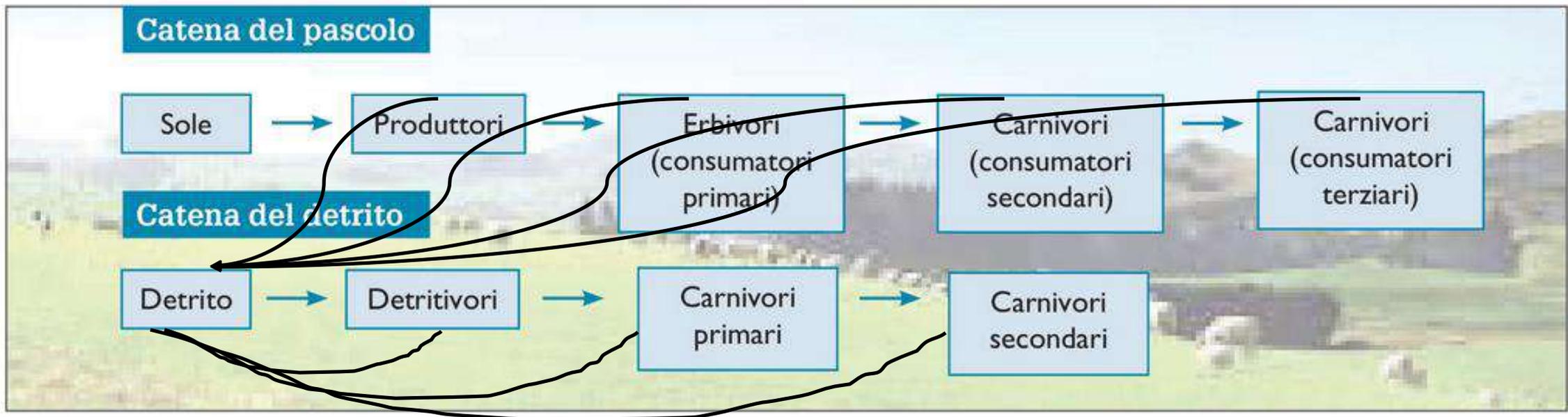
Carbonio organico perso da processi che non comprendono la predazione a tutti i livelli trofici .

### ➤ Catena alimentare del detrito



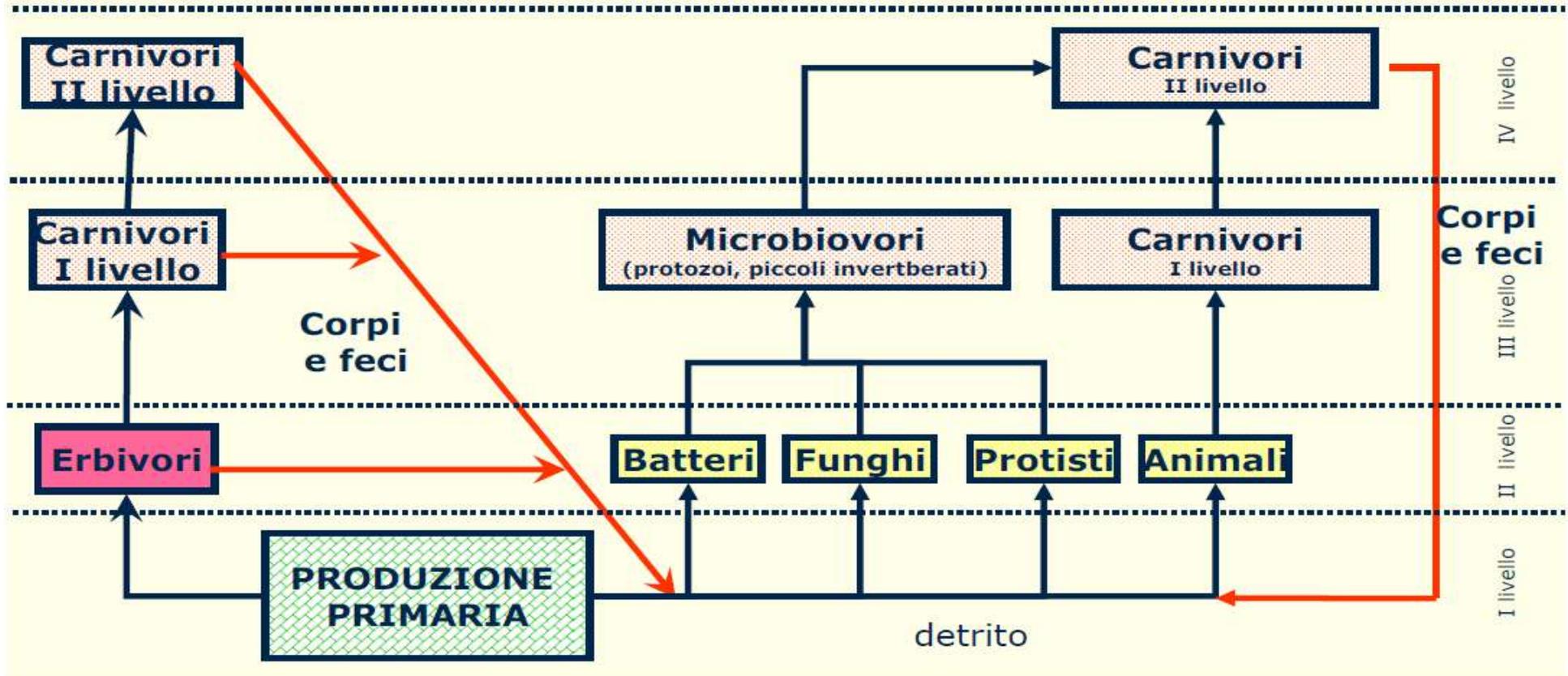
ogni via attraverso la quale l'energia contenuta nel carbonio organico del detrito diviene disponibile .

*Questa definizione esclude la sostanza organica viva ed include i composti organici solubili. Riconosce, inoltre, che il trasferimento di energia nella catena alimentare del detrito coinvolge composti inorganici .*



# Catena del pascolo e del detrito

- Consumatori II
- Detritivori
- Produttori
- Consumatori I



I cicli microbici degli elementi sono condotti principalmente dalla energia chimica della sostanza organica morta ,anche se i donatori di elettroni dei batteri fotosintetici sono composti organici parzialmente mineralizzati .

### Ruolo ecologico principale dei microrganismi



*mineralizzazione della sostanza organica*

In molti ecosistemi una larga parte della sostanza organica prodotta non è consumata da erbivori o carnivori , ma si aggiunge al pool di **DETRITO** demolito dall'azione microbica .

*Motivi che spiegano il ruolo dominante dei microrganismi come decompositori primari del detrito .*

- 1) Possono utilizzare una varietà di composti organici , alcuni totalmente indigeribili dagli animali .
- 2) Possono utilizzare nutrienti in concentrazioni estremamente diluite.
- 3) La loro piccola taglia e gli enzimi idrolitici legati alla loro superficie esterna rendono possibile un contatto stretto tra substrato nutritivo e cellule minimizzando le perdite di prodotti .
- 4) Hanno una grande superficie specifica
- 5) Possono efficacemente mineralizzare substrati organici in anaerobiosi

## CINETICHE DI ASSUNZIONE DI SOSTANZE ORGANICHE DISCIOLTE

I microrganismi hanno meccanismi di “uptake” per substrati organici ed inorganici .

Questi meccanismi possono essere saturati.

Nelle condizioni ambientali la cinetica di “uptake” per un dato substrato ed un dato microrganismo è del primo ordine .

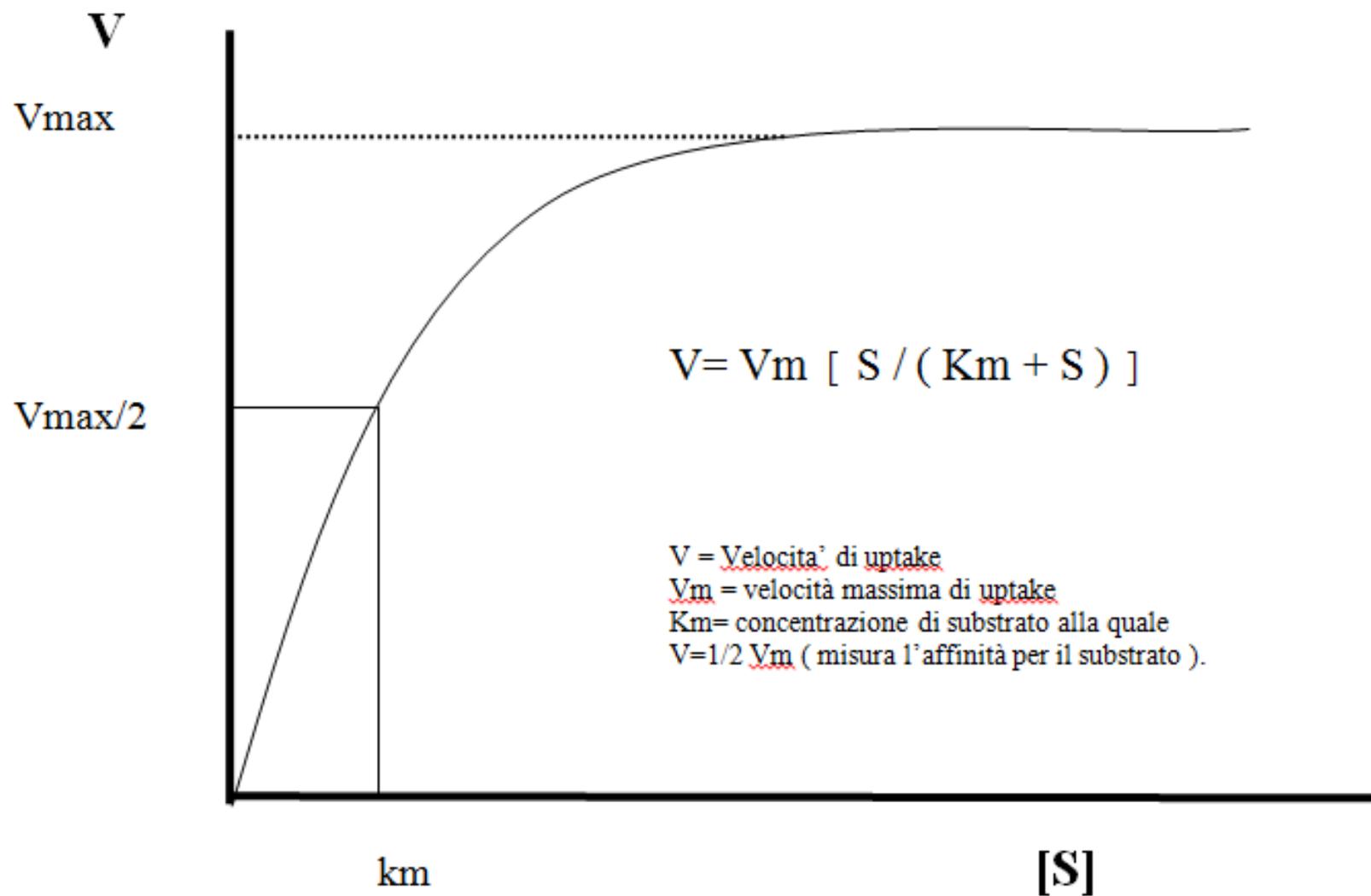
Tale cinetica può essere efficacemente descritta dall'equazione di Michaelis -  
Menten.

$$V = V_m [ S / ( K_m + S ) ]$$

V = Velocità di uptake

V<sub>m</sub> = velocità massima di uptake

K<sub>m</sub> = concentrazione di substrato alla quale  $V = 1/2 V_m$  ( misura l'affinità per il substrato ).



V<sub>m</sub> alto = alta capacità di uptake

K<sub>m</sub> basso = alta affinità per il substrato

**In natura i valori di  $V_m$  e  $K_m$  di differenti microrganismi per un dato substrato sono correlati in modo che :**

- microrganismi con alto  $V_m$  per un substrato hanno alto  $K_m$ .
- microrganismi con bassa  $V_m$  per un substrato hanno basso  $K_m$

Il significato ecologico di questa situazione può essere evidenziato considerando che:

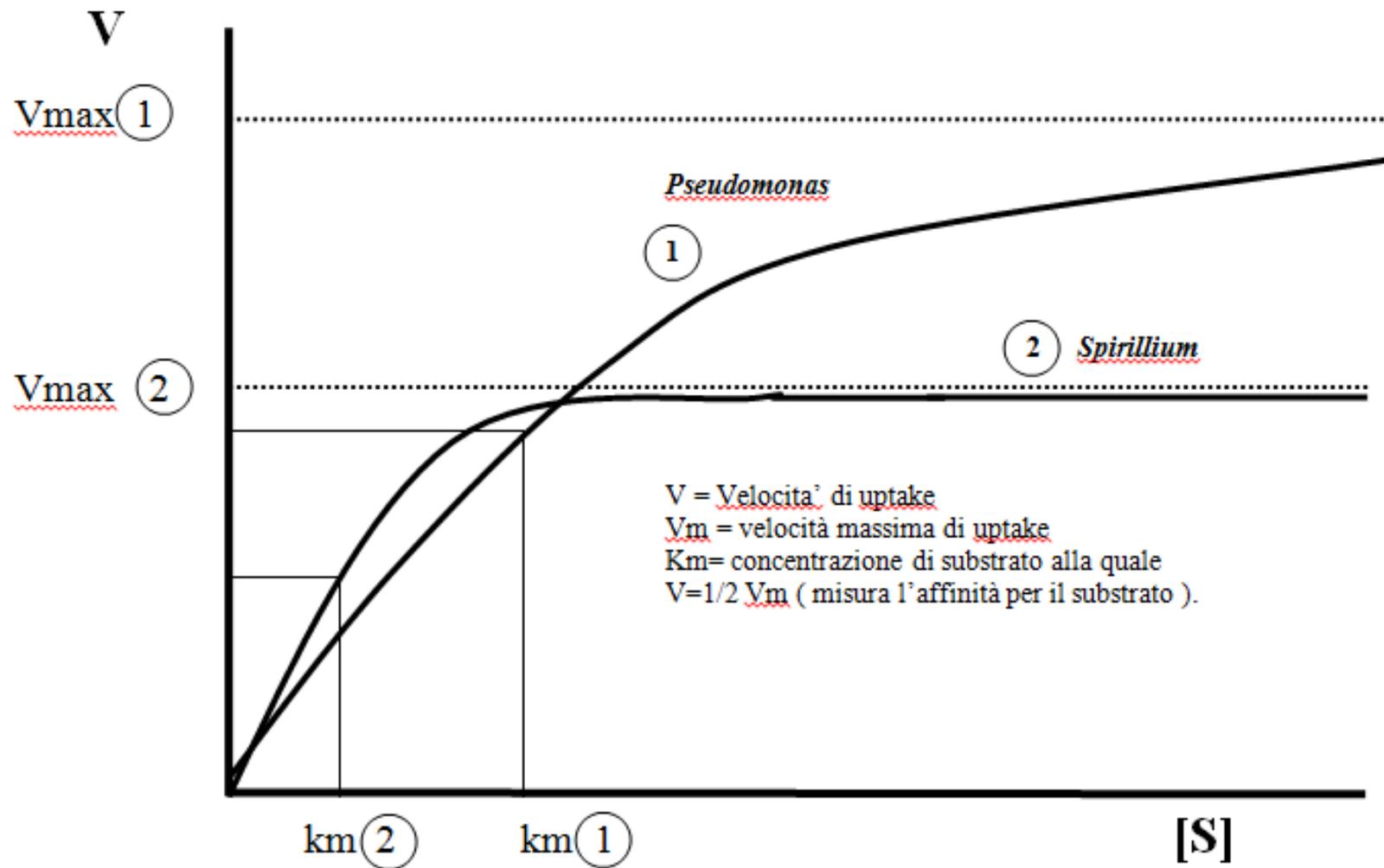
- ❖ i microrganismi possono specializzarsi nell' avere un elevato tasso di uptare ad elevate concentrazioni di substrato (  $K_m$  elevato)

**oppure**

- ❖ i microrganismi possono essere competitori efficienti a basse concentrazioni di substrato ( $K_m$  basso) .

Queste considerazioni evidenziano due comportamenti distinti :

- batteri che crescono lentamente ,che hanno un'alta capacità competitiva a basse concentrazioni di substrato (autoctoni)
- batteri con alta capacità di crescita ad alte concentrazioni di substrato (zimogeni )



➤ **STRATEGIA K** Batteri capaci di crescere in ambienti oligotrofi (bassa concentrazione di nutrienti). Questi batteri sono detti

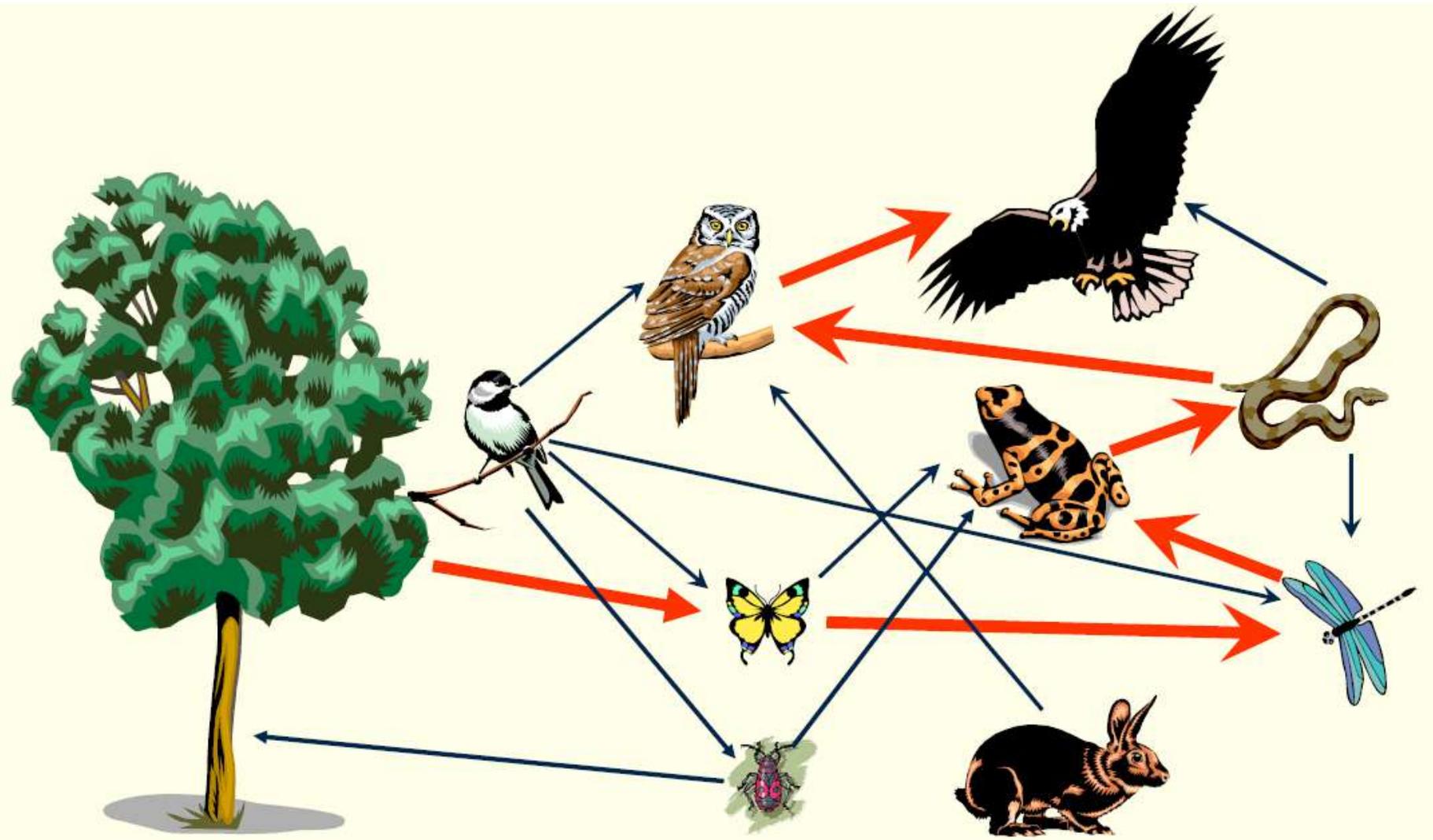
- paucitrofi
- **oligotrofi (obbligati o facoltativi)**
- **autoctoni**

➤ **STRATEGIA r** Batteri forti competitori in ambienti eutrofi (alta concentrazione di nutrienti). Questi batteri sono detti

- **copiotrofi**
- **eutrofi**
- **zimogeni**

# Reti alimentari

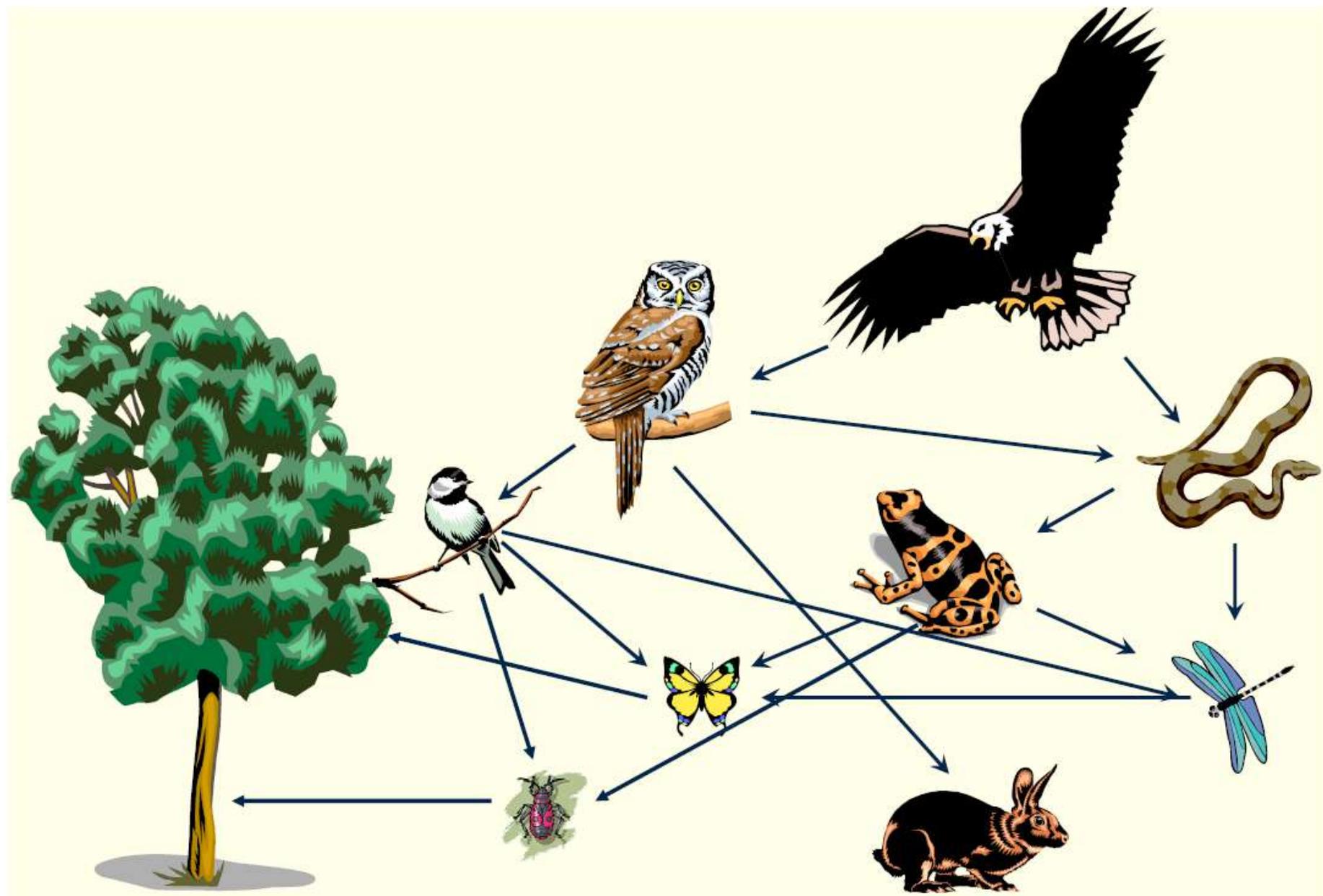
- In un ecosistema non esiste solo una catena alimentare, ma un insieme di catene collegate tra loro
- Molte specie (uomo incluso) possono instaurare vari rapporti alimentari e occupare diversi livelli trofici: lo schema delle relazioni trofiche è molto più complesso di quanto indicato dalla catena alimentare
- Ne risulta un complesso sistema di relazioni cioè di catene alimentari interconnesse tra loro che si chiama **rete alimentare**
- I nodi della rete alimentare sono rappresentati dagli organismi della biocenosi



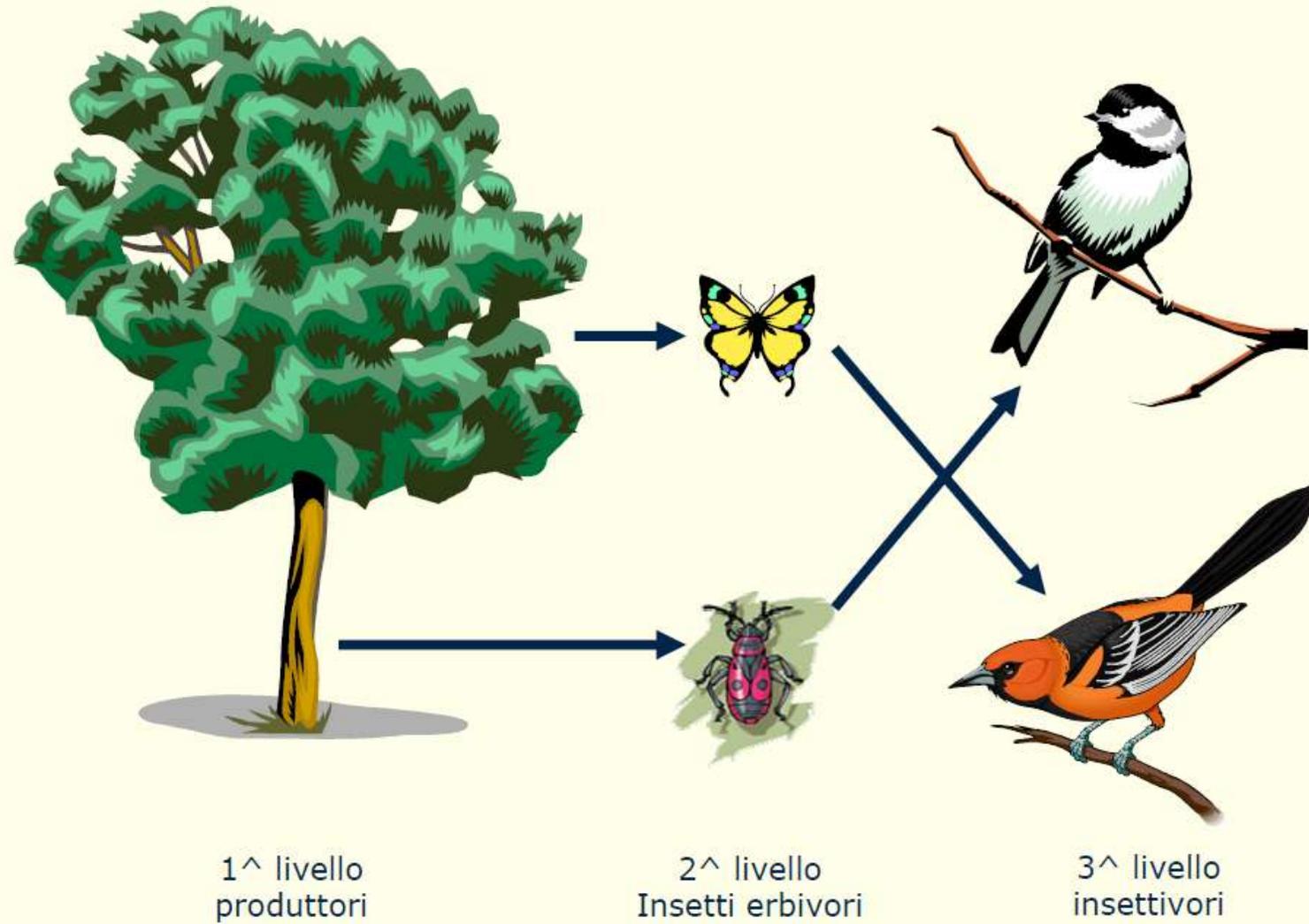
Una rete alimentare è costituita da tante catene alimentari interconnesse: la catena alimentare più lunga (in rosso) nell'ecosistema in esame comprende **7 livelli trofici**:  
uccello predatore → biscia d'acqua → rana → libellula → farfalla → albero

# Equilibrio ecologico

- # Quando un nodo della catena alimentare scompare una catena alimentare si interrompe, viene alterato l'equilibrio ecologico di un ecosistema
- # Tale alterazione si ripercuote a tutti i livelli della biocenosi
- # Esempio di alterazione dell'equilibrio ecologico: la forte diminuzione di uccelli insettivori (3<sup>^</sup> livello) dovuta alla caccia e all'inquinamento, ha determinato la proliferazione di insetti dannosi per le colture (2<sup>^</sup> livello) che gli agricoltori combattono con l'uso sempre più massiccio di pesticidi, sostanze chimiche che inquinano l'ambiente. Per ripristinare l'equilibrio bisogna quindi reintrodurre o favorire lo sviluppo (ad esempio impedendo la caccia) degli uccelli insettivori



In una rete alimentare la scomparsa di un nodo determina la rottura dell'equilibrio ecologico



La caccia e l'inquinamento hanno ridotto di molto la popolazione di uccelli insettivori: la rottura dell'equilibrio ecologico ha favorito la diffusione degli insetti dannosi alle colture che gli agricoltori sono costretti a controllare con i pesticidi di origine chimica